ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม — **สาขา**

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม — **ภาควิชา**

เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

Process to Transfer Community Wastewater Treatment Learning Efficiency for the Third Key Stage Students

นามผู้วิจัย นายสุชาติ บรรจงการ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์โสภณ ธนะมัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งธรรม, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

Process to Transfer Community Wastewater Treatment Learning Efficiency for the Third Key Stage Students

โดย

นายสุชาติ บรรจงการ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุชาติ บรรจงการ 2552: กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์โสภณ ธนะมัย, Ph.D. 289 หน้า

การวิจัยเรื่องกระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โดยทำการศึกษากับนักเรียนโรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง

ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่กำหนดขึ้น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) สร้างองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ คุณค่าทางนิเวศ กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง เทคนิคการบำบัดและการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม 2) ออกแบบค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ รับฟังการบรรยาย ชมวีดิทัศน์ ทดลอง อภิปรายกลุ่ม และศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชนตลอดจนสร้างแผนจัดการเรียนรู้และกำหนดตารางกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ 3) ดำเนินการตามกำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลา 3 วัน โดยดำเนินกิจกรรมตามตารางกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนจัดการเรียนรู้ที่กำหนด และ 4) วัดผลการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยทดสอบก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งกระบวนการถ่ายทอดส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้แต่ละด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะหลังกระบวนการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนกระบวนการถ่ายทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการเรียนรู้รวมทั้ง 5 ด้าน หลังกระบวนการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนกระบวนการถ่ายทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suchat Banjongkan 2009: Process to Transfer Community Wastewater Treatment Learning Efficiency for the Third Key Stage Students. Doctor of Philosophy (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Mr. Sophon Thanamai, Ph.D. 289 pages.

The main objective of this research is to transfer an effective learning process concerning community wastewater treatment for 39 Mathayomsuksa 1-Mathayomsuksa 3 students of Kantangpittayakorn School, Trang Province.

The transferring process of community wastewater treatment consisted of the following 4 steps: 1) Formulating the community wastewater treatment knowledge by employing four major environmental technical steps. They included ecological values, law of change, recovery techniques and environmental sustainability auditing. 2) Organizing a science camp with learning activities: lectures, video watches, experiments, group discussions and field studies at community learning sources, together with the development of learning plans and the camp schedules. 3) Undertaking a 3-day science camp based on activities on the camp schedules, as well as the learning activities in the plan. 4) Assessing the learning outcomes by using pre- and post- essay tests. It is found that the students' learning achievements effectively increased in terms of knowledge, attitudes, awareness, sensitivity, and skills, at the significant level of 0.05. In comparison, the average post-test scores were higher than the pre-test ones at the significant level of 0.05.

The results show that the transferring process of community wastewater treatment can significantly improve the efficiency of the students' learning in community wastewater treatment.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งของอาจารย์ ดร.โสภณ ธนะมัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในการให้คำปรึกษา ชี้แนะ ทุกขั้นตอนของการวิจัย และให้ความช่วยเหลือ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ตลอดจนการให้หลักคิด สร้างโอกาส อบรมสั่งสอนและให้มุมมองต่างๆ เพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะการเป็นปรัชญาดุษฎีบัณฑิตที่มีคุณภาพ รวมทั้งให้คำปรึกษาในทุกกรณีปัญหาและถ่ายทอดประสบการณ์ทั้งด้านวิชาการและทักษะชีวิต ผู้วิจัยขอระลึกถึงและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตั้งธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการให้คำปรึกษา ชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์อิทธิพล ราศีเกรียงไกร ผู้ทรงวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และตรวจแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทร์แก้ว ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา บ่มเพาะความเป็นวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้แนวทางของปัญญาตลอดถึงผู้เขียนตำรา เอกสารบทความต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและนำมาอ้างอิง รวมทั้งขอขอบคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยรู้สึกเป็นพระคุณยิ่งที่ได้รับความร่วมมือและเอื้อเฟื้อจากหน่วยงานภาครัฐ องค์กรพัฒนาเอกชน และที่สำคัญขอขอบพระคุณผู้รู้ทุกท่านในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังที่ร่วมแสดงความคิดเห็น และให้ข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์แก่การวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจ สนับสนุน เอื้อเฟื้อที่พักเพื่อการทำวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พี่อุษา และอาจารย์จงรัก วณิชาชีวะ ผอ.วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีฉะเชิงเทรา

นอกจากนี้ กำลังใจและการช่วยเหลือต่างๆ จาก เอก พี่นุช น้องบุญจงรักษ์ ป.เอกรุ่น 5 เพื่อนพ้องและน้องชายที่น่ารัก น้องเกียรติคุณ บรรจงการ ที่ผู้วิจัยได้รับผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คุณค่าอันพึงมีและประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ปู่ ย่า และขอระลึกถึงคุณครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุชาติ บรรจงการ

พฤศจิกายน 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (5)

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
- ขอบเขตของการวิจัย 4
- ประโยชน์ที่ได้รับ 5
- นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ 5

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 8
- แนวคิดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษา 8
- เทคนิคทางสิ่งแวดล้อม 13
- น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียชุมชน 22
- แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ 38
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 56
- กรอบแนวคิดการวิจัย 59

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 61
- การศึกษาสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา 61
- ศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน 62
- ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 67

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์ 84
- ผลการวิจัย 84
- ข้อวิจารณ์ 150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 160

สรุปผลการวิจัย 160

ข้อเสนอแนะ 165

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 168

ภาคผนวก 182

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 183

ภาคผนวก ข แบบสำรวจหาผู้รู้ 185

ภาคผนวก ค แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำกับด้วยเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมจากผู้รู้ 188

ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ข้อมูลองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ 191

ภาคผนวก จ แบบสอบถามข้อมูลนักเรียนรายบุคคล 194

ภาคผนวก ฉ แผนจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ 200

ภาคผนวก ช แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบ scoring subrics 269

ภาคผนวก ซ ลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน 276

ภาคผนวก ฌ ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน 283

ประวัติการศึกษา และการทำงาน 289

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม	18
2	ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ตั้งแต่ปี 2547-2549	88
3	ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญปี 2550 ของแม่น้ำปะเหลียน บริเวณ ปากแม่น้ำปะเหลียน บ้านแหลม อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง	89
4	จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทะเลที่ขึ้นทะเบียนและเลี้ยงจริง ประจำปีงบประมาณ 2550	90
5	นัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้	107
6	ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล	132
7	จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านความรู้ จำแนกตามระดับผลการเรียน	134
8	ผลการเรียนรู้ด้านทัศนคติก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล	135
9	จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านทัศนคติ จำแนกตามระดับผลการเรียน	138
10	ผลการเรียนรู้ด้านความสำนึกก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล	139
11	จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านความสำนึก จำแนกตามระดับผลการเรียน	141

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ผลการเรียนรู้ด้านการตอบโต้ก่อนและหลังถ่ายทอดรายบุคคล	142
13	จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านการตอบโต้ จำแนกตามระดับผลการเรียน	145
14	ผลการเรียนรู้ด้านทักษะก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล	146
15	จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านทักษะ จำแนกตามระดับผลการเรียน	148
16	การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน	149
ตารางผนวกที่		
1	ลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน	277
2	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน	284

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้าง/องค์ประกอบ บทบาทหน้าที่ในระบบนิเวศ	16
2	เขตการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ ในการฟื้นคืน	18
3	กระบวนการของน้ำหรือวัฏจักรของน้ำ	24
4	กระบวนการเกิดน้ำเสีย	28
5	องค์ประกอบของการเรียนรู้	40
6	กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)	59
7	การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1	75
8	การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2	76
9	การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 3	77
10	การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4	78
11	ความสัมพันธ์ของลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน กรณี ปัญหาน้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำในบางช่วงเวลา	85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	แม่น้ำปะเหลียนและจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ	87
13	ตำแหน่งการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังในแม่น้ำปะเหลียน	91
14	อาณาเขต 27 ชุมชนและชุมชนที่ตั้งติดแม่น้ำปะเหลียน	93
15	การประกอบอาชีพของคนในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง	94
16	ที่ตั้งป่าชายเลนชุมชน ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลน และแหล่งอนุรักษ์หอยปะ	97
17	ลำดับขั้นตอนความเกี่ยวข้องของโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 กลุ่มของชุมชนบริเวณริมแม่น้ำ ปะเหลียน กรณี ปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำปะเหลียนที่ส่งผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง	99
18	องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม 4 ขั้นตอน	106
19	ภาพประมวลความเข้าใจการกรองน้ำเสียชุมชนโดยดิน	110
20	ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน	111
21	ภาพประมวลความเข้าใจการแพร่ (diffusion) ออกซิเจนในอากาศลงไปในดิน	112

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน	113
23	ภาพประมวลความเข้าใจกระบวนการ denitrification	113
24	ภาพประมวลความเข้าใจกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน	115
25	ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำในสภาวะมีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน	117
26	ภาพประมวลความเข้าใจการเติมออกซิเจนในสภาวะน้ำขึ้น-น้ำลงในป่าชายเลนโดยการแพร่ (diffusion)	118
27	ภาพประมวลความเข้าใจการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนและพืชน้ำ	118
28	ภาพประมวลความเข้าใจการเติมออกซิเจนแก่น้ำและดินจากอากาศการสังเคราะห์แสงและรากพืช	119
29	ภาพประมวลความเข้าใจการแยกชั้นของน้ำระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มขณะฝนตกบริเวณปากแม่น้ำ	120
30	ภาพประมวลความเข้าใจการพลิกตัวของชั้นน้ำ (overturn) ในแหล่งน้ำขณะฝนตก	121
31	ภาพประมวลความเข้าใจ กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ	122

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

วิกฤตสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และนับวันจะทวีความรุนแรงเพิ่มมากยิ่งขึ้น อันเป็นผลมาจากการตักตวงผลประโยชน์จากธรรมชาติของมนุษย์จนเกินขีดความสามารถของธรรมชาติจะทดแทนได้ ทำให้ระบบนิเวศต่างๆ เสียสมดุลจนโครงสร้างที่มีอยู่ไม่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ (เกษม จันทร์แก้ว, 2547) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาน้ำเสียจากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี พ.ศ.2548 ระบุว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำสายสำคัญจำนวน 46 สาย และแหล่งน้ำนิ่งจำนวน 4 แห่ง โดยพิจารณาตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป อยู่ในเกณฑ์ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก คิดเป็นร้อยละ 17,49,29 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของแม่น้ำสายสำคัญในช่วง 3 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2546-2548) พบว่า คุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีและพอใช้มีแนวโน้มลดลง คุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมากมีแนวโน้มคงที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549ก) โดยแหล่งกำเนิดน้ำเสียในประเทศไทยส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เกิดขึ้นจากชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2549ข) และปัญหาน้ำเสียได้สร้างความเดือดร้อนแก่ชุมชนนานัปการทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การอุปโภคบริโภค สุขภาพอนามัย ทัศนวิสัยตลอดจนน้ำเสียยังทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและทำให้สัตว์น้ำตายในที่สุด ดังกรณีเหตุการณ์ปัญหาน้ำเสียของชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรังที่ส่งผลให้มีการตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังจนมีข้อร้องเรียนและการรวมตัวของชาวบ้านเพื่อประท้วงเรียกร้องต่อหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเพื่อเข้ามาแก้ปัญหาดังกล่าว (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง, 2549)

การแก้ปัญหาน้ำเสียชุมชนโดยการบำบัดน้ำเสียทั้งในระดับครัวเรือนและระบบรวมของชุมชนเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปัญหาน้ำเสียแต่เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ทั้งนี้ยังมีชุมชนจำนวนถึง 7,803 พื้นที่ที่ยังไม่มีการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสม ประกอบกับประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เหล่านี้ยังขาดความรู้ความเข้าใจต่อปัญหาน้ำเสีย ขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป้องกัน ดูแล และรักษาสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ซึ่งการแก้ปัญหาและป้องกันวิกฤตสิ่งแวดล้อมที่ต้นเหตุนานาประเทศได้ยอมรับว่า “สิ่งแวดล้อมศึกษา” เป็นเครื่องมือสำคัญยิ่งที่สามารถแก้ปัญหา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืนด้วยการสร้างความรู้ ความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อมแก่ประชาชนทั้งในและนอกระบบโรงเรียน ดังจะเห็นได้จากการประชุมขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ครั้งที่ผ่านมา และในครั้งการประชุมที่เมืองทบิลิซี (Tbilisi) ประเทศรัสเซียปี ค.ศ.1977 ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนไว้ 5 ประการ ได้แก่ ความตระหนัก (awareness) ความรู้ (knowledge) เจตคติ (attitude) ทักษะ (skill) และการให้ความร่วมมือ (participation) (UNESCO, 1978)

สำหรับประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาตั้งแต่แผนพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 5 (สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม, 2547) จนกระทั่งปัจจุบันในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ได้กำหนดเนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ 3 กลุ่มสาระ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (กรมวิชาการ, 2544) ดังนั้น กระบวนการถ่ายทอดความรู้จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญยิ่งอันที่จะนำความรู้ทางสิ่งแวดล้อมในทุกแง่มุมสู่ผู้เรียนหรือกลุ่มประชากรเป้าหมาย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของสิ่งแวดล้อมศึกษา อย่างไรก็ตาม แม้ว่าประเทศไทยจะมีการส่งเสริมและพัฒนาสิ่งแวดล้อมศึกษามาเป็นลำดับแต่การดำเนินการดังกล่าวยังไม่สัมฤทธิ์ผลเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากสถานการณ์สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และพฤติกรรมของประชาชนโดยส่วนใหญ่ที่พบว่ายังขาดความรู้ความเข้าใจต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม ขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป้องกัน ดูแล รักษาสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ในขณะที่ผลของกระบวนการถ่ายทอดสิ่งแวดล้อมศึกษาในระบบโรงเรียนที่ได้จากการวิจัยที่ผ่านมาพบการศึกษาของ ธิดารัตน์ ธนานันท์ (2546) ที่ได้ศึกษาความรู้และพฤติกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดตรัง พบว่านักเรียนมีความรู้และพฤติกรรมด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลางโดยมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 17.97 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยด้านพฤติกรรมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม 34.19 จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน ส่วนปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการศึกษาของ สมหญิง พาพันธ์ (2548) ที่ได้ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดนครสวรรค์ เขต 3 พบว่า ครูมีปัญหาทั้งด้านเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอนและการวัดและประเมินผลอยู่ในระดับมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากครูมีภาระในการสอนนักเรียนโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 16 คาบขึ้นไป นอกจากนั้นครูยังมีงานอื่นๆ ที่ต้องรับผิดชอบ ได้แก่ งานห้องพยาบาล งานฝ่ายปกครอง งานฝ่ายธุรการ งานฝ่ายวิชาการจึงทำให้ครูไม่มีเวลาจัดทำเอกสารหลักสูตรสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง ความต้องการของครูในการถ่ายทอดความรู้สิ่งแวดล้อมแก่นักเรียนจากการศึกษาของ วิโรจน์ อริยะเครือ (2540) ที่ได้ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง พบว่า ครูในระดับประถมศึกษาต้องการรูปแบบการเรียนการสอนหรือการถ่ายทอดความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแบบใหม่ๆ เพื่อให้ตนเองสามารถนำไปสอนนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกด้วย

จากสภาพการณ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการถ่ายทอดความรู้สิ่งแวดล้อมที่ผ่านมายังไม่สัมฤทธิ์ผล อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการถ่ายทอดสิ่งแวดล้อมศึกษาจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ทั้งองค์ความรู้ เทคโนโลยีการถ่ายทอดและกลุ่มเป้าหมาย แต่องค์ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมที่จะนำไปถ่ายทอดแก่กลุ่มประชากรเป้าหมายนั้น จำเป็นจะต้องเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมอย่างลุ่มลึก เนื่องมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบันเป็นปัญหามาจากการใช้สิ่งแวดล้อมและมีการปนเปื้อนที่มากเกินการฟื้นคืนโดยธรรมชาติ ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าประชาชนยังไม่เข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง สอดคล้องกับรายงานของ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม (2549) ที่ระบุว่าความไม่เข้าใจในหลักการสิ่งแวดล้อมของชุมชนเป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมและสอดคล้องกับชุมชน ถึงแม้ว่าในปัจจุบันการถ่ายทอดความรู้ทางสิ่งแวดล้อมจะมีวิธีการที่หลากหลาย แต่วิธีการสร้างความรู้ ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมแก่กลุ่มประชากรเป้าหมายที่เน้นความเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมและการปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลักของสิ่งแวดล้อมยังไม่ปรากฏในรายงานการวิจัย

ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งที่จะศึกษากระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมกับกลุ่มเป้าหมายนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยเป็นวัยที่เหมาะสมจะได้รับการถ่ายทอดเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นวัยที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดเจริญก้าวหน้าเข้าใจกฎเกณฑ์ และมีความสามารถในการใช้เหตุผลในการตัดสินปัญหา (สมชาย ธัญธนกุล, 2526) โดยทำการศึกษากับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ของโรงเรียนในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำเสียและส่งผลกระทบต่อการตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม
2. เพื่ออธิบายองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านพื้นที่

เป็นชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนในเขตอำเภอปะเหลียน อำเภอย่านตาขาว อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

ขอบเขตด้านประชากร

1. ผู้รู้ ได้แก่ บุคคลในชุมชนที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน

2. นักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้โดยใช้กรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณค่าทางนิเวศ กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง เทคนิคการบำบัด และการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมเป็นกรอบในการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถนำกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีการสร้างเนื้อหาสิ่งแวดล้อมตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมไปใช้ถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง และประยุกต์ใช้กับการถ่ายทอดความรู้สิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ ทั้งในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนและพื้นที่ศึกษาอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม และคงไว้ซึ่งความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

เทคนิคทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง กรอบในการสร้างองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ

- คุณค่าทางนิเวศ (ecological values) หมายถึง การมีโครงสร้าง/องค์ประกอบ (structures) ด้านสี ความขุ่น ตะกอน กลิ่น สัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ความเค็มและออกซิเจนของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อการแสดงบทบาทหน้าที่ (functions) ของน้ำในแม่น้ำ ปะเหลียนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ จับสัตว์น้ำ และเลี้ยงปลากระชัง ภายใต้กลไกการควบคุมเพื่อให้น้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีบทบาทดังกล่าวเป็นปกติ ได้แก่ การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำ การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การกรองโดยป่าชายเลน การกรองโดยดิน และการขึ้นลงของน้ำทะเล

- กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (law of change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านสี ความขุ่น ตะกอน กลิ่น สัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ความเค็มและออกซิเจนของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนทั้งที่ส่งผลและไม่ส่งผลต่อการแสดงบทบาทหน้าที่ของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนในด้านการเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ จับสัตว์น้ำ และเลี้ยงปลากระชัง

- เทคนิคการบำบัด (recovery techniques) หมายถึง เทคนิคที่ช่วยในการบำบัดน้ำในแม่น้ำปะเหลียนทั้งเทคนิคตามธรรมชาติ ได้แก่ การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การกรองโดยป่าชายเลน การกรองโดยดิน การตกตะกอน และการขึ้นลงของน้ำทะเล และเทคนิคที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ การกรองโดยตะแกรง การต่อท่อน้ำเสียลงไปในแม่น้ำ ส้วมซึมและระบบบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (auditing on sustainability) หมายถึง การตรวจสอบด้วยการสังเกตคุณภาพน้ำในด้านสี ความขุ่น กลิ่น การตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชัง และการตรวจวัดคุณภาพน้ำในด้านอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนโดยใช้เครื่องมือ

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดจากบ้านเรือน การเกษตร ร้านค้า โรงงานน้ำยางข้นและโรงงานแปรรูปไม้ยางในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน

การบำบัดน้ำเสียชุมชน หมายถึง การบำบัดน้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดจากบ้านเรือน การเกษตร ร้านค้า โรงงานน้ำยางข้นและโรงงานแปรรูปไม้ยางในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนโดยเทคนิคตามธรรมชาติ ได้แก่ การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การกรองโดยป่าชายเลน การกรองโดยดิน การตกตะกอน และการขึ้นลงของน้ำทะเล และเทคนิคที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ การกรองโดยตะแกรง การต่อท่อน้ำเสียลงไปในแม่น้ำ ส้วมซึมและระบบบำบัดน้ำเสีย

นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 หมายถึง นักเรียนที่เรียนในระบบตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2

ผู้รู้ หมายถึง บุคคลในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียแก่คนในชุมชน

กระบวนการถ่ายทอด หมายถึง ลำดับขั้นตอนในการนำความรู้การบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้นไปถ่ายทอดแก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- สร้างความรู้ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งประกอบด้วยประเด็นบทบาทหน้าที่ โครงสร้าง/องค์ประกอบ การเปลี่ยนแปลง เทคนิคการบำบัดและวิธีการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนนำไปสัมภาษณ์ผู้รู้

- ออกแบบค่ายวิทยาศาสตร์ โดยการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ 3 วัน ซึ่งมีกิจกรรมประกอบด้วย ชมสื่อวีดิทัศน์สถานการณ์และปัญหาน้ำเสีย เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำด้วยการสังเกต อภิปรายเทคนิคการแก้ปัญหาน้ำเสียในชุมชน ศึกษาแหล่งเรียนรู้บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง และเรียนรู้การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนด้วยการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รับฟังการบรรยายจากผู้รู้ ตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยการสังเกตและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมกิจกรรมข้างต้น ตลอดจนกำหนดตารางกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์

- ดำเนินการตามกำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินตามตารางกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนจัดการเรียนรู้ที่กำหนด

- วัดผลการเรียนรู้ โดยการใช้แบบทดสอบอัตนัยทดสอบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพการเรียนรู้ หมายถึง การเปรียบเทียบผลการเรียนในด้านความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะทางสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการถ่ายทอดด้วยแบบทดสอบอัตนัย โดยคะแนนเฉลี่ยหลังการถ่ายทอดมีค่ามากกว่าก่อนการถ่ายทอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจเอกสารในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ “กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)” จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงแนวคิด หลักการ ทฤษฎีเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

แนวคิดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษา

สถานการณ์และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในช่วงที่ผ่านมา ทั้งปัญหาการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ การสูญเสียถิ่นที่อยู่และมลพิษสิ่งแวดล้อม ปัญหาการใช้ที่ดิน ปัญหาน้ำ ปัญหาขยะและสารพิษจากการบริโภคที่เพิ่มขึ้นตามความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร (อนุช อาภาภิรม, 2543) ทุกภาคส่วนของสังคมโลกได้พยายามหาวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ และการใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน แต่แนวทางหนึ่งที่เชื่อว่าจะเป็นการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ในระยะยาวและยั่งยืน คือ กระบวนการทางสิ่งแวดล้อมศึกษา (environmental education) ซึ่งเป็นการให้ความรู้ ความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อมแก่ประชาชนผ่านกระบวนการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านการใช้ การส่งเสริม รักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจัง

พัฒนาการของศาสตร์สิ่งแวดล้อมศึกษา เริ่มจากการประชุมขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ ที่กรุงสต็อกโฮม ประเทศสวีเดน ใน ค.ศ.1972 มีข้อสรุปประการหนึ่งว่า สิ่งแวดล้อมศึกษาจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ปัญหาและปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นใน ค.ศ. 1975 องค์การยูเนสโก จึงได้จัดประชุมปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาขึ้นที่กรุงเบลเกรด ประเทศยูโกสลาเวีย เพื่อเรียกร้องให้ประเทศต่างๆ ร่วมมือกันในการจัดสิ่งแวดล้อมศึกษาให้แก่ประชาชนในประเทศของตนและได้มีคำประกาศร่วมกันเรียกว่าปฏิญญาสากลเบลเกรด (The Belgrade Charter) กำหนดเป้าหมายสิ่งแวดล้อม (environmental goal) ไว้ว่า “เพื่อพัฒนาประชากรให้ตระหนักในเรื่องสิ่งแวดล้อมและปัญหาที่เกิดขึ้นให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และจูงใจและพร้อมที่จะทำงานทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต” (UNESCO, 2007) และได้มีการประชุมในระดับโลกที่ ว่าด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา อีกหลายครั้ง ทั้งที่ เมืองทบิลิซี (Tbilisi) ประเทศรัสเซีย ในปี ค.ศ.1977 และในการประชุมสิ่งแวดล้อมและพัฒนา หรือ Earth Summit ที่เมืองริโอ เดอ จาเนโร ประเทศบราซิล ปี ค.ศ.1992 (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545) ซึ่งรายละเอียดของสิ่งแวดล้อมศึกษามี ดังนี้

ความหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษา

ปฏิญญาสากลเบลเกรดได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้เห็นคุณค่า เกิดความตระหนัก และเข้าใจถึงการอยู่ร่วมกันของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ด้วยการให้โอกาสทุกคนพัฒนาความรู้ เจตคติ ทักษะ การรู้จักตัดสินใจ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและพฤติกรรมเพื่อที่จะปกป้องและแก้ไขสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น ตลอดจนสร้างรูปแบบการดำเนินชีวิตใหม่เพื่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในระดับบุคคล กลุ่ม และสังคม (UNESCO, 2007) ส่วนกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2545) กล่าวว่า สิ่งแวดล้อมศึกษา คือ กระบวนการที่มุ่งสร้างให้ประชากรโลกมีความสำนึกและห่วงใยปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องอื่นๆ และมีความรู้ ทัศนคติ ทักษะ ความตั้งใจจริง และความมุ่งมั่นที่จะหาทางแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่และป้องกันปัญหาใหม่ ทั้งด้วยตนเองและด้วยความร่วมมือกับผู้อื่น

นอกจากนี้ ผู้รู้และนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ว่าเป็นกระบวนการให้ความรู้อย่างมีระบบและแบบแผน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคโนโลยีการศึกษานำความรู้ทางสิ่งแวดล้อมสู่บุคคลทุกระดับ เพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี (เกษม จันทร์แก้ว, 2536) และ สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม (2547) กล่าวว่าสิ่งแวดล้อมศึกษา คือ กระบวนการทางการศึกษาที่จัดขึ้น เพื่อมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม และสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จนเกิดความรู้สึกเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมตระหนักและห่วงใยถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม มีค่านิยม เจตคติ และแรงจูงใจที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในการป้องกันและปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้มีสภาพที่ดีขึ้น รวมทั้งมีทักษะในการระบุปัญหา และการตัดสินใจหาทางเลือกในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนร่วมมือกันรับผิดชอบในการปกป้องและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นให้บรรเทาลง ทั้งในระดับบุคคล กลุ่ม และสังคม เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนตลอดไป ส่วน วินัย วีระวัฒนานนท์ และบานชื่น สีพันผ่อง (2539) ได้สรุปความหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ว่าเป็นกระบวนการศึกษาที่เน้นความรู้เกี่ยวกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งแวดล้อมทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมทางสังคม ปัจจัยทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์ เพื่อสร้างเจตคติ พฤติกรรม และค่านิยม ในอันที่จะรักษาหรือพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม คุณภาพชีวิตของตนเองและของมนุษย์โดยส่วนรวม

จากความหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า สิ่งแวดล้อมศึกษา หมายถึง กระบวนทางการศึกษาที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมทั้งสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นในทุกแง่มุม เพื่อให้ผู้รับการถ่ายทอดเกิดความรู้ ความเข้าใจที่ถ่องแท้ลึกซึ้ง เห็นคุณค่า ตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม และสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตนเองทั้งการแก้ปัญหาและป้องกันสิ่งแวดล้อมเพื่อคงไว้ซึ่งคุณค่าทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างต่อเนื่อง

หลักการของสิ่งแวดล้อมศึกษา

การประชุมที่เมืองทบิลิซิ (Tbilisi) (UNESCO, 1978) ได้วางหลักการเป็นแนวทางสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ 12 ประการ ดังนี้

1. พิจารณาสิ่งแวดล้อมทั้งหมดทั้งที่เป็นสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในด้านเทคโนโลยีและสังคม (เศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี วัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ ศีลธรรม สุนทรียภาพ)

2. สิ่งแวดล้อมศึกษาเป็นกระบวนการต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยเริ่มตั้งแต่วัยเด็กในวัยก่อนเข้าโรงเรียนไปเรื่อยๆ ทั้งระบบโรงเรียนและนอกระบบโรงเรียน

3. สิ่งแวดล้อมศึกษาเป็นสหวิทยาการ (interdisciplinary) โดยเอาเนื้อหาแต่ละวิชามารวมกันเพื่อให้เห็นภาพรวมของสิ่งแวดล้อม

4. ให้มองเห็นสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ระดับท้องถิ่น ประเทศ จนถึงระดับภูมิภาค เพื่อนักเรียนจะได้มีความเข้าใจในสภาพแวดล้อมส่วนอื่นของโลกได้อย่างลึกซึ้ง

5. เน้นสถานการณ์สิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน พร้อมกับคำนึงถึงสภาพที่ผ่านมาด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ส่งเสริมให้เห็นคุณค่าและความจำเป็นในการร่วมมือป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระหว่างประเทศ

7. แสดงให้เห็นว่าในการวางแผนการพัฒนาเพื่อความก้าวหน้าใดๆ นั้น ควรจะได้มีการพิจารณาเรื่องของสิ่งแวดล้อมด้วย

8. ทำให้ผู้เรียนได้มีบทบาทในการวางแผนประสบการณ์การเรียน พร้อมให้โอกาสตัดสินใจและยอมรับในผลที่เกิดขึ้นด้วย

9. เชื่อมโยงความรู้สึกไวต่อสิ่งแวดล้อม ความรู้ ทักษะ ในการแก้ปัญหาและการกระทำค่านิยมที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียนทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเน้นความรู้ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนของเด็ก

10. ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าเรื่องราวและสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาสิ่งแวดล้อม

11. เน้นความซับซ้อนและปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องพัฒนาความคิดในเชิงวิพากษ์ และทักษะในการแก้ปัญหา

12. ต้องใช้สิ่งแวดล้อมให้เป็นประโยชน์ในการเรียนรู้ โดยถือว่าเป็นวิธีการทางการศึกษาวิธีหนึ่งมีการจัดกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรง

ส่วน เกษม จันทร์แก้ว (2536) ได้สรุปหลักการของสิ่งแวดล้อมในลักษณะของกระบวนการถ่ายทอดที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

1. เนื้อหาสาระความรู้ทางสิ่งแวดล้อม เป็นการให้ความรู้ที่มีความลุ่มลึก ทั้งแนวกว้างและแนวนอน เนื้อหาสาระขององค์ความรู้จะต้องสอดคล้องกันระหว่างความเป็นรูปธรรมที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ เพราะสิ่งแวดล้อมทุกชนิด ทุกประเภทจะมีความเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน คือ เป็นความรู้ที่ต้องชี้นำให้ทำได้ถูกต้องทั้งแนวคิดและวิธีการ รวมทั้งต้องเป็นเนื้อหาสาระความรู้ที่ให้ทักษะการทำที่ถูกต้อง โดยครอบคลุมความรู้สิ่งแวดล้อมทั้งทรัพยากรธรรมชาติ เทคโนโลยี มลพิษสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมทางสังคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เทคโนโลยีการถ่ายทอด การถ่ายทอดความรู้ทางสิ่งแวดล้อมต้องผ่านเทคโนโลยีการถ่ายทอดความรู้ทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมต้องผ่านเครื่องมือสู่ผู้เรียนซึ่งประกอบด้วยหลักสำคัญ 4 ส่วน คือ หลักสูตรและเนื้อหาสาระ เครื่องมือและอุปกรณ์ บุคลากร และกระบวนการและยุทธวิธี

3. บุคลากรเป้าหมาย เป็นกลุ่มบุคลากรที่สำคัญซึ่งมีความแตกต่างทางอายุ วุฒิการศึกษา อาชีพ ภูมิลำเนา เป็นต้น ทำให้ความสามารถในการรับรู้แตกต่างกัน

จุดมุ่งหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษา

การประชุมที่เมืองทบิลิซิ (Tbilisi) (UNESCO, 1978) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่จะให้เกิดกับบุคคลและสังคมไว้ 5 ข้อ ดังนี้

1. ความตระหนัก (awareness) เพื่อให้กลุ่มคนและบุคคลเกิดความตระหนักและความรู้สึกไว (sensitivity) ต่อสิ่งแวดล้อมและเหตุอื่นที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

2. ความรู้ (knowledge) เพื่อให้กลุ่มคนและบุคคลได้มีความรู้ ประสบการณ์ และเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและปัญหาที่เกี่ยวข้อง

3. เจตคติ (attitude) เพื่อให้กลุ่มคนและบุคคลมีค่านิยมและความรู้สึกในการจะรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และชักจูงใจให้เข้าไปมีส่วนร่วมในการป้องกันและปรับปรุงสภาพแวดล้อม

4. ทักษะ (skill) เพื่อให้กลุ่มคนและบุคคลเกิดทักษะในการระบุปัญหาและทางเลือกในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

5. การให้ความร่วมมือ (participation) เพื่อให้กลุ่มคนและบุคคลได้มีโอกาสร่วมกันในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

ส่วน เกษม จันทร์แก้ว (2536) ได้สรุปจุดมุ่งหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ว่าเมื่อบุคคลหรือผู้เรียนได้รับกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาจะบรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ความรู้ (knowledge) ทางสิ่งแวดล้อมนั้นต้องเป็นลักษณะความรู้ในแนวกว้างซึ่งเป็นฐานสำคัญของจิตสำนึกทางสิ่งแวดล้อม หมายความว่า รู้หลายสาขา/เรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้เฉพาะทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ โดยหลักปฏิบัติแล้วระดับ “ความรู้” เป็นฐานการสร้างจิตสำนึกเป็นระดับแรกของความรู้ทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะเรื่องนั้นๆ

2. ทัศนคติ (attitude) เป็นระดับความเข้มข้นของเนื้อหาสาระของจิตสำนึกทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างจากความรู้ความเข้าใจ หมายความว่า ต้องรู้อย่างถูกต้องตามหลักการ คือ รู้กว้างและรู้จักการผสมผสาน ซึ่งต้องมีการได้สัมผัสของจริงและต้องมีทัศนคติที่ถูกต้อง

3. ความสำนึก (awareness) เป็นระดับความเข้มข้นของเนื้อหาสาระต่อจากความรู้ความเข้าใจและทัศนคติ เมื่อต้องการให้มีความสำนึกต้องมีการฝึกปฏิบัติด้วย

4. การตอบโต้ (sensitivity) เป็นความรู้สึกที่แสดงออกมาเมื่อเหตุการณ์ใดหรือมีสิ่งใดบังเกิดขึ้นประสาทหรือความนึกคิดที่ได้สั่งสมไว้จะมีการตอบโต้ออกมาโดยอัตโนมัติ

5. ทักษะ (skills) เป็นความรู้ระดับสูงสุดเกิดเมื่อเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งอื่นๆ สามารถที่จะปฏิบัติได้อย่างรวดเร็ว คือ เมื่อมีความรู้ มีทัศนคติที่ถูกต้องแล้ว มีความสำนึกดีแล้ว และมีการตอบโต้ที่เป็นไปโดยอัตโนมัติจนกลายเป็นลักษณะนิสัย

โดยสรุปแล้ว จุดมุ่งหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาก็เพื่อให้บุคคลหรือผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มีทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดการปรับพฤติกรรมของตนเองและสังคม อันที่จะคงไว้ซึ่งความสมดุลของสิ่งแวดล้อมหรือการมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีหรือเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลให้เกิดความผาสุขของสังคมมนุษย์ได้ตลอดไป นั่นเอง

เทคนิคทางสิ่งแวดล้อม

เทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นเทคนิคในการทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อการปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อม อันส่งผลให้สิ่งแวดล้อมมีบทบาทหน้าที่เป็นปกติและไม่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในอนาคต ความสำคัญของเทคนิคสิ่งแวดล้อมใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการเข้าใจสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบอันนำไปสู่การปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นการพัฒนาบนพื้นฐานของทฤษฎีทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบนิเวศ ซึ่งเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 4 ประการ ดังนี้

1. คุณค่าทางนิเวศ คือ การมีโครงสร้าง/องค์ประกอบที่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติของสิ่งแวดล้อมภายใต้การควบคุมของกระบวนการภายในเพื่อคงไว้ซึ่งบทบาทหน้าที่เป็นปกติ ประกอบด้วย

1.1 บทบาทหน้าที่ คือ ภาพที่แสดงบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างของสิ่งแวดล้อมนั้น ประกอบด้วย 1) ทรัพยากร 2) เทคโนโลยี 3) ของเสีย/มลพิษ 4) มนุษย์/สังคม

1.2 โครงสร้าง/องค์ประกอบ คือ โครงสร้าง/องค์ประกอบของระบบสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่เพื่อทำหน้าที่ร่วมกันให้สิ่งแวดล้อมสามารถแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติ โครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย ชนิด (species) ปริมาณ (quantity) สัดส่วน (proportion) และการกระจาย (distribution)

1.3 กระบวนการภายใน คือ การทำงานของโครงสร้าง/องค์ประกอบสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อนำไปสู่บทบาทหน้าที่เป็นปกติของสิ่งแวดล้อม

เกษม จันทร์แก้ว (2547) ได้แบ่งสิ่งแวดล้อมตามบทบาทหน้าที่เป็น 4 มิติ ได้แก่ มิติทรัพยากร มิติเทคโนโลยี มิติของเสียและมลพิษ และมิติมนุษย์หรือเศรษฐสังคม และยังกล่าวว่าสิ่งแวดล้อมมีสมบัติเฉพาะตัวอยู่ 7 ประการได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมมีเอกลักษณ์ด้านโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ 2) สิ่งแวดล้อมไม่ได้อยู่โดดเดี่ยว 3) สิ่งแวดล้อมต้องการสิ่งอื่นเสมอ 4) สิ่งแวดล้อมอยู่เป็นกลุ่ม/ระบบนิเวศ 5) สิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวพันเป็นลูกโซ่ 6) สิ่งแวดล้อมมีความทนทานและความเปราะบางต่างกัน และ 7) สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งถ้าไม่มีการฝืนศักย์หรือการเปลี่ยนแปลงใดๆ แล้ว ย่อมไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจและเรียนรู้สิ่งแวดล้อมอย่างถ่องแท้ในการที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดความยั่งยืน

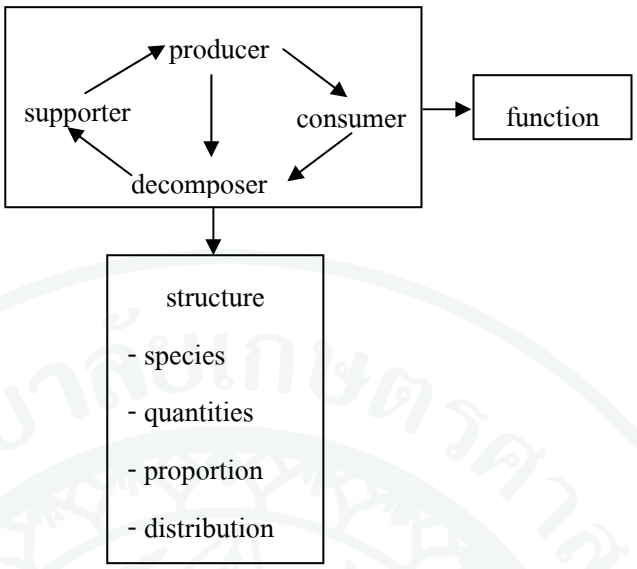
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติเฉพาะของสิ่งแวดล้อมทั้ง 7 ประการเป็นตัวบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ต่อกันและกันทั้งทางตรงและทางอ้อมของสิ่งแวดล้อม นั่นคือ การเรียนรู้หรือทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อมคือการเข้าใจความสัมพันธ์นั่นเองซึ่งศาสตร์ที่เรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อม คือ นิเวศวิทยา ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า Ecology มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกสองคำ คือ Oikos หมายถึง บ้าน และคำว่า Logy หมายถึง ศึกษา ดังนั้น นิเวศวิทยา คือ การศึกษาสิ่งแวดล้อมในบ้านทั้งสิ่งมีชีวิตและกระบวนการที่ทำให้บ้านเป็นที่อยู่อาศัย (Merriam-Webster, 1996) และ เกษม จันทร์แก้ว (2547) ได้ขยายความคำว่า “บ้าน” ในที่นี้หมายถึงธรรมชาติหรืออาณาบริเวณ ส่วน Odum and Barrett (2005) ได้ให้คำจำกัดความนิเวศวิทยาว่า หมายถึง ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับข้อมูล 4 ส่วน คือ ประชากร สังคม ระบบนิเวศ และชีวาลัย

การทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมจำเป็นจะต้องมีขอบเขตหรือพื้นที่ศึกษาที่ชัดเจนซึ่งความสัมพันธ์ของสังคมของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในหน่วยพื้นที่ใดพื้นหนึ่งที่ทำหน้าที่ร่วมกันเรียกว่า “ระบบนิเวศ” (Odum, 1983) จากความหมายของระบบนิเวศ เกษม จันทร์แก้ว (2547) ได้ชี้ให้เห็นประเด็นที่สำคัญของระบบนิเวศสามประเด็น ประเด็นแรก “หน่วยพื้นที่” หมายถึง ระบบนิเวศจะต้องถูกจำกัดขอบเขตหรือขนาด ประเด็นที่สอง “สังคมของสิ่งมีชิวิต” หมายถึง องค์ประกอบหรือโครงสร้างทั้งหมดที่อยู่ในหน่วยพื้นที่หรือระบบนิเวศนั้น และประเด็นที่สาม “การทำหน้าที่ร่วมกัน” หมายถึง องค์ประกอบในหน่วยพื้นที่หรือระบบนิเวศนั้นต่างมีบทบาทหน้าที่ของตนเองและสร้างความสัมพันธ์และสุดท้ายจะแสดงเอกลักษณ์หรือบทบาทหน้าที่ของระบบนั้นๆ ดังนั้น ระบบนิเวศจะมีคุณลักษณะที่สำคัญอย่างน้อยสองประการ คือ มีโครงสร้าง/องค์ประกอบและมีบทบาทหน้าที่

โครงสร้างหรือองค์ประกอบของระบบนิเวศที่ทำงานร่วมกันจนเกิดเป็นเอกลักษณ์หรือบทบาทหน้าที่ของระบบนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบในเชิงชีววิทยาคือความมีชีวิตและไม่มีชีวิต 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สารอนินทรีย์ 2) สารประกอบอินทรีย์ 3) ปัจจัยทางกายภาพ เช่น น้ำ อากาศ 4) ผู้ผลิต 5) ผู้บริโภคขนาดใหญ่ เช่น สัตว์ต่างๆ และ 6) ผู้บริโภคขนาดเล็กหรือผู้ย่อยสลาย (Odum, 1983) ส่วน สนิท อักษรแก้ว (2542) ได้กล่าวถึงโครงสร้างของระบบนิเวศว่าประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ประกอบด้วย 1) ส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิต และ2) ส่วนประกอบที่มีชีวิต ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย ขณะที่ เกษม จันทร์แก้ว (2547) กล่าวถึงโครงสร้างของระบบนิเวศว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ผู้ผลิต 2) ผู้บริโภค 3) ผู้ย่อยสลาย และ 4) ผู้สนับสนุน แต่ละองค์ประกอบจะประกอบด้วย ชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายที่แตกต่างกัน และมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่บทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศ ดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 โครงสร้าง/องค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่ในระบบนิเวศ
ที่มา: ดัดแปลงจาก เกษม จันทร์แก้ว (2547)

บทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศที่เกิดจากความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่างๆ ที่อยู่ภายในจะมีหน้าที่ในการถ่ายทอดพลังงาน (energy flow) และการหมุนเวียนธาตุอาหาร (nutrient cycle) (นิตยา เลาหจินดา, 2549; สนิท อักษรแก้ว, 2542) เพื่อสร้างผลผลิต (productivity) และการอยู่ร่วมกัน (organization) (Sharma and Merle, 1990) ส่วน จิรากรณ์ คชเสนี (2540) กล่าวว่าบทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ การสร้างผลผลิต (production) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (transformation) และการหมุนเวียนย้อนกลับ (recycle) สอดคล้องกับเกษม จันทร์แก้ว (2547) ที่กล่าวว่าสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในรูปของระบบจะมีหน้าที่ของระบบทั้งสามกระบวนการข้างต้นเช่นกัน

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างในระบบนิเวศเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องจากจุดเริ่มต้นจนกระทั่งจุดสุดท้ายมีความสัมพันธ์กันทั้งภายในและภายนอกระบบ ทั้งในแง่ปัจจัยการอยู่ร่วมกัน (holocenetic) ปัจจัยการชดเชย (compensation factor) ปัจจัยจำกัด (limiting factor) และการถ่ายทอดพลังงานที่เป็นไปตามกฎ law of ten เป็นต้น ในระบบสิ่งแวดล้อมหนึ่งๆ จะมีช่วงความทนทานต่อปัจจัยต่างๆ (limiting of tolerance) ตามสมรรถนะการยอมให้มีได้ (carrying capacity) เพื่อควบคุมตัวเอง (self regulation) หรือการฟื้นคืนด้วยตัวเอง (self recovery) อันที่จะรักษาระบบนิเวศของตนเองให้สมดุลสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้ปกติและต่อเนื่องหรือความมีเสถียรภาพของระบบ (system stability) (เกษม จันทร์แก้ว, 2547; จิรากรณ์ คชเสนี, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้น คุณค่าทางนิเวศของสิ่งแวดล้อมเป็นการคงไว้ซึ่งโครงสร้าง/องค์ประกอบที่สามารถทำงานร่วมกันเพื่อการแสดงบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ได้อย่างเป็นปกติภายใต้กระบวนการในการรักษาความสมดุลหรือการฟื้นคืนของระบบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมจะมีบทบาทหน้าที่ใหญ่ๆ อยู่สามประการข้างต้นแต่เมื่อพิจารณาบทบาทหน้าที่ย่อยๆ ที่รวมกันเป็นบทบาทหน้าที่ของระบบใหญ่พบว่าในระบบหนึ่งๆ จะมีบทบาทหน้าที่มากกว่าหนึ่งเสมอ เช่น แหล่งน้ำมีบทบาทหน้าที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เป็นแหล่งทำประมง เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ และเป็นแหล่งรองรับของเสีย เป็นต้น กล่าวได้ว่า ในการพิจารณาระบบสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องคำนึงถึงบทบาทหน้าที่ที่ควรจะเป็นของสิ่งแวดล้อมนั้นเสมอ ซึ่งโครงสร้าง/องค์ประกอบก็จะมีสอดคล้องและมีความเหมาะสมทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจายกับการทำงานร่วมกันเพื่อแสดงบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ

2. กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง เป็นหลักการที่ใช้เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการใช้สิ่งแวดล้อมของมนุษย์ที่มีความจำเป็นต้องใช้สิ่งแวดล้อมเพื่อสนองความต้องการในรูปแบบต่างๆ ดังนั้น การใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือในการประเมินสิ่งแวดล้อมทำให้ทราบถึงสถานะของสิ่งแวดล้อมในการแสดงบทบาทหน้าที่และนำไปสู่การหาวิธีการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมนั้นๆ เพื่อให้มีการแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติ

การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันส่วนใหญ่เกิดมาจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการปกติของระบบสิ่งแวดล้อมจนเกินสมรรถนะของสิ่งแวดล้อมที่ยอมให้มีได้หรือเกินการฟื้นคืนโดยธรรมชาติจึงทำให้กระบวนการต่อไปของสิ่งแวดล้อมไม่สามารถทำงานได้ เกิดการเสียสมดุลและทำให้บทบาทหน้าที่ของระบบสิ่งแวดล้อมนั้นเปลี่ยนแปลงไปหรือเกิดผลกระทบต่อมนุษย์ในที่สุด ซึ่ง เกษม จันทร์แก้ว (2542, 2545) ได้กล่าวไว้ว่า การศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ของระบบสิ่งแวดล้อมใช้หลักของกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงที่ระบุว่า “สิ่งแวดล้อมทุกชนิดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีการฟื้นคืนตัวเองได้ตามธรรมชาติ หรือต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย” เทคโนโลยีในที่นี้ คือ เครื่องมือ อุปกรณ์หรือวิธีการใดๆ ที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อช่วยให้สิ่งแวดล้อมนั้นๆ สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ การประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมการใช้ทรัพยากรต่างๆ สามารถแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงได้ 4 ระดับ ดังตารางที่ 1

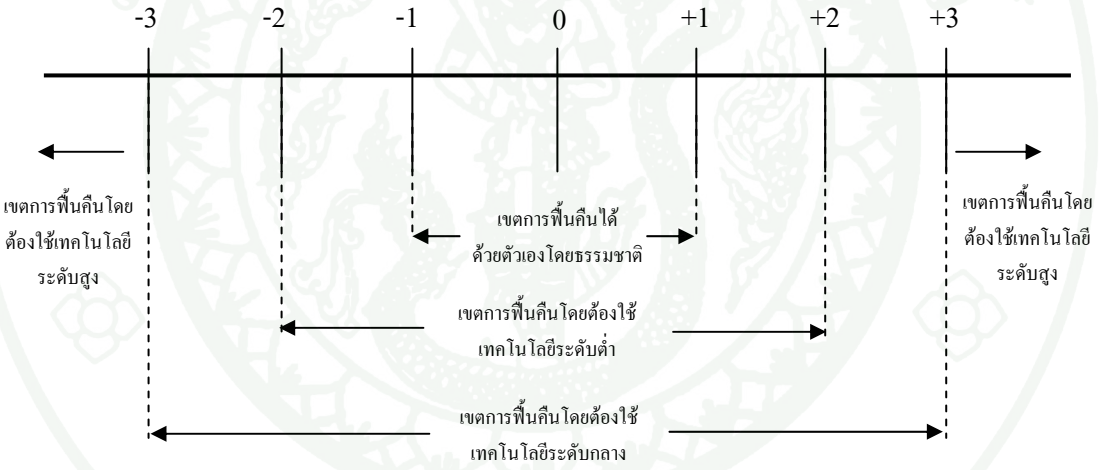
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

ระดับ	การเปลี่ยนแปลง
สมดุล	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่
เตือนภัย	องค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่ไม่เปลี่ยนแปลง
เสี่ยงภัย	องค์ประกอบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่เปลี่ยนแปลง
วิกฤติ	มีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่

ที่มา: เกษม จันทร์แก้ว (2545)

การเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ระดับ สามารถแสดงในรูปของเขตการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง ± 3 ได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เขตการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ ในการฟื้นคืน
ที่มา: เกษม จันทร์แก้ว (2547)

ซึ่งแต่ละเขตการเปลี่ยนแปลงมีความหมาย ดังนี้

เขตการเปลี่ยนแปลง 0 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ตรงกับ ระดับสมดุล

เขตการเปลี่ยนแปลง ± 1 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับต่ำช่วย ตรงกับ ระดับเตือนภัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขตการเปลี่ยนแปลง ±2 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับกลาง ตรงกับ ระดับ เสี่ยงภัย

เขตการเปลี่ยนแปลง ±3 เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง ตรงกับ ระดับวิกฤติ

กล่าวได้ว่ากฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือในการพิจารณาระบบสิ่งแวดล้อมว่ามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับใดและสามารถฟื้นคืนได้ด้วยเทคโนโลยีระดับใด การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละระดับจำเป็นต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของระบบสิ่งแวดล้อมทุกโครงสร้างและมีความซับซ้อนระดับหนึ่ง แต่ในเบื้องต้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบสิ่งแวดล้อมสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งหมายถึงเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ธรรมชาติไม่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเองกับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งหมายถึงเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ดังนั้น การพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงของระบบสิ่งแวดล้อมตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงในเบื้องต้นสามารถพิจารณาได้สองระดับดังกล่าว

3. เทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการหรือเทคนิคฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงใดๆ เพื่อให้กระบวนการสิ่งแวดล้อมดำเนินไปอย่างปกติ ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและจากการใช้สิ่งแวดล้อมต่างๆ ของมนุษย์ ย่อมทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ ดังนั้น เทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมเป็นแนวทางเพื่อให้สิ่งแวดล้อมสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ หลักการของเทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกษม จันทร์แก้ว (2545, 2547) ได้กล่าวไว้ว่า การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมมีหลัก คือ กำจัด/บำบัดสิ่งปนเปื้อนที่เป็นของเสีย/มลพิษและฟื้นฟูสิ่งที่เสื่อมโทรม ซึ่งเมื่อแบ่งเทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมตามมิติสิ่งแวดล้อมที่สำคัญๆ ได้ ดังนี้

3.1 มิติทรัพยากรธรรมชาติ สามารถแบ่งทรัพยากรธรรมชาติออกได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น (non-exhausting natural resources) ได้แก่ แสงอาทิตย์ อากาศและน้ำ การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาในกลุ่มนี้จะเป็นการปนเปื้อนที่เกินมาตรฐานจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมในกลุ่มนี้ ได้แก่ การกรอง การทำให้ตกตะกอน การฆ่าฤทธิ์ การลดปริมาณสารพิษหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสร้างสิ่งป้องกันในรูปแบบต่างๆ 2) ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วทดแทนได้ (renewable natural resources) เป็นกลุ่มทรัพยากรที่ธรรมชาติสร้างขึ้นมา กลุ่มนี้จึงเป็นกลุ่มที่มีชีวิต ได้แก่ สัตว์และพืช การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาในกลุ่มนี้เป็นการลดจำนวนของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์จนมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการแสดงคุณค่าทางนิเวศ การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมในกลุ่มนี้เป็นเทคนิคการเพิ่มจำนวนทั้งพืชและสัตว์ ได้แก่ การขยายพันธุ์ แบ่งเขต ฟื้นฟู ป้องกันและพัฒนา และ 3) ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (exhausting natural resources) ความจริงแล้วทรัพยากรในกลุ่มนี้มีการเกิดขึ้นทดแทนเช่นเดียวกับทรัพยากรกลุ่มที่ใช้แล้วทดแทนได้แต่การทดแทนเกิดขึ้นช้ามากอาจใช้เวลาเป็นหมื่นๆ ปี ได้แก่ หิน ดิน แร่ น้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาในกลุ่มนี้เป็นการลดปริมาณของทรัพยากรที่ไม่เพียงหรือมีแนวโน้มขาดแคลนในอนาคตและมีไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมในกลุ่มนี้แม้ว่าจะไม่สามารถทดแทนให้ทรัพยากรมีใช้ตลอดไปแต่เป็นวิธีที่ช่วยชลอการหมดไปของทรัพยากรหรือการยืดอายุการใช้ให้นานขึ้น ได้แก่ การนำกลับมาใช้ใหม่ (reuse) และการรีไซเคิล (recycle)

3.2 มิติของเสียและมลพิษ ของเสียเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่ต้องการส่วนภาวะมลพิษเป็นสภาวะของสิ่งแวดล้อมที่มีมลสารหรือสิ่งเป็นพิษปนเปื้อนอยู่เกินค่ามาตรฐาน/ค่าธรรมชาติทำให้สิ่งแวดล้อมนั้นๆ เป็นพิษ ของเสียและมลพิษในสิ่งแวดล้อมมี 3 ลักษณะ ประกอบด้วย 1) ของแข็ง ได้แก่ ขยะชุมชน ขยะติดเชื้อ และกากของเสียอันตราย การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมกลุ่มนี้ต้องใช้วิธีกำจัดให้หมดไป เช่น การเผาและการฝังกลบ 2) ของเหลว ได้แก่ น้ำเสีย การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมกลุ่มนี้ต้องใช้วิธีการบำบัด เช่น การกรอง การทำให้ตกตะกอน และการฆ่าฤทธิ์ 3) ก๊าซ ได้แก่ CO_2, CO, CH_4, HFC_S, PFC_S, H_2S, SO_2, NO_X, ฝุ่นละออง และควัน การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมกลุ่มนี้ต้องใช้วิธีการบำบัด เช่น การกรอง และการฆ่าฤทธิ์ 4) มลพิษทางฟิสิกส์ ได้แก่ เสียง ความร้อน แสง และความสั่นสะเทือน การฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมกลุ่มนี้ เช่น การสกัดกั้น

เทคนิคการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทั้งเทคนิคการกำจัด/บำบัดของเสียมลพิษและฟื้นฟูสิ่งที่เสื่อมโทรมสามารถใช้เทคนิคการฟื้นคืนตามธรรมชาติ โดยปกติธรรมชาติสามารถฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเอง เช่น พื้นที่โล่งหรือไร่เลื่อนลอยสามารถปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติโดยให้มีการงอกทดแทนของพืชชนิดต่างๆ หรือน้ำเสียสามารถปล่อยให้ไหลสัมผัสกับอากาศน้ำเสียอาจเป็นน้ำดีได้ แต่บางกรณีไม่สามารถให้ธรรมชาติฟื้นคืนได้ด้วยตัวเองจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีช่วยในการฟื้นคืน เช่น การสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย การผสมเทียม และเตาเผาขยะ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมใดๆ ที่ธรรมชาติและเทคโนโลยีไม่สามารถฟื้นคืนได้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหยุดการใช้สิ่งแวดล้อมนั้น

4. การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการในการตรวจสอบเพื่อให้ทราบถึงความต่อเนื่อง/ความยั่งยืนของระบบสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลจากการใช้เทคนิคการบำบัด/กำจัด ในการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจากการใช้ประโยชน์ในลักษณะต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งการตรวจสอบจะทำให้มีการแก้ไขสิ่งแวดล้อมได้อย่างทันท่วงที การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม เกษม จันทร์แก้ว (2542, 2545, 2547) แบ่งสิ่งแวดล้อมที่สำคัญๆ ออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย 1) ทรัพยากรกายภาพ ได้แก่ อากาศ น้ำ ดิน หิน และแร่ 2) ทรัพยากรชีวภาพ ได้แก่ ป่าไม้ สัตว์ป่า สัตว์น้ำ พืชบก และพืชน้ำ ซึ่งทรัพยากรทั้งสองกลุ่มนี้เป็นทรัพยากรพื้นฐานที่ก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ของมนุษย์เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมจากการใช้เทคนิคการฟื้นคืนทั้งการบำบัด/กำจัดสิ่งปนเปื้อนและฟื้นฟูสิ่งเสื่อมโทรมเพื่อให้ทราบความต่อเนื่อง/ความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมในการแสดงบทบาทหน้าที่จะมีการตรวจสอบทรัพยากรในสองกลุ่มหลักข้างต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าการใช้เทคนิคการฟื้นคืนเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมชนิดใด และในการตรวจสอบความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมทั้งสองกลุ่มจะใช้ตัวดัชนีเป็นตัวชี้วัด ประกอบด้วย 1) ป่าไม้ ดัชนีได้แก่ ขนาดพื้นที่ป่าไม้ โครงสร้างป่าไม้ และปริมาตรไม้ 2) สัตว์ป่า ดัชนีได้แก่ จำนวนชนิด ปริมาณ ความชุกชุมและสถานภาพ 3) ประมง ดัชนีได้แก่ จำนวนชนิด ขนาดแต่ละชนิด ปริมาณสต๊อค และสัตว์ส่วนของขนาดสัตว์น้ำต่อพืชน้ำ 4) นิเวศวิทยาทางน้ำ ดัชนีได้แก่ แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ สัตว์น้ำ ทั้งชนิดและปริมาณ 5) น้ำ ดัชนีได้แก่ ปริมาณน้ำ เวลาการไหลและคุณภาพน้ำทั้งคุณภาพน้ำทางกายภาพ คุณภาพน้ำทางเคมีและคุณภาพน้ำทางชีววิทยา 5) อากาศ ดัชนีได้แก่ ฝน ลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ แสงอาทิตย์ รังสีความร้อน การระเหยน้ำ และคุณภาพอากาศซึ่งจะใช้ปริมาณน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศของฝุ่นละอองและก๊าซต่างๆ และ 6) ดิน ดัชนีได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและและการชะล้างพังทลายของดิน เป็นต้น ค่าที่ได้จากการตรวจวัดของดัชนีสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่กำหนดขึ้นหรือค่าที่เป็นไปตามธรรมชาติจากพื้นที่อื่นหรือพื้นที่ใกล้เคียงที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้นที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วงที่สิ่งแวดล้อมนั้นๆ สามารถแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติ ได้แก่ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำต่างๆ อากาศ เสียงและสภาวะอื่นๆ ของสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ค่าที่ได้จากการตรวจวัดดัชนีต่างๆ ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งแวดล้อมเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ทำให้สามารถประเมินความต่อเนื่อง/ความยั่งยืนในการทำหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมได้และเมื่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมไม่อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานจะทำให้สามารถแก้ไขได้อย่างทันท่วงที

ดังนั้น จากการตรวจเอกสารแนวคิดเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมสามารถสรุปเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างความรู้ทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ ดังนี้

1. คุณค่าทางนิเวศ ประกอบด้วย 1) บทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อม 2) โครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อม และ 3) กลไกการทำงาน

2. กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ประกอบด้วย 1) การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ 2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และ 3) ระดับการเปลี่ยนแปลง

3. เทคนิคการบำบัด ประกอบด้วย 1) การบำบัดโดยธรรมชาติ และ 2) การบำบัดโดยเทคโนโลยี

4. การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 1) การตรวจสอบด้วยการสังเกต และ 2) การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์

น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียชุมชน

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถทดแทนได้ พื้นที่ 2 ใน 3 ของโลกถูกปกคลุมด้วยน้ำในมหาสมุทร ประโยชน์หรือบทบาทหน้าที่ของน้ำที่สำคัญมีอยู่ 7 ประการ (เกษม จันทร์แก้ว, 2541) ดังนี้

1. เป็นส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ โดยพืชจะดูดน้ำไปใช้เพื่อกระบวนการคายน้ำ 95 % อีก 5 % ใช้เพื่อการเจริญเติบโต และในเลือดคนนั้นมีน้ำผสมอยู่ประมาณ 71 %

2. มนุษย์ใช้น้ำเพื่อการดื่มใช้ในครัวเรือน การเกษตร การอุตสาหกรรม พลังงานไฟฟ้า การคมนาคม และอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. น้ำเป็นตัวทำลายให้เกิดสภาวะที่ต้องการบางอย่าง เช่น ทำให้หินแตกย่อย เป็นจุดเริ่มต้นของการก่อกำเนิดดิน เป็นต้น

4. น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้สิ่งมีชีวิตในดินหรือใกล้ผิวดินมีกิจกรรมในการสลายอินทรีย์ และขยะมูลฝอย

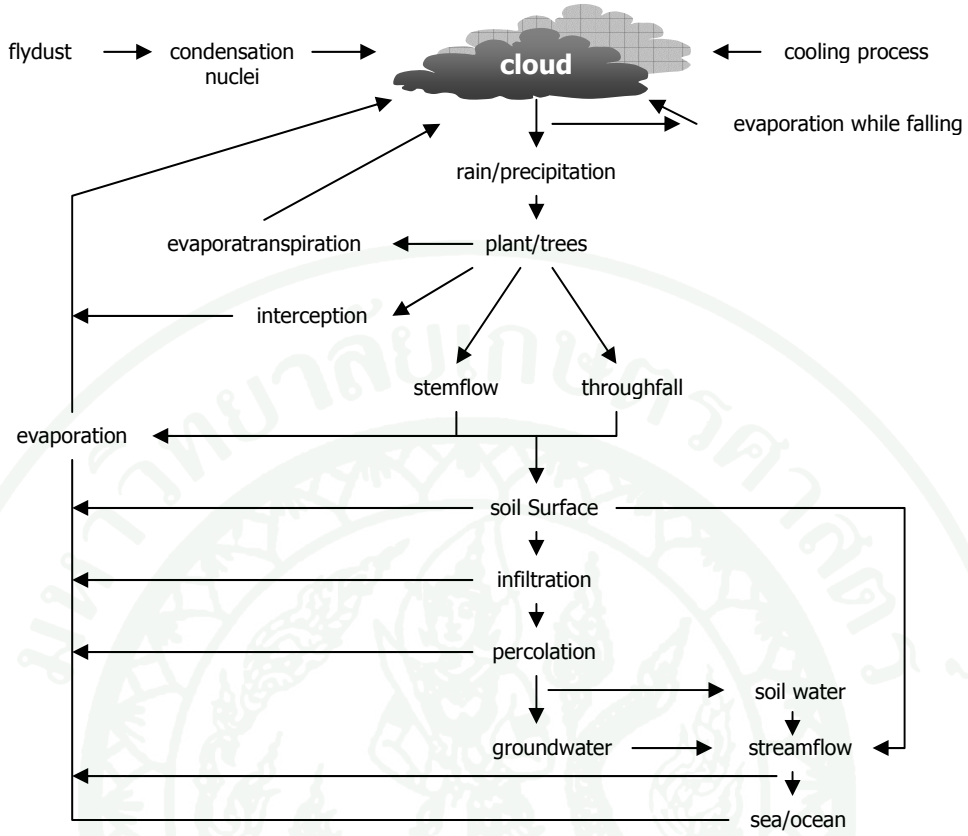
5. น้ำเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์และพืชน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นอาหารของมนุษย์ที่สำคัญ

6. น้ำทำให้เกิดความร่มเย็น กล่าวคือ น้ำช่วยถ่ายทอดความร้อนของอากาศ เพราะในการระเหยน้ำ 1 กรัม ต้องใช้ความร้อนประมาณ 580 แคลอรี่ ดังนั้นความร้อนบริเวณแหล่งน้ำจึงถูกใช้เพื่อการระเหย ทำให้สภาวะอากาศบริเวณนั้นเย็นลง

7. น้ำมีบทบาทสำคัญเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เช่น น้ำตก หิมะ เพื่อการเล่นสกี ใช้เป็นแหล่งตกปลา แล่นเรือ และออกกำลังกายว่ายน้ำ เป็นต้น

กระบวนการปกติของน้ำหรือวัฏจักรของน้ำบนโลกนี้เป็นวงจรที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย เพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แต่สามารถอธิบายกระบวนการปกติของน้ำได้ว่า น้ำจะมีการระเหย (evaporation) จากทะเล มหาสมุทรและแหล่งน้ำต่างๆ บนแผ่นดิน ทั้งผิวดินและใต้ดิน สู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (water vapor) มีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดกระบวนการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ (precipitation) ตกลงมาสู่ทะเล มหาสมุทรหรือแผ่นดินอีกครั้ง โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก (interception) จากพืช และมีบางส่วนตกลงสู่บนผิวดินในลักษณะ stemflow และ throughfall สะสมบนผิวดินจนเกิดการไหลบนผิวดิน (overland flow) แต่ก็มีบางส่วนระเหยและบางส่วนเกิดการคายน้ำจากพืช (transpiration) กลับสู่บรรยากาศ ขณะเดียวกันจะมีน้ำบางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงสู่ใต้ผิวดิน (subsurface flow) และจะไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง เช่นเดียวกับน้ำท่าผิวดิน (surface runoff) และมีน้ำบางส่วนมีการซึมลึกลงไป (percolation) เป็นน้ำใต้ดิน (ground water) และจะมีการไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลหรือมหาสมุทรในที่สุด (กีรติ ลีวัจนกุล, 2549) ซึ่งกระบวนการของน้ำหรือวัฏจักรของน้ำแสดงได้ดังภาพที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กระบวนการของน้ำหรือวัฏจักรของน้ำ
ที่มา: เกษม จันทร์แก้ว (2541)

จากภาพแสดงกระบวนการของน้ำที่ให้ประโยชน์หรือแสดงบทบาทหน้าที่ต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นปกติ แต่ถ้ามีกระบวนการบางประการเพิ่มขึ้นมาหรือเข้ามาแทรกกระบวนการปกติหรือตัดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้กระบวนการปกติของน้ำเปลี่ยนแปลงจะทำให้บทบาทหน้าที่ของน้ำในขั้นตอนต่อมาเปลี่ยนแปลงไป ในกรณีของน้ำเสียก็เช่นเดียวกันเป็นกระบวนการที่ทำให้บทบาทหน้าที่ของน้ำต่อสิ่งแวดล้อมไม่ปกติ อันเกิดจากโครงสร้างปกติของน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งน้ำเสียมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ความหมายของน้ำเสีย

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (2535) ได้ให้ความหมายของน้ำเสียว่า หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว และรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น และกรมควบคุมมลพิษ (2545) ได้ระบุว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำในธรรมชาติเสียหายได้

ส่วน เกษม จันทร์แก้ว (2541) ได้ชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียเป็นของเสีย เพราะมีการปนเปื้อนของมลสารที่อาจเป็นวัตถุทางกายภาพ เคมี หรือสิ่งมีชีวิตปะปนอยู่ จนไม่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกความต้องการ ดังนั้น จึงให้ความหมายของน้ำเสียว่า หมายถึง น้ำที่มีสิ่งปนเปื้อนในน้ำเกินมาตรฐาน ทั้งที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค นอกจากนี้ วีระ ตั้งชวาล (2545) ได้ให้ความหมายของเสียในลักษณะที่เป็นมลพิษทางน้ำ ซึ่งหมายถึง ภาวะที่น้ำเสื่อมคุณภาพหรือน้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่เคยเป็นอยู่ในธรรมชาติ เนื่องจากมีสารพิษเจือปน จนทำให้มนุษย์ สัตว์และพืชได้รับอันตรายทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ไม่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำ นั่นคือ มีการปนเปื้อนของสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาในน้ำ แล้วส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ภาวะที่มีการปนเปื้อนในน้ำเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนด

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

น้ำเสียมีแหล่งกำเนิดจากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะที่แตกต่างกันและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย แหล่งกำเนิดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 3 แหล่ง (วีระ ตั้งชวาล, 2545; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ดังนี้

1. น้ำเสียจากชุมชน

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำที่เกิดจากใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ และระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ แหล่งรองรับน้ำเสียหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ผ่านการบำบัดให้มีคุณลักษณะดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อน ซึ่งทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและเน่าเสียในที่สุด กิจกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชนมี ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 บ้านพักอาศัย เกิดจากเศษอาหารจากการล้างจานและภาชนะหรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆ ที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆ ภายในบ้านและการอาบน้ำ โดยบ้านพักส่วนใหญ่จะมีอัตราการระบายน้ำเสีย ประมาณ 150-216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน

1.2 ภัตตาคาร ร้านอาหาร น้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม

1.3 โรงแรม น้ำเสียเกิดจากห้องน้ำห้องส้วม ทั้งห้องพักอาศัย ห้องครัว และอาคารสำนักงาน

1.4 กิจกรรมอื่นๆ เช่น สถานบริการ อาคารพาณิชย์ โรงเรียน อาคารชุด ตลาด สถานบริการจำหน่ายน้ำมัน เป็นต้น

2. น้ำเสียจากเกษตรกรรม

แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากการเกษตรกรรมขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ต่างๆ และบ่อเลี้ยงปลา น้ำที่ระบายออกจากบริเวณที่มีการเกษตรส่วนใหญ่จะมีสารประกอบทางเคมีชะล้างมาจากผิวดิน ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และวัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรกรรมในทุกขั้นตอนของการเกษตรกรรมแต่ละประเภท โดยกระบวนการชะล้างของฝนน้ำชลประทาน หรือปัจจัยอื่นๆ ให้ตกลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดเป็นตะกอนหรือของเน่าเสียในน้ำและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในที่สุด

3. น้ำเสียจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมถือว่าเป็นแหล่งน้ำเสียที่มีอันตรายหรือความเป็นพิษมากกว่าแหล่งน้ำเสียจากชุมชน เนื่องจากมีสารประกอบทั้งโลหะหนักและสารจำพวกกัดกร่อนต่างๆ เป็นต้น ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำเสียจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมจะมีปริมาณน้อยกว่าจากชุมชน แต่เนื่องด้วยความเข้มข้นและความเป็นพิษของน้ำเสียจากโรงงานอุตหกรรมมีมากกว่าน้ำเสียจากชุมชน ทั้งนี้ องค์ประกอบของน้ำเสียจากโรงงานอุตสหกรรมจะแตกต่างออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น โดยทั่วไปแล้ว น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีที่มาจาก 3 กระบวนการด้วยกัน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 น้ำล้าง เกิดจากการล้างวัตถุดิบ อุปกรณ์ ถัง ภาชนะ ของใช้ เครื่องจักร พื้นโรงงาน

3.2 น้ำหล่อเย็น เกิดจากน้ำทิ้งจากการระบายความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ

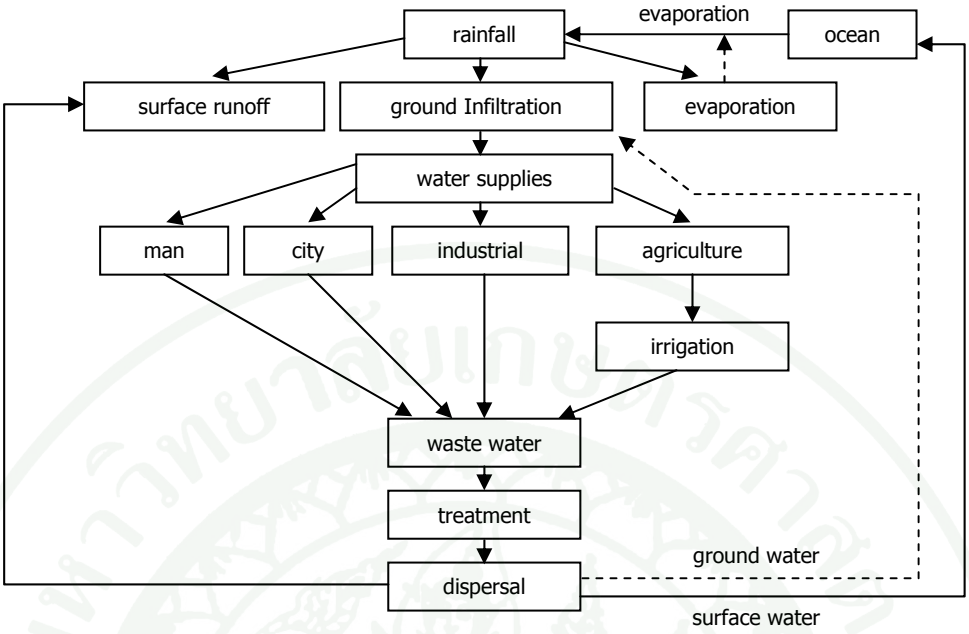
3.3 น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิต มักเป็นน้ำที่มีค่าความสกปรกหรือเป็นอันตรายมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้จะเน้นน้ำเสียที่เกิดจากชุมชนและการบำบัดน้ำเสียชุมชน นั่นคือจะครอบคลุมกิจกรรมการเกิดน้ำเสียที่เป็นไปตามคำนิยามของน้ำเสียชุมชนข้างต้น รวมทั้งผลกระทบที่เกิดจากน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

กระบวนการเกิดน้ำเสีย

กระบวนการหลักของการเกิดน้ำเสีย คือ ขณะที่ฝนตกจะชะล้างฝุ่นละอองและก๊าซปะปนมาด้วย แม้กระนั้นก็ไม่ทำให้ค่าสกปรกสูงยังคงเป็นน้ำที่สะอาด เมื่อฝนตกลงสู่ผิวโลกที่มีสิ่งปกคลุมดิน (land cover) ทั้งป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ชุมชน และพื้นที่อื่นๆ จึงทำให้เกิดการตกกระทบและมีการชะล้างเกิดขึ้นเป็นสารละลาย แล้วน้ำที่มีสิ่งปนเปื้อนนั้นจะไหลลงสู่ที่ต่ำ ตลอดระยะทางที่ไหลผ่านจะมีชะล้างเพิ่มเติมหรือมีการเพิ่มความสกปรกด้วยการปล่อยน้ำทิ้งและ/หรือการเทใส่ความสกปรกเพิ่มขึ้น น้ำเสียเหล่านั้นจะไหลไปหยุด ณ ที่ซึ่งเป็นบ่อ อ่าง หรือแหล่งน้ำ หรือไหลไปตามลำน้ำธรรมชาติ น้ำเสียสร้างปัญหาต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืชรุนแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณ และเวลา (ภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 กระบวนการเกิดน้ำเสีย
ที่มา: เกษม จันทร์แก้ว (2541)

ผลกระทบของน้ำเสีย

น้ำเสียก่อให้เกิดผลกระทบหลายประการและยากที่จะประเมินค่าเป็นจำนวนเงินได้ อย่างไรก็ตาม ผลทระทบของน้ำเสียในแต่ละด้าน (เกษม จันทร์แก้ว, 2541; วีระ ตั้งชวาล, 2545; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) สรุปได้ ดังนี้

1. ด้านสาธารณสุข/อนามัย

น้ำเสียเป็นอันตรายต่อประชาชน ถ้าหากนำไปใช้อาบหรือดื่มอาจทำให้เกิดโรคได้หลายอย่าง และอาจทำให้เกิดโรคระบาดได้ เช่น อหิวาตกโรค บิด ไข้รากสาด เป็นต้น นอกจากนั้น น้ำเสียที่มีสารพิษบางประการยังก่อให้เกิดโรคร้ายแรงได้ เช่น โรคมินามาตะอันเกิดจากสารปรอทที่สะสมอยู่ในสัตว์น้ำ และถ่ายทอดมายังมนุษย์ตามห่วงโซ่อาหาร ทำให้มีอาการเกี่ยวกับระบบประสาท มือเท้าชา พิการและตายได้ และสำหรับแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนอยู่น้อยจะส่งกลิ่นเหม็นเน่า ก่อให้เกิดความเดือดร้อนและบั่นทอนสุขภาพของผู้อาศัยอยู่ริมแม่น้ำ ลำคลองและผู้สัญจรไปมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ด้านการผลิตน้ำสะอาดเพื่อบริโภคและอุปโภค

แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ได้จากแม่น้ำลำคลอง เมื่อแหล่งน้ำเหล่านี้เกิดการเน่าเสียหรือมีคุณภาพลดลง การผลิตน้ำประปาเพื่อให้ได้มาตรฐานจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น เพราะต้องจัดทำระบบกำจัดความสกปรกของน้ำที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนั้น ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพดี เช่นน้ำที่ใช้กับหม้อกลั่นจะต้องเป็นน้ำอ่อน ในโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษและเส้นใยต้องการน้ำที่มีปริมาณเหล็กและแมงกานีสน้อยมาก หรือน้ำที่ใช้ในโรงงานรีดเหล็กต้องมีปริมาณคลอไรด์ต่ำ เป็นต้น น้ำเหล่านี้จำเป็นต้องใช้กระบวนการพิเศษเพื่อทำให้น้ำสะอาดตามมาตรฐาน ดังนั้น ถ้ามีมลพิษทางน้ำเกิดขึ้นจึงมีผลกระทบทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น

3. ด้านการประมง

น้ำเสียทำให้สัตว์น้ำต่างๆ เช่น ปลา กุ้ง หอย ปูและอื่นๆ ลดจำนวนลง เนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ได้ตามธรรมชาติ เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจตามมา จากการศึกษาพบว่า ถ้ามีดีดีทีในแหล่งน้ำ 0.13 พีพีเอ็ม จะเป็นอันตรายต่อปลา ลูกปลาวัยอ่อน ดีดีที 0.05 พีพีเอ็ม จะทำให้หอยนางรมตายถึง 90% และอีก 10% จะหยุดการเจริญเติบโต โลหะหนักจำพวกปรอทจะทำให้ผนังเหงือกของปลาเป็นอันตราย น้ำเสียที่มีสารพิษปะปนอยู่มาก อาจทำให้สัตว์น้ำตายได้ทันทีหรือถ้าเป็นน้ำเสียที่ขาดออกซิเจน ถึงแม้ไม่ทำให้ปลาตายในทันทีก็อาจทำลายพืชและสัตว์น้ำเล็กๆ ที่เป็นอาหารของปลา ทำให้ตัวอ่อนของปลาขาดอาหารและปริมาณปลาจะลดจำนวนลงเป็นผลเสียต่อการประมง นอกจากนี้ น้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้ระบบนิเวศของสัตว์น้ำไม่สามารถแพร่พันธุ์ตามธรรมชาติได้

4. ด้านการเกษตร

น้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อการเกษตรส่วนใหญ่เป็นน้ำที่มีความเป็นกรดค่อนข้างสูง และมีปริมาณเกลืออนินทรีย์สูงหรือสารพิษปนอยู่ มักมีสาเหตุจากการระบายน้ำทิ้งที่มิได้ผ่านระบบกำจัดจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้พืชผลทางการเกษตรไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ด้านความงามและพักผ่อนหย่อนใจ

แม่น้ำ ลำธาร และแหล่งน้ำที่สะอาดเป็นความสวยงามตามธรรมชาติ ผู้คนนิยมใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เช่น ว่ายน้ำ ตกปลา แล่นเรือ ฯลฯ แต่ถ้าหากแหล่งน้ำสกปรก และมีกลิ่นเหม็น ย่อมไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน และจะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไปด้วย

กล่าวได้ว่า น้ำเสียได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งพืช สัตว์ และมนุษย์ ขนาดของผลกระทบจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณ และเวลาของสารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น การขาดออกซิเจนในน้ำ โรคระบาด และความเป็นพิษถึงขั้นตายหรือเสียชีวิตในที่สุด ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกัน/แก้ไขปัญหาน้ำเสียโดยไม่ให้ส่งผลกระทบดังกล่าว อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะมิให้เกิดน้ำเสียเนื่องจากยังต้องใช้น้ำในกระบวนการต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์หรือกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้สารปนเปื้อนในแหล่งน้ำอยู่ในค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การบำบัดน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่างๆ เป็นต้น ความสำคัญของการบำบัดน้ำเสียชุมชนเนื่องจากน้ำเสียจากชุมชนเป็นแหล่งน้ำเสียขนาดใหญ่ที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในแต่ละวัน และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมา โดยปริมาณน้ำเสียจากชุมชนทั่วประเทศที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีประมาณ 14 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นชุมชนเมืองระดับเทศบาล (1,146 แห่ง) ประมาณ 2.5 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน พื้นที่กรุงเทพมหานครและเมืองพัทยา ประมาณ 2.5 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน และจากพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล (6,636 แห่ง) ประมาณ 9 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน คิดเป็นปริมาณความสกปรกรวม 2,600 ตันบีโอดี/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2549ก)

อย่างไรก็ตาม ยังมีชุมชนเมืองที่ยังไม่มีการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมอีกเป็นจำนวนมากถึง 7,803 พื้นที่ ได้แก่ ชุมชนเมือง 1,060 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 6,743 แห่ง ชุมชนและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชุมชนเมืองเหล่านี้ยังขาดความรู้ความเข้าใจปัญหาน้ำเสีย ขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป้องกัน ดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังขาดความพร้อมด้านการบริหารจัดการน้ำเสีย ขาดงบประมาณดำเนินการ และแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนเหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม ตลอดจนยังต้องการการสนับสนุนให้ความช่วยเหลือจากหน่วยงานส่วนกลางและส่วนภูมิภาคมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ซึ่งในการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชนจะมีลักษณะและองค์ประกอบต่างๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ดังนี้

1.1 สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ชิ้นเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (dissolve oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มากและสภาพเน่าเหม็นก็จะเกิดขึ้นได้ง่าย

1.2 สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็นแต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟอร์ เป็นต้น

1.3 โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมี่ยม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียอุตสาหกรรมและสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษเหล่านี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท

1.4 น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงและกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

1.5 ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

1.7 จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้ จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

1.8 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่ายเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำอีกด้วย

1.9 กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นผลมาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงงานฆ่าสัตว์ เป็นต้น

2. หลักการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดเป็นการทำให้ปริมาณมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมลดลงให้อยู่ในระดับที่พอใจ หลักการบำบัดน้ำเสียพิจารณาจากคุณสมบัติเฉพาะของสาร ซึ่งสามารถแบ่งการบำบัดน้ำเสียได้เป็น 4 ขั้นตอน (เกษม จันทร์แก้ว, 2541; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545; วีระ ตั้งชวาล, 2545) ดังนี้

2.1 กระบวนการบำบัดทางกายภาพ (physical process) เป็นวิธีการบำบัดที่อาศัยแรงต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากของเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (screening) การตัดย่อย (comminution) การกวาด (skimming) การกวน (mixing) การทำให้ลอย (flotation) การตกตะกอน (sedimentation) การแยกด้วยเครื่องเหวี่ยง (centrifugation) และการกรอง (filtration) เป็นต้น

2.2 กระบวนการทางเคมี (chemical process) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีในการกำจัดสารประกอบต่างๆ ซึ่งส่วนมากเป็นสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ การทำให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตกตะกอน (precipitation) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) การเติมและลดออกซิเจน (oxidation-reduction) และการฆ่าเชื้อโรค (disinfection)

2.3 กระบวนการทางชีวภาพ (biological process) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียให้เป็นสารที่อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนให้เป็นแก๊ส น้ำ และเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (aerobic process) และกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic process)

2.4 กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physical-chemical processes) เป็นกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย เช่น การดูดซับด้วยถ่าน (carbon adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) การออสโมซิสย้อนกลับ (reverse osmosis) และการแยกด้วยไฟฟ้า (electrolysis) เป็นต้น

3. ระบบบำบัดน้ำเสีย

จากหลักการบำบัดน้ำเสีย 4 กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียได้ 4 ขั้นตอนด้วยกัน คือ 1) การบำบัดขั้นต้น (primary treatment) เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยและของเสียขนาดใหญ่ออกไป 2) การบำบัดขั้นที่สอง (secondary treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาและเคมี เพื่อให้น้ำสะอาดและได้เกณฑ์มาตรฐาน 3) การบำบัดขั้นที่สาม (tertiary treatment) เป็นการบำบัดเพื่อขจัดสารเคมีและแร่ธาตุต่างๆ ออกจากน้ำ และ 4) การบำบัดขั้นที่สี่ (tetra treatment) เป็นการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งจากหลักการบำบัดน้ำเสียและขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียที่กล่าวมาข้างต้นได้นำไปสู่การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุประบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ดังนี้

3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (onsite treatment) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการก่อสร้างหรือติดตั้งเพื่อบำบัดน้ำเสียจากอาคารเดี่ยวๆ เช่น บ้านพักอาศัย อาคารชุด โรงเรียนหรืออาคารสถานที่ทำงาน เป็นต้น เพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียในระดับหนึ่งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ บ่อดักไขมัน (grease trap) ระบบบ่อเกรอะ (septic tank) ระบบบ่อกรองไร้อากาศ (anaerobic filter) เป็นต้น เนื่องจากเป็นระบบที่ก่อสร้างได้ง่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (stabilization pond : SP) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (anaerobic pond) บ่อแฟคคัลเททีฟ (facultative pond) บ่อแอโรบิค (aerobic pond) โดยทั้งนี้บ่อสุดท้ายจะเป็นบ่อปรับสภาพ (maturation pond) ทำหน้าที่ในการตกตะกอนของแข็งและปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon : AL) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่น เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้น ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge : AS) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาโดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในปัจจุบันระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (completely mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (contact stabilization process) ระบบคลองเวียน (oxidation ditch) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอส บี อาร์ (sequencing batch reactor) เป็นต้น

3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (constructed wetland) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง แต่ระบบบึงประดิษฐ์ก็สามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่สอง (secondary treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้อีกด้วย บึงประดิษฐ์มี 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบ free water surface wetland (FWS) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ และ 2) แบบ vegetated submerged bed system (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย

กล่าวได้ว่าการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นกระบวนการที่ทำให้สภาพของน้ำเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบำบัดน้ำเสียชุมชนมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของชุมชนนั้นในการเลือกใช้

อย่างไรก็ตามจากเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถประยุกต์เพื่อใช้ในการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียชุมชนให้บรรลุวัตถุประสงค์ของสิ่งแวดล้อมศึกษา ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะทางสิ่งแวดล้อมได้ ดังนี้

1. คุณค่าทางนิเวศ น้ำมีบทบาทหน้าที่ โครงสร้าง/องค์ประกอบและกระบวนการในการฟื้นคืนด้วยตัวเอง ดังนี้

1.1 บทบาทหน้าที่ของน้ำ

บทบาทหน้าที่ของน้ำโดยทั่วๆ ไป ประกอบด้วย 1) ใช้เพื่อกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น ดื่ม อาบ ซักผ้า ล้างจาน 2) ใช้เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายมนุษย์ เช่น หล่อเลี้ยงร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเลือด ขับถ่ายของเสีย และถ่ายเทความร้อน 3) ใช้เพื่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น เป็นตัวละลายธาตุอาหารในการดูดซึมของพืช และสังเคราะห์แสง 4) เป็นแหล่งอาหารและแหล่งน้ำของสัตว์ต่างๆ 5) เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ 6) เป็นแหล่งประกอบอาชีพ เช่น ทำประมง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 7) เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ กีฬา และนันทนาการ และ 8) เป็นตัวทำละลายและชะล้างของเสีย (เกษม จันทร์แก้ว, 2541)

1.2 โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสียชุมชน

1.2.1 องค์ประกอบของน้ำโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

ก. องค์ประกอบทางกายภาพที่เป็นไปตามธรรมชาติ ประกอบด้วย

1) สี เช่น สีเหลืองปนน้ำตาล สีใส
2) กลิ่น เช่น กลิ่นคาว กลิ่นดิน หรือไม่มีกลิ่น
3) ตะกอน เช่น ตะกอนดิน กรวด ทราย
4) สารแขวนลอย เช่น อนุภาคดินหรือตะกอนที่ล่องลอยอยู่ในน้ำทำให้น้ำขุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) เศษซาก เช่น เศษใบไม้ กิ่งไม้ และซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ

6) ขยะ เช่น ถุงพลาสติก เปลือกผลไม้ และเศษอาหาร

ข. องค์ประกอบทางเคมีที่เป็นไปตามธรรมชาติ ประกอบด้วย โมเลกุลของน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง และแร่ธาตุต่างๆ

ค. องค์ประกอบทางชีวภาพที่เป็นไปตามธรรมชาติ ประกอบด้วย แบคทีเรีย เชื้อรา พยาธิต่างๆ สาหร่าย แพลงค์ตอนพืช แพลงค์ตอนสัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ

1.2.2 โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชน ประกอบด้วย

ก. องค์ประกอบทางกายภาพที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติและมีมากเกินปกติ เช่น สีดำ กลิ่นเหม็น มีคราบน้ำมันจากการประกอบอาหาร คราบน้ำมันเครื่อง ขยะ เศษอาหาร สิ่งขับถ่ายปฏิกูล และ ตะกอนดินที่มากเกิน

ข. องค์ประกอบทางเคมีที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติและมีมากเกินปกติ เช่น ความเป็นกรด – ด่าง ต่ำหรือสูงกว่าปกติ และมีแร่ธาตุต่างๆ บางชนิดมากเกิน เช่น จากผงซักฟอก

ค. องค์ประกอบทางชีวภาพที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติและมีมากเกินปกติ เช่น เชื้อโรค พยาธิต่างๆ เป็นต้น

1.3 กระบวนการฟื้นคืนของน้ำจากการปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชน

กระบวนการฟื้นคืนของน้ำจากการปนเปื้อนในธรรมชาติ เรียกว่า “การฟอกตัวเองของน้ำ” เพื่อบำบัดสิ่งเหล่านี้ให้หมดไปโดยมีกลไกเกี่ยวกับการฟอกตัวเองของน้ำได้ ได้แก่ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน การกรองโดยพืช การกรองโดยดิน กรวด ทราย การตกตะกอน และการเติมออกซิเจนแก่น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง

กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงระบุไว้ว่า “สิ่งแวดล้อมทุกชนิดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีการฟื้นคืนตัวเองได้ตามธรรมชาติ หรือต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย” การเปลี่ยนแปลงของน้ำตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) สมดุล เป็นระดับที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำหรือมีการปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย แต่น้ำสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติทั้งการใช้ประโยชน์และสิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ได้ 2) เตือนภัย เป็นระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำที่มีการปนเปื้อนจำนวนหนึ่ง แต่น้ำสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ในการใช้ประโยชน์และสิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ได้แต่ไม่ดีเท่าระดับแรก 3) เสี่ยงภัย เป็นระดับที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำแต่มีการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของน้ำโดยสิ้นเชิง และ 4) วิกฤต เป็นระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำที่มีการปนเปื้อนจำนวนมาก และน้ำไม่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้เป็นปกติ ทั้งการใช้ประโยชน์และสิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับสมดุลของน้ำสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง การเปลี่ยนแปลงระดับเตือนภัยของน้ำสามารถฟื้นคืนได้ด้วยการใช้เทคโนโลยีระดับต่ำ การเปลี่ยนแปลงระดับเสี่ยงภัยของน้ำสามารถฟื้นคืนได้ด้วยการใช้เทคโนโลยีระดับกลาง และการเปลี่ยนแปลงระดับวิกฤตของน้ำสามารถฟื้นคืนด้วยการใช้เทคโนโลยีระดับสูง

3. เทคนิคการบำบัด

เทคนิคการบำบัดน้ำเสียชุมชน แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติและเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ

เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ ประกอบด้วย 1) การกรองโดยดิน กรวดและทราย 2) การกรองโดยป่าไม้ ป่าชายเลน และพืชน้ำ 3) การตกตะกอน 4) การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน และ 5) การเติมออกซิเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น

เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

3.2.1 ระดับครัวเรือน ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปสำหรับครัวเรือนแต่ละหลัง ได้แก่ บ่อดักไขมัน และบ่อเกรอะ

3.2.2 ระดับชุมชนขนาดใหญ่ คือ การรวบรวมน้ำเสียจากแต่ละบ้านมาบำบัดรวมกัน ซึ่งเรียกว่าระบบบำบัดน้ำเสียรวม

4. การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของน้ำเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงจนเกิดผลกระทบหรือให้มีการแก้ไขก่อนที่จะเกิดผลกระทบตามมา ในการประเมินเพื่อความยั่งยืนของน้ำในแหล่งต่างๆ ได้ข้อมูลมาจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งการสังเกตเบื้องต้นโดยชุมชนและการตรวจวัดคุณภาพด้วยดัชนีชี้วัดตามหลักวิชาการ ดังนี้

4.1 การสังเกตเบื้องต้น ประกอบด้วย การสังเกตสี กลิ่น ความขุ่น ฟอง ปริมาณขยะ ปริมาณสัตว์น้ำ จำนวนประชากรในชุมชน และจำนวนกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียในชุมชน

4.2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ จะมีตัวชี้วัดที่สำคัญ ประกอบด้วย อุณหภูมิ pH ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ สี กลิ่น ความขุ่น BOD COD ไขมันและน้ำมัน ไนโตรเจน โลหะหนัก สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปริมาณของแข็ง

แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้

มนุษย์มีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่เกิดด้วยการลองผิดลองถูก ประสบการณ์ตรงและการบอกเล่าที่สืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่นทั้งนี้เพื่อการอยู่รอดและการดำรงอยู่ในสิ่งแวดล้อมอย่างปกติสุข การเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติอาจต้องใช้เวลานานหรือหากไม่มีสถานการณ์ที่อำนวยการเรียนรู้ก็อาจไม่เกิดขึ้นเลย ดังนั้น การเรียนรู้ที่เกิดจากการสอนของบุคคลอื่นจึงช่วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

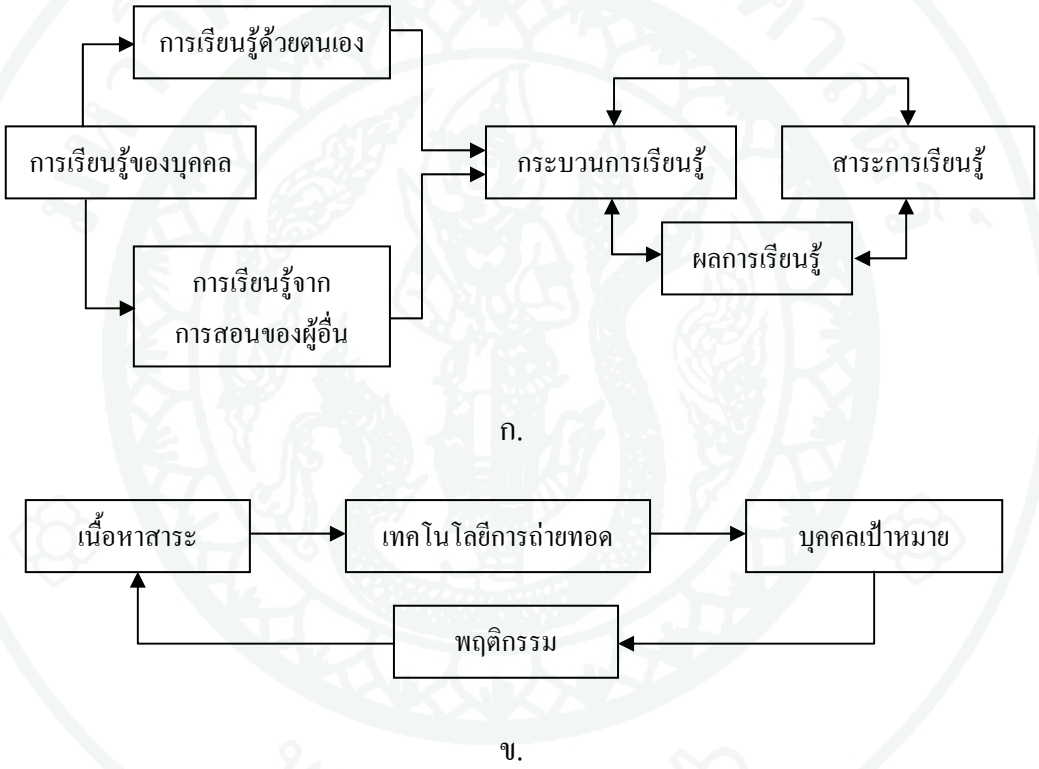
ประหยัดเวลาและทำให้มนุษย์มีการเรียนรู้ได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะการเรียนรู้ในระบบการศึกษาทั้งในระบบและนอกระบบโรงเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงระดับปริญญา นักจิตวิทยา นักคิดและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ไว้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอันเนื่องมาจากประสบการณ์ที่มนุษย์ได้รับมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือการฝึกหัดรวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความรู้ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2543; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544) ส่วนทิศนา แขมมณี, พิมพันธ์ เดชะคุป และ ชนาธิป พรกุล (2545) การเรียนรู้มีขอบเขตครอบคลุมความหมาย 2 ประการ คือ ในความหมายของ “กระบวนการเรียนรู้” หมายถึงการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหรือการใช้วิธีการต่างๆ ที่ช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้และการเรียนรู้ในความหมายของ “ผลการเรียนรู้” ซึ่งได้แก่ ความรู้ความเข้าใจในสาระต่างๆ ความสามารถในการกระทำ การใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ รวมทั้งความรู้สึกหรือเจตคติอันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้หรือวิธีการเรียนรู้

ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ของมนุษย์จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมใน 3 ด้าน คือ 1) ด้านสติปัญญา เป็นการเปลี่ยนแปลงสติปัญญาของผู้เรียนจากผู้ที่ไม่รู้ให้รู้ จากผู้ที่รู้น้อยให้รู้มากขึ้น จากผู้ที่รู้คลุมเครือให้รู้กระจ่างขึ้น ผลการเรียนรู้ด้านสติปัญญา Bloom *et al.* (1975) แบ่งได้เป็น 6 ระดับ คือ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า 2) ด้านความรู้สึก เป็นการเปลี่ยนแปลงความคิด จิตใจและอารมณ์จนเป็นผู้ที่มีความคิดถูกต้องและจิตใจที่ดีงาม ผลการเรียนรู้ด้านความรู้สึก Krathwohl, Bloom and Masia (1974) แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ การตั้งใจ การตอบสนอง การเห็นคุณค่า การจัดระบบคุณค่า และการสร้างลักษณะนิสัย และ 3) ด้านทักษะกลไก เป็นการเปลี่ยนแปลงในการบังคับกล้ามเนื้อให้เคลื่อนไหวให้ได้ตามที่ใจต้องการภายใต้การควบคุมของจิตใจจนออกมาเป็นความคล่องแคล่ว ว่องไวในการทำงานความถูกต้องในการปฏิบัติงานและความประณีตของผลงานที่เรียกว่าความชำนาญ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกลไก Harrow (1972) แบ่งออกได้ 7 ลักษณะ ได้แก่ การสัมผัสรู้ การเตรียมพร้อมปฏิบัติ การปฏิบัติภายใต้การแนะนำ การปฏิบัติได้จนคล่อง การปฏิบัติงานที่ซับซ้อน การปรับปรุง และต้นแบบ ผลการเรียนรู้นอกจากจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใน 3 ด้านข้างต้นแล้วยังส่งผลให้เกิดกระบวนการเรียนรู้หรือวิธีการเรียนรู้อันเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนรู้ต่อไปของมนุษย์ อีกด้วย (ทิศนา แขมมณี, พิมพันธ์ เดชะคุป, และ ชนาธิป พรกุล, 2545) ส่วนทางด้านสิ่งแวดล้อมศึกษากำหนดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ไว้เป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ทัศนคติ 3) ความสำนึก 4) การตอบโต้ และ 5) ทักษะทางสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ประกอบของการเรียนรู้

การเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ กระบวนการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ทั้งการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้จากการสอนของผู้อื่น (ทิศนา แขมมณี, พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และ ชนาธิป พรกุล, 2545) ส่วน เกษม จันทร์แก้ว (2536) กล่าวถึงการเรียนรู้ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหาสาระ 2) เทคโนโลยีการถ่ายทอด 3) บุคคลเป้าหมาย และ 4) พฤติกรรม ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 องค์ประกอบของการเรียนรู้
ที่มา: เกษม จันทร์แก้ว (2536); ทิศนา แขมมณี และคณะ (2545)

รูปแบบการเรียนรู้

การเรียนรู้ในแง่ของกระบวนการเรียนรู้เป็นการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนที่มีการใช้วิธีการต่างๆ เพื่อช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้ที่เกิดจากการสอนของบุคคลอื่นมีอยู่หลายรูปแบบทั้งรูปแบบการเรียนรู้ที่เป็นสากลและรูปแบบที่พัฒนาโดยนักคิด นักวิจัยและนักการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของไทย ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ที่เกิดจากการสอนของบุคคลอื่นๆ โดยทั่วไปจะเรียกว่า “รูปแบบการเรียนการสอน” หมายถึง สภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่างๆ โดยมีการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ ที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือและได้รับการพิสูจน์ ทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนได้ (ทิศนา แขมมณี, 2548) ซึ่งรูปแบบการสอนมีองค์ประกอบที่สำคัญประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ (ทิศนา แขมมณี, 2550)

1. มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักการของรูปแบบการสอนนั้นๆ

2. มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ

4. มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ส่วน บุญชม ศรีสะอาด (2541) กล่าวถึงรูปแบบการสอนว่ามีความหมาย 2 แนวใหญ่ๆ คือ แนวแรกมองรูปแบบการสอนเป็นกิจกรรมหรือวิธีสอน ส่วนที่ 2 มองรูปแบบการสอนที่กว้างกว่า โดยมองว่าเป็นโครงสร้างที่แสดงถึงองค์ประกอบต่างๆ ในการสอนที่จะนำมาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลแก่ผู้เรียนตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ความสอดคล้องกันของรูปแบบการสอนกับวิธีสอน ทิศนา แขมมณี (2550) ชี้ให้เห็นว่าการนำวิธีการสอนใดๆ ก็ตามมาจัดทำเป็นระบบตามหลักและวิธีการจัดระบบแล้ววิธีการสอนนั้นก็จะกลายเป็น “รูปแบบการเรียนการสอน”

ดังนั้น กล่าวได้ว่าวีธีการสอนที่มีในปัจจุบัน ได้แก่ การบรรยาย การสาธิต การทดลอง การนิรนัย การอุปนัย การทัศนศึกษา การอภิปรายกลุ่ม การแสดงละคร การแสดงบทบาทสมมติ กรณีตัวอย่าง เกม ศูนย์การเรียน และบทเรียนโปรแกรม เป็นต้น วิธีการสอนเหล่านี้จะกลายเป็นรูปแบบการเรียนการสอนทันทีถ้าวิธีการสอนนั้นอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี หลักการหรือความเชื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และมีการจัดองค์ประกอบต่างๆ ที่มีลำดับขั้นตอนตามวิธีการของระบบ และจะเป็นวิธีสอนเมื่อมองเป็นกิจกรรมการเรียนการสอน ในปัจจุบันมีรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลายทั้งรูปแบบการเรียนการสอนที่เป็นสากล อาทิ รูปแบบการเรียนการสอนมโนทัศน์ (concept attainment model) ที่จอยส์และวีล (Joyce and Weil, 2004) ได้พัฒนาตามแนวคิดของบรุนเนอร์ กู๊ดนาวและออสติน ซึ่งมีใจความว่าการเรียนรู้มโนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งจำเป็นต้องลดความซับซ้อนให้น้อยลงโดยการจัดหมวดหมู่เข้าด้วยกันด้วยการใช้เกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งอย่างเหมาะสม

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดของกานเย (Gagne/'s instructional model) โดยอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ว่ามนุษย์แต่ละคนนั้นจะต้องมีการเรียนรู้จากระดับขั้นต้นไปสู่ขั้นตอนการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนมากกว่าเสมอ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนกานเยได้เสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ 9 ขั้น ประกอบด้วย การกระตุ้นและดึงดูดความสนใจของผู้เรียน การบอกวัตถุประสงค์ การกระตุ้นให้ระลึกถึงความรู้เดิม การเสนอสิ่งเร้าหรือความรู้ใหม่ การแนะนำวิธีการเรียน การจัดให้ผู้เรียนได้แสดงออก การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน การวัดและประเมินผลการเรียน และการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ถาวรและการถ่ายโยงการเรียนรู้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547)

รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) เป็นที่ยอมรับกันว่าเหมาะสมอย่างยิ่งกับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนและผู้เรียนสามารถใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Joyce *et al.* (2004) กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มี 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนการเผชิญปัญหา (confrontation with the problem) ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบ (data gathering verification) ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลเพื่อทดลอง (data gathering experimentation) ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างและสร้างคำอธิบาย (organizing formulation and explanation) และขั้นตอนวิเคราะห์การสืบเสาะ (analysis of inquiry process)

รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้บทบาทสมมติ (role playing model) มีหลักการที่สำคัญคือ บุคคลสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับตนเองจากการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ความรู้สึกนึกคิดและค่านิยมต่างๆ ของบุคคลเป็นผลมาจากการที่บุคคลมีการปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบข้างและได้สั่งสมไว้ภายในลึกๆ โดยที่บุคคลอาจไม่รู้ตัว การสวมบทบาทสมมติเป็นวิธีการช่วยให้บุคคลได้แสดงความรู้สึกนึกคิดต่างๆ ที่อยู่ภายในออกมาทำให้สิ่งที่ซ่อนเร้นอยู่เปิดเผยออกมาและนำมาศึกษาทำความเข้าใจกันได้ ช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับตนเอง เกิดความเข้าใจในตนเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในขณะเดียวกันการที่บุคคลสวมบทบาทของผู้อื่นก็สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในความคิด ค่านิยม และพฤติกรรมของผู้อื่นได้เช่นเดียวกัน

รูปแบบการเรียนการสอนแบบร่วมมือ (instructional model of cooperative learning) การเรียนแบบร่วมมือชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนควรร่วมมือกันในการเรียนรู้มากกว่าการแข่งขัน เพราะการแข่งขันก่อให้เกิดการแพ้-ชนะ ต่างจากความร่วมมือซึ่งก่อให้เกิดสภาพการณ์ของการชนะ-ชนะ อันเป็นสภาพการณ์ที่ดีกว่าทั้งทางด้านจิตใจและสติปัญญา หลักการเรียนรู้แบบร่วมมือมี 5 ประการ ประกอบด้วย 1) การเรียนรู้ต้องอาศัยหลักการพึ่งพากัน (positive interdependence) โดยถือว่าทุกคนมีความสำคัญเท่าเทียมกันและจะต้องพึ่งพากันเพื่อความสำเร็จร่วมกัน 2) การเรียนรู้ที่ดีต้องอาศัยการหันหน้าเข้าหากัน มีปฏิสัมพันธ์กัน (face to face interaction) เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อมูล และการเรียนรู้ต่างๆ 3) การเรียนรู้ร่วมกันต้องอาศัยทักษะทางสังคม (social skills) โดยเฉพาะทักษะในการทำงานร่วมกัน 4) การเรียนรู้ร่วมกันควรมีการวิเคราะห์กระบวนการกลุ่ม (group processing) ที่ใช้ในการทำงาน และ 5) การเรียนรู้ร่วมกันจะต้องมีผลงานหรือผลสัมฤทธิ์ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มที่สามารถตรวจสอบและวัดประเมินได้ (individual accountability) หากผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้แบบร่วมมือกันจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ทางด้านเนื้อหาที่ลึกซึ้งและกว้างขึ้น และช่วยพัฒนาผู้เรียนทางด้านสังคมและอารมณ์มากขึ้น รวมทั้งมีโอกาสได้ฝึกฝนพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอีกมาก (ทิศนา แขมมณี, 2550)

ส่วนรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาโดยนักคิด นักวิจัยและนักการศึกษาของไทย อาทิ รูปแบบการเรียนการสอนทักษะกระบวนการเผชิญสถานการณ์และรูปแบบการสอนโดยการสร้างศรัทธาและโยนิโสมนสิการของ สุมน อมรวิวัฒน์ รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA) ของ ทิศนา แขมมณี รูปแบบการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามหลักอริยสัจ 4 ของ สาโรช บัวศรี (ทิศนา แขมมณี, 2550) รูปแบบการเรียนการสอนค่านิยม จริยธรรมของ โกวิท ประวาลพฤกษ์ (โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2533) และรูปแบบการเรียนการสอนวิชาวิธีการทางสถิติสำหรับวิจัยของ บุญชม ศรีสะอาด และ นิภา ศรีไพโรจน์ (บุญชม ศรีสะอาด และ นิภา ศรีไพโรจน์, 2531)

รูปแบบการเรียนการสอนที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้จัดในห้องเรียน แต่สำหรับบางเนื้อหาสาระหรือบางกิจกรรมที่ในห้องเรียนไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านสถานที่ เวลา จำนวนผู้เรียน และข้อจำกัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในด้านครูผู้สอนที่ภาระหน้าที่ความรับผิดชอบที่มีมาก ซึ่งค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

รูปแบบการเรียนการสอนแบบค่ายวิทยาศาสตร์

ค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนการสอนนอกห้องเรียนที่เน้นจัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียนที่บางประสบการณ์ไม่สามารถจัดในห้องเรียนได้และเหมาะกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการเสริมความรู้ด้านการประยุกต์หรือการแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวัน (คณะกรรมการขยายผลงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2533) และเป็นกิจกรรมที่มีการทดลอง การสำรวจ และนันทนาการต่างๆ ซึ่งการจัดค่ายวิทยาศาสตร์มีทั้งการพักแรมและไม่พักแรม เช่น ค่ายกลางวันหรือไปเช้าเย็นกลับทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขความจำเป็นต่างๆ (ฤทัย จงสฤษดิ์, 2551)

การเรียนการสอนในรูปแบบของค่ายวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย 1) ค่ายวิทยาศาตร์เฉพาะด้าน เช่น ค่ายธรณีวิทยา ค่ายดาราศาสตร์ ค่ายวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ค่ายวิทยาศาสตร์ทางทะเล เป็นต้น และ 2) ค่ายวิทยาศาสตร์ผสมผสาน เป็นค่ายวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นเพื่อศึกษาวิทยาศาสตร์หลายๆ สาขาในเวลาเดียวกัน การจัดค่ายวิทยาศาสตร์ผสมผสานเป็นการจัดค่ายที่นิยมมากเพราะประกอบด้วยกิจกรรมหลายรูปแบบกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจตลอดเวลาอย่างไม่เบื่อหน่าย (ประมวล ศิริผันแก้ว, 2528; คณะกรรมการขยายผลงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2533) กลุ่มบุคคลที่มีความเหมาะสมกับค่ายวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนที่มีอายุระหว่าง 12-16 ปี เนื่องจากนักเรียนในวัยนี้ชอบสร้างมโนภาพ เป็นวัยที่เริ่มชอบเหตุผล อยากทดลอง อยากค้นคว้า อยากรู้ อยากเห็นและมีความกระตือรือร้นในด้านการศึกษา ประกอบกับมีความสามารถที่ช่วยเหลือตัวเองในด้านต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (ปัญญา อุทัยรัตน์ และ อรรถศิษฏ์ สมรรถการอักษรกิจ, 2527) ซึ่งค่ายวิทยาศาสตร์มีรายละเอียด ดังนี้

1. ความหมายของค่ายวิทยาศาสตร์

ค่ายวิทยาศาสตร์มีผู้รู้หลายท่านได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

นริศ คล้ายเพชร (2537) กล่าวว่า ค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการจัดเพื่อให้นักเรียนได้เกิดประสบการณ์ตรงทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ อีกทั้งให้นักเรียนได้ฝึกฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะนิสัยและคุณธรรมที่ดีในการอยู่ร่วมกัน ตลอดถึงการมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติที่แท้จริง อันนำมาซึ่งการสร้างเจตคติและค่านิยมที่ดีต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ขวัญจิต เกี่ยวพันธุ์ (2541) กล่าวว่า ค่ายวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ โดยนำนักเรียนมาอยู่ร่วมกันในสถานที่และเวลาที่กำหนดให้ มีการประกอบกิจกรรมต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันและสร้างเสริมประสบการณ์ตรงให้กับผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

มาลินี นิ่มเสมอ (2542) กล่าวว่าค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมให้แก่นักเรียนที่มีความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ได้เข้าร่วมกิจกรรมพักแรมร่วมกัน ณ ที่ใดที่หนึ่งที่มีรูปแบบและลักษณะค่ายวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายและแต่ละค่ายจะมีจุดประสงค์แตกต่างกันไป

ทนงศักดิ์ ประสบกิติคุณ และ สมพิศ อุดมศิลป์ (2548) กล่าวว่า ค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การแก้ปัญหา โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ร่วมกัน พักแรมร่วมกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าค่ายวิทยาศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียนนอกห้องเรียนที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยจัดให้นักเรียนมาอยู่ร่วมกัน ณ ที่ใดที่หนึ่งซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ตรงจากสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ด้วยกิจกรรมที่หมาะสมกับวัตถุประสงค์ของค่ายวิทยาศาสตร์นั้นๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์แก้ปัญหา มีความสำนึกและสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. วัตถุประสงค์ของการจัดค่ายวิทยาศาสตร์

ทิพย์วรรณ สุดปฐม (2548) กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

2.1 ได้รับประสบการณ์ตรงจากการสังเกต สำรวจ รวบรวมข้อมูล เรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ธรรมชาติท้องถิ่นและชุมชน

2.2 ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ท้าทาย สนุก น่าสนใจ แปลกใหม่ และตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง ได้แก่ การคิดแก้ปัญหา คิดวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความสามารถในการตัดสินใจ

2.4 ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทำกิจกรรมหลากหลาย อิสระ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการ และแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.5 ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการสื่อสาร การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์และมีความสุข

2.6 ส่งเสริมความเป็นผู้นำ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความมีระเบียบ ความรับผิดชอบ มีคุณธรรมในการปฏิบัติต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

ส่วน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ระบุถึงวัตถุประสงค์ของการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

2.7 เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สัมผัส เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรงที่เป็นสถานการณ์จริงจากแหล่งเรียนรู้ในธรรมชาติและชุมชน มีโอกาสในการทำกิจกรรมที่หลากหลาย

2.8 เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง ได้แก่ การคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา คิดวิพากย์วิจารณ์ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ จากการทำกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้คิดอย่างอิสระ

2.9 เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการสื่อสาร การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นตลอดจนความสามารถในการร่วมมือ ร่วมใจในการเรียนรู้และทำงานร่วมกันได้อย่างสร้างสรรค์

2.10 เพื่อส่งเสริมความเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกที่ดี และความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

2.11 เพื่อส่งเสริมและพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.12 เพื่อปลูกฝังความมีระเบียบวินัย ความรับผิดชอบ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เป็นไทย พร้อมมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ในขณะที่ ภพ เลาหไพบูลย์ (2534) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบค่ายวิทยาศาสตร์ว่ามีจุดประสงเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสศึกษา ค้นคว้า เรียนรู้สิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ ได้รับประสบการณ์ตรงนอกเหนือจากห้องเรียน ฝึกการสังเกต เก็บข้อมูล ทดลอง สรุป สามารถนำเอาประสบการณ์มาใช้ในชีวิตประจำวัน ฝึกการอยู่ร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกันและรู้จักรับผิดชอบต่อตนเอง

3. ขั้นตอนในการจัดค่ายวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนในการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมก่อนจัดค่าย ช่วงกิจกรรมค่าย และการประเมินเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมค่าย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) ดังนี้

3.1 การเตรียมก่อนจัดค่าย มีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 มีการปรึกษาหารือกับผู้ร่วมงาน ทั้งภายในโรงเรียนและบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้อง เพื่อวางแผนและกำหนดรูปแบบ เนื้อหา และวัตถุประสงค์ของการจัดค่าย และสถานที่จะจัดค่าย

3.1.2 ศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสำรวจสถานที่ที่จะจัดค่ายล่วงหน้า เพื่อเตรียมกำหนดกิจกรรม และประมาณการเรื่องเวลาที่จะต้องใช้ทำกิจกรรม เช่น ถ้าต้องการจัดค่ายสิ่งแวดล้อมก็ต้องหาสถานที่ที่เป็นสภาพธรรมชาติ ได้แก่ สวนป่า สวนพฤกษศาสตร์ อุทยานแห่งชาติ หรือถ้าจัดค่ายโครงงานวิทยาศาสตร์ ก็อาจจัดที่โรงเรียนหรือใกล้กับแหล่งศึกษาดูงานที่จะเป็นแนวคิดในการทำโครงงานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3 จัดทำโครงการ ขออนุมัติจากผู้บังคับบัญชา

3.1.4 วางแผน ช่วงเวลาในการจัดค่ายเป็นเรื่องสำคัญ ไม่ควรจัดค่ายในช่วงฤดูฝน หรือในช่วงที่อากาศหนาวมาก เพราะอาจเกิดเจ็บป่วย และมีปัญหาในการทำกิจกรรมบางอย่าง

3.1.5 เตรียมข้อมูลทางวิชาการ ใบกิจกรรม แบบฝึกหัดต่าง ๆ ติดต่อวิทยากร

3.1.6 เตรียมแต่งตั้งกรรมการและทำความเข้าใจกับกรรมการฝ่ายต่างๆ ที่ต้องรับผิดชอบหน้าที่ต่างๆ กัน ได้แก่ ฝ่ายวิทยากร ฝ่ายนันทนาการ ฝ่ายอาหาร ฝ่ายพยาบาล ฝ่ายบริการ ฝ่ายการเงิน ฝ่ายสถานที่ ฝ่ายยานพาหนะ ฯลฯ

3.1.7 ติดต่อขออนุญาตผู้ปกครองของนักเรียน ติดต่อสถานที่ศึกษาดูงาน สถานที่จัดค่าย

3.1.8 จัดประชุมทำความเข้าใจกับนักเรียน เพื่อสร้างความพร้อมก่อนเข้าค่าย

3.1.9 เตรียมการเกี่ยวกับเครื่องแต่งกาย ข้อมูลความรู้ต่างๆ ที่จำเป็นล่วงหน้า

3.1.10 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรมให้พร้อม

3.2 ช่วงจัดกิจกรรมค่าย มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 จัดกิจกรรมค่ายตามที่วางแผนและตามกำหนดการที่วางไว้

3.2.2 จัดให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมและมีโอกาสแสดงความสามารถในกิจกรรมต่างๆ อย่างกระตือรือร้นและสนุกสนานตลอดการอยู่ค่าย

3.2.3 มีการประชุมกรรมการทุกฝ่ายเป็นระยะตามความเหมาะสม เนื่องจากอาจต้องมีการปรับเปลี่ยน แก้ปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้กิจกรรมค่ายดำเนินไปอย่างราบรื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การประเมินเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมค่าย มีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1 การประเมินผลงานของนักเรียนจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งประเมินโดยครูและนักเรียน หรืออาจเชิญบุคลากรในชุมชนมาร่วมประเมินด้วย เพื่อให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจ

3.3.2 การประเมินผลการดำเนินงานของกรรมการแต่ละฝ่าย โดยใช้ข้อมูลจากความเห็นของนักเรียนและของกรรมการ เพื่อพิจารณาข้อดีและข้อบกพร่อง และมีการเสนอแนะปรับปรุงแก้ไข

3.3.3 การประเมินการจัดกิจกรรมทั้งด้านวิชาการ นันทนาการและอื่นๆ โดยใช้แบบสอบถาม สัมภาษณ์ พูดคุย และสังเกตนักเรียนขณะทำกิจกรรมต่างๆ

4. กิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์

กิจกรรมที่จัดขึ้นในค่ายวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยกิจกรรม 2 ประเภท คือ กิจกรรมด้านวิชาการ และกิจกรรมสันทนาการ ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

4.1 กิจกรรมด้านวิชาการ

การจัดกิจกรรมด้านวิชาการในค่ายวิทยาศาสตร์มีสิ่งที่ควรคำนึง 10 ประการ ประกอบด้วย 1) เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับเรื่องและจุดมุ่งหมาย 2) เป็นกิจกรรมแปลกใหม่แตกต่างจากกิจกรรมที่จัดขึ้นในชั้นเรียน 3) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่จัดให้ทุกกิจกรรมและเป็นกิจกรรมที่นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง 4) กิจกรรมที่จัดต้องสนุกสนาน กระตุ้นให้เกิดการกระตือรือร้น 5) มีกิจกรรมหลากหลายรูปแบบ 6) เป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติหรือแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวัน 7) เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดระดับสูงที่กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนคิดหาหนทางแก้ปัญหา 8) เป็นกิจกรรมที่มีการสร้างสรรค์ผลงาน 9) เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออก และ 10) เป็นกิจกรรมที่เสริมสร้างเจตคติที่ดีและเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ (มาลินี นิ่มเสมอ, 2542) ซึ่งกิจกรรมด้านวิชาการ ได้แก่ 1) การศึกษา ดูงานหน่วยงาน สถานที่ต่างๆ 2) การศึกษาและสำรวจสภาพธรรมชาติ 3) การบรรยายวิชาการ 4) กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนประดิษฐ์อุปกรณ์ต่างๆ 5) การปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดลองทางวิทยาศาสตร์ และ 6) การฝึกงานทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทำงานร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2531) ส่วน ทิพย์วรรณ สุดปฐม (2548) กล่าวถึงกิจกรรมด้านวิชาการในค่ายวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติ ได้แก่ สำรวจสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ รู้จักหินในท้องถิ่น ดูดาว และศึกษาความสัมพันธ์ในธรรมชาติ เป็นต้น 2) กิจกรรมการเรียนชุมชน ได้แก่ สัมผัสชุมชนเมือง สำรวจชุมชน ชีวิตในชุมชน การใช้ทรัพยากรในชุมชน การจัดการขยะในชุมชน เป็นต้น และ 3) กิจกรรมแก้ปัญหาและสนุกกับวิทยาศาสตร์ เช่น โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์และเกมวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

4.2 กิจกรรมสันทนาการ

กิจกรรมสันทนาการเป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อความสนุกสนานคลายความเครียด ส่งเสริมการแสดงออก ความสามัคคี และความเป็นผู้นำ กิจกรรมสันทนาการในค่ายวิทยาศาสตร์ ควรเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมและสัมพันธ์กับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ทนงศักดักดิ์ ประสบกิตติคุณ และ สมพิศ อุดมศิลป์, 2548) ได้แก่ การออกกำลังกาย เกมต่างๆ ร้องเพลง เล่นละคร การละเล่นพื้นบ้าน และกิจกรรมอื่นๆ (ทิพย์วรรณ สุดปฐม, 2548; ดุลยา มงคล, 2545)

ในการจัดค่ายวิทยาศาสตร์นอกจากจะมีกิจกรรมด้านวิชาการและกิจกรรมสันทนาการแล้ว ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2539) ได้เสนอกิจกรรมอีกลักษณะหนึ่ง คือ กิจกรรมทางด้านสังคม เพื่อให้นักเรียนเป็นคนดีมีคุณธรรม ควบคู่ไปกับความรู้ ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับ ทิพย์วรรณ สุดปฐม (2548) ที่เสนอกิจกรรมด้านการบำเพ็ญประโยชน์ เช่น การปลูกต้นไม้และปรับปรุงสภาพแวดล้อม

จากที่กล่าวมาข้างต้นด้วยรูปแบบของค่ายวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ตรงจากสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุมชน นักเรียนได้ร่วมคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา ทดลอง สำรวจ ทัศนศึกษา และเรียนรู้จากวิทยากรผู้รู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ มีความสำนึกต่อสิ่งที่เรียนรู้และสามารถนำไปใช้ได้จริงชีวิตประจำวัน ตลอดจนค่ายวิทยาศาสตร์ยังสามารถแก้ไขข้อจำกัดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่ไม่สามารถจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การทดลองในพื้นที่จริง การทัศนศึกษา และการเรียนรู้จากผู้รู้ในชุมชน ดังนั้นค่ายวิทยาศาสตร์จึงมีความเหมาะสมสำหรับการจัดกิจกรรมเพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนแก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ซึ่งมีวัยอยู่ระหว่าง 12-16 ปี ในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดผลการเรียนรู้

การวัดผลการเรียนรู้เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน ทางการศึกษาจะวัดใน 3 ด้าน ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ คือ การวัดด้านสติปัญญาหรือพุทธิพิสัย การวัดด้านความรู้สึกหรือเจตพิสัย และการวัดด้านทักษะกลไกหรือทักษะพิสัย (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539) จุดประสงค์ของการวัดผลการเรียนรู้เพื่อต้องการทราบถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 3 ด้าน อันที่จะนำไปสู่การตัดสินใจใดๆ การปรับปรุงในด้านการสอนและการบริหาร

ส่วนการเรียนการสอนด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาไม่ได้แยกพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็นด้านๆ เหมือนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการศึกษาทั่วๆ ไป แต่จะกล่าวในภาพรวมว่าเมื่อผู้เรียนผ่าน กระบวนการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมใน 5 ลักษณะ ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ทัศนคติ 3) ความสำนึก 4) การตอบโต้ และ 5) ทักษะ อันที่จะนำไปสู่การประพฤติปฏิบัติของตนเอง สังคม เพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (เกษม จันทร์แก้ว, 2547) ในการวัดผลการเรียนรู้มีหลักอยู่ 2 ประการ คือ 1) ต้องมีวัตถุประสงค์ที่แน่นอนว่าจะวัดอะไร เช่น วัดความรู้ ความจำ วัดทัศนคติ หรือทักษะ 2) วัดในสิ่งที่ต้องการวัด (validity) หรือที่เรียกว่าต้องมีความเที่ยงตรงสูง เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความเที่ยงตรง 4 ลักษณะ ไดแก่ ความเที่ยงตรงในเนื้อหา ความเที่ยงตรงของโครงสร้าง ความเที่ยงตรงของสภาพเป็นจริง และความเที่ยงตรงในการทำนาย (สุชา จันทร์เอม, 2540)

สำหรับเครื่องมือการวัดผลการเรียนรู้ จิราภรณ์ ศิริทวี (2535) ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบ (test) ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ อาจเป็นชนิดที่ครูสร้างเองหรือแบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบวัดผลความถนัด แบบทดสอบวัดทัศนคติ แบบทดสอบวัดทักษะ แบบทดสอบวินิจฉัยและแบบทดสอบทางจิตวิทยาต่างๆ เป็นต้น และ 2) เครื่องมือที่ไม่ใช่แบบทดสอบ (non-test) ส่วนมากจะเป็นเครื่องมือทางจิตวิทยาใช้ตรวจสอบพฤติกรรมมนุษย์ว่าสถานการณ์ใดการเรียนรู้จะสามารถทำได้มากที่สุดหรือน้อยที่สุด ได้แก่ แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก และการศึกษารายกรณี เป็นต้น

ส่วนไพศาล หวังพาณิช (2526) ได้สรุปการวัดผลการเรียนรู้ในแบบข้อสอบหรือแบบทดสอบไว้ใน 3 ลักษณะ คือ 1) ข้อสอบแบบปากเปล่า (oral test) เป็นการทดสอบใช้การตอบโต้ด้วยวาจาหรือคำพูดของผู้ทำการสอบและผู้ถูกสอบโดยตรง 2) ข้อสอบแบบข้อเขียน (writing test) เป็นรูปแบบของการสอบที่พัฒนามาจากการสอบปากเปล่าเพื่อให้เหมาะสมกับการสอนเด็กจำนวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มากๆ แบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบความเรียงและแบบจำกัดคำตอบ และ 3) ข้อสอบภาคปฏิบัติ (performance test) เป็นข้อสอบที่ไม่ต้องการให้ผู้สอบตอบสนองออกมาในรูปคำพูดปากเปล่าหรือการเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ แต่มุ่งให้ผู้สอบแสดงพฤติกรรมตอบสนองด้วยการปฏิบัติหรือการกระทำจริง ซึ่งเหมาะที่จะใช้วัดคุณลักษะด้านทักษะพิสัย

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2539) กล่าวว่าเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดในการวัดความสามารถในการเรียนรู้คือแบบทดสอบซึ่งหมายถึงชุดของข้อคำถามที่ออกแบบสร้างขึ้นอย่างมีระบบและกระบวนการเพื่อค้นหาพฤติกรรมของผู้ที่สอบภายใต้เงื่อนไขเฉพาะอย่าง ชนิดของแบบทดสอบที่นิยมกันมีอยู่ 5 แบบ ได้แก่ แบบความเรียง แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่และแบบเลือกตอบ และแบบทดสอบเหล่านี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อสอบปรนัยและข้อสอบอัตนัย สำหรับข้อสอบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำตอบให้เลือกตอบและมีคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) มีความชัดเจนในคำถามคือผู้สอบสามารถเข้าใจคำถามได้ตรงกันว่าคำถามแต่ละข้อนั้นต้องการถามอะไร 2) มีการให้คะแนนที่แน่นอนตรงกันไม่ว่าใครจะเป็นผู้ตรวจให้คะแนนก็ตามผู้สอบจะได้คะแนนตรงกัน และ 3) มีการแปลความหมายคะแนนตรงกัน คือ เมื่อได้ทราบคะแนนการสอบของแต่ละคนแล้วเป็นที่เข้าใจตรงกันว่าผู้สอบคนนั้นเป็นอย่างไรและการแปลความหมายจะตรงกันจำเป็นจะต้องอาศัยเกณฑ์ในการบอกความหมายของคะแนนเพื่อใช้ในการบอกสถานภาพของผู้สอบแต่ละคน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2530) ส่วนข้อสอบอัตนัยเป็นแบบสอบประเภทเขียนตอบที่ผู้สอบจะต้องเรียบเรียงแนวความคิดและความรู้ที่ได้เรียนมาตลอดจนเรียบเรียงเป็นภาษาและผูกเป็นประโยคให้เป็นข้อความที่ชัดเจนแล้วเขียนเป็นคำตอบให้เหมาะสมกับความต้องการของคำถาม (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2540) ผู้สอบมีอิสระในการตอบด้วยตนเองสามารถตัดสินใจด้วยตนเองได้ว่าจะตอบอย่างไรใช้ข้อมูลอะไรและเป็นแบบทดสอบที่วัดผลการเรียนรู้ที่ซับซ้อนในระดับสูง (สุมาลี จันทร์ชลอ, 2542) มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถของผู้สอบในด้านการจัดระเบียบความคิด การสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ การแสดงความคิดเห็น และวัดทักษะในด้านการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งข้อสอบอัตนัยหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบบสอบความเรียงมีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบสอบความเรียงประเภทจำกัดความยาวและแบบสอบความเรียงประเภทไม่จำกัดความยาว (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2540)

ข้อสอบปรนัยและอัตนัยมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ข้อดีของข้อสอบปรนัยได้แก่ เป็นข้อสอบที่ถามได้ครอบคลุมเนื้อหา ตรวจให้คะแนนคงที่และรวดเร็ว ประหยัดเวลาในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อ มีความยุติธรรมในการตรวจให้คะแนนและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยวิธีการทางสถิติ ข้อเสียของข้อสอบปรนัย ได้แก่ เป็นข้อสอบที่ถามความรู้และความคิดได้ในขอบเขตจำกัด เปิดโอกาสให้ผู้สอบเดาได้ สร้างได้ยากและเสียเวลามาก เสียค่าใช้จ่ายและสิ้นเปลือง ส่วนข้อสอบอัตนัยมีข้อดี ได้แก่ ผู้สอบมีโอกาสใช้ความรู้ ความคิด รวมทั้งการใช้ภาษาอย่างกว้างขวาง สร้างข้อสอบได้ง่ายและรวดเร็ว ผู้สอบไม่มีโอกาสเดาหรือเดาได้ยาก และประหยัดค่าใช้จ่าย ข้อเสียของข้อสอบอัตนัย ได้แก่ เป็นข้อสอบที่ถามได้บางเรื่องไม่ครอบคลุมเนื้อหา การตรวจให้คะแนนไม่คงที่แน่นอนก่อให้เกิดความลำเอียงได้ง่าย คำถามแต่ละข้อไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ปรับปรุงได้โดยวิธีการทางสถิติ ข้อสอบมีความเชื่อมั่นต่ำและมักขาดความเที่ยงตรง (ภัทรา นิคมานนท์, 2534)

การตรวจให้คะแนนของข้อสอบปรนัยง่ายและสะดวกเนื่องจากมีความถูกผิดของคำตอบที่ชัดเจนอยู่ในตัวของแต่ละข้อ ส่วนการตรวจให้คะแนนของข้อสอบอัตนัยจะมีความยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากเป็นข้อสอบที่เป็นแบบเขียนตอบและผู้สอบมีความอิสระในการใช้ความคิดและการเขียนคำตอบในแต่ละข้อของข้อสอบ ซึ่งผู้ตรวจจำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และความชำนาญและบางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดได้จากความเมื่อยล้าหรือความลำเอียงของผู้ตรวจ ดังนั้น จำเป็นจะต้องมีการเฉลยคำตอบไว้ล่วงหน้าในขณะที่ออกข้อสอบแต่ละข้อพร้อมกับการกำหนดเกณฑ์การประเมินซึ่งจะก่อให้เกิดความแม่นยำและเที่ยงตรงในการตรวจให้คะแนนมากขึ้น การกำหนดเกณฑ์การประเมินในรูปแบบของรูบริค (rubrics) เป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การตรวจให้คะแนนของข้อสอบอัตนัย บุญเรียง ขจรศิลป์ (2543) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การประเมินไว้ว่า “rubrics” หมายถึง กฎหรือกติกา ส่วน scoring rubrics หมายถึง แนวทางในการให้คะแนนที่แบ่งเป็นระดับต่างๆ (ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช, 2544) องค์ประกอบของเกณฑ์การประเมิน (rubrics) ประกอบด้วย รายการประเมินหรือเกณฑ์พิจารณา และคำอธิบายคุณภาพของรายการประเมินในแต่ละระดับคุณภาพหรือแต่ละระดับคะแนน ซึ่งในการกำหนดเกณฑ์การประเมินสามารถกำหนดได้ 2 ลักษณะ คือ การกำหนดเกณฑ์ในภาพรวม (holistic) และการกำหนดเกณฑ์โดยแยกเป็นด้านๆ (trait-analytic) (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2543) หรือการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินให้คะแนนสำหรับข้อสอบอัตนัยสามารถใช้สิ่งเหล่านี้เป็นเกณฑ์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อสอบแต่ละข้อ ได้แก่ เนื้อหาของคำตอบ วิธีการจัดระเบียบคำตอบ และกระบวนการตอบ (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2540)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าข้อสอบแบบอัตนัยจะมีจุดอ่อนในบางประเด็น แต่แบบสอบอัตนัยก็ยังคงมีประสิทธิภาพในการวัดผลได้ดี ซึ่ง เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) ได้เนอแนวทางปรับปรุง ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ผู้สร้างจะต้องอุทิศเวลาในการวางแผนข้อกระทงของข้อสอบความเรียงให้เพียงพอโดยการพิจารณาถึงตัวคำถามทั้งในด้านแนวความคิด ความกระจ่างของตัวคำถามและภาษาที่ใช้ในตัวคำถามว่าสื่อความหมายได้ดีเพียงไร

2. ในขณะที่สร้างข้อกระทงต้องมีการเฉลยคำตอบและกำหนดเกณฑ์ของการให้คะแนนตามขั้นตอนและน้ำหนักที่ต้องการเน้นไว้ด้วย

3. ข้อกระทงที่สร้างควรพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของผู้ตอบ

4. การกำหนดเวลาในการสอบจะต้องสอดคล้องกับความยาวและลักษณะของคำตอบที่ต้องการ

5. ควรสร้างจำนวนข้อกระทงให้มากข้อเพื่อคำตอบที่ต้องการจะไม่ยาวเกินไป ไม่ควรถามคำถามเดียวที่ต้องการคำตอบหลายเรื่อง ในทางปฏิบัติควรมีคำถามตั้งแต่ 12-15 ข้อ แต่ปกติข้อสอบแบบความเรียงมักจะมีเพียง 5-6 ข้อเท่านั้น

6. การตรวจให้คะแนนผู้ตรวจไม่ควรทราบชื่อผู้ตอบเพื่อไม่ให้มีการลำเอียงเกิดขึ้น

7. การตรวจควรตรวจทีละข้อของทุกๆ คนจนครบแล้วจึงตรวจข้อต่อไป

8. การตรวจข้อใหม่ควรจากการสุ่มเรียงสมุดคำตอบใหม่เพื่อให้ทุกคนมีโอกาสที่จะได้รับการตรวจก่อนหรือหลังในลักษณะการสุ่ม

9. อ่านคำตอบครั้งที่ 1 ให้คะแนนตามเกณฑ์แต่ละข้อเก็บคะแนนไว้เป็นความลับ แล้วสลับลำดับที่ต่างๆ ของคำตอบใหม่ทั้งหมดและอ่านซ้ำอีกครั้งหนึ่ง หรือไม่ก็ให้ผู้ตรวจอีกคนหนึ่งหรือมากกว่าเป็นผู้ให้คะแนนแล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาเฉลี่ยเป็นคะแนนของผู้สอบแต่ละคน

กล่าวโดยสรุป การวัดผลการเรียนรู้เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ โดยปกติแล้วในด้านการศึกษาจะวัดผลการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านเจตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ส่วนทางด้านสิ่งแวดล้อมศึกษากำหนดไว้เป็น 5 ด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการวัดผลการเรียนรู้ต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงอย่างน้อยที่สุด 2 ประการ คือ เที่ยงตรงในด้านเนื้อหาและเที่ยงตรงในด้านโครงสร้าง การเลือกใช้เครื่องมือใดในการวัดผลขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้นั้นๆ และควรที่จะเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการจะวัดเพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ที่ถูกต้องและแม่นยำ

จากที่กล่าวมาข้างต้นของแนวคิดการเรียนรู้จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของการเรียนรู้ที่สำคัญประกอบด้วย ผู้เรียน เนื้อหาสาระ วิธีการถ่ายทอด และผลการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้ที่ได้รับจากบุคคลอื่นเรียกว่าการสอนอันมีวิธีการสอนที่หลากหลาย และถ้าวิธีการสอนนั้นๆ มีการจัดองค์ประกอบต่างๆ อย่างมีความสัมพันธ์และมีการถ่ายทอดอย่างเป็นขั้นตอนและอยู่บนพื้นฐานของหลักการใดๆ วิธีการสอนดังกล่าวนั้นก็จะกลายเป็นรูปแบบการเรียนการสอนทันที และรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันสำหรับการถ่ายทอดความรู้กับผู้เรียนในระบบโรงเรียนมีอยู่อย่างมากมายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการเน้นของรูปแบบการเรียนการสอนนั้นๆ แต่สำหรับบางเนื้อหาสาระที่จำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นประสบการณ์ตรงและให้นักเรียนได้สัมผัสและเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริง ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนจึงมีข้อจำจัดในด้านเวลาและสถานที่ นั่นคือ รูปแบบการเรียนการสอนแบบค่ายวิทยาศาสตร์จึงมีความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของเนื้อหาสาระและสามารถแก้ข้อจำกัดดังกล่าวได้ ซึ่งจากตรวจเอกสารแนวคิดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปเป็นกระบวนถ่ายทอดการเรียนรู้ ดังนี้

1. สร้างองค์ความรู้ที่สอดคล้องกับชุมชนที่จะถ่ายทอด

2. ออกแบบค่ายวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1) ติดต่อสถานที่และวิทยากร 2) เตรียมอุปกรณ์ 3) สร้างแผนจัดการเรียนรู้ 4) ประชุมชี้แจงวิทยากรพี่เลี้ยง และ 5) กำหนดตารางดำเนินกิจกรรม

3. ดำเนินการตามกำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1) ชี้แจงรายละเอียดการเข้าค่ายกับนักเรียน 2) สอบถามคุณลักษณะผู้เรียนโดยใช้แบบสอบถาม และ 3) ดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนจัดการเรียนรู้

4. วัดผลการเรียนรู้ ประกอบ 1) ทดสอบก่อนการถ่ายทอด และ 2) ทดสอบหลังการถ่ายทอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการถ่ายทอดดังกล่าวนี้จะใช้เป็นกรอบในการกำหนดกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

วิโรจน์ อริยะเครือ (2540) ได้ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครู สังกัดสำนักงานการประถมศึกษา อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง พบว่า ครูส่วนใหญ่ต้องการรูปแบบการเรียนการสอน หรือการถ่ายทอดความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแบบใหม่ๆ เพื่อให้ตนเองสามารถนำไปสอนนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สิวินีย์ ดิลกรัตนพิจิตร (2546) ได้สร้างโปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษาเกี่ยวกับการคัดแยกขยะและบำบัดน้ำเสียสำหรับกลุ่มสตรีแม่บ้านในเขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าโปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษาที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของกลุ่มแม่บ้านหลังการใช้โปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษาสูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมชาย แสวงกิจ (2546) ได้สร้างแบบจำลองการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้ เกี่ยวกับการกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียสำหรับพระภิกษุในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี ผลจากการใช้แบบจำลองการฝึกอบรม พบว่า จากการวัดความรู้ 3 ครั้ง มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้ารับการฝึกอบรมเพิ่มขึ้นตามลำดับ

เนาวรัตน์ อินทรเดช (2546) ได้ทำการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเรื่องการจัดการน้ำเสียในท้องถิ่นสำหรับผู้นำเยาวชนอาสาพัฒนาสิ่งแวดล้อม เขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า หลักสูตรฝึกอบรมมีความประสิทธิภาพและเหมาะสม ผลการเรียนรู้หลังจาการใช้หลักสูตรฝึกอบรม สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ ร้อยละ 70 ของคะแนนผลการเรียนรู้

ธิดารัตน์ ธนานันท์ (2546) ได้ศึกษา ความรู้ และพฤติกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดตรัง พบว่า ความรู้และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมีความรู้และพฤติกรรมด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ เท่ากับ 17.97 จากคะแนนเต็ม 30 และมีคะแนนเฉลี่ยด้านพฤติกรรม เท่ากับ 35.19 จากคะแนนเต็ม 70 ซึ่งสมควรที่จะต้องได้รับการเปลี่ยนพฤติกรรมที่ถูกต้อง

Cunnigham and Stubbs (2003) ได้ศึกษาความต้องการของข้อมูลในการสอนของครูเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ พบว่า การสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาที่ไม่ประสบผลสำเร็จหรือไม่มีประสิทธิภาพส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาไม่เป็นวิทยาศาสตร์เป็นสหวิทยาการ นักเรียนขาดความตระหนักอย่างมีเหตุผลในด้านสิ่งแวดล้อม และกระบวนการเรียนการสอนที่มีครูเป็นคนถ่ายทอดความรู้และจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ครูยังขาดความรู้ ความเข้าใจที่แท้จริง ลึกซึ้งด้านสิ่งแวดล้อม

Kruse and Card (2004) ได้ศึกษาผลในด้านความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมที่ได้จากการเรียนแบบ Conservation Education Camp Program on Campers เกี่ยวกับสัตว์ และได้แบ่งการเรียนตามโปรแกรมนี้ออกเป็น 4 ระดับ พบว่า ผู้เข้าร่วมหรือผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมเพิ่มขึ้นตามระดับของโปรแกรม และมีผลการเรียนรู้ เจตคติ และพฤติกรรมสูงกว่าก่อนเข้าโปรแกรม

Rideout (2005) ได้ศึกษาผลของการใช้โมดุลปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ใช้กระบวนทัศน์ทางนิเวศเป็นตัวกำกับ โดยโมดุลประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การอ่าน การอภิปราย และทำแบบฝึกหัดกับกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม ใน 3 ภาคการศึกษา พบว่า ผลการเรียนรู้จากการใช้โปรแกรมดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Fisman (2005) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการเรียนรู้ชีวกายภาพในท้องถิ่นต่อความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชนของนักเรียน เกรด 3 – เกรด 5 พบว่า ผลจากการใช้โปรแกรมส่งผลให้นักเรียนมีความตระหนักและมีความรู้ในหลักการของสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นในทางบวก โดยความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับเศรษฐสังคมในชุมชนที่เป็นที่อยู่อาศัยของนักเรียน

DiEnno and Hilton (2005) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความรู้และเจตคติของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาที่ประยุกต์กระบวนการเรียนสิ่งแวดล้อมศึกษาด้วยทฤษฎีการสร้างความรู้กับ

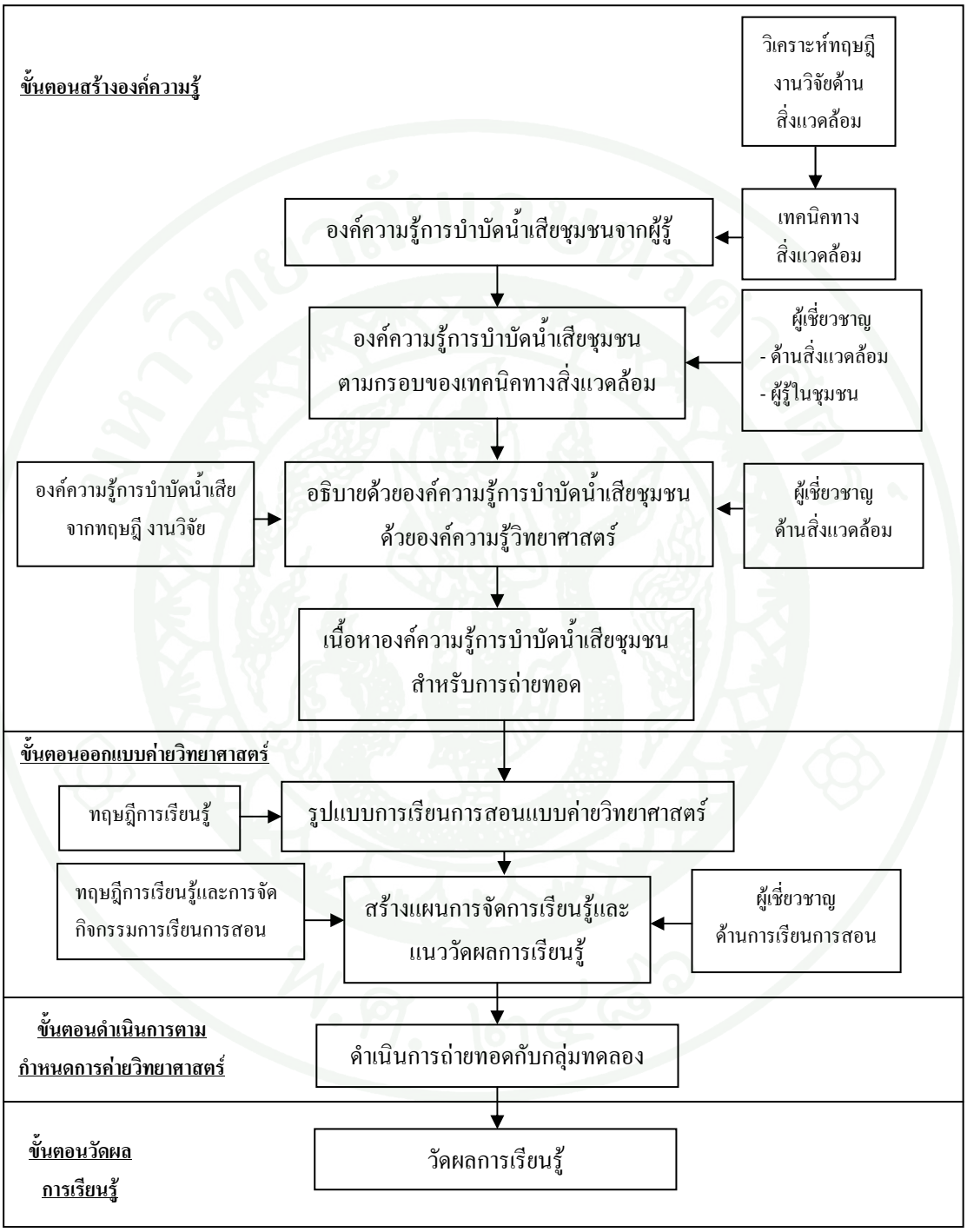
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนสิ่งแวดล้อมศึกษาตามแนวทางทฤษฎีการสร้างความรู้มีความรู้และเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มที่เรียนด้วยกระบวนการเรียนปกติมีความรู้และเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากการตรวจเอกสารดังกล่าวข้างต้นนำไปสู่การสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยของกระบวนการถ่ายทอดการบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างองค์ความรู้ 2) ออกแบบค่ายวิทยาศาสตร์ 3) ดำเนินการตามกำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ และ 4) วัดผลการเรียนรู้ ดังภาพที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 6 กระบวนการถ่ายทอดการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นการนำความรู้การบำบัดน้ำเสียที่สอดคล้องกับชุมชนไปถ่ายทอดแก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างองค์ความรู้ เป็นการศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้ในชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม อธิบายองค์ความรู้ดังกล่าวด้วยองค์ความรู้วิทยาศาสตร์และสรุปเนื้อหาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อใช้สำหรับถ่ายทอด 2) ออกแบบค่ายวิทยาศาสตร์ เป็นการกำหนดรายละเอียดเพื่อทำกิจกรรมการถ่ายทอดการบำบัดน้ำเสียชุมชนในรูปแบบของค่ายวิทยาศาสตร์ 3) ดำเนินการตามกำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ และ 4) วัดผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัดผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การศึกษาสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา 2) ศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน และ 3) ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีรายละเอียดในการศึกษา ดังนี้

การศึกษาสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจบทบาทหน้าที่เฉพาะของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง กรณีน้ำเสียชุมชนที่ส่งผลต่อการตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังและการจับสัตว์น้ำได้น้อยในแม่น้ำปะเหลียน ในเขตอำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง ตามหลักระบบนิเวศ โดยมีรายละเอียด คือ กรณีสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตายและการจับสัตว์น้ำได้น้อยในแม่น้ำปะเหลียนแสดงว่าแหล่งน้ำมีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและไม่เหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ นั่นคือ บทบาทหน้าที่ปกติของแม่น้ำปะเหลียนมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น บทบาทหน้าที่ปกติของแม่น้ำปะเหลียนกรณีนี้ คือ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำเหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง

ขั้นตอนที่ 2 จำแนกโครงสร้างสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่บริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรังที่ร่วมกันส่งผลต่อการแสดงบทบาทหน้าที่ของแหล่งน้ำปะเหลียนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยและเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังตามหลักของระบบนิเวศ ประกอบด้วย 4 โครงสร้าง ได้แก่ แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง ชุมชน และระบบจัดการน้ำเสีย

ขั้นตอนที่ 3 สำรวจข้อมูลโครงสร้างสิ่งแวดล้อมเฉพาะแต่ละด้าน ได้แก่ แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง ชุมชน และระบบจัดการน้ำเสีย ในพื้นที่บริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง โดย 1) สำรวจพื้นที่จริงและสัมภาษณ์ผู้รู้ในชุมชน และ 2) ตรวจเอกสารวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลของหน่วยงานราชการ ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านนา องค์การบริหารส่วนตำบลหาดสำราญ องค์การบริหารส่วนตำบลคลองชีล้อม องค์การบริหารส่วนตำบลวังวน องค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งกระบือ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตรัง สำนักงานประมงจังหวัดตรัง สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดตรัง โรงเรียนบ้านแหลม สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 31 สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 32 สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 33 ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ข้อมูลโครงสร้างสิ่งแวดล้อมเฉพาะทั้ง 4 ตามหลักระบบนิเวศ คือ กลุ่มผู้ผลิต กลุ่มผู้บริโภค กลุ่มผู้ย่อยสลาย และกลุ่มผู้สนับสนุน เพื่อการแสดงบทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง

ขั้นตอนที่ 5 นำผลการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ข้อมูลสิ่งแวดล้อมเฉพาะที่นำไปสู่การแสดงบทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังในขั้นตอนที่ 4 เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ขอคำแนะนำ พร้อมปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 6 นำผลการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ข้อมูลสิ่งแวดล้อมเฉพาะที่นำไปสู่การแสดงบทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังที่เสนอต่ออาจารย์ปรึกษาพร้อมปรับปรุงแก้ไขเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

ศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

การศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนมีรายละเอียด ดังนี้

การเลือกพื้นที่ศึกษา

การเลือกพื้นที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ เลือกพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำเสียและมีผลกระทบต่อชุมชน ได้แก่ ชุมชนที่อยู่บริเวณแม่น้ำปะเหลียนในเขตพื้นที่น้ำกร่อยของอำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรสำหรับการศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณแม่น้ำปะเหลียนซึ่งอยู่ในเขตอำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง การเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัยในครั้งนี้เลือกแบบเจาะจง คือ ผู้รู้ ซึ่งเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียแก่คนในชุมชน โดยมีรายละเอียดในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. กำหนดคุณสมบัติการเลือกผู้รู้ คือ เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียแก่คนในชุมชน

2. นำเสนอคุณสมบัติการเลือกผู้รู้ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ขอคำแนะนำ พร้อมปรับปรุงและแก้ไข

3. กำหนดคุณสมบัติผู้ให้ข้อมูลผู้รู้ คือ เป็นผู้ที่มีความเกี่ยวข้องและรู้เรื่องราวของชุมชนเป็นอย่างดี

4. นำเสนอคุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลผู้รู้ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ขอคำแนะนำ พร้อมปรับปรุงและแก้ไข

5. หาผู้รู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดตามแบบสำรวจ จากผู้ที่มีประสบการณ์ทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับชุมชนในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง คือ นายพิศิษฐ์ ชาญเสนาะ นายกสมาคมหยาดฝนจังหวัดตรัง ร่วมกับการใช้วิธีการสุ่มต่อเนื่อง (snowball technique) ซึ่งผู้รู้ที่เป็นผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีทั้งหมด 20 คน ใน 5 ชุมชน ประกอบด้วย

5.1 ชุมชนบ้านปากปรนออก จำนวน 1 คน คือ นายถวิล ชัยเพชร

5.2 ชุมชนบ้านหินคอกควาย จำนวน 4 คน ได้แก่ นายเฉลิม ช่วยเกลี้ยง นางยินดี พลหลา นายดำรง อัครนุภาพพงศ์ และ นายประสบ ปรามเสร็จ

5.3 ชุมชนบ้านบ้านหัวควน จำนวน 4 คน ได้แก่ นายหมัด ชัยศิริ นายพิชิต ชายภักดิ์ นายประทีป ชัยจินดา และ นายบุญยงค์ ชัยจินดา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 ชุมชนบ้านทุ่งตะเซะ จำนวน 5 คน ได้แก่ นายปุก รักษารักษ์ นายทนงศักดิ์ สารคุณ นางอนงค์ สารคุณ นางเขียน ฮั้นเย็ก และ นายน้อม ฮั้นเย็ก

5.5 ชุมชนบ้านแหลม จำนวน 6 คน ได้แก่ นายเหยด เหล่หมุด นายบา เหล่หมุด นายอับดลเลาะ ณะสม นายเพียร เม่งเอียด นายดลเลาะ เขาพรง และ นายตาด สีหมัด

เครื่องมือวิจัยและการสร้าง

1. เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แบบสำรวจหาผู้รู้ (ภาคผนวก ข)

1.2 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมจากผู้รู้ (ภาคผนวก ค)

2. การสร้างเครื่องมือวิจัย

2.1 การสร้างแบบสำรวจเพื่อหาผู้รู้ในเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ออกแบบรายละเอียดและตารางเพื่อสำรวจหาผู้รู้

2.1.2 นำแบบสำรวจเพื่อหาผู้รู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.3 ปรับปรุงแก้ไขแบบสำรวจเพื่อหาผู้รู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและพร้อมนำแบบสำรวจไปใช้จริง

2.2 การสร้างแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมจากผู้รู้มีขั้นตอน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.1 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียน้ำเสียชุมชนจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2.2 สร้างแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม

2.2.3 นำแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของประเด็นและเนื้อหาข้อคำถาม พร้อมขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.4 นำแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของประเด็นและเนื้อหาข้อคำถาม

2.2.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในข้อ 2.2.4 และพร้อมนำแบบสัมภาษณ์ไปใช้จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือติดต่อองค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ที่ทำการวิจัยเพื่อแจ้งการเข้าไปเก็บข้อมูลในพื้นที่และขอข้อมูลพื้นฐานของชุมชน ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านทุ่งกระบือ อำเภอย่านตาขาว องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน องค์การบริหารส่วนตำบลหาดสำราญ อำเภอหาดสำราญ และองค์การบริหารส่วนตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง รวมทั้งศึกษาข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร และงานวิจัยต่างๆ

2. ทำหนังสือติดต่อหน่วยงานราชการอื่นๆ เพื่อขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้แก่ สำนักอุทกวิทยา กรมชลประทาน และสำนักงานประมงจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ใช้แบบสำรวจเพื่อหาผู้รู้ในเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนตามเกณฑ์ที่กำหนดจากผู้มีประสบการณ์ทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับชุมชนในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง คือ นายพิศิษฐ์ ชาญเสนาะ นายกสมาคมหยาดฝน จังหวัดตรัง ร่วมกับการใช้วิธีการแบบสุ่มต่อเนื่องกับผู้รู้ที่สัมภาษณ์

4. ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียจากผู้รู้ โดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (indepth interview) เป็นรายบุคคลตามประเด็นและเนื้อหาที่กำหนดในแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และสนทนากลุ่ม (group discussion) เพื่อหาข้อสรุปร่วมกันในแต่ละชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. องค์ความรู้ของชุมชนเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย วิเคราะห์โดยจัดแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่ ได้แก่ คุณค่าทางนิเวศ กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง เทคนิคการบำบัด และการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ตามตารางวิเคราะห์ข้อมูล (ภาคผนวก ง) เปรียบเทียบข้อมูลด้วยการพิจารณาลักษณะร่วมหรือลักษณะที่แตกต่างของข้อมูลที่ได้จากผู้รู้แต่ละคน และสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย เสนอข้อมูลด้วยการเขียนเชิงพรรณา และนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

2. นำข้อมูลที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและปรับปรุงแก้ไขแล้วในข้อ 3 เสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

3. อธิบายประเด็นข้อค้นพบที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

4. นำข้อมูลที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและปรับปรุงแก้ไขแล้วในข้อ 3 เสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้น ที่ 3

การประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2 มีรายละเอียด ดังนี้

รูปแบบการทดลอง

ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียวมีการทดสอบก่อนและหลัง (one group pretest-posttest design)

รูปแบบการถ่ายทอด

การถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนใช้รูปแบบค่ายวิทยาศาสตร์ รายละเอียดการเลือกรูปแบบการถ่ายทอด มีดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับรูปแบบการถ่ายทอดจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

2. เลือกรูปแบบการถ่ายทอด คือ ค่ายวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจำเป็นต้องเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตประจำวัน และนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนหรือผู้รับการถ่ายทอดสามารถถ่ายโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่จนเกิดประสิทธิภาพการเรียนรู้ ประกอบกับการเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนต้องมีการศึกษาสภาพจริงที่เกิดขึ้นในชุมชน มีการทดลองและทัศนศึกษา ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องมีเวลาในการเรียนรู้มากกว่าการเรียนรู้ในห้องเรียน ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้ค่ายวิทยาศาสตร์จึงมีความเหมาะสม รวมทั้งกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมกระบวนการกลุ่มเพื่อฝึกความรับผิดชอบ ความสามัคคี และการเอื้อเฟื้อได้เป็นอย่างดีซึ่งเป็นพื้นฐานที่ดีของความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

3. รายละเอียดของค่ายวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

3.1 โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2 ประชาสัมพันธ์โครงการค่ายวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 และรับสมัครนักเรียนในเดือนกุมภาพันธ์ 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ระยะเวลาในการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ คือ 3 วัน ระหว่างวันที่ 7-9 มีนาคม 2551

3.3 สถานที่ทำกิจกรรมของค่ายวิทยาศาสตร์ ได้แก่ โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2 โรงเรียนบ้านแหลมและชุมชนบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง และบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง

3.4 วิธีการถ่ายทอด ได้แก่ การบรรยาย กิจกรรมกลุ่ม ทดลอง ศึกษานอกสถานที่ วิทยากรผู้รู้ในชุมชน และใช้สื่อในการถ่ายทอด ได้แก่ ใบกิจกรรม ใบความรู้ อุปกรณ์ทดลอง และโสตวัสดุต่างๆ ได้แก่ วีดิทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องฉาย LCD เครื่องขยายเสียง และโทรโข่ง

3.5 แผนดำเนินการค่ายวิทยาศาสตร์

3.5.1 กำหนดการค่ายวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2551

08.00-09.00 น. - ลงทะเบียน
09.00-09.45 น. - พิธีเปิดการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์
09.45-10.00 น. - ชี้แจงรายละเอียดการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์
10.00-12.00 น. - ทดสอบความรู้ก่อนเข้าค่ายวิทยาศาสตร์
12.00-13.00 น. - รับประทานอาหารกลางวัน
13.00-13.15 น. - กิจกรรมนันทนาการ
13.15-15.15 น. - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านกายภาพของน้ำและน้ำเสีย
15.15-17.00 น. - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ
17.00-17.30 น. - สรุป ซักถาม และชี้แจงกิจกรรมในวันต่อไป

วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2551

07.30-08.00 น. - ลงทะเบียนประจำวัน
08.00-08.30 น. - กิจกรรมนันทนาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

08.30-11.30 น. - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำของแม่น้ำในรอบปี

11.30-12.30 น. - รับประทานอาหารกลางวัน

12.30-13.00 - เดินทางไปศึกษาแหล่งเรียนรู้บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง

13.00-16.30 น. - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น

16.30-17.30 น. - สรุป ซักถาม และชี้แจงกิจกรรมในวันต่อไป

วันที่ 9 มีนาคม พ.ศ.2551

07.30-08.00 น. - ลงทะเบียนประจำวัน

08.00-08.30 น. - เดินทางไปศึกษาแหล่งเรียนรู้ ณ แม่น้ำปะเหลียน บริเวณโรงเรียนบ้านแหลม

08.30-08.45 น. - กิจกรรมนันทนาการ

08.45-12.00 น. - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

12.00-13.00 น. - รับประทานอาหารกลางวัน

13.00-13.30 น. - สรุปและซักถาม

13.30-15.30 น. - ทดสอบหลังเข้าค่ายวิทยาศาสตร์

15.30-16.00 น. - กิจกรรมสัมพันธ์ก่อนจาก

16.00-17.00 น. - พิธีมอบวุฒิบัตรและปิดการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์

3.5.2 ติดต่อสถานที่และเชิญวิทยากร ดังนี้

ก. โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2 เพื่อขออนุญาตดำเนินโครงการค่ายวิทยาศาสตร์ ประชาสัมพันธ์รับสมัครนักเรียนและใช้สถานที่

ข. โรงเรียนบ้านแหลม หมู่ที่ 3 ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่ทำกิจกรรมภาคสนาม

ค. ผู้ใหญ่เหยด เหล่หมุด ผู้รู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในชุมชน เพื่อเป็นวิทยากรถ่ายทอดความรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ง. เทศบาลนครตรัง เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่และทำกิจกรรมบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย

จ. เจ้าหน้าที่องค์การจัดการน้ำเสียที่ปฏิบัติหน้าที่บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง เพื่อเป็นวิทยากรให้ความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครตรัง

ฉ. เทศบาลเมืองกันตัง เพื่อขออนุญาตใช้รถรับ-ส่งนักเรียน

ช. นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง เพื่อเป็นวิทยากรพี่เลี้ยงและนันทนาการ

3.5.3 ชี้แจงวิทยากรและวิทยากรพี่เลี้ยงประจำกลุ่ม ถึงวัตถุประสงค์การทำกิจกรรมและการวัดผล

3.5.4 จัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์

3.5.5 ดำเนินการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์

3.6 วิทยากรและวิทยากรพี่เลี้ยง มีดังนี้

3.6.1 นายสุชาติ บรรจงการ ผู้วิจัย

3.6.2 ผู้ใหญ่เหยด เหล่หมุด ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 3 ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

3.6.3 เจ้าหน้าที่องค์การจัดการน้ำเสีย จำนวน 2 คน

3.6.4 นิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 คน

3.6.5 นิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 2 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6.6 นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จำนวน 6 คน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรสำหรับประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน ของค่ายวิทยาศาสตร์เป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยาการ อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เลือกประชากรแบบเจาะจง เนื่องจากเด็กนักเรียนของชุมชนที่ศึกษาหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในส่วนที่ 2 ส่วนใหญ่เข้าเรียนในโรงเรียนกันตังพิทยากร อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง และที่สำคัญเด็กนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เป็นวัยที่มีความเหมาะสมในรับการถ่ายทอดเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นวัยที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดเจริญก้าวหน้า เข้าใจกฎเกณฑ์ และมีความสามารถในการใช้เหตุผลในการตัดสินปัญหา ซึ่งในการเลือกกลุ่มตัวอย่างมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทำหนังสือติดต่อกับโรงเรียนกันตังพิทยากร เพื่อขออนุญาตดำเนินการทดลองถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

2. ประชาสัมพันธ์และรับสมัครนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ซึ่งนักเรียนที่เข้าร่วมสำหรับการถ่ายทอดความรู้ในครั้งนี้ จำนวน 39 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 14 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 14 คน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 คน

เครื่องมือในการวิจัยและการสร้าง

1. เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แบบสอบถามข้อมูลนักเรียนส่วนบุคคลในด้านลักษณะทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ เกรดเฉลี่ย ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจ สังคม และภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก จ)

1.2 แผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) (ภาคผนวก ฉ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) (ภาคผนวก ช)

2. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

2.1 การสร้างแบบสอบถามข้อมูลนักเรียนส่วนบุคคลสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) มีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 ศึกษาเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1.2 กำหนดประเด็นปัจจัยส่วนบุคคลแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

ก. ลักษณะทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ชั้น และเกรดเฉลี่ย
ข. ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคม
ค. ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อม

2.1.3 สร้างแบบสอบถามข้อมูลนักเรียนส่วนบุคคลตามประเด็นที่กำหนด

2.1.4 นำแบบสอบถามข้อมูลนักเรียนส่วนบุคคลเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

2.2 การสร้างแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎีของแผนจัดการเรียนรู้จากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 กำหนดกรอบของแผนจัดการเรียนรู้เป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย 1) สาระสำคัญ 2) ขอบเขตของเนื้อหา 3) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 4) กิจกรรมการเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป 5) สื่อการเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เอกสารและแหล่งเรียนรู้ และ 6) การวัดผลและประเมินผล

2.2.3 สร้างแผนการเรียนรู้ตามกรอบที่กำหนด 6 ส่วน และเอกสารประกอบแผนการเรียนรู้ ได้แก่ ใบกิจกรรมและใบความรู้ จำนวน 4 แผน ดังนี้

ก. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ธรรมชาติของน้ำและน้ำเสีย จำนวน 3 ชั่วโมง เป็นแผนจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้และเข้าใจถึงธรรมชาติของน้ำเสีย ทั้งบทบาทหน้าที่ โครงสร้าง/องค์ประกอบ และกระบวนการภายในเพื่อการรักษาหรือฟื้นคืนตัวเองให้สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ ซึ่งการจัดแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นไปตามเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมขั้นของคุณค่าทางนิเวศ รายละเอียดสรุปได้ ดังภาพที่ 7

ข. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความสมดุลของสิ่งแวดล้อมและกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง จำนวน 3 ชั่วโมง เป็นแผนจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้และเข้าใจถึงระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจากการใช้ และการฟื้นคืนด้วยธรรมชาติหรือเทคโนโลยีของน้ำ ซึ่งโดยธรรมชาติสิ่งแวดล้อมจะมีความสมดุลในตัวเอง กล่าวคือ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ สิ่งแวดล้อมจะปรับตัวเองเพื่อให้มีโครงสร้างที่สามารถแสดงบทบาทได้อย่างปกติ ดังนั้น กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือในการกำกับการใช้ทรัพยากรของมนุษย์ ซึ่งการจัดแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นไปตามเทคนิคสิ่งแวดล้อมในขั้นของกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง รายละเอียดสรุปได้ ดังภาพที่ 8

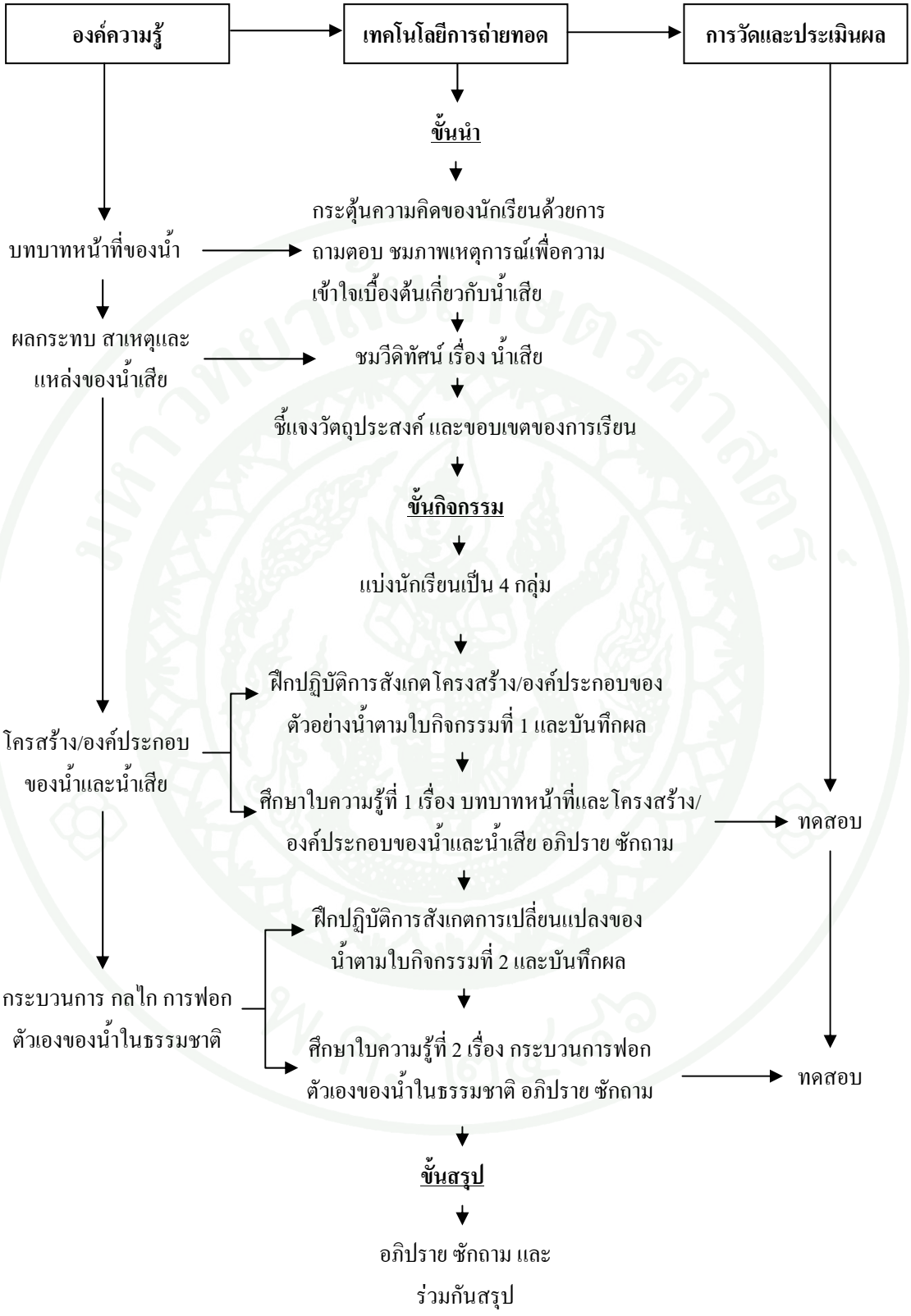
ค. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย จำนวน 3.5 ชั่วโมง เป็นแผนจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้ถึงเทคนิคหรือวิธีการที่ช่วยในการฟื้นคืนสิ่งแวดล้อม คือ การบำบัดน้ำเสีย อันเนื่องมาจากการใช้หรือการปล่อยน้ำเสียเกินธรรมชาติที่จะฟื้นคืนด้วยตัวเอง ซึ่งการจัดแผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เป็นไปตามหลักของเทคนิคสิ่งแวดล้อมในขั้นของเทคนิคการบำบัด รายละเอียดสรุปได้ ดังภาพที่ 9

ง. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพน้ำ จำนวน 3 ชั่วโมง เป็นแผนจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้ถึงวิธีการตรวจสอบในการเฝ้าระวังคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

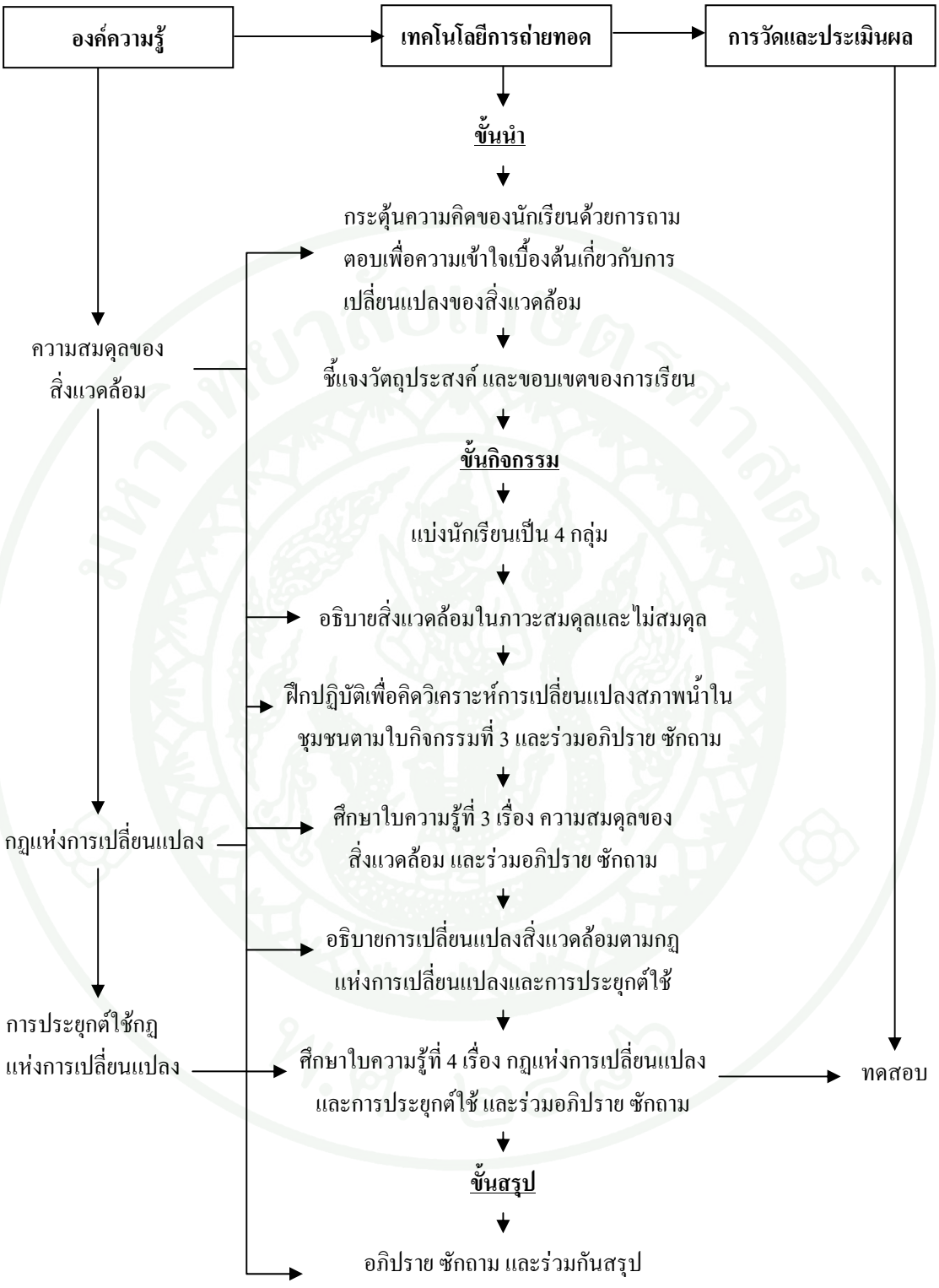
สิ่งแวดล้อม คือ การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เป็นผลจากกการใช้เทคนิคหรือวิธีการในการบำบัดน้ำเสีย หรือการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อน้ำทำให้สามารถป้องกันหรือแก้ไขผลกระทบที่จะตามมาได้อย่างทันท่วงที ซึ่งการจัดแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เป็นไปตามเทคนิคสิ่งแวดล้อมในขั้นของการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม รายละเอียดสรุปได้ ดังภาพที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



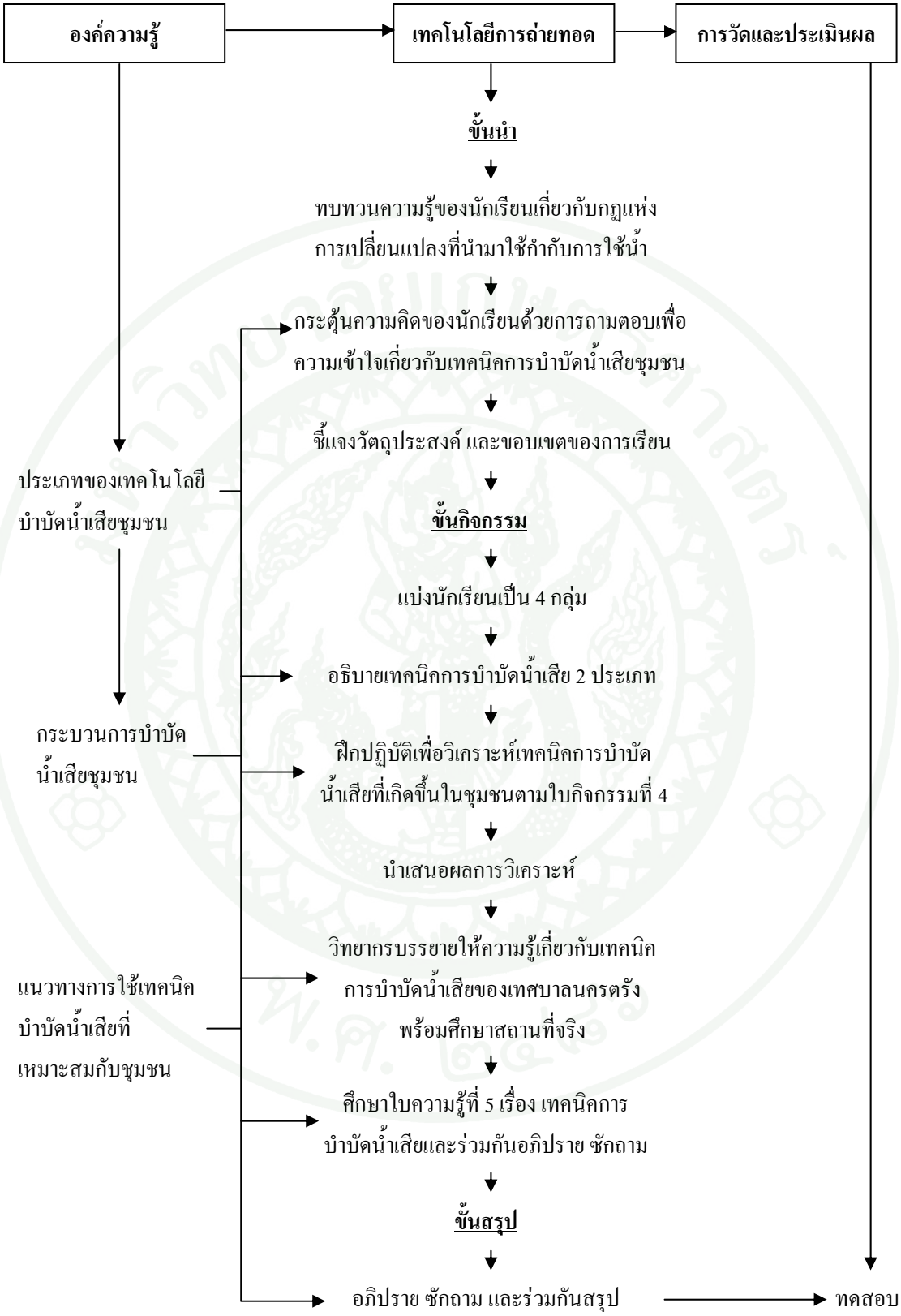
ภาพที่ 7 การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



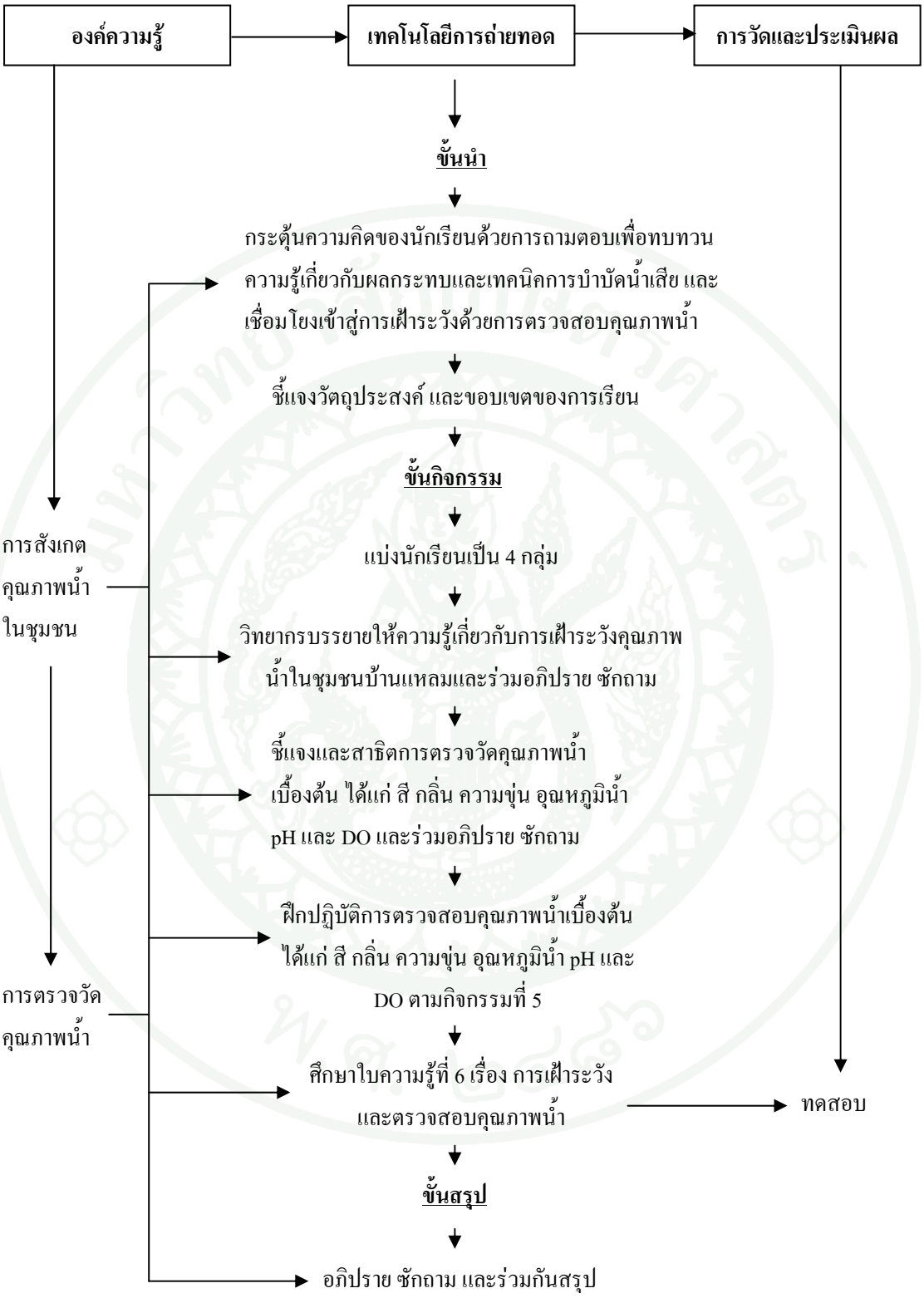
ภาพที่ 8 การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การถ่ายทอดตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.4 นำแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ที่กำกับด้วยเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม และเอกสารประกอบจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ใบกิจกรรม ใบความรู้และแบบทดสอบย่อยที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.5 นำแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) และเอกสารประกอบแผนการเรียนรู้ ได้แก่ ใบกิจกรรมและใบความรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอน (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและวิธีการถ่ายทอด พร้อมปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้จริง

2.3 การสร้างระบบการวัดผลการเรียนรู้มีขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 แบบทดสอบ

ก. ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎีของการวัดผลการเรียนรู้จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข. ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความตระหนัก การตอบโต้ และทักษะ

ค. พิจารณาความเหมาะสมของเครื่องมือวัดผล เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเครื่องมือวัดผลเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน คือ แบบทดสอบอัตนัย

ง. สร้างแบบทดสอบอัตนัย (ภาคผนวก ช) เพื่อทดสอบก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ทั้ง 5 ด้าน โดยให้สอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหาที่ถ่ายทอด

จ. นำแบบทดสอบอัตนัยก่อนและหลังการถ่ายทอด เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉ. นำแบบทดสอบอัตนัยก่อนและหลังการถ่ายทอดที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดเรียนการสอน (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหาและความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้จริง

2.3.2 การตรวจให้คะแนน

ก. ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี เกณฑ์การตรวจวัดให้คะแนน

ข. พิจารณาและเลือกแนวทางการตรวจให้คะแนน คือ ให้คะแนนแบบ scoring rubrics

ค. กำหนดเกณฑ์การตรวจวัดให้คะแนนเป็นรายข้อโดยใช้หลักของ scoring rubrics (ภาคผนวก ช) โดยใช้ผู้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 3 คน ได้แก่ นายสุชาติ บรรจงการ (ผู้วิจัย) นางลาวัณย์ วิจารณ์ และ นายจิโรจน์ พีระเกียรติขจร ซึ่งบุคคลทั้ง 3 มีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาและการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี แล้วนำเกณฑ์ของทั้ง 3 คน มาเปรียบเทียบ แก้ไขและปรับปรุง

ง. นำเกณฑ์การตรวจวัดให้คะแนนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ขอคำแนะนำแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

จ. นำเกณฑ์การตรวจวัดให้คะแนนที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอน (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเกณฑ์ให้คะแนน พร้อมปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) แบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ระยะเตรียมการ

1.1 ทำหนังสือติดต่อโรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรังเขต 2 เพื่อขออนุญาตถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

1.2 ทำหนังสือติดต่อโรงเรียนบ้านแหลมเพื่อขออนุญาตใช้พื้นที่ของโรงเรียนในการทำกิจกรรม

1.3 ทำหนังสือติดต่อเทศบาลนครตรัง เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่และทำกิจกรรมบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย

1.4 ทำหนังสือติดต่อเทศบาลเมืองกันตัง เพื่อขอความอนุเคราะห์รถรับส่งนักเรียน

1.5 ทำหนังสือติดต่อวิทยากรเพื่อให้ความรู้การบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย

1.5.1 ผู้ใหญ่บ้าน บ้านแหลม หมู่ที่ 3 ต.วังวน อ.กันตัง จ.ตรัง เพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำในชุมชน

1.5.2 เจ้าหน้าที่องค์การจัดการน้ำเสีย เพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย

1.6 ติดต่อประสานงานกับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง เพื่อเป็นวิทยากรพี่เลี้ยงและกิจกรรมนันทนาการ

1.7 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์สำหรับจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์

1.8 ประชุมชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรมของค่ายวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผล และกิจกรรมนันทนาการแก่วิทยากรพี่เลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะถ่ายทอดและวัดผล

2.1 ชี้แจงรายละเอียดของค่ายวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนและการวัดผลแก่นักเรียน

2.2 ทดสอบก่อนการถ่ายทอดความรู้ด้วยแบบทดสอบอัตนัยที่สร้างขึ้น

2.3 สอบถามข้อมูลนักเรียนรายบุคคลด้านลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจสังคม และภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้แบบสอบถาม

2.4 ดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมตามตารางกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์และถ่ายทอดความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนแก่นักเรียนตามแผนจัดการเรียนรู้ที่กำหนดขึ้นทั้ง 4 แผน

2.5 ทดสอบหลังการถ่ายทอดความรู้ด้วยแบบทดสอบอัตนัยด้วยแบบทดสอบชุดเดียวกับข้อ 2.2

2.6 ตรวจแบบทดสอบก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้ของนักเรียนรายบุคคล ตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้ผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ได้แก่ นายสุชาติ บรรจงการ (ผู้วิจัย) นางลาวัณย์ วิจารณ์ และ นายจิโรจน์ พีระเกียรติขจร ซึ่งบุคคลทั้ง 3 มีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาและการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของการตรวจให้คะแนน หลังจากนั้นนำคะแนนของผู้ตรวจแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมและภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่

ข้อมูลจากการประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ซึ่งเป็นข้อมูลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบอัตนัยก่อนและหลังการถ่ายทอดทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะ วิเคราะห์โดยการแจกแจงคะแนนรายบุคล การเปลี่ยนแปลงของคะแนนก่อนและหลังการถ่ายทอด และแบ่งระดับผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเรียนเป็น 5 ระดับ ได้แก่ A มีคะแนนในช่วง 80-100 คะแนน B มีคะแนนในช่วง 70-79 คะแนน C มีคะแนนในช่วง 60-69 คะแนน D มีคะแนนในช่วง 50-59 คะแนน และ E มีคะแนนในช่วง 0-49 คะแนน และหาค่าร้อยละทั้งก่อนและหลังการถ่ายทอด และเปรียบเทียบผลคะแนนที่ได้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดด้วยสถิติที (t-test) แบบจับคู่ (paired test) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) นำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา

ส่วนที่ 2 องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

1. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง

2. นัยทางวิทยาศาสตร์ขององค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง

3. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่สอดคล้องกับชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังเพื่อการถ่ายทอดสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

ส่วนที่ 3 ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

1. ลักษณะทั่วไป และภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน

2. ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

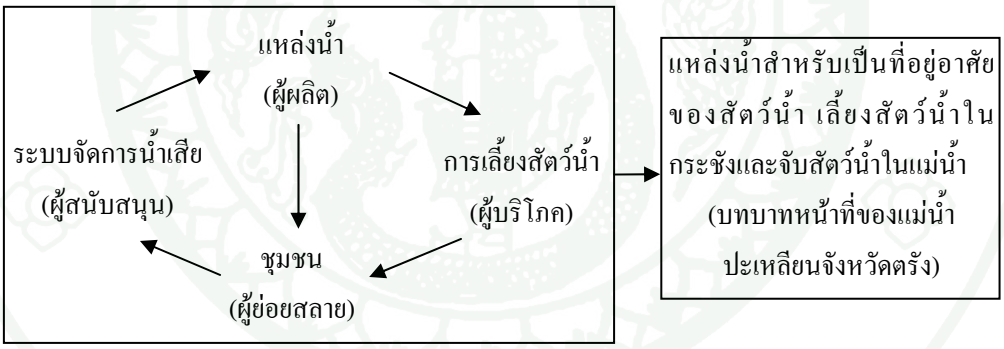
3. ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

4. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1 ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะเป็นลักษณะเฉพาะของโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมในด้านกายภาพ ชีวภาพ เคมี และสังคมที่มีความสัมพันธ์กันและแสดงบทบาทหน้าที่ของพื้นที่หรือหน่วยสิ่งแวดล้อมนั้นๆ อย่างมีเอกลักษณ์ สำหรับสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในครั้งนี้ คือ ชุมชนที่อยู่ติดแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียนและการประกอบอาชีพประมงพื้นบ้าน บางครั้งเกิดปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำและส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำในบางช่วงเวลาของชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้น ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจึงเป็นลักษณะขององค์ประกอบสิ่งแวดล้อมในด้านกายภาพ ชีวภาพ เคมี และสังคมที่ร่วมกันทำงานเพื่อให้แหล่งน้ำสามารถแสดงบทบาทหน้าที่สำหรับใช้เลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและจับสัตว์น้ำในแม่น้ำได้อย่างปกติ องค์ประกอบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องดังกล่าวตามหลักของระบบนิเวศ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชน และระบบจัดการน้ำเสีย ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน กรณี ปัญหาน้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำในบางช่วงเวลา

จากภาพที่ 11 ในสภาวะปกติแหล่งน้ำจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพน้ำให้การเลี้ยงสัตว์น้ำในแม่น้ำและการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำสามารถดำเนินไปได้อย่างเป็นปกติ ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงสัตว์น้ำและสัตว์น้ำที่จับได้ในแม่น้ำจะเป็นประโยชน์แก่ชุมชนทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เป็นอาหารสำหรับบริโภคและการจำหน่ายสัตว์น้ำ ขณะที่แหล่งน้ำเอื้อประโยชน์แก่ชุมชนด้านสุขภาพ แหล่งทำประมงและการสัญจรทางเรือ ส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากชุมชนจะถูกควบคุมด้วยระบบ

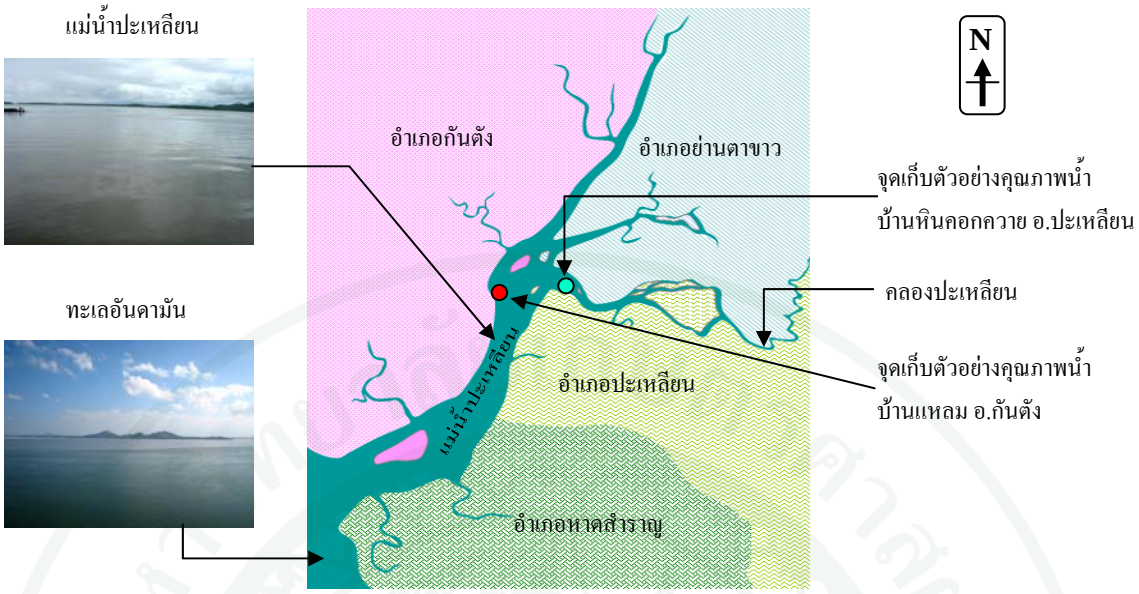
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จัดการน้ำเสียทั้งระบบธรรมชาติและระบบที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อควบคุมให้แหล่งน้ำสามารถทำหน้าที่ให้มีคุณภาพน้ำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำและจับสัตว์น้ำในแม่น้ำได้อย่างสมดุลและต่อเนื่อง ซึ่งโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมของชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง มีรายละเอียด ดังนี้

1. แหล่งน้ำ

แม่น้ำปะเหลียนมีความยาวของลำน้ำประมาณ 21 กิโลเมตร ไหลจากทิศเหนือไปทางทิศใต้ลงทะเลอันดามันบริเวณอำเภอหาดสำราญและอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง มีต้นกำเนิดจากการไหลรวมของคลองธรรมชาติหลายสาขาโดยมีคลองปะเหลียนเป็นคลองสายหลักซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาบรรทัดมีความยาวของลำน้ำประมาณ 58 กิโลเมตร ไหลผ่านอำเภอย่านตาขาวและอำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง บรรจบกับแม่น้ำปะเหลียนที่ตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง (ภาพที่ 12) แม่น้ำปะเหลียนเป็นแม่น้ำที่รองรับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียนทั้งหมด 991 ตารางกิโลเมตร ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลอันดามัน มีความสูงของพื้นที่ทางด้านใต้บริเวณปากแม่น้ำปะเหลียน ประมาณ 1-2 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (กรมชลประทาน, 2535) และลาดขึ้นไปจนถึง 1,262 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณเขานกรา เทือกเขาบรรทัด (วีรชัย กาญจนาลัย และคณะ, 2545) ดังนั้น คุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนจึงมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงและคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีความสำคัญในแง่ของผลกระทบโดยตรงต่อการประกอบอาชีพประมงของชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบแม่น้ำปะเหลียน ได้แก่ การเลี้ยงปลากระชัง การเลี้ยงหอยนางรม การเลี้ยงปูนิ่ม และบางครั้งทำให้สัตว์น้ำในแม่น้ำลดน้อยลงอีกด้วย แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำปะเหลียนมาจาก 7 แหล่ง ประกอบด้วย 1) น้ำเสียจากบ้านเรือนทั้งที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำและบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ห่างจากชายฝั่ง 2) น้ำเสียจากชุมชนเทศบาลย่านตาขาว ซึ่งอยู่ช่วงตอนบนของคลองปะเหลียนปล่อยน้ำเสียโดยตรงลงสู่คลองและไหลลงสู่แม่น้ำปะเหลียน 3) น้ำเสียจากจากบ่อเลี้ยงกุ้ง 4) น้ำเสียที่เกิดจากการขุดลอกคลองในป่าชายเลน และการขุดคลองระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมชุมชนเทศบาลย่านตาขาว 5) น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น 6) น้ำเสียจากการมีปริมาณน้ำจืดมากในแม่น้ำปะเหลียน และ 7) น้ำเสียจากพื้นที่เกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 แม่น้ำปะเหลียนและจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ
ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (2551); ส่วนบริหารจัดการป่าชายเลนที่ 3 กันตัง (2551) และการสำรวจของผู้วิจัย

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำปะเหลียนทำให้สัตว์น้ำที่ชาวบ้านเลี้ยงในกระชังตายเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ปลากะพง ปลาเก๋า ปู และหอย ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เป็นรูปธรรมของผลกระทบที่เกิดจากคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ส่วนสาเหตุชาวบ้านโดยส่วนใหญ่กล่าวว่าเกิดมาจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียทั้ง 7 แหล่งข้างต้น ความเสียหายและความเดือดร้อนที่เกิดขึ้นกับชุมชนจากปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำทำให้ชุมชนมีการรวมกลุ่มเพื่อเรียกร้องความเป็นธรรมจากหน่วยงานรัฐ ได้แก่ ประมงอำเภอและประมงจังหวัดตรังให้ช่วยเข้ามาดูแลและจัดการกับปัญหาน้ำเสียข้างต้น โดยมีหน่วยงานที่เข้ามาตรวจวัดคุณภาพน้ำและเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำที่ตายไปตรวจวัด ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดตรัง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ซึ่งผลจากการตรวจวัดของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดตรัง ระบุว่า คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเลี้ยงสัตว์น้ำได้ สำหรับการตายของสัตว์น้ำในกระชังตั้งข้อสังเกตว่าอาจเกิดจากสัตว์น้ำไม่สามารถปรับตัวได้ทันกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้สัตว์น้ำตายในที่สุด โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดตรัง, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพน้ำโดยทั่วไปของแม่น้ำปะเหลียนตั้งแต่ปี 2547 – ปี 2549 จากการตรวจวัดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ภูเก็ต (2550) บริเวณบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ดังภาพที่ 12 ข้างต้น บริเวณใกล้เคียงเป็นชุมชนชาวประมง มีการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและเลี้ยงหอยนางรมและหอยแมงภู่ พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) อยู่ในเกณฑ์คุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 เฉลี่ยเท่ากับ 5.45 mg/l และค่าความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) อยู่ในเกณฑ์คุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 เฉลี่ยเท่ากับ 1.42 mg/l การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) และการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) เกินกว่าเกณฑ์ของคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 เฉลี่ยเท่ากับ 903.66 MPN:100 ml และ 55.66 MPN:100 ml ตามลำดับ ส่วนค่าความสกปรกในรูปของแอมโมเนีย (NH_3-N) อยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 เฉลี่ยเท่ากับ 0.40 mg/l รายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำของแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ตั้งแต่ปี 2547-2549

สถานที่เก็บ	ปี	ค่าคุณภาพน้ำ				
		DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TCB (MPN:100 ml)	FCB (MPN:100 ml)	NH_3-N (mg/l)
บ้านแหลม	2547	4.42	1.00	840	26	0.07
ต.วังวน	2548	6.60	2.07	114	59	0.64
อ.กันตัง	2549	5.33	1.20	1,757	82	0.50
เฉลี่ย		**5.45**	**1.42**	**903.66**	**55.66**	**0.40**
แหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2		**ไม่น้อยกว่า 6.0**	**ไม่เกิน 1.5**	**ไม่เกิน 5,000**	**ไม่เกิน 1,000**	**ไม่เกิน 0.5**
แหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3		**4.0**	**2.0**	**20,000**	**4,000**	
แหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 4		**2.0**	**4.0**	**-**	**-**	

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ภูเก็ต (2550)

ส่วนคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนในรอบปี 2550 บริเวณบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง คุณภาพน้ำโดยทั่วไปเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ซึ่งมีความเค็มเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอยู่ระว่าง 19.ppt – 10.73 ppt (10.73 ppt เป็นค่าความเค็มของบริเวณปากแม่น้ำตรัง) ดังตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญปี 2550 ของแม่น้ำปะเหลียน บริเวณปากแม่น้ำปะเหลียน บ้านแหลม อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ครั้งที่ 1 (ธันวาคม)	ครั้งที่ 2 (เมษายน)	ครั้งที่ 3 * (กรกฎาคม)	หน่วย
ความขุ่น (turbidity)	2.57	8.1	18.9	NTU
ความเค็ม (salinity)	18.29	19.29	10.73	ppt
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.29	7.25	7.48	-
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)	5.4	4.2	5.8	mg/l
บีโอดี (BOD)	1.5	1.4	3.9	mg/l
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)	23	1,300	1,300	MPN:100 ml
แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB)	23	130	500	MPN:100 ml
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)	ND	ND	ND	mg/l as NH_3-N
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS)	29,682	23,714	20,576	mg/l
ปริมาณสารแขวนลอย (SS)	6.3	11	22.2	mg/l
ปริมาณสารละลายทั้งหมด (TDS)	29,676	23,703	20,553.8	mg/l

หมายเหตุ: * ครั้งที่ 3 ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำ แต่ผลที่ปรากฏเป็นค่าคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตรังที่อยู่ไม่ห่างจากปากแม่น้ำปะเหลียนมากนัก ซึ่งนำมาเทียบเคียงเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำบางดัชนี

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ภูเก็ต (2550)

นอกจากนี้ จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรังในปี 2552 บริเวณที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ บ้านหินคอกควาย ตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน และบ้านแหลม ตำบลวังวน อำเภอกันตัง ดังภาพที่ 12 ข้างต้น ซึ่งคุณภาพน้ำตั้งแต่เดือนมกราคม-เมษายน 2552 โดยเฉลี่ย พบว่า บริเวณบ้านหินคอกควาย มีค่าพีเอช 7.25 ความเค็ม 16.05 ppt ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 5.4 mg/l บีโอดี 4.4 mg/l และแอมโมเนีย 0.012 mg/l ส่วนคุณภาพน้ำบริเวณบ้านวังวน มีค่าพีเอช 7.95 ความเค็ม 22.7 ppt ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4.85 mg/l บีโอดี 3.85 mg/l

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และแอมโมเนีย 0.025 mg/l โดยในเดือนเมษายนบริเวณบ้านหินคอกควายมีค่าความเค็มต่ำสุดเท่ากับ 5 ppt ซึ่งผลของคุณภาพน้ำดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำและส่วนใหญ่เป็นไปตามคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3

2. การเลี้ยงสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน

การเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลในแหล่งน้ำธรรมชาติใน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกันตัง อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรัง แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปลาทะเล ปูทะเล และหอยทะเล จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทะเลทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียน และเลี้ยงจริงในปีงบประมาณ 2550 ของ 4 อำเภอข้างต้น มีทั้งสิ้น 991 ราย แบ่งเป็นเลี้ยงปลาทะเล จำนวน 817 ราย เลี้ยงปูทะเล จำนวน 54 ราย เลี้ยงหอยทะเล จำนวน 120 ราย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำทะเลที่ขึ้นทะเบียนและเลี้ยงจริง ประจำปีงบประมาณ 2550

อำเภอ	จำนวนเกษตรกร (ราย)			
	ปลาทะเล	ปูทะเล	หอยทะเล	รวม
กันตัง	441	11	60	512
ย่านตาขาว	-	-	-	-
หาดสำราญ	64	-	21	85
ปะเหลียน	312	43	39	394
รวม	**817**	**54**	**120**	**991**

ที่มา: สำนักงานประมงจังหวัดตรัง (2551ก)

พื้นที่ที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังของแม่น้ำปะเหลียนและได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำเสียจากการสำรวจของผู้วิจัยพบว่ามี 4 ชุมชน ดังนี้

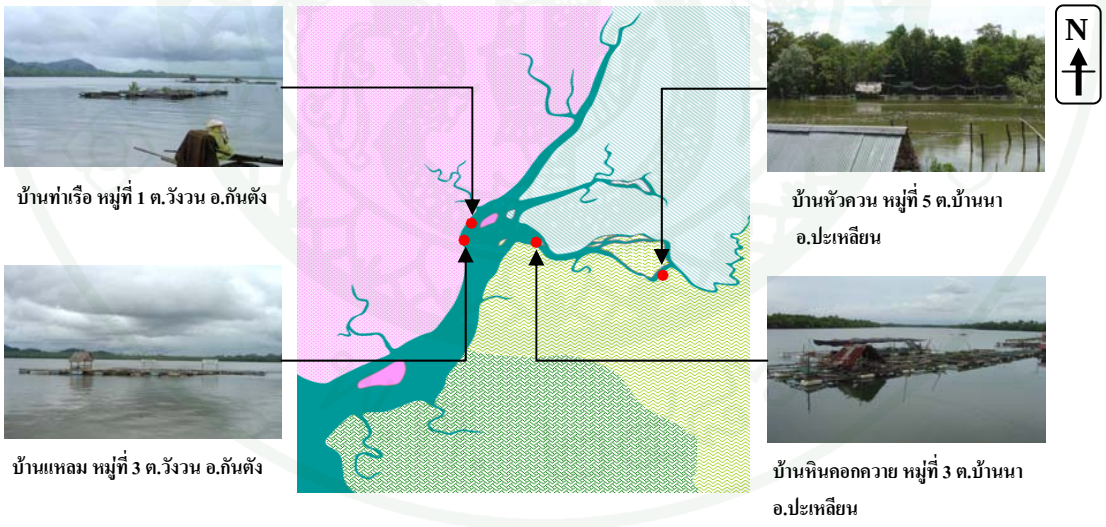
ชุมชนที่ 1 บ้านหัวควน หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน มีการเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลเพียงประเภทเดียว คือ ปลากะพง/ปลาเก๋า จำนวน 30 กระชัง จำนวนเกษตรกร 8 ราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุมชนที่ 2 บ้านหินคอกควาย หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านนา อำเภอปะเหลียน มีการเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล 3 ประเภท ได้แก่ ปลากะพง/ปลาเก๋า จำนวน 35 กระชัง จำนวนเกษตรกร 14 ราย ปูนิ่ม จำนวน 4 กระชัง จำนวนเกษตรกร 4 ราย และหอยนางรม 2 ราย

ชุมชนที่ 3 บ้านท่าเรือ หมู่ที่ 1 ตำบลวังวน อำเภอกันตัง มีการเลี้ยงสัตว์น้ำ 2 ประเภท ได้แก่ ปลากะพง/ปลาเก๋า จำนวน 50 กระชัง จำนวนเกษตรกร 10 ราย และหอยแมงภู่ จำนวน 1 กลุ่ม คือ กลุ่มเศรษฐกิจพอเพียง มีสมาชิกจำนวน 20 คน

ชุมชนที่ 4 บ้านแหลม หมู่ที่ 3 ตำบลวังวน อำเภอกันตัง มีการเลี้ยงสัตว์น้ำทะเล 2 ประเภท 3 ประเภท ได้แก่ ปลากะพง/ปลาเก๋า จำนวน 55 กระชัง จำนวนเกษตรกร 38 ราย หอยนางรม แบ่งเป็นเลี้ยงรายเดี่ยว จำนวนเกษตรกร 15 ราย เลี้ยงเป็นกลุ่ม จำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโอทอป จำนวนสมาชิก 20 คน และกลุ่มเศรษฐกิจพอเพียง จำนวนสมาชิก 32 คน และเลี้ยงหอยแมงภู่ แบ่งเป็นเลี้ยงรายเดี่ยว จำนวนเกษตรกร 1 ราย เลี้ยงเป็นกลุ่ม จำนวน 1 กลุ่ม คือ กลุ่มเศรษฐกิจพอเพียง จำนวนสมาชิก 20 คน รายละเอียดและตำแหน่งการเลี้ยงสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตำแหน่งการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังในแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง
ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (2551); ส่วนบริหารจัดการป่าชายเลนที่ 3 กันตัง (2551) และการสำรวจของผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ชุมชน

ชุมชนที่อาศัยอยู่รอบแม่น้ำปะเหลียนประกอบด้วย 27 หมู่บ้านใน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ดังนี้

อำเภอย่านตาขาว มี 10 หมู่บ้าน ประกอบด้วย ตำบลทุ่งกระบือ ได้แก่ บ้านทุ่งสำราญ บ้านทุ่งรวงทอง บ้านทับจาก บ้านควนอินทนินงาม บ้านนาโตง บ้านทุ่งตะเซะ บ้านท่าบันได บ้านใต้ และตำบลทุ่งค่าย ได้แก่ บ้านท่าด่าน

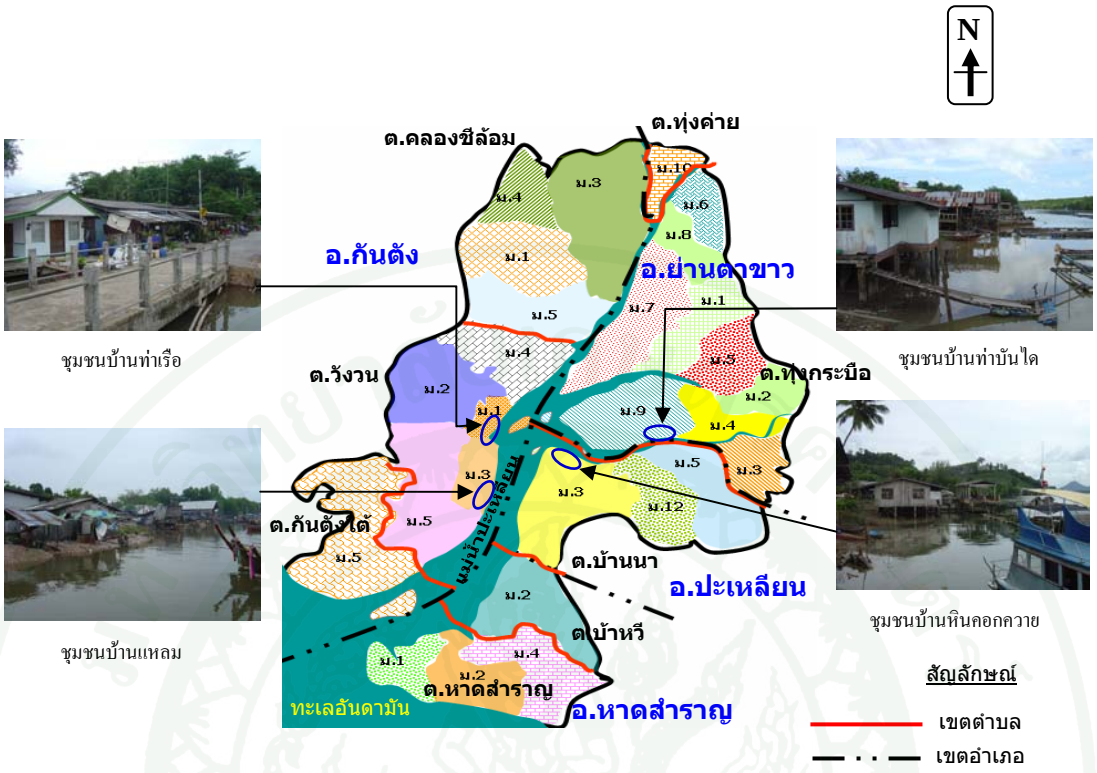
อำเภอปะเหลียน มี 3 หมู่บ้าน ประกอบด้วย ตำบลบ้านนา ได้แก่ บ้านหัวควน บ้านทอนในแสง และบ้านหินคอกควาย

อำเภอหาดสำราญ มี 4 หมู่บ้าน ประกอบด้วย ตำบลหาดสำราญ ได้แก่ บ้านบ้าหวี บ้านปากปรนออก และบ้านปากปรนตก

อำเภอกันตัง มี 10 หมู่บ้าน ประกอบด้วย ตำบลคลองชีล้อม ได้แก่ บ้านทุ่งนา บ้านคลองชีล้อม บ้านหนองเสม็ด และบ้านป่ากอ ตำบลวังวน ได้แก่ บ้านนายอดทอง-ทุ่งไพร บ้านแหลม บ้านท่าเรือ บ้านห้วยลึก และบ้านป่าเต ตำบลกันตังใต้ ได้แก่ บ้านแตะหรำ

ชุมชนโดยส่วนใหญ่จะตั้งบ้านเรือนอยู่บริเวณหลังแนวป่าชายเลน มีเพียง 4 ชุมชนที่มีบ้านเรือนตั้งอยู่ติดริมแม่น้ำปะเหลียน ได้แก่ ชุมชนบ้านท่าบันได จำนวน 8 ครัวเรือน ชุมชนบ้านหินคอกควาย จำนวน 15 ครัวเรือน ชุมชนบ้านแหลม จำนวน 14 ครัวเรือน และชุมชนบ้านท่าเรือ จำนวน 20 ครัวเรือน ซึ่งทั้ง 4 ชุมชนนี้มีประชากรรวมทั้งหมด 3,447 คน ในขณะที่จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่รอบแม่น้ำปะเหลียนทั้ง 27 ชุมชน มีทั้งหมด 23,576 คน จาก 5,821 ครัวเรือน เพิ่มขึ้นจากปี 2543 จำนวน 3,005 คน คิดเป็นร้อยละ 14.60 ของประชากรในปี 2543 อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรแต่ละปีตั้งแต่ปี 2543-2551 อยู่ในช่วงร้อยละ 1.53-2.02 อาณาเขตของ 27 ชุมชนและชุมชนที่ตั้งติดริมแม่น้ำปะเหลียนแสดงได้ดังภาพที่ 14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

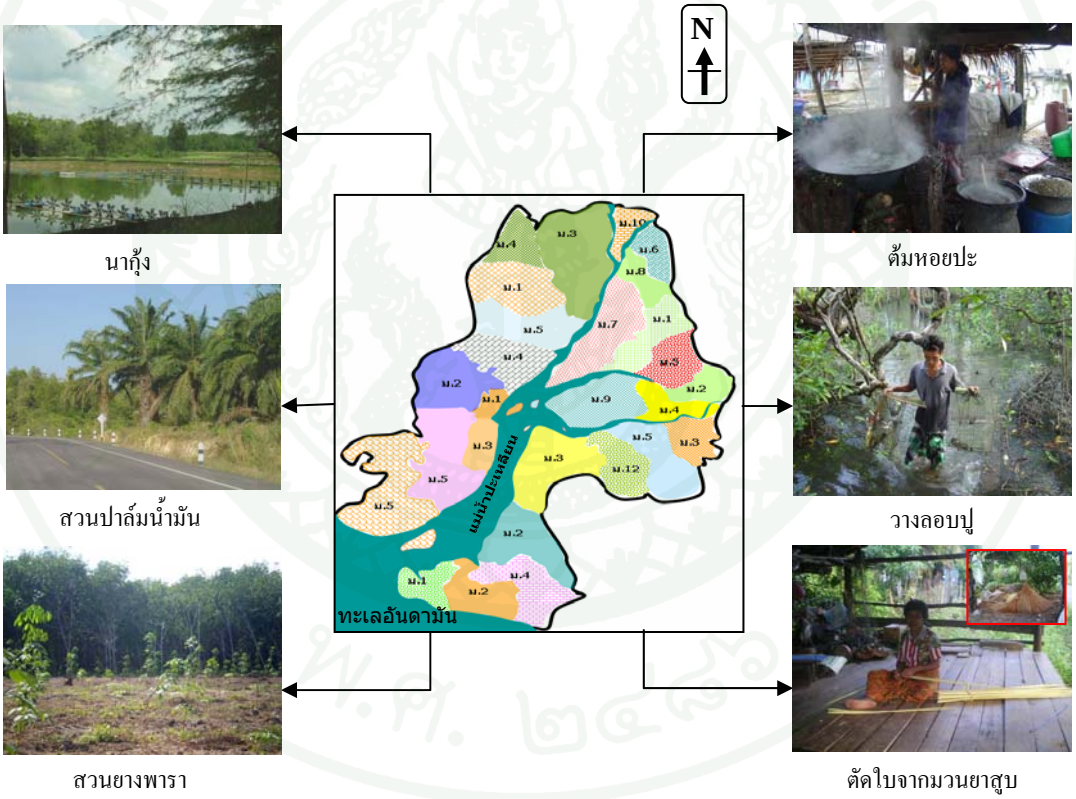


ภาพที่ 14 อาณาเขต 27 ชุมชนและชุมชนที่ตั้งติดแม่น้ำปะเหลียน
ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (2551); ส่วนบริหารจัดการป่าชายเลนที่ 3 กันตัง (2551) และการสำรวจของผู้วิจัย

การประกอบอาชีพของคนที่อาศัยอยู่รอบแม่น้ำปะเหลียนทั้ง 27 ชุมชน ส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ การทำสวนยางพารา รองลงมา คือ สวนปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการทำสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันจะเป็นอาชีพหลักของคนในพื้นที่นี้ แต่อาชีพการทำประมงพื้นบ้านยังเป็นอาชีพที่สำคัญในพื้นแห่งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวประมงพื้นบ้านที่มีบ้านเรือนตั้งอยู่ริมแม่น้ำปะเหลียน ได้แก่ ชุมชนบ้านท่าบันได ชุมชนบ้านหินคอกควาย ชุมชนบ้านแหลม และชุมชนบ้านท่าเรือ อาชีพประมงพื้นบ้านที่สำคัญ ประกอบด้วย การเลี้ยงปลากระชัง การเลี้ยงหอยนางรม การเลี้ยงหอยแมงภู่ การเลี้ยงปูนิ่ม วางอวนปลาและปู ดักลอบปลา ลอบหมึก และการเก็บหอยต่างๆ บริเวณป่าชายเลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหอยปะถือว่าเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของชุมชนที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ในแต่ละวันสามารถเก็บหอยได้ 1,000 – 3,000 กิโลกรัม (น้อม ฮั้นเย็ก, 2551) แหล่งหอยปะในแม่น้ำปะเหลียนเป็นแหล่งหอยที่ใหญ่ที่สุดในจังหวัดตรัง ส่วนอาชีพอื่นๆ ได้แก่ การตัดใบจากมวนยาสูบซึ่งจะมีมากในชุมชนบ้านแหลม บ้านท่าเรือ และบ้านนายอดทองโดยการรับซื้อวัฏดิบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบจากมาจากชุมชนต่างพื้นที่ นอกจากนี้ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งคือ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำและการเลี้ยงกุ้งขาวมีในทุกชุมชนรอบแม่น้ำปะเหลียน พื้นที่เลี้ยงกุ้งทั้งหมดมีประมาณ 14,608.03 ไร่ (ศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ, 2551) โดยส่วนใหญ่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำและการเลี้ยงกุ้งขาวจะเป็นของนายทุนต่างพื้นที่ ส่วนคนในชุมชนมีน้อยเนื่องจากต้องลงทุนและมีความเสี่ยงสูง พื้นที่การทำนากุ้งปี 2551 มีพื้นที่ทั้งสิ้น 14,608.03 ไร่ ในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา (ปี 2546-2551) มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ทำนากุ้งที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานประมงจังหวัดตรัง ประกอบด้วย ปี 2546 จำนวน 2,424 ไร่ ปี 2547 จำนวน 1,059 ไร่ ปี 2548 จำนวน 1,346 ไร่ ปี 2549 จำนวน 327 ไร่ ปี 2550 จำนวน 496 ไร่ และปี 2551 จำนวน 640 ไร่ (สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, 2551ข) การประกอบอาชีพที่กล่าวมาข้างต้นในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนแสดงได้ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การประกอบอาชีพของคนในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง

ในขณะที่ 2551 บริเวณพื้นที่รอบแม่น้ำปะเหลียนมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 8 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานน้ำยางข้น 2 โรงงาน โรงงานแปรรูปไม้ยางพารา 6 โรงงาน ตั้งแต่ปี 2545-2551 มีจำนวนโรงงานเพิ่มขึ้นเพียง 2 โรงงานโดยเป็นโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดตรัง, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ระบบจัดการน้ำเสีย

ระบบจัดการน้ำเสียเป็นองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมที่มีบทบาทหน้าที่บำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากชุมชนเพื่อให้แม่น้ำปะเหลียนมีคุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์น้ำได้อย่างเป็นปกติหรือกล่าวได้ว่าระบบจัดการน้ำเสียเป็นตัวสนับสนุนในแง่ความสัมพันธ์ของลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะให้แหล่งน้ำสามารถแสดงบทบาทหน้าที่สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นไปอย่างปกติ ซึ่งระบบจัดการน้ำเสียบริเวณแม่น้ำปะเหลียนส่วนใหญ่เป็นระบบธรรมชาติประกอบด้วยองค์ประกอบ ได้แก่ ป่าชายเลน น้ำฝนและน้ำขึ้นน้ำลง ดังนี้

4.1 การจัดการด้วยป่าชายเลน

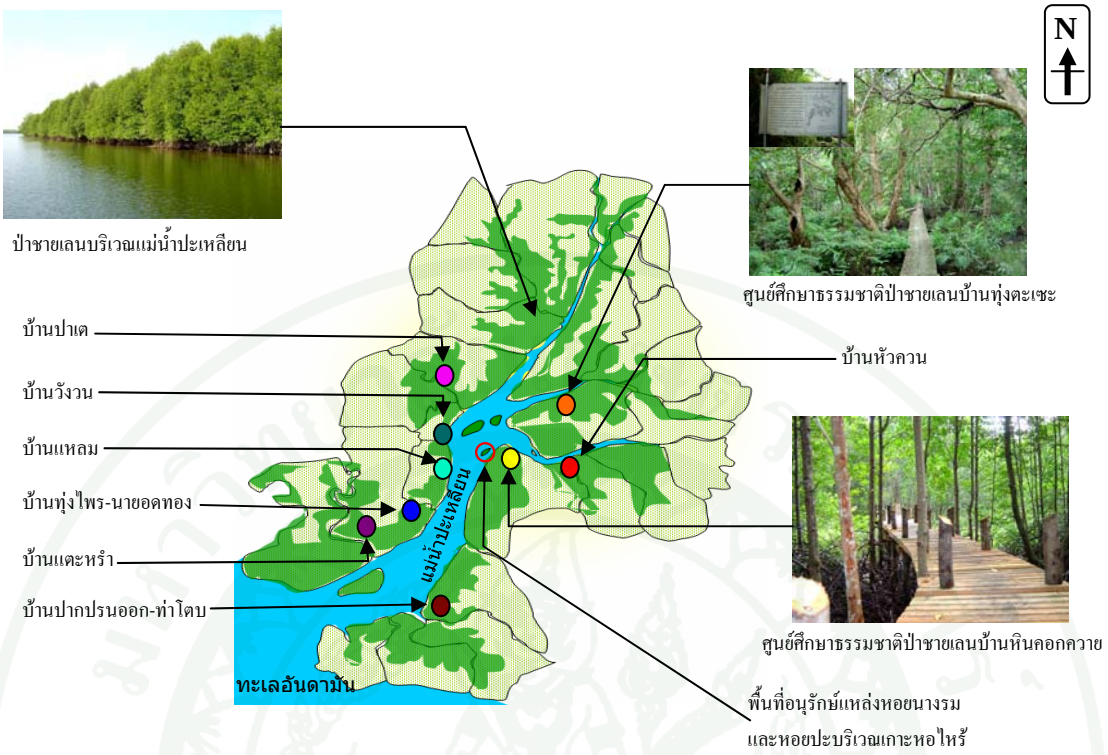
ป่าชายเลนบริเวณพื้นที่แม่น้ำปะเหลียนมีทั้งสิ้น 44,197 ไร่ ใน 27 ชุมชน (ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 3, 2551) ชนิดพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ได้แก่ โกงกาง แสมตะบูนดำ ตะบูนขาว หงอนไก่ทะเล ถั่วดำ ถั่วขาว ฝาดดอกแดง ฝาดดอกขาว และเหงือกปลาหมอเป็นต้น โดยโกงกางเป็นพันธุ์ไม้ที่มีมากที่สุด บทบาทหน้าที่ของป่าชายเลนในพื้นที่แม่น้ำปะเหลียนประกอบด้วย เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งหากิน แหล่งหลบซ่อนศัตรู แหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และแหล่งทำประมงของชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณแม่น้ำปะเหลียนทั้งการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง การเลี้ยงหอยนางรม การเลี้ยงปูนิ่ม วางอวน ดักลอบปลา ลอบหมึก และการเก็บหอยต่างๆ ได้แก่ หอยปะและหอยแครง

นอกจากนี้ ป่าชายเลนมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการรักษาความสมดุลในระบบนิเวศโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัดและรักษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำให้มีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์น้ำและการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังจึงทำให้ชุมชนรอบแม่น้ำปะเหลียนมีความผูกพันและเห็นความสำคัญของป่าชายเลนเป็นอย่างมาก และนำไปสู่กิจกรรมต่างๆ ของชุมชนเพื่ออนุรักษ์และปกป้องพื้นที่ป่าชายเลนในชุมชนของตนเองในรูปแบบของป่าชายเลนชุมชน ซึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง ปัจจุบัน (พ.ศ.2551) บริเวณแม่น้ำปะเหลียนมีป่าชายเลนชุมชนถึง 20,778 ไร่ ใน 9 ชุมชนประกอบด้วย บ้านทุ่งตะเซะ จำนวน 2,000 ไร่ บ้านหัวควน จำนวน 160 ไร่ บ้านทุ่งไพร-นายอดทอง จำนวน 3,500 ไร่ บ้านแหลม จำนวน 700 ไร่ บ้านวังวน จำนวน 300 ไร่ บ้านแตะหรำ จำนวน 4,500 ไร่ บ้านปาเต จำนวน 2,875 ไร่ บ้านหินคอกควาย จำนวน 3,680 ไร่ และบ้านปากปรนออก-บ้านท่าโตบ จำนวน 3,063 ไร่ (สมาคมหยาดฝน, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมอนุรักษ์ป่าชายเลนอื่นๆ ของชุมชน คือ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลนที่มีเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ ป้ายความรู้ต่างๆ ตลอดเส้นทาง เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ ศึกษาวิจัยของชุมชน นักเรียน และผู้ที่สนใจเกี่ยวกับป่าชายเลน ได้แก่ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลนบ้านหินคอกควาย และศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลนบ้านทุ่งตะเซะ อันเป็นความร่วมมือระหว่างชุมชนและหน่วยงานราชการในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง คือ ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 3 กันตัง นอกจากนี้ ชุมชน 4 ชุมชน ได้แก่ บ้านทุ่งตะเซะ บ้านหัวควน บ้านหินคอกควาย และบ้านวังวน ร่วมกันอนุรักษ์แหล่งหอยนางรมและหอยปะตามธรรมชาติในแม่น้ำปะเหลียนบริเวณรอบเกาะหอไหร้ โดยการกำหนดกฎเกณฑ์ของชุมชนในการเก็บหอยและร่วมกันดูแลป่าชายเลนเพื่อความสมบูรณ์ของแหล่งหอยนางรมและหอยปะ ตลอดจนมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศแหล่งน้ำ ทั้งป่าชายเลน แม่น้ำ และทรัพยากรประมงโดยการจัดทำเป็นหลักสูตรท้องถิ่นเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนในโรงเรียนของชุมชน ได้แก่ การจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นของโรงเรียนบ้านแหลม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรท้องถิ่นเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในพื้นที่โดยมีผู้รู้ในชุมชนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ ได้แก่ กิจกรรมการสำรวจป่าชายเลน การสังเกตคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียน การเลี้ยงหอยนางรม และการเรียนรู้กิจกรรมอาชีพในชุมชน ตลอดจนการเชื่อมโยงถึงความสัมพันธ์ของชุมชนกับแหล่งน้ำและทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ในพื้นที่ กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ทำให้โรงเรียนบ้านแหลมและชุมชนบ้านแหลมได้รับรางวัลลูกโลกสีเขียวด้านการจัดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมของเยาวชนและชุมชนในปี 2548 (โรงเรียนบ้านแหลม, 2551) ซึ่งที่ตั้งของพื้นที่ป่าชายเลนชุมชน ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลนและพื้นที่อนุรักษ์แหล่งหอยปะแสดงดังภาพที่ 16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ที่ตั้งป่าชายเลนชุมชน ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลน และแหล่งอนุรักษ์หอยปะ
ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (2551); ส่วนบริหารจัดการป่าชายเลนที่ 3 กันตัง (2551) และการสำรวจของผู้วิจัย

ป่าชายเลนในพื้นที่รอบแม่น้ำปะเหลียนที่มีอยู่ตามธรรมชาติและชุมชนช่วยกันดูแลปกป้องและจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อการอนุรักษ์ป่าชายเลนให้มีความสมบูรณ์และให้ประโยชน์แก่ชุมชนในหลายรูปแบบและต่อเนื่อง ซึ่งบทบาทหน้าที่ประการหนึ่งของป่าชายเลนคือช่วยป้องกันไม่ให้แหล่งน้ำเกิดภาวะเน่าเสียด้วยการกรองและดักเศษสิ่งต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ ขยะ และตะกอนดินจากภาคพื้นดินให้ตกอยู่บริเวณป่าชายเลนเป็นการป้องกันไม่ให้ขยะและเศษซากต่างๆ แพร่กระจายลงไปในแหล่งน้ำ ขณะเดียวกันเศษสิ่งต่างๆ เหล่านี้จะถูกย่อยสลายให้หมดไปด้วยจุลินทรีย์ซึ่งนับได้ว่าป่าชายเลนเป็นองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมของระบบจัดการน้ำเสียในพื้นที่องค์ประกอบหนึ่งที่มีบทบาทหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสีย

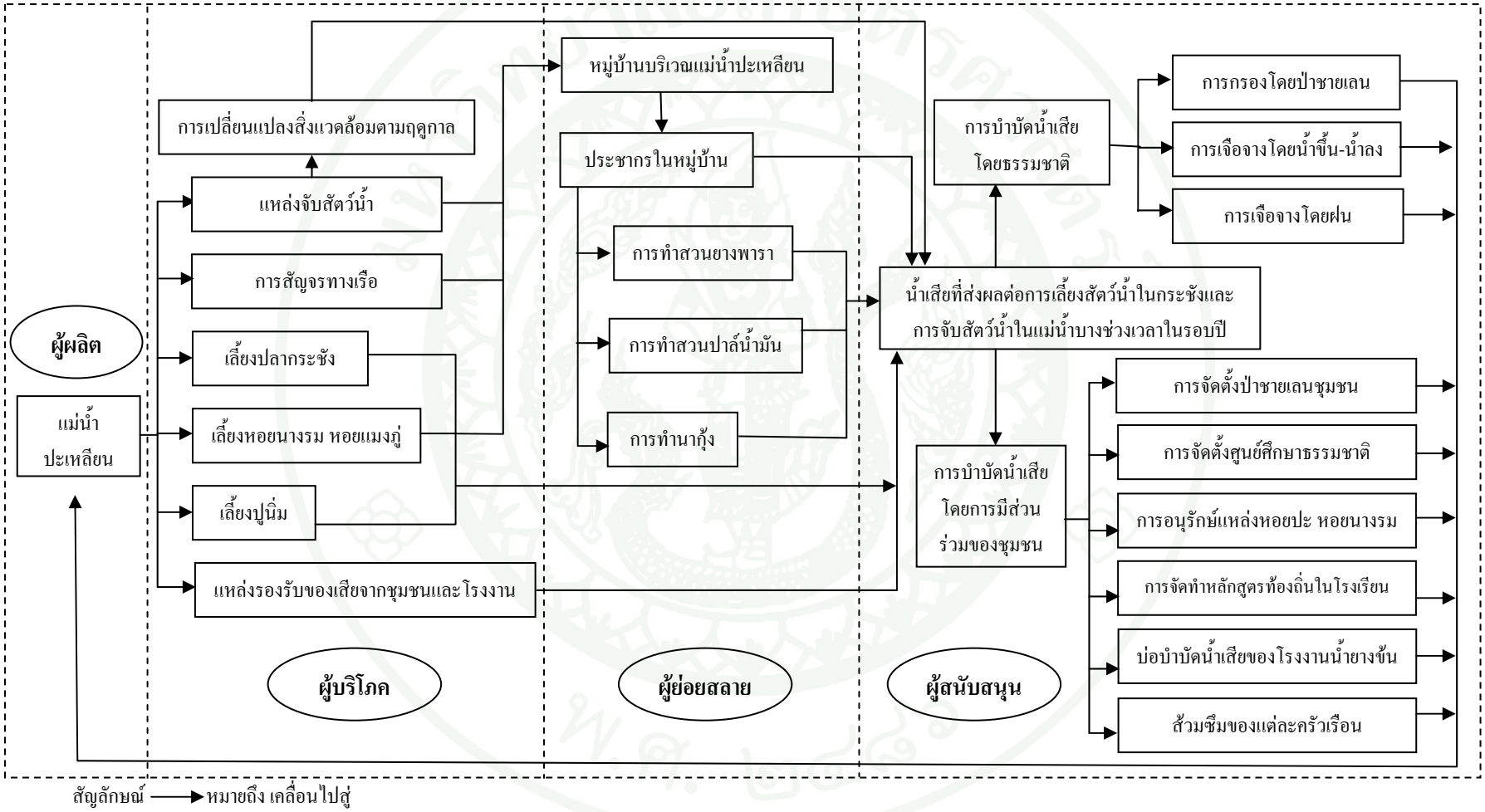
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การจัดการด้วยน้ำฝน น้ำท่าและน้ำขึ้นน้ำลง

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของพื้นที่บริเวณแม่น้ำปะเหลียนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นจากทะเลอันดามันก่อให้เกิดฝนตกชุกในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และยังได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยนำเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาสู่พื้นที่ก่อให้เกิดฝนตกติดต่อกันถึงเดือนธันวาคม ช่วงฤดูฝนจึงยาวนานตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนธันวาคม มีช่วงฤดูร้อนสั้นเพียง 3 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม โดยมีปริมาณฝนตั้งแต่ปี 2542 – 2548 เฉลี่ย 2,106.49 มิลลิเมตร/ปี และจำนวนวันที่ฝนตก เฉลี่ย 175 วัน/ปี และมีปริมาณน้ำท่าจากการประเมินของ วีรชัย กาญจนาลัย และคณะ (2545) พบว่า คลองปะเหลียนมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี เท่ากับ 1,236.18 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำฝนสามารถเปลี่ยนเป็นน้ำท่าคิดเป็นร้อยละ 59 ปริมาณน้ำท่าจะมีมากที่สุดในช่วงฤดูฝน เดือนเมษายน-เดือนธันวาคม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 87 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี นอกจากนี้ แม่น้ำปะเหลียนได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากทะเลอันดามัน แต่ละวันจะมีน้ำขึ้นน้ำลง 2 ครั้ง ซึ่งเรียกว่า น้ำคู่ (semi-diurnal tide) ความแตกต่างของน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและต่ำสุดในช่วงน้ำเกิดอยู่ที่ 3.3 เมตร และความแตกต่างของน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและต่ำสุดในช่วงน้ำตายอยู่ที่ 0.4 เมตร (สมบูรณ์ พรพิเนตรพงศ์, 2547) ซึ่งบทบาทหน้าที่ของน้ำฝน น้ำท่าและน้ำขึ้นน้ำลงช่วยในการ เจือจางให้น้ำเสียจากชุมชนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมีความเข้มข้นลดลงและถ่ายเทน้ำเสียลงสู่ทะเล

กล่าวได้ว่า ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังเป็นลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำของพื้นที่น้ำกร่อยและเป็นพื้นที่รองรับของเสียจากหลายแหล่งและรองรับน้ำจากลุ่มน้ำปะเหลียนทั้งหมดก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ซึ่งโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่ แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชน และระบบจัดการน้ำเสียเป็นการการทำงานร่วมกันที่ทำให้บทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมคือแหล่งน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและเหมาะสมสำหรับเป็นแหล่งจับสัตว์น้ำในแม่น้ำ ส่วนการตายของสัตว์น้ำที่เกิดขึ้นและปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำที่จับได้ลดลงในบางช่วงเวลาของรอบปีชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือทุกกลุ่มทั้งที่ก่อให้เกิดน้ำเสียและเป็นผลมาจากน้ำเสียและส่งผลให้ผู้สนับสนุน คือ ระบบจัดการน้ำเสียไม่สามารถบำบัดให้แหล่งน้ำมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและเหมาะสำหรับเป็นแหล่งจับสัตว์น้ำในแม่น้ำจึงทำให้บทบาทหน้าที่ของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะทั้ง 4 กลุ่มของชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง กรณี น้ำเสียในแม่น้ำปะเหลียนที่ส่งผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ในแม่น้ำบางช่วงเวลาของรอบปีสามารถแสดงเป็นขั้นตอนความเกี่ยวข้องกันได้ดังภาพที่ 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 ลำดับขั้นตอนความเกี่ยวข้องของโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะทั้ง 4 กลุ่มของชุมชนบริเวณริมแม่น้ำปะเหลียน กรณี ปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำปะเหลียนที่ส่งผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง

ส่วนที่ 2 องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

1. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) คุณค่าทางนิเวศ 2) กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง 3) เทคนิคการบำบัด และ 4) การตรวจสอบความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม จากผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง มีผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

1.1 คุณค่าทางนิเวศ

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านคุณค่านิเวศที่เป็นผลสรุปจากการสนทนากลุ่มของผู้รู้ในชุมชน จำแนกองค์ประกอบของความรู้ได้ 3 ส่วน คือ 1) บทบาทหน้าที่ของน้ำ 2) โครงสร้าง/องประกอบของน้ำด้านชีวกายภาพ ประกอบด้วย โครงสร้าง/องประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำดีและของน้ำเสีย และ 3) การเกิดน้ำเสียในชุมชน ประกอบด้วย ความหมายของน้ำเสีย แหล่งกำเนิดน้ำเสีย ผลกระทบของน้ำเสีย และเหตุการณ์ที่บ่งบอกถึงการเกิดน้ำเสีย มีผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

บทบาทหน้าที่ของน้ำจากการสนทนากลุ่มแต่ละครั้งระบุไปในทำนองเดียวกันและสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ของน้ำได้ 6 ลักษณะ คือ 1) บทบาทหน้าที่สำหรับใช้ในการประกอบอาชีพประมง ประกอบด้วย เป็นแหล่งทำประมงของชาวประมงพื้นบ้านทั้งปลา ปูดำ ปูเปี้ยว หอยปะ หอยแครง และสาหร่าย โดยใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ ทั้ง แห อวน ลอบ และไซ รวมทั้งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ เลี้ยงปลาและปูนิ่มในกระชัง เลี้ยงหอยแมงภู่ เลี้ยงหอยนางรม และการทำนากุ้ง 2) บทบาทหน้าที่สำหรับการกษตรกรรม ได้แก่ ช่วงตอนบนของแม่น้ำปะเหลียนที่เป็นน้ำจืดใช้สำหรับการปลูกผัก และเป็นแหล่งน้ำของสัตว์เลี้ยง ได้แก่ วัว และแพะ 3) บทบาทหน้าที่สำหรับเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ 4) บทบาทหน้าที่สำหรับใช้ในการอุปโภคบริโภค ได้แก่ ช่วงตอนบนของแหล่งน้ำที่เป็นน้ำจืดใช้ดื่มและอาบ 5) บทบาทหน้าที่สำหรับเป็นแหล่งท่องเที่ยวและสัญจรทางเรือ 6) บทบาทหน้าที่เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ การเลี้ยงหอยนางรม แหล่งอนุรักษ์หอยปะ และป่าชายเลนชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำแบ่งเป็นน้ำดีและน้ำเสีย จากการสนทนากลุ่ม พบว่า การระบุโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำส่วนใหญ่จะเป็นการระบุในลักษณะที่สามารถสัมผัสได้โดยตรงด้วยตา จมูก และกายสัมผัส สำหรับโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำดีสรุปได้ว่า เป็นน้ำที่มีสีขุ่นโคลน มีสัตว์น้ำอาศัยอยู่มาก สามารถทำประมงได้ มีออกซิเจนมาก และไม่เป็นพิษโดยเฉพาะอาการคันตามผิวหนัง ส่วนโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำเสียเป็นน้ำที่สัตว์น้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้หรือมีสัตว์น้ำน้อย น้ำมีสีเขียวเข้มคล้ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีโคลนและตะกอนมาก มีกลิ่นคาว เป็นพิษโดยมีอาการคันตามผิวหนัง มีน้ำจืดปะปนอยู่ในปริมาณมาก และมีออกซิเจนน้อย

ความเข้าใจของชุมชนในแง่ความหมายของน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ 1) ความหมายของน้ำเสียที่บ่งบอกถึงผลกระทบต่อการประกอบอาชีพประมง ได้แก่ น้ำเสีย คือ น้ำที่ไม่สามารถทำประมงได้ จับสัตว์ได้น้อย สัตว์น้ำในแหล่งน้ำมีน้อย และสัตว์น้ำตายทั้งที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติ 2) ความหมายของน้ำเสียที่บ่งบอกถึงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพหรือลักษณะของน้ำเสีย ได้แก่ น้ำที่มีตะกอนและโคลนมาก น้ำที่มีสีเขียวเข้มคล้ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีกลิ่นคาว น้ำที่มีน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ เข้ามาปะปน น้ำที่มีออกซิเจนน้อย น้ำที่มีน้ำจืดเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณมากและมีสีขุ่นแดงเหมือนดินเหนียวจากการชะล้างโดยฝนตกติดต่อกันหลายๆ วันและชะล้างสิ่งสกปรกลงสู่แหล่งน้ำ 3) ความหมายของน้ำเสียที่บ่งบอกถึงความเป็นพิษ ได้แก่ มีอาการเป็นผดผื่นคันตามผิวหนังเมื่อสัมผัสกับน้ำขณะทำการประมง และน้ำที่ทำให้สัตว์น้ำตาย และ 4) ความหมายของน้ำเสียที่บ่งบอกถึงการถ่ายเทของน้ำ ได้แก่ น้ำจากการซักผ้าและน้ำล้างจานวางทิ้งไว้ในถังแล้วทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และน้ำที่ขังเป็นแอ่งในป่าชายเลนจากการขุดลอกคลองและปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเลโดยมีกลิ่นเปรี้ยว

ในส่วนของแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากการสนทนากลุ่มพบว่ามีที่มาจาก 2 แหล่ง คือ แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากการกระทำของมนุษย์ โดยแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากธรรมชาตินั้น ประกอบด้วย มีปริมาณน้ำจืดมากในแหล่งน้ำจากการที่ฝนตกติดต่อกันหลายๆ วัน การเน่าของซากพืชซากสัตว์ในแหล่งน้ำ การชะล้างสิ่งสกปรกลงสู่แหล่งน้ำ และการมีปริมาณน้ำน้อยในแหล่งน้ำช่วงหน้าแล้ง สำหรับแหล่งน้ำเสียที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ พบว่ามาจากหลายกิจกรรมที่เกิดขึ้นรอบแม่น้ำปะเหลียน ประกอบด้วย การปล่อยน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้ง โรงงานน้ำยางข้นบริเวณต้นน้ำปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ การขุดลอกคลองในป่าชายเลนเป็นการนำสิ่งสกปรกที่ทับถมอยู่ในดินชั้นล่างขึ้นสู่ด้านบนและกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเลทำให้น้ำเน่าเสีย การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการเกษตรทั้งสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันมีการเปิดหน้าดิน ไถพรวนและมีการใช้ปุ๋ย ยาฆ่าหญ้า ทำให้มีการชะตะกอนดินและสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงจากชุมชนที่อยู่ริมน้ำ ได้แก่ ชุมชนเทศบาลย่านตาขาว ชุมชมบ้านท่าไค ชุมชนบ้านหินคอกควาย ชุมชนบ้านแหลม และชุมชนบ้านท่าเรือ ทั้งน้ำใช้ในครัวเรือนและน้ำเสียจากการประกอบอาชีพต้มหอยปะ นอกจากนี้มีการทิ้งขยะลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ การทิ้งขยะของเทศบาล ย่านตาขาวบริเวณริมคลองปะเหลียน ชุมชนริมน้ำทิ้งขยะโดยตรงลงสู่แหล่งน้ำทั้งขยะที่เกิดจากกิจกรรมในครัวเรือนและเศษขยะจากกิจกรรมการทำใบจากในชุมชนโดยเทกองบริเวณริมน้ำทำให้เกิดการเน่าเปื่อยของขยะเหล่านั้น

นอกจากนี้ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่เป็นผลกระทบที่ส่งผลต่อการประกอบอาชีพประมง ผลกระทบดังกล่าวได้สร้างความเดือนร้อนแก่ชาวประมงพื้นบ้านโดยทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตาย ได้แก่ ทำให้ปลาเก๋า ปลากะพง ปูนิ่ม หอยแมงภู่และหอยนางรม และยังทำให้สัตว์น้ำในแหล่งน้ำลดน้อยลงอีกด้วย ขณะเดียวกันจะเป็นผดผื่นคันตามผิวหนังเมื่อสัมผัสกับน้ำขณะทำการประมง ตลอดจนทำให้ต้นไม้ในป่าชายเลนยืนต้นตายเป็นจำนวนมากจากการขุดลอกคลองปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล

1.2 กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลสรุปจากการสนทนากลุ่มของผู้รู้ทั้งหมด จำแนกองค์ความรู้ได้ 2 ลักษณะ คือ 1) การเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดผลกระทบ และ 2) การเปลี่ยนแปลงที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบ มีผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ได้แก่ การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นผลให้สัตว์น้ำทั้งที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติตาย การตายของไม้ป่าชายเลนจากการขุดลอกคลองปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล การที่ฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย ในหน้าแล้งมีปริมาณน้ำในแม่น้ำน้อยทำให้ชาวประมงจับสัตว์ได้น้อย การปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำทำให้สัตว์น้ำในบริเวณดังกล่าวมีน้อย น้ำล้างถ้วย ล้างจานที่วางทิ้งไว้ในถังทำให้เกิดการเน่าเสียและมีกลิ่น และการเทกองขยะ (ใบจาก) ใกล้แหล่งน้ำทำให้มีอาการคันตามผิวหนังเมื่อสัมผัสกับน้ำขณะทำการประมงหรือลงเล่นน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบ ได้แก่ น้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำปล่อยลงสู่แหล่งน้ำไม่ทำให้น้ำเน่าเสียเพราะมีการเจือจางจากน้ำในแม่น้ำที่มีมากกว่าและมีบ้านเรือนจำนวนน้อย น้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งห่างจากริมน้ำไม่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเพราะมีการซึมลงดินและไหลผ่านต้นไม้ สวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน และป่าชายเลน และการต่อท่อน้ำทิ้งจากครัวเรือนที่อยู่ริมน้ำให้ยื่นลงไปในแหล่งน้ำไม่ทำให้น้ำเสียเพราะมีการเจือจางจากแม่น้ำและน้ำในแม่น้ำมีปริมาณมากกว่า

1.3 เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านเทคนิคการบำบัดที่เป็นผลสรุปจากการสนทนากลุ่มของผู้รู้ทั้งหมดมี 2 ประการ คือ 1) การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ และ 2) การบำบัดน้ำเสียโดยเทคโนโลยี มีผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติโดยปราศจากการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกลไกใดๆ จากมนุษย์ ซึ่งองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ ประกอบด้วย 1) น้ำเสียจากครัวเรือนมีการซึมลงดิน ไหลผ่านต้นไม้ทั้งสวนปาล์มน้ำมัน ยางพารา ป่าบก และป่าชายเลนกว่าจะถึงแม่น้ำหายหมดแล้ว 2) น้ำเสียจากครัวเรือนที่อยู่ริมน้ำปล่อยลงสู่แม่น้ำมีการเจือจางโดยน้ำในแม่น้ำที่มีมากกว่าและไหลลงสู่ทะเลจากการขึ้นลงของน้ำ

การบำบัดน้ำเสียโดยเทคโนโลยีมี 2 ลักษณะ คือ 1) เทคโนโลยีที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียจากห้องส้วมโดยใช้ส้วมซึม ส่วนใหญ่บ้านที่อยู่ห่างจากแม่น้ำหรือบ้านที่อยู่บนฝั่งจะใช้ส้วมซึมแบบสองบ่อ ต่างจากบ้านที่อยู่ริมแม่น้ำหรือบ้านที่สร้างยื่นลงไปในแม่น้ำจะใช้ส้วมซึมแบบบ่อเดียว และการบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย 2) เทคโนโลยีการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้แก่ การจัดตั้งป่าชายเลนชุมชน การจัดตั้งศูนย์ศึกษาธรรมชาติระบบนิเวศป่าชายเลน การจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นในโรงเรียน การอนุรักษ์แหล่งหอยปะและหอยนางรม

1.4 การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลสรุปจากการสนทนากลุ่มของผู้รู้ทั้งหมดมี 2 ประการ คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้านน้ำเสียด้วยการสังเกต และ 2) การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านน้ำเสียด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ มีผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านน้ำเสียด้วยการสังเกตมี 3 ลักษณะ คือ 1) การสังเกตทางชีวภาพ เป็นการสังเกตคุณภาพของพืชและสัตว์น้ำรอบบริเวณแหล่งน้ำจากการตายของสัตว์น้ำทั้งที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติ ได้แก่ ปลากะพง ปลาเก๋า หอยแมงภู่ หอยนางรม หอยเตะหรำ หอยหิน สาหร่ายลูกปัด และการตายของพืชในป่าชายเลน ได้แก่ โกงกาง แสม และโตด 2) การสังเกตทางกายภาพ เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของพืชและสัตว์น้ำรอบแหล่งน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำจืดในแหล่งน้ำมีมาก ฝนตกติดต่อกันหลายวัน ฝนตกน้ำท่วมบริเวณต้นน้ำ น้ำมีสีขุ่น มีตะกอนมากและโคลนลึก มีตะกอนเกาะที่ตัวหอยมากเกิน น้ำมีสีเขียวคล้ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง น้ำในแหล่งน้ำมีกลิ่นคาว น้ำบริเวณบ้านที่อยู่ริมน้ำมีกลิ่นเหม็นและมีโคลนสีดำ และมีฟองบนผิวน้ำ และ 3) การสังเกตด้านสุขภาพของชาวบ้าน ได้แก่ อาการคันและเป็นผดผื่นตามร่างกายเมื่อลงเล่นน้ำหรือทำการประมง

การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านน้ำเสียด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ชาวบ้านเป็นเพียงผู้ให้ความร่วมมือในด้านการให้ข้อมูลด้านน้ำเสียที่มีผลกระทบต่อชุมชน โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำมี 3 หน่วยงานที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ประมงอำเภอ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

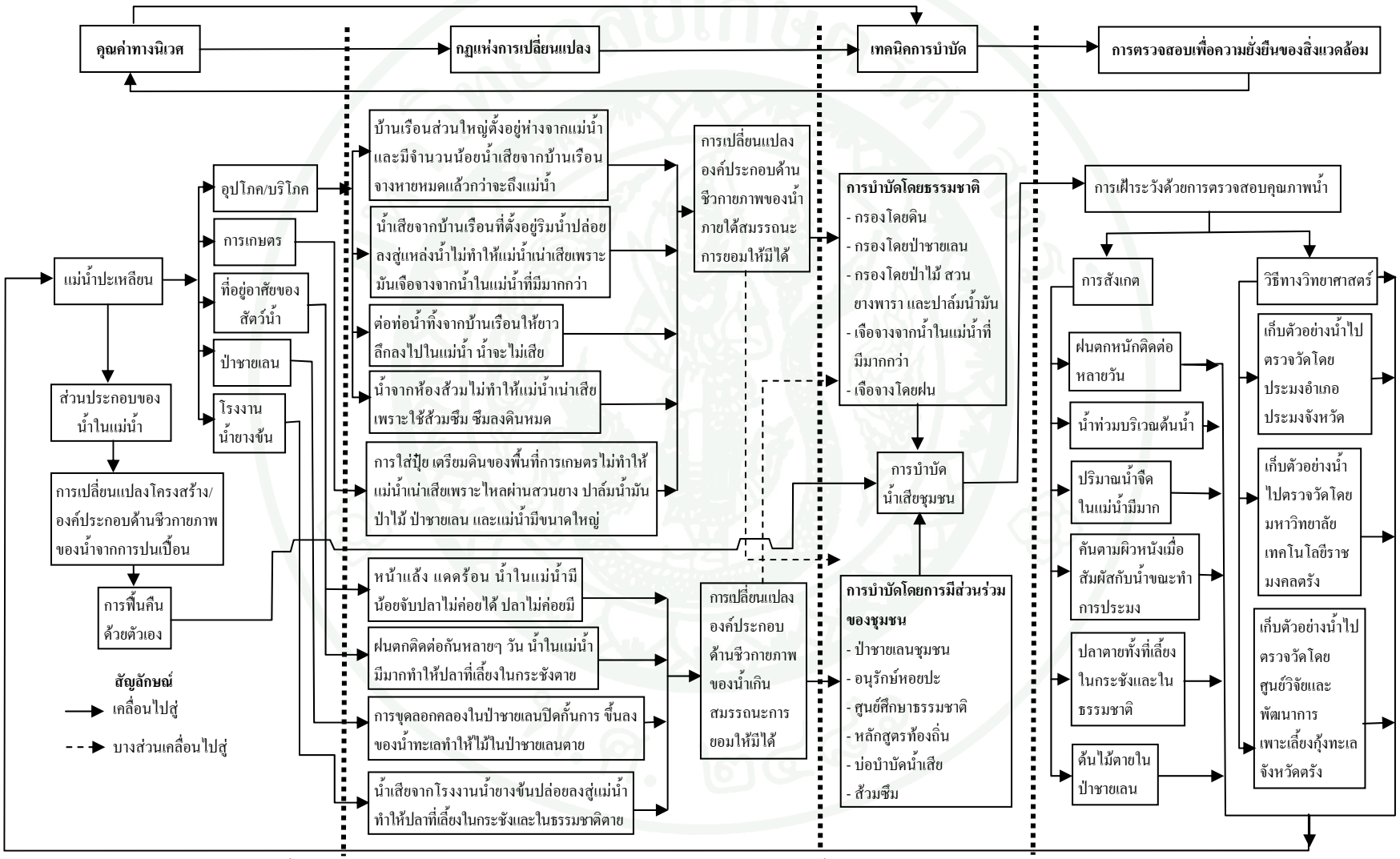
2. นัยทางวิทยาศาสตร์ขององค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง

องค์ความรู้น้ำเสียชุมชนตามเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นวัฏจักรโดยคุณค่าทางนิเวศเป็นสภาวะธรรมชาติของน้ำที่มีโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายที่พอเหมาะเพื่อให้สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนเป็นไปอย่างปกติ ทั้งดื่ม อาบ ชำระสิ่งสกปรก การเกษตร เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และการทำประมงทั้งเลี้ยงปลากระชังและจับสัตว์น้ำในแม่น้ำตามธรรมชาติภายใต้กลไกการฟื้นคืนด้วยตัวเอง และน้ำเสียกับน้ำดีมีโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพที่แตกต่างกันซึ่งองค์ความรู้จากผู้รู้ในชุมชนมีหลักพิจารณาที่สำคัญคือการตายของสัตว์น้ำและสัตว์น้ำที่จับได้น้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่อยู่ในสมรรถนะที่ยอมให้มีได้และเป็นไปตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การฟื้นคืนโดยดิน ป่าไม้และป่าชายเลนทั้งการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากบ้านเรือนที่ตั้งห่างจากริมน้ำ และการฟื้นคืนต่อน้ำเสียที่เกิดจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำด้วยการเจือจางและการขึ้นลงของน้ำ เป็นต้น แต่เมื่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจายที่เกินสมรรถนะที่ยอมให้มีได้หรือเกินกำลังของการฟื้นคืนตัวเอง ได้แก่ น้ำจืด ตะกอนดิน และน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางมีปริมาณมากและส่งผลให้น้ำไม่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ปกติได้จนเกิดผลกระทบตามมา ได้แก่ การตายของปลาที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติ และมีความเป็นพิษของน้ำโดยเฉพาะการคันตามผิวหนัง ซึ่งโดยปกติการฟื้นคืนด้วยตัวเองเป็นเทคนิคการบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติ แต่เมื่อน้ำมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพเกินสมรรถนะของกลไกธรรมชาติที่จะบำบัดได้จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะการบำบัดให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ได้แก่ ส้วมซึม และการสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติหรือการบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคที่มนุษย์สร้างขึ้นจะได้ผลมากน้อยเพียงไรสังเกตได้จากความปกติของบทบาทหน้าที่ของน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ โดยการตรวจวัดเพื่อเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม ทั้งการสังเกต ได้แก่ ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน น้ำท่วมบริเวณต้นน้ำ คันตามผิวหนังเมื่อสัมผัสกับน้ำขณะทำการประมง การตายของปลาที่เลี้ยงในกระชังและธรรมชาติ และการตายของต้นไม้ในป่าชายเลน และการตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การก็บตัวอย่างน้ำไปตรวจวัดโดยประมงอำเภอ ประมงจังหวัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง และผลที่ได้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณค่าทางนิเวศของแม่น้ำปะเหลียน ซึ่งองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ขั้นตอนสรุปได้ดังภาพที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม 4 ขั้นตอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 18 เทคนิคทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ขั้นตอน มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นวัฏจักร และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ผู้วิจัยพบว่ากฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นเทคนิคที่บ่งบอกถึงสาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบต่อความปกติหรือไม่ปกติต่อบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำในแม่น้ำปะเหลียน กระบวนการธรรมชาติจะเป็นตัวรักษาความสมดุลของสิ่งแวดล้อมโดยการบำบัดหรือฟื้นคืนตัวเอง เพื่อให้น้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพ ทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายที่สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ ซึ่งสามารถตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์หรือสังเกตได้ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงที่เป็นองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ในภาพที่ 18 มีนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 นัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้	**นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชน**
1. บ้านเรือนส่วนใหญ่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำ และมีจำนวนน้อย น้ำเสียจากบ้านเรือนจางหายหมดแล้วกว่าจะถึงแม่น้ำ	- การกรองและดูดซับโดยดิน - การกรองและดูดซึมโดยพืช - การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การเติมออกซิเจนในดิน
2. น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำปล่อยลงสู่แหล่งน้ำไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสีย เพราะมันเจือจางจากน้ำในแม่น้ำที่มีมากกว่า	- การแพร่น้ำเสียในแม่น้ำ - การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำ - การตกตะกอน
3. ต่อท่อน้ำทิ้งจากบ้านเรือนให้ยาวลึกลงไปในแม่น้ำน้ำจะไม่เสีย	- การแพร่น้ำเสียในแม่น้ำ - การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำ - การตกตะกอน
4. น้ำจากห้องส้วมไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสีย เพราะใช้ส้วมซึม ซึมลงดินหมด	- การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การกรองและดูดซับโดยดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียจากผู้รู้	นัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย
5. การใส่ปุ๋ยและการเตรียมดินของพื้นที่การเกษตรไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสียเพราะไหลผ่านสวนยาง ปาล์มน้ำมัน ป่าไม้ ป่าชายเลน และแม่น้ำมีขนาดใหญ่	- การกรองและดูดซับโดยดิน - การกรองและดูดซึมโดยพืช - การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การเติมออกซิเจนในดิน
6. หน้าแล้ง แดดร้อน น้ำในแม่น้ำมีน้อย จับปลาไม่ค่อยได้ ปลาไม่ค่อยมี	- การเติมออกซิเจนในแม่น้ำ - การระเหยของน้ำ
7. ฝนตกติดต่อกันหลายๆ วัน น้ำในแม่น้ำมีมากทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย	- การผสมของน้ำจืดและน้ำเค็ม - การพลิกตัวของน้ำ (overturn) - ความสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในตัวปลา (osmoregulation)
8. การขุดลอกคลองในป่าชายเลนปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเลทำให้ไม้ในป่าชายเลนตาย	- การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การเป็นพิษต่อต้นไม้บางชนิดในป่าชายเลน
9. น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นปล่อยลงสู่แม่น้ำทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติตาย	- การแพร่กระจายในแม่น้ำ -การเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

จากตารางที่ 5 องค์ความรู้จากผู้รู้ที่เกิดขึ้นตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงมีนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้แก่ 1) การกรองและดูดซับโดยดิน 2) การกรองและดูดซึมโดยพืช 3) การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ 4) การเติมออกซิเจนในดิน 5) การแพร่น้ำเสียในแม่น้ำ 6) การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำ 7) การตกตะกอน 8) การผสมของน้ำจืดและน้ำเค็ม 9) การพลิกตัวของชั้นน้ำ 10) ความสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในตัวปลา และ11) การระเหยของน้ำ ซึ่งนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้จากผู้รู้ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน และ 2) นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนในป่าชายเลนและในแม่น้ำมีรายละเอียด ดังนี้

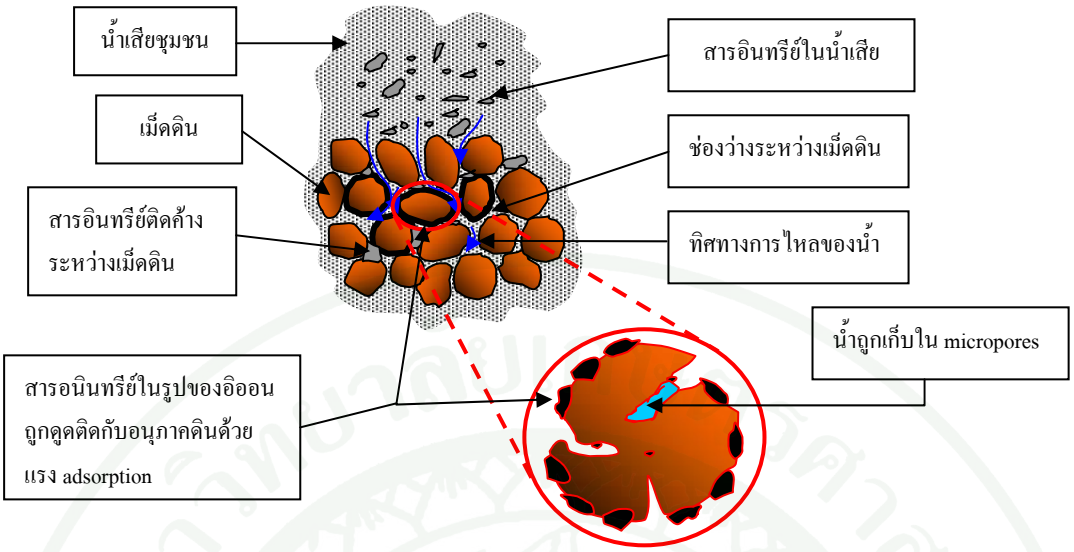
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน

นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดินในแต่ละกรณีสามารถอธิบายสถานการณ์และเชื่อมโยงกันได้ ดังนี้

ชุมชนที่ตั้งบ้านเรือนอยู่ห่างจากแม่น้ำปะเหลียนมีความหนาแน่นของบ้านเรือนไม่มาก ไม่แออัด และมีปริมาณน้ำเสียจากครัวเรือนน้อย ประกอบกับบริเวณที่ตั้งบ้านเรือนแวดล้อมโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน และป่าชายเลน ทำให้ธรรมชาติสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ± 1 (เกษม จันทร์แก้ว, 2547) ซึ่งน้ำเสียชุมชนจะมีคุณลักษณะประกอบด้วย องค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ ทั้งที่ละลายน้ำ (dissolve organic) ได้แก่ น้ำตาล และไม่ละลายน้ำ (solid organic) ได้แก่ เศษอาหารต่างๆ ที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และองค์ประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ (inorganic) ได้แก่ กรวด ทราย และผงซักฟอก (กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์, 2540) เมื่อน้ำเสียถูกเททิ้งลงพื้นดิน น้ำเสียจะไหลซึมลงดินจากบริเวณที่มีศักย์ของน้ำมากกว่าไปยังบริเวณศักย์ของน้ำที่น้อยกว่า (water potential) อันเนื่องจากการกระทำจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำจะถูกกรองโดยดิน อนุภาคขนาดใหญ่จะติดค้างอยู่บริเวณผิวดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (ภาพที่ 19) ในขณะที่สารอนินทรีย์ที่อยู่ในรูปของอิออนจะถูกดูดยึดไว้กับอนุภาคดิน ซึ่งเป็นคุณสมบัติของอนุภาคดินที่มีความสามารถในการดูดยึดประจุบวก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ดินเหนียวและฮิวมัสที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาคดินนั้นๆ โดยแร่ดินเหนียวและฮิวมัสมีคุณสัมบัติเฉพาะที่สำคัญ คือ มีประจุลบซึ่งมีสมบัติในการดูดซับ (adsorption) ประจุหรือไอออนบวก (cation) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่วนผงซักฟอกเป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสำคัญประกอบด้วย สารลดแรงตึงผิว (surfactant) จำพวก ABS (branch dodecyl benzene sulfonate) และ LAS (linear dodecyl benzene sulfonate) และสารลดความกระด้างของน้ำ ได้แก่ ฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟตซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และเมื่อถูกไฮโดรไลซีสจะอยู่ในรูปออโธฟอสเฟต (PO_4^{-3}) ที่ละลายอยู่ในน้ำและจะถูกยึดไว้ในดินโดยทำปฏิกิริยากับเหล็ก อลูมินัม และแคลเซียมเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย (Ferguson, 1976) และที่สำคัญฟอสเฟตอิออน (PO_4^{-3}) เป็นรูปที่พืชสามารถไปใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



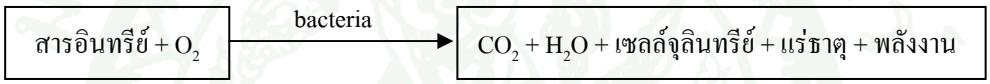
ภาพที่ 19 ภาพประมวลความเข้าใจการกรองน้ำเสียชุมชนโดยดิน

สารอินทรีย์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่เมื่อติดค้างอยู่บริเวณผิวดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดินและสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำหรือถูกดูดซับอยู่ที่อนุภาคดินรวมทั้งคอลลอยด์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ที่มีมากและมีบทบาทสำคัญที่สุดในสิ่งแวดล้อมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นพวก heterotroph เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้ใช้สารอินทรีย์เป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2548) กระบวนการย่อยสารอินทรีย์เริ่มจากจุลินทรีย์ปล่อยเอ็นไซม์ออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) ย่อยสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ในเบื้องต้นจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนอิสระที่มีอยู่ในดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนจากการออกซิไดส์สารอินทรีย์ โดยผลผลิตสุดท้ายของการย่อยคาร์โบไฮเดรต คือ แอลกอฮอล์ กรดไขมัน (fatty acid) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) ผลผลิตสุดท้ายของการย่อยสลายโปรตีน คือ กรดอะมิโน แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) และผลผลิตสุดท้ายของการย่อยไขมัน คือ กรดไขมัน (fatty acid) กลีเซอรอล (glycerol) และแอลกอฮอล์ ส่วนผงซักฟอกนั้นเป็นสารอินทรีย์เช่นเดียวกันโดยมีองค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 8-18 คาร์บอน (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรัก ตัณฑุลเวศม์, 2547) จุลินทรีย์จะมีการย่อยในสองขั้นตอน ประกอบด้วย การย่อยสลายในขั้นต้น (primary biodegradation) เป็นการทำให้โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวเปลี่ยนแปลงสูญเสียสมบัติของแรงตึงผิวจนกระทั่งเข้าสู่การย่อยสลายโดยสมบูรณ์ (ultimate biodegradation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวออกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) และเกลืออนินทรีย์ (inorganic salt)

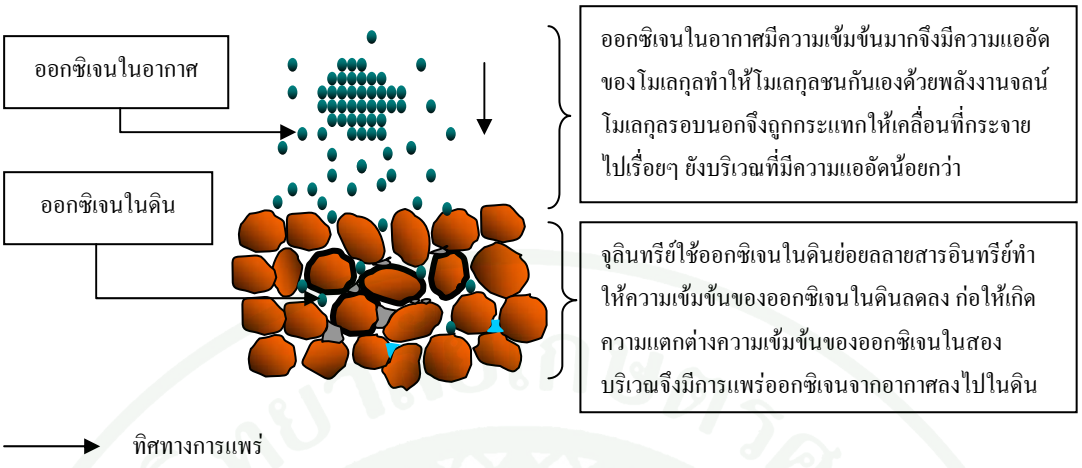
การย่อยสลายสารอินทรีย์ทุกประเภทในสภาวะที่มีออกซิเจนอิสระในดินข้างต้นจะไม่มีผลผลิตใดที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนผลผลิตร่วมที่ได้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) และในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาเสมอ ในขณะที่ผลผลิตที่อื่นๆ ที่อยู่รูปของอิออนจุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นพลังงานและแบ่งเซลล์ อีกทั้งยังเป็นธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ซึ่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจนในดินโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) สามารถสรุปสมการทั่วไปได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน

การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนในดินลดลงและขาดแคลนในที่สุด แต่ในธรรมชาติมีการเติมออกซิเจนจากอากาศเข้าไปในดินตลอดเวลาด้วยการแพร่จากบริเวณที่มีออกซิเจนมากไปยังบริเวณที่มีออกซิเจนน้อย สำหรับการแพร่เกิดจากความแตกต่างความเข้มข้นของสารในสองบริเวณไม่เท่ากัน ซึ่งออกซิเจนในดินถูกจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้ความเข้มข้นหรือปริมาณออกซิเจนในดินลดลง ในขณะที่ออกซิเจนในอากาศมีความเข้มข้นหรือมีมากกว่าทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างสองบริเวณ การแพร่เกิดจากบริเวณที่มีออกซิเจนมากมีความความแออัดของโมเลกุลทำให้มีการชนกันเองของโมเลกุลโดยอาศัยพลังงานจลน์ โมโลกุลที่อยู่รอบนอกถูกกระแทกและเคลื่อนที่ออกไปนอกบริเวณที่แออัดน้อยโดยไม่กระทบกับอนุภาคหรือโมเลกุลอื่น จึงกระจายออกไปเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โอกาสที่อนุภาคเหล่านั้นจะถูกกระแทกให้กลับมาอยู่ที่เดิมที่แออัดมีน้อย ส่งผลให้ออกซิเจนในบริเวณที่มีน้อยมีปริมาณเพิ่มขึ้น (ดังภาพที่ 21) และการแพร่เป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่ทำให้ออกซิเจนในดินมีการทดแทนอยู่ตลอดเวลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 ภาพประมวลความเข้าใจการแพร่ (diffusion) ออกซิเจนในอากาศลงไปในดิน

อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้ออกซิเจนอิสระในดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์พวก aerobic bacteria หมดไป การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนก็จะเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์พวก anaerobic bacteria ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้จะใช้ออกซิเจนในสารประกอบเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตามลำดับเทอร์โมไดนามิค ได้แก่ NO^{3-}, Mn^{4+}, Fe^{3+}, organic matter, SO_4^{2-} และ CO_2 (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) โดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ (มงคล ดำรงศรี, 2531)

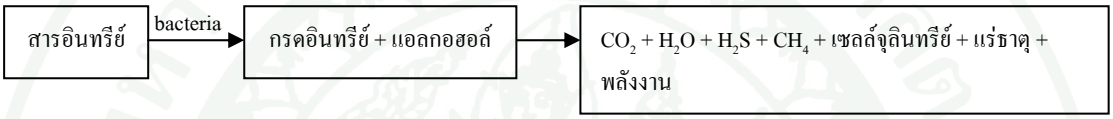
ขั้นตอนที่ 1 การย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้และจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ได้ทันทีด้วยกระบวนการไฮโดรไลซีส (hydrolysis) โดยแบคทีเรียปล่อยเอ็นไซม์ออกมาย่อยนอกเซลล์ เพื่อให้โมเลกุลของสารอินทรีย์แตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กๆ มีความสามารถละลายน้ำ และสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อย่อยสลายได้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรดอินทรีย์ (acid former) แบคทีเรียประเภทสร้างกรดอินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปสารละลายให้อยู่ในรูปของกรดอินทรีย์ประเภทระเหยง่าย (volatile acid) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรไพนิค (propionic acid) และกรดบิวทิวริค (butyric acid) รวมทั้ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซมีเทน (CH_4) ปริมาณเล็กน้อยอีกด้วย กรดอินทรีย์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเป็นปัญหาทำให้เกิดกลิ่นและมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

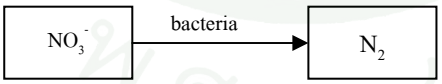
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างมีเทน (methane former) แบคทีเรียประเภทสร้างมีเทนจะย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียทั้งสองประเภทดังกล่าวทำให้มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์แบคทีเรียเหล่านั้นจากการสร้างเซลล์ใหม่ด้วย

การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้กรดอินทรีย์ (organic acid) แอลกอฮอล์ (alcohol) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) ซึ่งกรดอินทรีย์ที่ได้ประกอบด้วย กรดแลคติก และกรดอะซิติก โดยสามารถเขียนสมการทั่วไปของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

นอกจากนี้ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดกระบวนการ denitrification โดยกระบวนการทางชีวภาพเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน เมื่อขาดออกซิเจนจุลินทรีย์บางชนิดจะใช้อนุมูลที่มีระดับเลขออกซิเดชันสูงๆ ได้แก่ ไนเตรต (NO_3^-) เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจทำให้ไนเตรต (NO_3^-) ถูกรีดิวส์กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) แล้วปลดปล่อยสู่อากาศซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจน (N) จากดิน ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ภาพประมวลความเข้าใจกระบวนการ denitrification

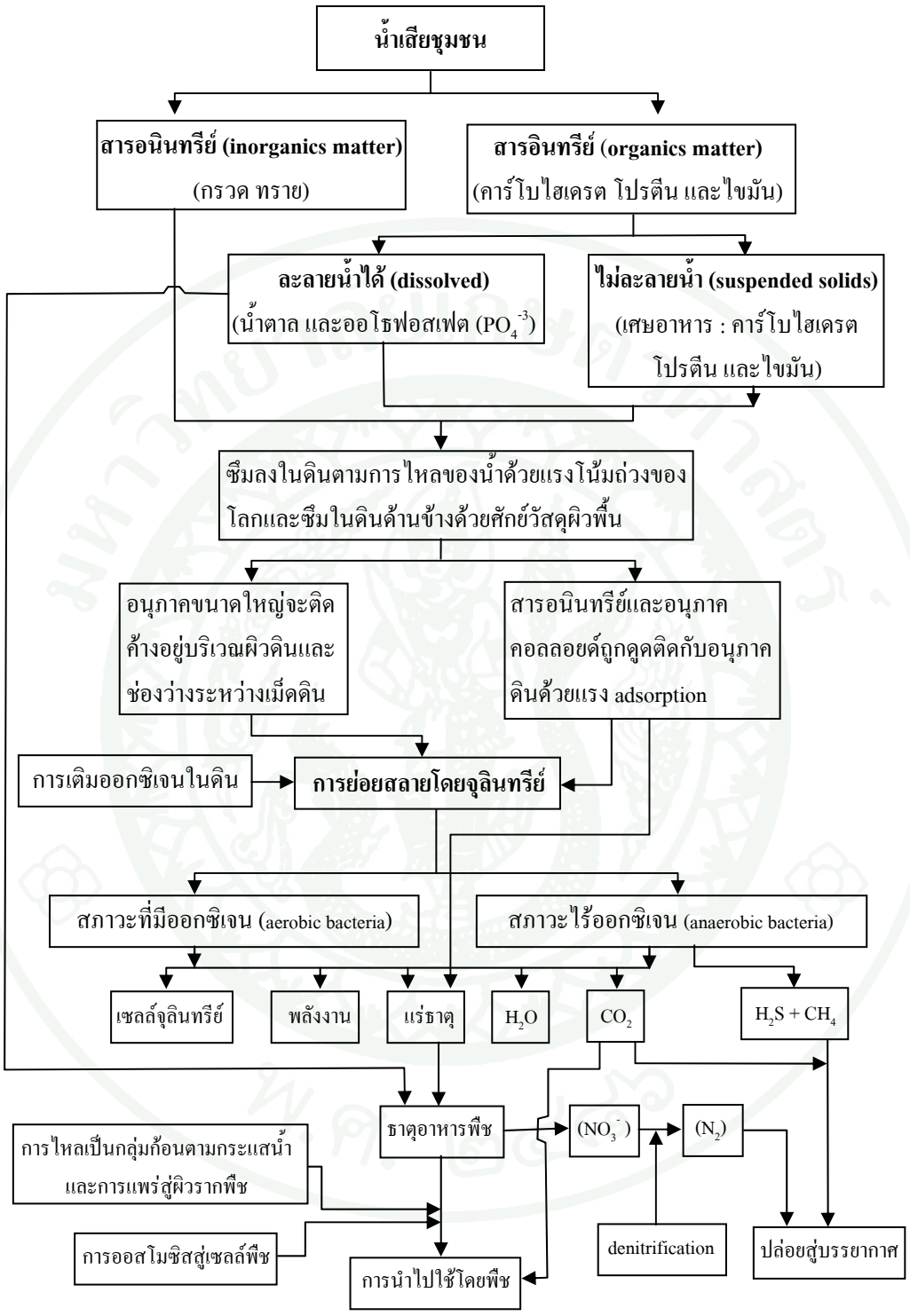
แร่ธาตุต่างๆ ที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำเสียที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ ไนเตรต (NO_3^-) และฟอสเฟต (PO_4^{-3}) จะถูกพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งในการนำไปใช้โดยพืชอาศัยกระบวนการ 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเคลื่อนที่ของไอออนในดินมาสู่ผิวรากพืช ขั้นตอนนี้อาศัยกลไกที่สำคัญ 2 ประการ คือ 1) การไหลของอิออน แบบกลุ่มก้อนมาพร้อมกับกระแสน้ำที่รากดูดน้ำจากดินมาใช้ซึ่งอิออนต่างๆ ในสารละลายดินก็มาพร้อมกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระแสน้ำด้วย และ 2) การแพร่ เมื่อรากพืชได้ดูดอิออนชนิดใดชนิดหนึ่งจากสารละลายดินเข้าไปในรากแล้ว ความเข้มข้นของอิออนชนิดนั้นๆ ในสารละลายดินบริเวณใกล้รากพืชย่อมลดลงต่ำกว่าบริเวณใกลเคียง อิออนชนิดเดียวกันจากบริเวณอื่นๆ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าก็สามารถแพร่มาสู่จุดที่ต่ำกว่าเพื่อรักษาสมดุลไว้ และขั้นตอนที่ 2 การเคลื่อนที่ของอิอนเข้าสู่เซลล์พืช หลังจากที่อิออนต่างๆ เคลื่อนที่มาสัมผัสกับรากพืชตามขั้นตอนที่ 1 แล้ว อิออนต่างๆ จะเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์พืชโดยการออสโมซิส โดยอาศัยความแตกต่างของศักย์เคมีไฟฟ้า (electrochemical potential) สองบริเวณระหว่างภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ซึ่งความต่างศักย์ไฟฟ้าเคมีของอิออนชนิดนั้นภายนอกเซลล์สูงกว่าภายในเซลล์ อิออนดังกล่าวจึงสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์พืชได้

อย่างไรก็ตาม การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เป็นกลไกที่สำคัญที่ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากชุมชนที่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำปะเหลียนเมื่อเททิ้งลงดินแล้ว กระบวนการบำบัดโดยดินดังที่กล่าวมาข้างต้นสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพจนไม่ส่งผลต่อการเน่าเสียของแหล่งน้ำในชุมชน และที่สำคัญการที่บ้านเรือนในชุมชนตั้งอยู่ห่างๆ กัน ทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เททิ้งลงดินบริเวณบ้านมีน้อยไม่ส่งผลให้ดินอิ่มด้วยน้ำจุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องจากการเติมออกซิเจนลงในดินตลอดเวลา จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดินได้ ดังภาพที่ 24

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 ภาพประมวลความเข้าใจกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนในป่าชายเลนและในแม่น้ำ

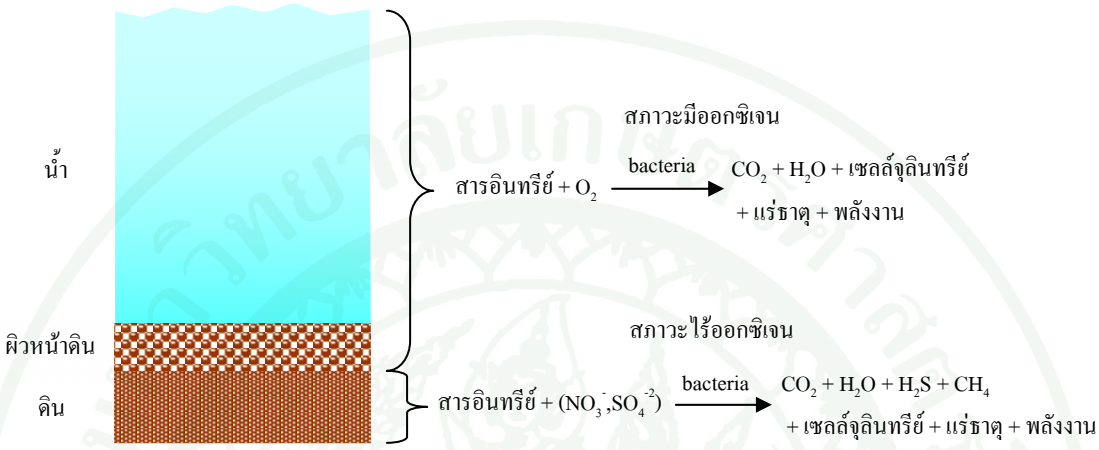
ชุมชนที่มีบ้านเรือนติดกับแม่น้ำปะเหลียนมีความหนาแน่นของบ้านเรือนไม่มาก น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากครัวเรือนมีน้อย ประกอบกับบริเวณที่ตั้งบ้านเรือนแวดล้อมด้วยป่าชายเลนซึ่งเป็นโครงสร้างสิ่งแวดล้อมที่มีจำนวนมากและหนาแน่นทำให้ธรรมชาติสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ± 1 (เกษม จันทร์แก้ว, 2547) อนึ่ง องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนและการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ทั้งการย่อยแบบใช้ออกซิเจนและการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในป่าชายเลนและในแม่น้ำจะมีนัยทางวิทยาศาสตร์เหมือนกับในหัวข้อที่ 2.1 อย่างไรก็ตาม มีนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนในป่าชายเลนและในแม่น้ำที่แตกต่างจากนัยทางวิทยาศาสตร์การบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน สามารถอธิบายได้ดังนี้

พื้นที่ป่าชายเลนจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) ที่อยู่ในเขตน้ำกร่อยและได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ป่าชายเลนเป็นพื้นที่ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยกรองเสียและดักตะกอนต่างๆ ก่อนที่จะแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ถัดไป ธรรมชาติของป่าชายเลนขึ้นอยู่บริเวณปากแม่น้ำ ดังนั้น พื้นที่ดังกล่าวจะเป็นที่รองรับของเสียจากแหล่งต่างๆ ทั้งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม กระบวนการบำบัดน้ำเสียในป่าชายเลนเริ่มต้นจากการกรองและดักตะกอนให้ตกค้างอยู่ในป่าชายเลน สารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของคอลลอยด์จะเกิดกระบวนการรวมกลุ่ม (flocculation) และตกตะกอน นอกจากนี้น้ำเสียชุมชนจะถูกเจือจางจากน้ำในแม่น้ำโดยการแพร่ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อสองบริเวณมีความเข้มข้นของสารไม่เท่ากันหรือมีความต่างศักย์ของน้ำ น้ำจะแพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากกว่าหรือศักย์ของน้ำมากกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าหรือศักย์ของน้ำน้อยกว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติความเข้มข้นของน้ำจะมีมากกว่าในน้ำเสีย ดังนั้น โมเลกุลของน้ำในธรรมชาติที่มีความแออัดจะชนกันเองโดยอาศัยพลังงานจลน์ โมเลกุลที่อยู่รอบนอกจะถูกกระแทกและเคลื่อนที่ออกไปยังบริเวณที่มีความแออัดน้อยนั่นคือมวลของน้ำเสียชุมชนทำให้มวลของน้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบของน้ำเพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกันองค์ประกอบอื่นๆ ของน้ำเสียจะถูกดันให้กระจายออกไปในมวลน้ำของแม่น้ำ ส่งผลให้น้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำเจือจางในที่สุด

ส่วนองค์ประกอบของน้ำเสียจำพวกเศษอาหารจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำ บางส่วนที่ถูกเจือจางจะเป็นสารแขวนลอยหรือตกลงพื้นท้องน้ำและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแม่น้ำจะเกิดขึ้นทั้งในชั้นน้ำและชั้นดินบริเวณพื้นท้องน้ำ ในชั้นน้ำส่วนใหญ่จะมีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ ส่วนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในชั้นดินบริเวณพื้นท้องน้ำส่วนใหญ่จะเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ดังภาพที่ 25



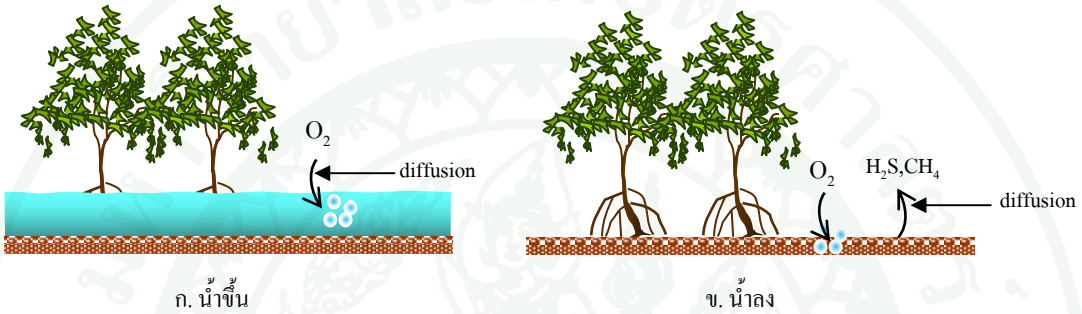
ภาพที่ 25 ภาพประมวลความเข้าใจการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำในสภาวะมีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน

ความเฉพาะของพื้นที่ป่าชายเลนจะได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นและน้ำลง นั่นคือ พื้นที่ป่าชายเลนจะอยู่ในสภาพเปียกสลับแห้ง โดยขณะที่น้ำขึ้นพื้นที่ป่าชายเลนจะเต็มไปด้วยน้ำเหนือพื้นดินแต่เมื่อน้ำลงพื้นดินจะแห้ง ดังนั้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ในแม่น้ำเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษทางน้ำจำเป็นจะต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ ซึ่งออกซิเจนได้มาจาก 3 แหล่ง ดังนี้

2.2.1 การเติมออกซิเจนจากอากาศ โดยอาศัยการแพร่จากอากาศสู่แม่น้ำในสภาวะเปียกและแพร่สู่ดินในสภาวะแห้ง โดยปกติแม่น้ำจะมีออกซิเจนน้อยกว่าในอากาศเนื่องจากออกซิเจนในแม่น้ำถูกใช้ไปในการหายใจของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนทำให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลงและการเติมออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำโดยการแพร่จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีการปั่นป่วนของน้ำจากลมหรือกระแสน้ำ ส่วนการเติมออกซิเจนจากอากาศสู่ดินในสภาวะแห้งสืบเนื่องมาจากในขณะที่ดินมีน้ำขังจะทำให้เกิดการลดน้อยถอยลงของออกซิเจนในดินจนปราศจากออกซิเจนเพราะขณะน้ำขังบริเวณหน้าดินจะป้องกันออกซิเจนจากอากาศไม่ให้แพร่ลงไปในดิน โดยอัตราการแพร่กระจายโมเลกุลออกซิเจนผ่านน้ำนิ่งช้ากว่าในอากาศมากกว่า 10,000 เท่า จากนั้นออกซิเจนที่ถูกกักไว้ตามช่องในดินที่ถูกน้ำท่วมขังจะถูกจุลินทรีย์ที่ใช้

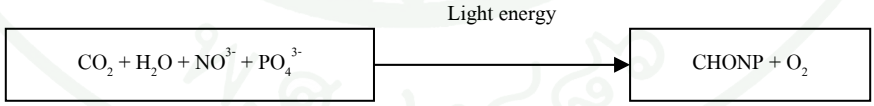
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกซิเจน (aerobic microorganism) รวมทั้งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน (facultative microorganism) นำมาใช้เพื่อการหายใจอย่างรวดเร็ว (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) จึงเป็นผลให้ออกซิเจนในดินมีน้อยกว่าในอากาศจึงเกิดการเติมออกซิเจนจากอากาศสู่ดินในสภาวะแห้ง และเมื่ออยู่ในสภาพแห้งผลผลิตที่เกิดขึ้นขณะน้ำขัง ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และมีเทน (CH_4) จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ (ภาพที่ 26) ส่วนแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของไนเตรต (NO_3^-) (วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์, 2531) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต



ภาพที่ 26 ภาพประมวลความเข้าใจการเติมออกซิเจนในสภาวะน้ำขึ้น-น้ำลง ในป่าชายเลนโดยการแพร่ (diffusion)

2.2.2 ออกซิเจนที่ได้รับจากการสังเคราะห์แสงทั้งจากแพลงค์ตอนและพืชน้ำ (ภาพที่ 27) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่แหล่งน้ำได้รับส่วนใหญ่ร้อยละ 86 ได้มาจากการสังเคราะห์แสง ส่วนการเติมออกซิเจนจากอากาศมีเพียงร้อยละ 14 (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2539)

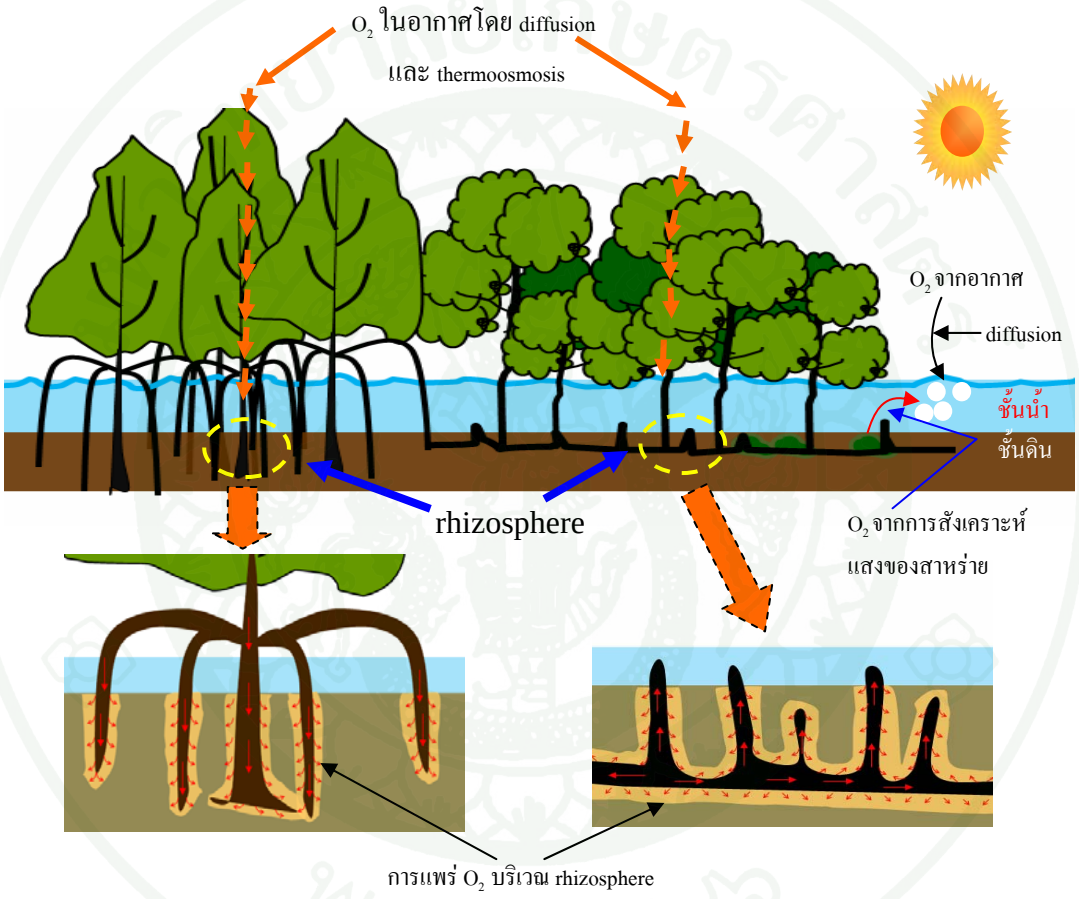


ภาพที่ 27 ภาพประมวลความเข้าใจการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนและพืชน้ำ

2.2.3 ออกซิเจนที่ได้รับจากการปลดปล่อยของระบบรากพืชได้ผิวดิน ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายออกซิเจนผ่านลำต้นและปลดปล่อยสู่ดินผ่านระบบราก (Mitsch and Gosselink, 2000) ซึ่งรากพืชสามารถปล่อยออกซิเจนออกสู่ดินบริเวณรากพืชได้ถึง 100-400 $mgO_2/m^2/h$ (Stephen and Richardson, 1989) โดยออกซิเจนจากอากาศมีการแพร่สู่ลำต้นพืชผ่านทางช่องปากใบ (stomata) หรือช่องว่างอื่นๆ ของต้นพืชที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน ส่วนช่องว่างอื่นๆ ของต้นพืชที่มีขนาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เล็กกว่า 1 ไมครอน การเคลื่อนย้ายออกซิเจนจากอากาศสู่ต้นพืชหรือการเคลื่อนย้ายต่อเนื่องระหว่างเซลล์จะใช้กระบวนการเทอร์โมออสโมซิส (thermoosmosis) เป็นการเคลื่อนย้ายออกซิเจนผ่านช่องเล็กมากอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศระหว่างสองด้านของเซลล์ (ศรปราชญ์ ธไวศวรรยางกูร และ พูนพิภพ เกษมทรัพย์, 2543) ซึ่งการเติมออกซิเจนลงสู่น้ำและดินจากอากาศ การสังเคราะห์แสงและรากพืช แสดงได้ ดังภาพที่ 28

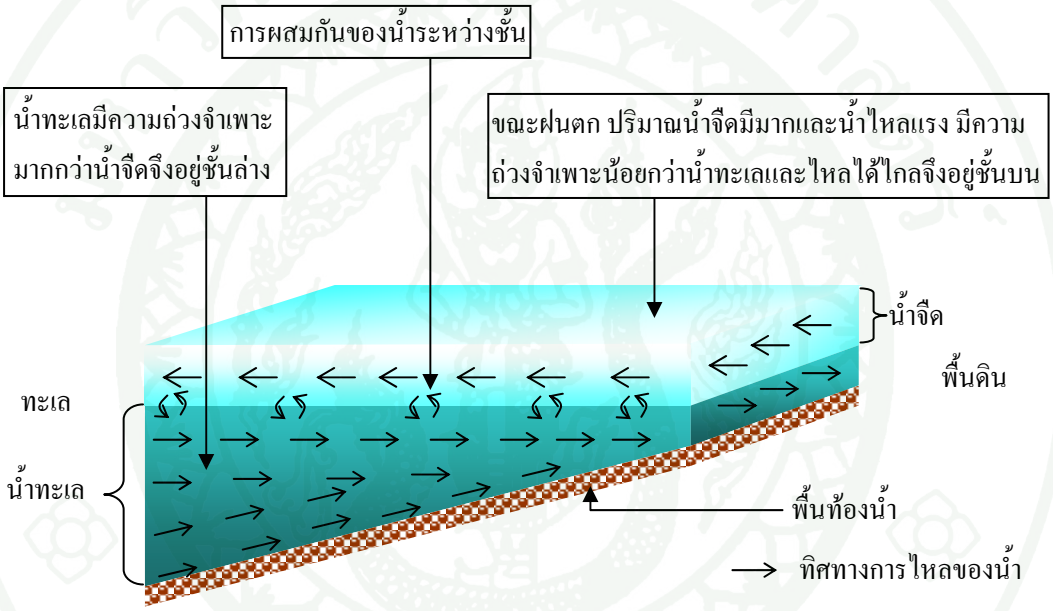


ภาพที่ 28 ภาพประมวลความเข้าใจการเติมออกซิเจนแก่น้ำและดินจากอากาศ การสังเคราะห์แสงและรากพืช

การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนทั้งในน้ำและในดินพื้นท้องน้ำเป็นกลไกที่สำคัญที่ช่วยให้น้ำในแม่น้ำปะเหลียนสามารถบำบัดหรือฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตาม มีบางกรณีที่ชาวบ้านได้รับผลกระทบและมีความเดือดร้อนจากแม่น้ำปะเหลียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนจะเกิดปัญหาการตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังของชาวบ้านบริเวณแม่น้ำปะเหลียน ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดมาจากแม่น้ำปะเหลียนเป็นเขตพื้นที่น้ำกร่อยปากแม่น้ำมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเค็มระหว่าง 10 ppt-30ppt และเป็นพื้นที่รองรับจากลุ่มน้ำปะเหลียนก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ดังนั้น ในฤดูฝนความเค็มจะลดต่ำอย่างรวดเร็วอันเนื่องจากปริมาณน้ำจืด สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเค็มเกิดมาจากปริมาณน้ำจืดที่มีมากจากปริมาณฝนและแม่น้ำปะเหลียนเป็นพื้นรองรับน้ำจากต้นน้ำทำให้น้ำในแม่น้ำมีการแบ่งชั้นอย่างชัดเจนระหว่างชั้นของน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยน้ำเค็มมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำจืดจึงทำให้น้ำเค็มอยู่ชั้นล่าง ขณะที่น้ำจืดอยู่ชั้นบน ประกอบกับปริมาณน้ำที่มากและความแรงของกระแสน้ำทำให้การผสมกันของน้ำเค็มและน้ำจืดมีน้อยจึงทำให้ชั้นบนของแม่น้ำเป็นน้ำจืด ดังภาพที่ 29



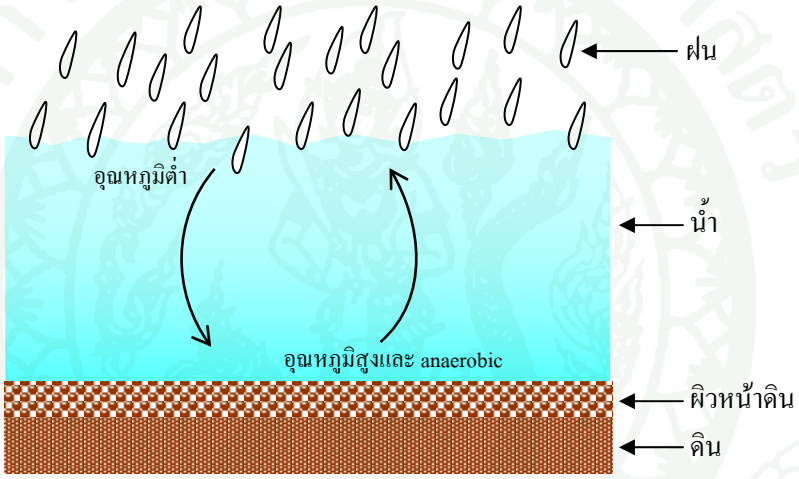
ภาพที่ 29 ภาพประมวลความเข้าใจการแยกชั้นของน้ำระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มขณะฝนตกบริเวณปากแม่น้ำ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มชั้นผิวน้ำที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วหรือกลายเป็นน้ำจืดอย่างกระทันหันทำให้ความเข้มข้นของน้ำและเกลือแร่ภายในและภายนอกตัวสัตว์น้ำไม่เท่ากัน โดยที่น้ำจืดจากภายนอกที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะแพร่เข้าสู่ตัวสัตว์น้ำอย่างรวดเร็วเป็นผลให้เกลือแร่ภายในตัวสัตว์น้ำมีความเข้มข้นลดลงเกิดการเสียสมดุลของเกลือแร่และน้ำ (osmoregulation) ซึ่งเป็นผลให้สัตว์น้ำตาย

นอกจากนี้ ขณะที่ฝนตกผิวน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าชั้นน้ำด้านล่างบริเวณพื้นท้องน้ำทำให้น้ำชั้นบนมีมวลหนักกว่าชั้นล่างจึงเกิดการพลิกตัวของน้ำ (overturn) น้ำชั้นบนจะจมตัวลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

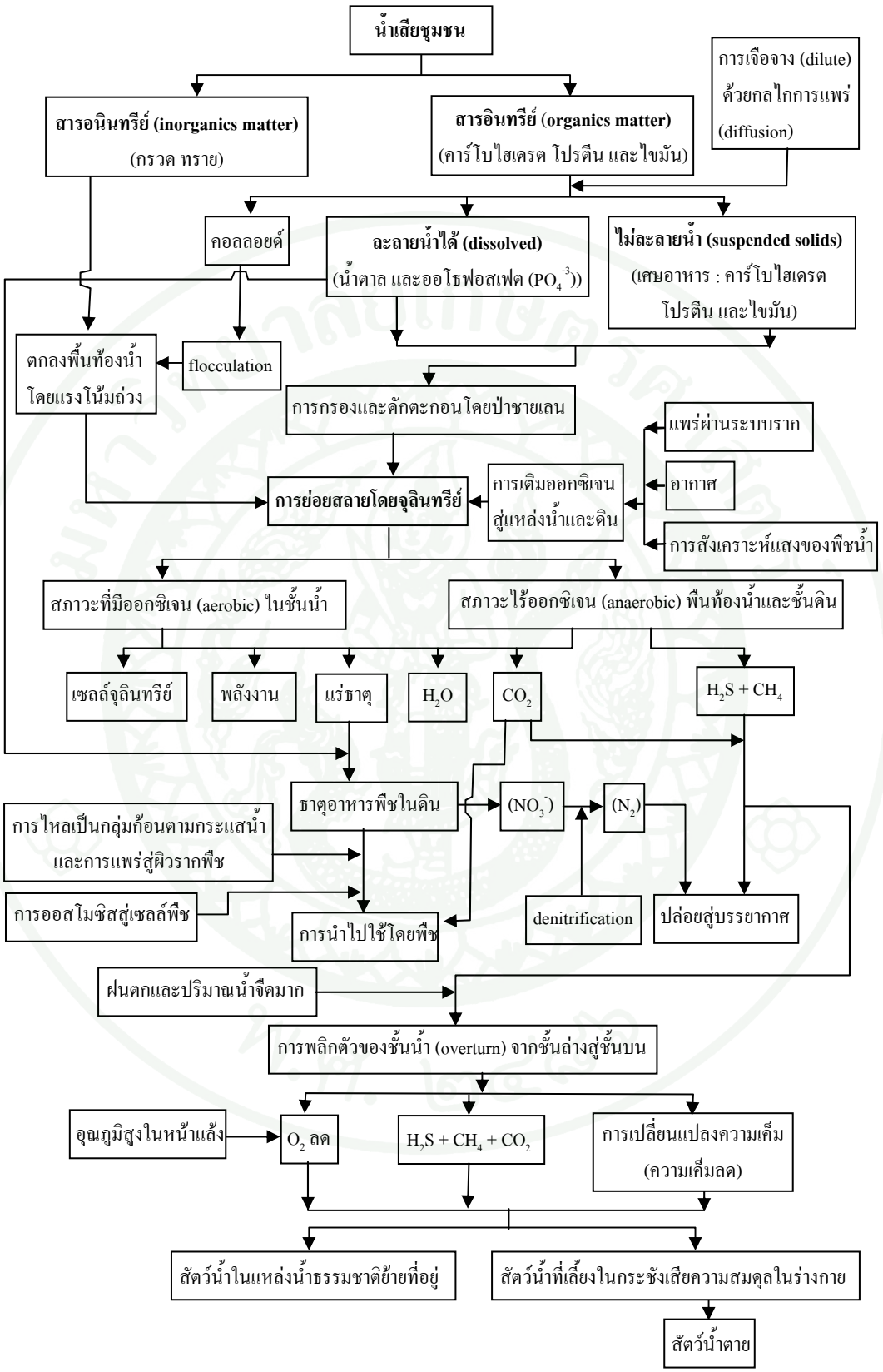
และน้ำชั้นล่างจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน (ภาพที่ 30) ปรากฏการดังกล่าวส่งผลให้น้ำชั้นบนขาดออกซิเจนและมีก๊าซพิษ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในปริมาณมาก เนื่องจากบริเวณพื้นท้องน้ำหรือน้ำชั้นล่างออกซิเจนจะถูกใช้ไปในกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์จนหมดและอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนซึ่งผลผลิตของจุลินทรีย์พวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะก่อให้เกิดก๊าซพิษข้างต้น ดังนั้น เมื่อมีการพลิกตัวของชั้นน้ำทำให้น้ำชั้นบนซึ่งเป็นที่เลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังขาดออกซิเจนและมีก๊าซพิษจึงเป็นผลให้สัตว์น้ำตาย ประกอบกับสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำไม่สามารถที่จะหนีไปยังบริเวณอื่นได้ซึ่งต่างจากสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำธรรมชาติ



ภาพที่ 30 ภาพประมวลความเข้าใจการพลิกตัวของชั้นน้ำ (overturn) ในแหล่งน้ำขณะฝนตก

สำหรับในหน้าแล้งโดยปกติความเค็มของน้ำในแม่น้ำจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้ำจืดมาเจือจางน้อยขณะเดียวกันน้ำในแหล่งน้ำมีอัตราการระเหยมากขึ้น ประกอบกับในเขตน้ำตื้นน้ำจะใสเป็นผลมาจากการชะล้างของตะกอนและสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำมีน้อย และแสงแดดสามารถส่องถึงพื้นท้องน้ำทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ผลที่ตามมาคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีน้อย เนื่องจากอุณหภูมิมีผลทำให้โมเลกุลของออกซิเจนมีพลังงานจลน์และชนกันเองมากขึ้นส่งผลให้ออกซิเจนแพร่ออกจากแหล่งน้ำสู่อากาศ นั่นคือ อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับออกซิเจนแบบผกผัน ในสภาวะการณ์ดังกล่าวสัตว์น้ำจะเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งปริมาณออกเจนและความอุดมสมบูรณ์ ดังนั้น จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียในป่าชายเลน แม่น้ำ การตายและการลดลงของสัตว์น้ำ ได้ดังภาพที่ 31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 ภาพประมวลความเข้าใจกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่สอดคล้องกับชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง เพื่อการถ่ายทอดสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากผู้รู้ สามารถสรุปเป็นเนื้อหาเพื่อการถ่ายทอดแก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) สำหรับโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในชุมชนได้ ดังนี้

3.1 คุณค่าทางนิเวศ

3.1.1 บทบาทหน้าที่ของน้ำ

บทบาทหน้าที่ของน้ำแบ่งออกได้ 6 ลักษณะ ดังนี้

ก. บทบาทหน้าที่เพื่อใช้ในการประกอบอาชีพประมง ประกอบด้วย เป็นแหล่งทำประมงของชาวประมงพื้นบ้านทั้งปลา ปูดำ ปูเปี้ยว หอยปะ หอยแครง และสาหร่าย โดยใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ ทั้ง อวน ลอบ และไซ รวมทั้งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ เลี้ยงปลาและปูนิ่มในกระชัง เลี้ยงหอยแมงภู่ เลี้ยงหอยนางรม และการเลี้ยงกุ้งชายฝั่ง

ข. บทบาทหน้าที่เพื่อใช้ในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ ช่วงตอนบนของแม่น้ำที่เป็นน้ำจืดใช้ในการปลูกผักและเป็นแหล่งน้ำของสัตว์เลี้ยง ได้แก่ วัว และแพะ

ค. บทบาทหน้าที่เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ

ง. บทบาทหน้าที่เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภค ได้แก่ ช่วงตอนบนของแม่น้ำที่เป็นน้ำจืดใช้ดื่มและอาบ

จ. บทบาทหน้าที่เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวและสัญจรทางเรือ

ฉ. บทบาทหน้าที่เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ การเลี้ยงหอยนางรม และป่าชายเลนชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำ

โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ก. น้ำดีเป็นน้ำที่มีสีขุ่นโคลน มีสัตว์น้ำอาศัยอยู่มากและสามารถทำประมงได้ มีออกซิเจนมาก และไม่เป็นพิษโดยเฉพาะอาการคันตามผิวหนัง

ข. น้ำเสียเป็นน้ำที่สัตว์น้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ตาย หรือมีสัตว์น้ำน้อย น้ำมีสีเขียวเข้มคล้ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีโคลนและตะกอนมาก มีกลิ่นคาว เป็นพิษโดยทำให้เกิดการคันตามผิวหนัง มีน้ำจืดปะปนอยู่ในปริมาณมาก และมีออกซิเจนน้อย

3.1.3 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

ก. จากธรรมชาติ มีดังนี้

1) ปริมาณฝนจากการตกต่อเนื่องหลายวันทำให้น้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีน้ำจืดปริมาณมาก

2) การเน่าของซากพืชซากสัตว์ในแม่น้ำ

3) การชะล้างสิ่งสกปรกลงสู่แม่น้ำ

4) การมีปริมาณน้ำน้อยในแม่น้ำช่วงหน้าแล้ง

ข. จากมนุษย์ มีดังนี้

1) การปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แม่น้ำปะเหลียน

2) การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นลงสู่แม่น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) การขุดลอกคลองบริเวณป่าชายเลนเป็นการนำสิ่งสกปรกที่ทับถมอยู่ในดินชั้นล่างขึ้นสู่ด้านบนและปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล

4) การทำการเกษตร ได้แก่ สวนยางพาราและปาล์มน้ำมัน มีการเปิดหน้าดินไถพรวน รวมทั้งใช้ปุ๋ยและยาฆ่าหญ้า เมื่อฝนตกทำให้มีการชะล้างตะกอนดินและสารเคมีลงสู่แม่น้ำ

5) การปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำโดยตรงจากชุมชนที่อยู่ริมน้ำ ได้แก่ ชุมชนเทศบาลย่านตาขาว ชุมชมบ้านท่าบันได ชุมชนบ้านหินคอกควาย ชุมชนบ้านแหลม และชุมชนบ้านท่าเรือ ทั้งน้ำใช้ในครัวเรือนและน้ำเสียจากการประกอบอาชีพต้มหอยปะ

6) การทิ้งขยะลงสู่แม่น้ำ ได้แก่ การทิ้งขยะของเทศบาลย่านตาขาวบริเวณริมคลองปะเหลียน และชุมชนริมน้ำทิ้งขยะโดยตรงลงสู่แม่น้ำทั้งขยะที่เกิดจากกิจกรรมในครัวเรือนและเศษขยะจากกิจกรรมการทำใบจากมวนยาสูบ

3.2 กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงของน้ำแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ 1) การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ และ 2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพ ดังนี้

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของน้ำ

ก. การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตได้ประกอบด้วย

1) การตายของสัตว์น้ำในแม่น้ำและที่เลี้ยงในกระชังจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น และการมีปริมาณน้ำจืดมากในแม่น้ำ

2) ปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำลดลงในหน้าแล้งที่มีแดดร้อนจัด

3) ปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำลดลงจาการปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่ น้ำล้างถ้วยล้างจานที่วางทิ้งไว้ในถัง

ค. การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่มีผลต่อสุขภาพของคนจากการเทกองขยะ (ใบจาก) ริมแม่น้ำ ได้แก่ การคันและมีผดผื่นตามผิวหนังเมื่อลงเล่นน้ำหรือทำประมง

ง. การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ทำให้ต้นไม้บริเวณป่าชายเลนตาย ได้แก่ การตายของต้นไม้บางชนิดในป่าชายเลนจากการขุดลอกคลองและปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำ

ก. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพที่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ของน้ำอันเนื่องจากกลไกธรรมชาติไม่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วย

1) การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นผลให้สัตว์น้ำในแม่น้ำบางชนิดและที่เลี้ยงในกระชังตาย และการปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้สัตว์น้ำในแม่น้ำบริเวณนั้นลดลง เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจาย จากองค์ประกอบของน้ำเสียที่เป็นพิษและองค์ประกอบอื่นๆ ในน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นและน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

2) การที่ฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่มีองค์ประกอบของน้ำจืดมากเกินปกติและมีสิ่งสกปรกต่างๆ รวมทั้งมลสารจากการชะล้างของน้ำฝนลงสู่แม่น้ำ

3) การจับปลาได้น้อยลงในหน้าแล้งและแดดร้อน เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่มีองค์ประกอบด้านปริมาณน้ำที่น้อย และการมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ออกซิเจน อุณหภูมิ และความเค็ม เป็นต้น

4) การกองดินจากการขุดลอกคลองบริเวณป่าชายเลนและปิดกั้นการไหลเข้าออกของน้ำทะเลและมีน้ำขังทำให้ต้นไม้บางชนิดบริเวณป่าชายเลนตาย เป็นการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพและเคมีของน้ำบริเวณที่มีน้ำขังที่มีองค์ประกอบของออกซิเจนและความเป็นพิษของน้ำไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้บางชนิดในป่าชายเลน

ข. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพที่ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ของน้ำ อันเนื่องจากกลไกธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วย

1) น้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำปล่อยลงสู่แม่น้ำ และการต่อท่อน้ำทิ้งจากครัวเรือนที่อยู่ริมน้ำให้ยื่นลงไปในแม่น้ำจะไม่ทำให้น้ำเสีย เพราะมีการเจือจางจากปริมาณน้ำในแม่น้ำ เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่โครงสร้างต่างๆ ของน้ำเสียมีปริมาณน้อยและอยู่ในระดับที่ธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง

2) น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำ จะไม่ทำให้น้ำเน่าเสียเพราะมีการซึมลงดินและไหลผ่านต้นไม้ สวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน และป่าชายเลน เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสิ่งแวดล้อมบนบกที่เกิดจากน้ำเสียในครัวเรือนทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายที่โครงสร้างต่างๆ ของน้ำเสียมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับโครงสร้างอื่นๆ ในธรรมชาติและอยู่ในระดับที่ธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง

3.3 เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย

เทคนิคการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง ดังนี้

3.3.1 การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ

ก. การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์
ข. การกรองโดยดิน
ค. การกรองโดยพืช ได้แก่ สวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน ป่าไม้ และป่าชายเลน
ง. การเจือจางโดยน้ำในแม่น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้เทคโนโลยี

ก. เทคโนโลยีที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียจากห้องส้วมโดยใช้ส้วมซึม ส่วนใหญ่บ้านเรือนที่อยู่ห่างจากแม่น้ำหรือบ้านเรือนที่อยู่บนฝั่งจะใช้ส้วมซึมแบบสองบ่อ ต่างจากบ้านเรือนที่อยู่ริมแม่น้ำหรือบ้านเรือนที่สร้างยื่นลงไปในแม่น้ำจะใช้ส้วมซึมแบบบ่อเดียว และการบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้บ่อบำบัดน้ำเสีย

ข. เทคโนโลยีที่เป็นการจัดการ ได้แก่ การจัดตั้งป่าชายเลนชุมชน การจัดตั้งศูนย์ศึกษาธรรมชาติระบบนิเวศป่าชายเลน การจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นในโรงเรียน การอนุรักษ์แหล่งหอยปะและหอยนางรม

3.4 การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยการสังเกต

ก. การสังเกตทางชีวภาพ เป็นการสังเกตพืชและสัตว์น้ำรอบบริเวณแม่น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตายของสัตว์น้ำในแม่น้ำและที่เลี้ยงในกระชัง ได้แก่ ปลากะพง ปลาเก๋า หอยแมงภู่ หอยนางรม หอยเตะหรำ หอยหิน และสาหร่ายลูกปัด รวมทั้งการตายของต้นไม้บางชนิดบริเวณป่าชายเลน ได้แก่ แสม และโตด

ข. การสังเกตทางกายภาพ เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำในแม่น้ำ ดังนี้

1) ฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้มีปริมาณน้ำจืดมากในแม่น้ำ
2) น้ำมีสีขุ่น มีตะกอนมากและโคลนลึก
3) มีตะกอนเกาะที่ตัวหอยแมงภู่และหอยนางรมเป็นจำนวนมาก
4) น้ำในแม่น้ำมีกลิ่นคาว

ค. การสังเกตทางสุขภาพ ได้แก่ มีอาการคันและเป็นผดผื่นตามร่างกาย เมื่อลงเล่นน้ำในแม่น้ำหรือทำการประมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์

การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ของชาวบ้านเป็นเพียงผู้ให้ความร่วมมือในด้านการให้ข้อมูลด้านน้ำเสียที่มีผลกระทบต่อชุมชน โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำแก่หน่วยงานเกี่ยวข้อง ได้แก่ ประมงอำเภอ ประมงจังหวัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ส่วนที่ 3 ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

ผลการวิจัยนำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไป และภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน

ตอนที่ 2 ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

ตอนที่ 3 ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1. ลักษณะทั่วไป และภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน (ภาคผนวก ซ)

ผลการวิจัย พบว่า ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการถ่ายทอดการเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร จำนวน 39 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 29 คน โดยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 14 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 14 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 คน มีอายุระหว่าง 12-16 ปี ส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.51–4.00 จำนวน 19 คน รองลงมามีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.00–3.50 และ ต่ำกว่า 3.00 จำนวน 11 และ 9 คน ตามลำดับ

สถานภาพของบิดาและมารดา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีบิดาและมารดาอยู่ด้วยกัน จำนวน 27 คน รองลงมา คือ แยกกันอยู่ บิดาเสียชีวิต และหย่าร้าง จำนวน 5 คน 4 คน และ 3 คน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ปกครองของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีบิดาและมารดาเป็นผู้ปกครอง จำนวน 25 คน รองลงมามีผู้ปกครอง คือ มารดา ตาและยาย จำนวน 7 คน และ 3 คน ตามลำดับ ส่วนนักเรียนที่มีบิดา อา ย่า และแม่บุญธรรมเป็นผู้ปกครองมีจำนวนนักเรียนอย่างละ 1 คน

อาชีพของผู้ปกครอง พบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการ จำนวน 13 คน รองลงมามีอาชีพ คือ ทำสวนยางพารา รับจ้าง ค้าขาย และลูกจ้างประจำ จำนวน 11 คน 10 คน 4 คน และ 1 คน ตามลำดับ

อาชีพรองของผู้ปกครอง พบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีอาชีพรอง จำนวน 22 คน รองลงมามีอาชีพรอง คือ ประมงหรือเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง ค้าขายและตัดใบจากมวนยาสูบ จำนวน 7 คน 5 คน และ 2 คน ตามลำดับ ส่วนอาชีพรองทำสวนยางพาราง สวนปาล์มน้ำมัน และปลูกผัก มีจำนวนนักเรียนอย่างละ 1 คน

ระดับการศึกษาของผู้ปกครองของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีผู้ปกครองที่มีการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และปริญญาตรี จำนวน 10 คน เท่ากัน รองลงมามีการศึกษาระดับ ป.6 ม.6 ม.3 ปวส. และ ปริญญาโท จำนวน 6 คน 5 คน 4 คน 3 คน และ 1 คน ตามลำดับ

รายได้ของครอบครัวของนักเรียนต่อเดือน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีครอบครัวที่มีรายได้อยู่ระหว่าง 10,000 – 20,000 บาทต่อเดือน จำนวน 25 คน รองลงมามีรายได้อยู่ระหว่าง 20,001 – 30,000 บาทต่อเดือน และ มากกว่า 30,001 บาทต่อเดือนขึ้นไป มีจำนวนนักเรียนเท่ากัน คือ 5 คน ส่วนครอบครัวของนักเรียนที่มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาทต่อเดือน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 4 คน

ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองของนักเรียนในชุมชน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีผู้ปกครองที่มีตำแหน่งทางสังคมใดในชุมชน จำนวน 35 คน มีบิดาที่เป็นนายก อบต. จำนวน 1 คน มีมารดาที่เป็นอาสาสาธารณสุขหมู่บ้าน จำนวน 1 คน มีบิดาที่เป็นสมาชิก อบต. จำนวน 1 คน และมีแม่บุญธรรมที่เป็นผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน จำนวน 1 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน (ภาคผนวก ฌ)

ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใน 6 ด้าน ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน และการได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีประสบการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างน้อยที่สุดด้านใดด้านหนึ่ง จำนวน 28 คน ส่วนนักเรียนอีก 11 คนไม่มีประสบการณ์สิ่งแวดล้อมทั้ง 6 ด้าน

จากการพิจารณาภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนที่มีครอบครัวใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่สำคัญในชุมชนมีจำนวน 11 คน ได้แก่ การใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน ตัดใบจากไปจำหน่าย เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำปะเหลียน จับสัตว์น้ำในคลองชีล้อม ใช้ใบจากมุงหลังคา และใช้น้ำในคลองไม้แดงเพื่อการซักผ้าและปลูกผัก

นักเรียนที่มีครอบครัวเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนมีจำนวน 8 คน ได้แก่ กิจกรรมกำจัดแหล่งลูกน้ำยุงลาย ปลูกต้นไม้ในชุมชนเพื่อรณรงค์ลดภาวะโลกร้อน เก็บขยะในคลอง แม่น้ำตรังและแม่น้ำปะเหลียน และปลูกป่าชายเลนริมแม่น้ำปะเหลียน

นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนมีจำนวน 14 คน ได้แก่ กิจกรรมอนุรักษ์สัตว์ป่าและสิ่งแวดล้อม ค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ค่ายอนุรักษ์พยูน ค่ายเยาวชนรักบ้านเกิด และโครงการเพิ่มพื้นที่ดีลดพื้นที่เสี่ยง

นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนมีจำนวน 12 คน ได้แก่ กิจกรรมเก็บขยะในคลอง แม่น้ำตรัง แม่น้ำปะเหลียน และริมถนนในชุมชน ปลูกต้นไม้ริมถนน ปลูกป่าชายเลน กำจัดแหล่งลูกน้ำยุงลาย ลอกท่อระบายน้ำในชุมชน และรณรงค์การนำเปลือกปูมาทำปุ๋ยหมัก

นักเรียนที่ได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนมาก่อนมีจำนวน 11 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนที่ได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นๆ จากคนในครอบครัวมาก่อนมีจำนวน 10 คน ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ ปัญหาน้ำเสีย ปัญหาขยะ ประโยชน์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของป่าชายเลน ความสำคัญของแม่น้ำปะเหลียน สึนามิ การกรองไขมันก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำและการไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

3. ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนวัดผลการเรียนรู้ใน 5 ด้าน ประกอบด้วย ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะ ผลการเรียนรู้ในแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความรู้

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านความรู้ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)โรงเรียนกันตังพิทยากรปรากฏผลคะแนนแต่ละบุคคล ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนความรู้		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
1	1	13	4	11	7
2	1	13	10	11	1
3	1	13	7	12	5
4	1	13	6	12	6
5	1	13	9	12	3
6	1	13	9	12	3
7	1	13	7	12	5
8	1	13	6	11	5
9	1	13	5	12	7
10	1	13	5	10	5
11	1	13	7	9	2
12	1	13	7	11	4
13	1	13	6	9	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนความรู้		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
14	1	13	7	9	2
15	2	13	8	10	2
16	2	13	7	10	3
17	2	13	9	12	3
18	2	13	7	8	1
19	2	13	6	13	7
20	2	13	5	10	5
21	2	13	5	11	6
22	2	13	4	10	6
23	2	13	5	12	7
24	2	13	6	10	4
25	2	13	6	10	4
26	2	13	7	12	5
27	2	13	7	10	3
28	2	13	5	10	5
29	3	13	7	11	4
30	3	13	11	12	1
31	3	13	7	10	3
32	3	13	6	10	4
33	3	13	8	13	5
34	3	13	7	12	5
35	3	13	7	12	5
36	3	13	6	11	5
37	3	13	9	12	3
38	3	13	5	12	7
39	3	13	7	12	5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความรู้เป็นระดับชั้นก่อนและหลังการถ่ายทอดจากคะแนนเต็ม 13 คะแนน พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-10 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 1 คน 5 คะแนน จำนวน 2 คน 6 คะแนน จำนวน 3 คน 7 คะแนน จำนวน 5 คน 9 คะแนน จำนวน 2 คน และ 10 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 9-12 คะแนน แบ่งเป็น 9 คะแนน จำนวน 3 คน 10 คะแนน จำนวน 1 คน 11 คะแนน จำนวน 4 คน และ 12 คะแนน จำนวน 6 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.2 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-9 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 1 คน 5 คะแนน จำนวน 4 คน 6 คะแนน จำนวน 3 คน 7 คะแนน จำนวน 4 คน 8 คะแนน จำนวน 1 คน และ 9 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 8-13 คะแนน แบ่งเป็น 8 คะแนน จำนวน 1 คน 10 คะแนน จำนวน 8 คน 11 คะแนน จำนวน 1 คน 12 คะแนน จำนวน 3 คน และ 13 คะแนน จำนวน 1 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.3 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 5-11 คะแนน แบ่งเป็น 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 2 คน 7 คะแนน จำนวน 5 คน 8 คะแนน จำนวน 1 คน 9 คะแนน จำนวน 1 คน และ 11 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 10-13 คะแนน แบ่งเป็น 10 คะแนน จำนวน 2 คน 11 คะแนน จำนวน 2 คน 12 คะแนน จำนวน 6 คน และ 13 คะแนน จำนวน 1 คน

นอกจากนี้ จากตารางคะแนนรายบุคคลข้างต้นเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มเป็นระดับผลการเรียน 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E สามารถแบ่งระดับผลการเรียนรู้ด้านความรู้ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านความรู้ จำแนกตามระดับผลการเรียน

ชั้น	จำนวนนักเรียน	ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด					ระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ม.1	14	-	1	2	5	6	10	1	3	-	-
ม.2	14	-	-	2	4	8	5	8	1	-	-
ม.3	11	1	-	2	5	3	9	2	-	-	-
รวม	**39**	**1 (2.56)**	**1 (2.56)**	**6 (15.38)**	**14 (35.90)**	**17 (43.59)**	**24 (61.54)**	**11 (28.21)**	**4 (10.25)**	**-**	**-**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 7 ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 43.59 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ E รองลงมาร้อยละ 35.90, 15.38, 2.56, และ 2.56 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ D, C, B, A ตามลำดับ ส่วนระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 61.54 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A รองลงมาร้อยละ 28.21 และ 10.25 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ B และ C ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดที่ปรากฏในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม. 1 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 0 คน เป็น 10 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน D จาก 5 คน เหลือ 0 คน นักเรียนระดับชั้น ม. 2 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 5 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 8 คน ตามลำดับ และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน D จาก 4 คน เหลือ 1 คน ส่วนนักเรียนระดับชั้น ม. 3 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 1 คน เป็น 9 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 2 คน ตามลำดับ

3.2 ทัศนคติ

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านทัศนคติของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.-)โรงเรียนกันตังพิทยากร ปรากฏผลคะแนนแต่ละรายบุคคลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเรียนรู้ด้านทัศนคติก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนทัศนคติ		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
1	1	10	4	7	3
2	1	10	4	4	0
3	1	10	4	6	2
4	1	10	2	6	4
5	1	10	4	6	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนทัศนคติ		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
6	1	10	5	5	0
7	1	10	6	7	1
8	1	10	3	6	3
9	1	10	4	7	3
10	1	10	3	3	0
11	1	10	3	5	2
12	1	10	4	5	1
13	1	10	2	4	2
14	1	10	4	7	3
15	2	10	3	5	2
16	2	10	4	4	0
17	2	10	4	8	4
18	2	10	1	5	4
19	2	10	3	8	5
20	2	10	3	5	2
21	2	10	6	6	0
22	2	10	6	8	2
23	2	10	5	6	1
24	2	10	4	6	2
25	2	10	1	4	3
26	2	10	6	9	3
27	2	10	7	9	2
28	2	10	3	7	4
29	3	10	4	8	4
30	3	10	5	10	5
31	3	10	6	7	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนทัศนคติ		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
32	3	10	4	4	0
33	3	10	7	10	3
34	3	10	5	8	3
35	3	10	4	4	0
36	3	10	1	6	5
37	3	10	6	7	1
38	3	10	5	7	2
39	3	10	4	5	1

จากตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านทัศนคติเป็นระดับชั้นก่อนและหลังการถ่ายทอดจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-6 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 2 คน 3 คะแนน จำนวน 3 คน 4 คะแนน จำนวน 7 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน และ 6 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-7 คะแนน แบ่งเป็น 3 คะแนน จำนวน 1 คน 4 คะแนน จำนวน 2 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน 6 คะแนน จำนวน 4 คน และ 7 คะแนน จำนวน 4 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.2 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-7 คะแนน แบ่งเป็น 1 คะแนน จำนวน 2 คน 3 คะแนน จำนวน 4 คน 4 คะแนน จำนวน 3 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 3 คน และ 7 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-9 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 2 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน 6 คะแนน จำนวน 3 คน 7 คะแนน จำนวน 1 คน 8 คะแนน จำนวน 3 คน และ 9 คะแนน จำนวน 2 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.3 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-7 คะแนน แบ่งเป็น 1 คะแนน จำนวน 1 คน 4 คะแนน จำนวน 4 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน 6 คะแนน จำนวน 2 คน และ 7 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-10 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 2 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 1 คน 7 คะแนน จำนวน 3 คน 8 คะแนน จำนวน 2 คน และ 10 คะแนน จำนวน 2 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ จากตารางคะแนนรายบุคคลข้างต้นเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มเป็นระดับผลการเรียน 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E สามารถแบ่งระดับผลการเรียนรู้ด้านทัศนคติได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านทัศนคติ จำแนกตามระดับผลการเรียน

ชั้น	จำนวนนักเรียน	ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด					ระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ม.1	14	-	-	1	1	12	-	4	4	3	3
ม.2	14	-	1	3	1	9	5	1	3	3	2
ม.3	11	-	1	2	3	5	4	3	1	1	2
รวม	**39**	**-**	**2 (5.13)**	**6 (15.38)**	**5 (12.82)**	**26 (66.67)**	**9 (23.08)**	**8 (20.51)**	**8 (20.51)**	**7 (17.95)**	**7 (17.95)**

จากตารางที่ 9 ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ E รองลงมาร้อยละ 15.38, 12.82 และ 5.13 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ C, D และ B ตามลำดับ ส่วนระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 23.08 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A รองลงมาร้อยละ 20.51 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ B และ C ส่วนร้อยละ 17.95 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ D และ E

การเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดที่ปรากฏในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน B จากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน ระดับผลการเรียน C จากจำนวน 1 คน เป็น 4 คน และระดับผลการเรียน D จากจำนวน 1 คน เป็น 3 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จาก 12 คน เหลือ 3 คน นักเรียนระดับชั้น ม.2 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 0 คน เป็น 5 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จาก 9 คน เหลือ 2 คน ส่วนนักเรียนระดับชั้น ม.3 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน และจากจำนวน 1 คน เป็น 3 คน ตามลำดับ และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จาก 5 คน เหลือ 2 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ความสำนึก

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านความสำนึกของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร ปรากฏผลคะแนนแต่ละรายบุคคล ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเรียนรู้ด้านความสำนึกก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนความสำนึก		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
1	1	10	5	7	2
2	1	10	5	8	3
3	1	10	5	7	2
4	1	10	3	3	0
5	1	10	4	5	1
6	1	10	6	8	2
7	1	10	4	7	3
8	1	10	2	6	4
9	1	10	4	8	4
10	1	10	2	6	4
11	1	10	3	3	0
12	1	10	1	4	3
13	1	10	3	3	0
14	1	10	2	2	0
15	2	10	5	8	3
16	2	10	6	8	2
17	2	10	3	3	0
18	2	10	5	10	5
19	2	10	5	9	4
20	2	10	3	7	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนความสำนึก		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
21	2	10	7	9	2
22	2	10	5	8	3
23	2	10	4	6	2
24	2	10	5	7	2
25	2	10	2	8	6
26	2	10	5	5	0
27	2	10	4	7	3
28	2	10	5	8	3
29	3	10	3	7	4
30	3	10	4	7	3
31	3	10	4	7	3
32	3	10	3	10	7
33	3	10	4	8	4
34	3	10	5	6	1
35	3	10	3	7	4
36	3	10	2	6	4
37	3	10	2	4	2
38	3	10	2	8	6
39	3	10	5	10	5

จากตารางที่ 10 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความสำนึกเป็นระดับชั้นก่อนและหลังการถ่ายทอดจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-6 คะแนน แบ่งเป็น 1 คะแนน จำนวน 1 คน 2 คะแนน จำนวน 3 คน 3 คะแนน จำนวน 3 คน 4 คะแนน จำนวน 3 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน และ 6 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-8 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 1 คน 3 คะแนน จำนวน 3 คน 4 คะแนน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวน 1 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 2 คน 7 คะแนน จำนวน 3 คน และ 8 คะแนน จำนวน 3 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.2 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-7 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 1 คน 3 คะแนน จำนวน 2 คน 4 คะแนน จำนวน 2 คน 5 คะแนน จำนวน 7 คน 6 คะแนน จำนวน 1 คน และ 7 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-10 คะแนน แบ่งเป็น 3 คะแนน จำนวน 1 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 1 คน 7 คะแนน จำนวน 3 คน 8 คะแนน จำนวน 5 คน 9 คะแนน จำนวน 2 คน และ 10 คะแนน จำนวน 1 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.3 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-5 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 3 คน 3 คะแนน จำนวน 3 คน 4 คะแนน จำนวน 3 คน และ 5 คะแนน จำนวน 2 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-10 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 2 คน 7 คะแนน จำนวน 4 คน 8 คะแนน จำนวน 2 คน และ 10 คะแนน จำนวน 2 คน

นอกจากนี้ จากตารางคะแนนรายบุคคลข้างต้นเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มเป็นระดับผลการเรียน 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E สามารถแบ่งระดับผลการเรียนรู้ด้านความสำนึกได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านความสำนึก จำแนกตามระดับผลการเรียน

ชั้น	จำนวนนักเรียน	ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด					ระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ม.1	14	-	-	1	3	10	3	3	2	1	5
ม.2	14	-	1	1	7	5	8	3	1	1	1
ม.3	11	-	-	-	2	9	4	4	2	-	1
รวม	**39**	**-**	**1 (2.56)**	**2 (5.13)**	**12 (30.77)**	**24 (61.54)**	**15 (38.46)**	**10 (25.64)**	**5 (12.82)**	**2 (5.13)**	**7 (17.95)**

จากตารางที่ 11 ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 61.54 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ E รองลงมาร้อยละ 30.77, 5.13 และ 2.56 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ D, C และ B ตามลำดับ ส่วนระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

38.46 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A รองลงมาร้อยละ 25.64, 17.95, 12.82 และ 5.13 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ B, E, C และ D ตามลำดับ ส่วนร้อยละ 17.95 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ D และ E

การเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดที่ปรากฏในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 3 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 3 คน ตามลำดับ และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จากจำนวน 10 คน เหลือ 5 คน นักเรียนระดับชั้น ม.2 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 0 คน เป็น 8 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน D และ E จากจำนวน 7 คน เหลือ 1 คน และจากจำนวน 5 คน เหลือ 1 คน ตามลำดับ ส่วนนักเรียนระดับชั้น ม.3 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน ตามลำดับ

3.4 การตอบโต้

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านการตอบโต้ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร ปรากฏผลคะแนนแต่ละรายบุคคล ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการเรียนรู้ด้านการตอบโต้ก่อนและหลังถ่ายทอดรายบุคคล

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนการตอบโต้		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
1	1	6	5	6	1
2	1	6	4	4	0
3	1	6	6	6	0
4	1	6	4	5	1
5	1	6	4	4	0
6	1	6	5	6	1
7	1	6	3	6	3
8	1	6	6	6	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนการตอบโต้		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
9	1	6	5	6	1
10	1	6	3	3	0
11	1	6	3	3	0
12	1	6	2	4	2
13	1	6	4	5	1
14	1	6	4	5	1
15	2	6	4	5	1
16	2	6	5	5	0
17	2	6	4	4	0
18	2	6	3	5	2
19	2	6	4	4	0
20	2	6	4	6	2
21	2	6	2	6	4
22	2	6	4	6	2
23	2	6	3	6	3
24	2	6	4	5	1
25	2	6	3	4	1
26	2	6	4	5	1
27	2	6	3	5	2
28	2	6	2	6	4
29	3	6	6	6	0
30	3	6	5	6	1
31	3	6	4	6	2
32	3	6	4	6	2
33	3	6	6	6	0
34	3	6	4	6	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนการตอบโต้		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
35	3	6	3	6	3
36	3	6	2	5	3
37	3	6	4	6	2
38	3	6	4	6	2
39	3	6	2	6	4

จากตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านการตอบโต้เป็นระดับชั้นก่อนและหลังการถ่ายทอดจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-6 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 1 คน 3 คะแนน จำนวน 3 คน 4 คะแนน จำนวน 5 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน และ 6 คะแนน จำนวน 2 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-6 คะแนน แบ่งเป็น 3 คะแนน จำนวน 2 คน 4 คะแนน จำนวน 3 คน 5 คะแนน จำนวน 3 คน และ 6 คะแนน จำนวน 6 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.2 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-5 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 2 คน 3 คะแนน จำนวน 4 คน 4 คะแนน จำนวน 7 คน และ 5 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-6 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 3 คน 5 คะแนน จำนวน 6 คน และ 6 คะแนน จำนวน 5 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.3 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-6 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 2 คน 3 คะแนน จำนวน 1 คน 4 คะแนน จำนวน 5 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน และ 6 คะแนน จำนวน 2 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 5-6 คะแนน แบ่งเป็น 5 คะแนน จำนวน 1 คน และ 6 คะแนน จำนวน 10 คน

นอกจากนี้ จากตารางคะแนนรายบุคคลข้างต้นเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มเป็นระดับผลการเรียน 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E สามารถแบ่งระดับผลการเรียนรู้ด้านการตอบโต้ได้ดังตารางที่ 13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านการตอบโต้ จำแนกตามระดับผลการเรียน

ชั้น	จำนวนนักเรียน	ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด					ระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ม.1	14	5	-	5	3	1	9	-	3	2	-
ม.2	14	1	-	7	4	2	11	-	3	-	-
ม.3	11	3	-	5	1	2	11	-	-	-	-
รวม	**39**	**9 (23.08)**	**-**	**17 (43.60)**	**8 (20.51)**	**5 (12.82)**	**31 (79.49)**	**-**	**6 (15.38)**	**2 (5.13)**	**-**

จากตารางที่ 13 ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 43.60 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ C รองลงมาร้อยละ 23.08, 20.51 และ 12.82 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A, D และ E ตามลำดับ ส่วนระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 79.49 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A รองลงมาร้อยละ 15.38 และ 5.13 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ C และ D ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดที่ปรากฏในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 5 คน เป็น 9 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จากจำนวน 1 คน เหลือ 0 คน นักเรียนระดับชั้น ม.2 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 1 คน เป็น 11 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จากจำนวน 2 คน เหลือ 0 คน ส่วนนักเรียนระดับชั้น ม.3 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 3 คน เป็น 11 คน

3.5 ทักษะ

ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้านทักษะของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร ปรากฏผลคะแนนแต่ละรายบุคคลดังตารางที่ 14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะก่อนและหลังการถ่ายทอดรายบุคคล

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนทักษะ		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
1	1	8	3	6	3
2	1	8	3	5	2
3	1	8	4	6	2
4	1	8	2	4	2
5	1	8	3	4	1
6	1	8	3	5	2
7	1	8	2	7	5
8	1	8	2	6	4
9	1	8	4	6	2
10	1	8	2	4	2
11	1	8	3	3	0
12	1	8	2	8	6
13	1	8	2	6	4
14	1	8	4	6	2
15	2	8	4	7	3
16	2	8	4	7	3
17	2	8	2	4	2
18	2	8	1	4	3
19	2	8	4	4	0
20	2	8	5	7	2
21	2	8	2	5	3
22	2	8	4	8	4
23	2	8	1	4	3
24	2	8	3	6	3
25	2	8	2	4	2
26	2	8	4	6	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 (ต่อ)

คนที่	ระดับชั้น	คะแนนเต็ม	คะแนนทักษะ		คะแนนที่เปลี่ยนแปลง
			ก่อนการถ่ายทอด	หลังการถ่ายทอด	
27	2	8	3	6	3
28	2	8	2	6	4
29	3	8	5	7	2
30	3	8	4	6	2
31	3	8	5	8	3
32	3	8	2	5	3
33	3	8	6	8	2
34	3	8	5	8	3
35	3	8	1	8	7
36	3	8	1	3	2
37	3	8	6	7	1
38	3	8	3	3	0
39	3	8	5	5	0

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านทักษะเป็นระดับชั้นก่อนและหลังการถ่ายทอดจากคะแนนเต็ม 8 คะแนน พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 2-4 คะแนน แบ่งเป็น 2 คะแนน จำนวน 6 คน 3 คะแนน จำนวน 5 คน และ 4 คะแนน จำนวน 3 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-8 คะแนน แบ่งเป็น 3 คะแนน จำนวน 1 คน 4 คะแนน จำนวน 3 คน 5 คะแนน จำนวน 2 คน 6 คะแนน จำนวน 6 คน 7 คะแนน จำนวน 1 คน และ 8 คะแนน จำนวน 1 คน

นักเรียนระดับชั้น ม.2 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-5 คะแนน แบ่งเป็น 1 คะแนน จำนวน 2 คน 2 คะแนน จำนวน 4 คน 3 คะแนน จำนวน 2 คน 4 คะแนน จำนวน 5 คน และ 5 คะแนน จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 4-8 คะแนน แบ่งเป็น 4 คะแนน จำนวน 5 คน 5 คะแนน จำนวน 1 คน 6 คะแนน จำนวน 4 คน 7 คะแนน จำนวน 3 คน และ 8 คะแนน จำนวน 1 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนระดับชั้น ม.3 ก่อนการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-6 คะแนน แบ่งเป็น 1 คะแนน จำนวน 2 คน 2 คะแนน จำนวน 1 คน 3 คะแนน จำนวน 1 คน 4 คะแนน จำนวน 1 คน 5 คะแนน จำนวน 4 คน และ 6 คะแนน จำนวน 2 คน หลังการถ่ายทอดมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-8 คะแนน แบ่งเป็น 3 คะแนน จำนวน 2 คน 5 คะแนน จำนวน 2 คน 6 คะแนน จำนวน 1 คน 7 คะแนน จำนวน 2 คน และ 8 คะแนน จำนวน 4 คน

นอกจากนี้ จากตารางคะแนนรายบุคคลข้างต้นเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มเป็นระดับผลการเรียน 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E สามารถแบ่งระดับผลการเรียนรู้ด้านทักษะได้ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 จำนวน และร้อยละของนักเรียนด้านทักษะ จำแนกตามระดับผลการเรียน

ชั้น	จำนวนนักเรียน	ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด					ระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ม.1	14	-	-	-	3	11	2	6	2	3	1
ม.2	14	-	-	1	5	8	4	4	1	5	-
ม.3	11	-	2	4	1	4	6	1	2	-	2
รวม	**39**	**-**	**2 (5.13)**	**5 (12.82)**	**9 (23.08)**	**23 (58.97)**	**12 (30.77)**	**11 (28.21)**	**5 (12.82)**	**8 (20.51)**	**3 (7.69)**

จากตารางที่ 15 ระดับผลการเรียนก่อนการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 58.97 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ E รองลงมาร้อยละ 23.08, 12.82 และ 5.13 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ D, C และ B ตามลำดับ ส่วนระดับผลการเรียนหลังการถ่ายทอด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 30.77 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ A รองลงมาร้อยละ 28.21, 20.51, 12.82, และ 7.69 มีผลการเรียนอยู่ในระดับ B, D, C และ E ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดที่ปรากฏในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนระดับชั้น ม.1 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 2 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 6 คน ตามลำดับ นักเรียนระดับชั้น ม.2 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A และ B จากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน และจากจำนวน 0 คน เป็น 4 คน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จากจำนวน 8 คน เหลือ 0 คน ส่วนนักเรียนระดับชั้น ม.3 ภายหลังการถ่ายทอด มีจำนวนนักเรียนที่มีผลการเรียนเพิ่มขึ้นในระดับผลการเรียน A จากจำนวน 0 คน เป็น 6 คน และมีผลการเรียนในระดับผลการเรียน E จาก 4 คน เหลือ 2 คน

4. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 ด้าน คือ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะ มีรายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังกระบวนการถ่ายทอดเรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	ก่อนการถ่ายทอด		หลังการถ่ายทอด		t
		$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD	
ความรู้	13	6.72	1.57	10.97	1.20	15.38*
ทัศนคติ	10	4.08	1.52	6.26	1.74	8.95*
ความสำนึก	10	3.85	1.38	6.67	2.05	9.92*
การตอบโต้	6	3.87	1.12	5.28	0.91	7.16*
ทักษะ	8	3.15	1.38	5.69	1.54	10.68*
รวม	**47**	**21.67**	**4.38**	**34.87**	**4.42**	**21.36***

หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{.05,38} = 1.68$)

จากตารางที่ 16 พบว่า ผลการเรียนรู้แต่ละด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะก่อนและหลังการถ่ายทอดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะหลังการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนการถ่ายทอด คือ 10.97, 6.26, 6.67, 5.28 และ 5.69 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการเรียนรู้รวมทั้ง 5 ด้าน ก่อนและหลังการถ่ายทอด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนการถ่ายทอด คือ 34.87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อวิจารณ์

ผลการวิจัยกระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) มีประเด็นข้อค้นพบและวิจารณ์ผล ดังนี้

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้จากชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง ซึ่งเป็นชุมชนในเขตพื้นที่น้ำกร่อยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างกับองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในทางวิชาการที่มีอยู่ทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โดยทั่วไปการกล่าวถึงน้ำเสียจะเน้นที่แหล่งให้กำเนิดน้ำเสียเป็นหลัก ประกอบด้วย 3 แหล่งด้วยกัน ได้แก่ น้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำเสียเกษตรกรรมและน้ำเสียชุมชน (สันทัด ศิริอนันไพบูลย์, 2549; Vymazala, 2009) โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียชุมชนตามคำนิยามของ กรมควบคุมมลพิษ (2545) ระบุว่าเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพทั้งครัวเรือนและอาคารประเภทต่างๆ ซึ่งเป็นการเน้นน้ำเสียจากแหล่งของชุมชนที่เป็นที่อยู่อาศัยโดยแยกน้ำเสียที่มาจากแหล่งเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมออกจากน้ำเสียชุมชน ในขณะที่องค์ความรู้น้ำเสียชุมชนที่ได้ในครั้งนี้พบว่าเป็นน้ำเสียที่มาจากแหล่งใดก็ได้ทั้งครัวเรือน ร้านค้า โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรและธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในอาณาเขตของชุมชนและส่งผลกระทบต่อชุมชนในที่นี้คือทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย คันตามผิวหนัง และจับสัตว์น้ำได้น้อยลงในหน้าแล้ง

ประเด็นสำคัญขององค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนเป็นความเข้าใจภายใต้อาณาเขตบริเวณพื้นที่ของชุมชนทั้งหมดที่มีโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ อยู่ร่วมกันทั้งบ้านเรือน ร้านค้า โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตร การทำประมง ป่าชายเลน และปรากฏการณ์ธรรมชาติ และส่งผลกระทบต่อบทบาทหน้าที่ปกติของแหล่งน้ำในชุมชน ได้แก่ น้ำสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำตามธรรมชาติ การเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังและทำประมง สภาวะการณ์บางกรณีที่ผู้รู้ในชุมชนระบุว่าเป็นสภาวะการณ์ของน้ำเสียชุมชน ได้แก่ ฝนตกหนักทำให้มีปริมาณน้ำจืดมากในแม่น้ำและช่วงหน้าแล้งปริมาณน้ำในแม่น้ำมีน้อยทำให้จับสัตว์ได้ลดลง สภาวะการณ์ดังกล่าวนี้เป็นความแตกต่างจากน้ำเสียชุมชนเชิงวิชาการในด้านองค์ประกอบของน้ำเสียซึ่งองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนเชิงวิชาการ ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบทางกายภาพ ชีวภาพและเคมี ได้แก่ สี กลิ่น อุณหภูมิ กรวด ทราย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ก๊าซ สัตว์ พืช และเชื้อโรค (Muttamara, 1996; Henze *et al.*, 2002; สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์, 2550) โดยสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดแต่องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำจืดที่มีมากในแหล่งน้ำที่เกิดจากฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันและปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำในแม่น้ำที่มีน้อยช่วงหน้าแล้งเป็นองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนในมุมมองของผู้รู้ที่แตกต่างจากองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนในเชิงวิชาการ เหตุการณ์ทั้งสองเหตุการณ์ข้างต้นเป็นสภาวะการณ์ของน้ำเสียุชมชนที่คุณภาพน้ำไม่เหมาะต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังเป็นผลให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตายและคุณภาพน้ำไม่เหมาะสำหรับเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำยังผลให้การจับสัตว์น้ำได้น้อยลงในช่วงหน้าแล้ง นอกจากนี้ ภาพลักษณ์ของน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่ปีนภาพลักษณ์ของน้ำที่มีสีดำคล้ำและมีกลิ่นเหม็นของชุมชนเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชน ส่วนภาพลักษณ์ของน้ำเสียชุมชนในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรังไม่ได้มีภาพลักษณ์ดังกล่าวและผลกระทบของน้ำเสียชุมชนส่งผลต่อการทำประมงในชุมชน นั่นคือมุมมองชาวบ้านเกี่ยวกับน้ำเสียชุมชนสำหรับชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังเป็นมุมมองต่อน้ำที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพประมงเป็นสำคัญ

ความต่างขององค์ความรู้น้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนกับองค์ความรู้น้ำเสียชุมชนเชิงวิชาการเป็นความต่างที่ขึ้นอยู่กับลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ (ecological niche) ซึ่งเป็นตัวกำหนดภาพลักษณ์ของน้ำเสียชุมชนและผลกระทบที่เกิดขึ้น นั่นคือภาพลักษณ์ของน้ำเสียชุมชนและผลกระทบที่เกิดขึ้นจะเป็นเช่นไรขึ้นอยู่กับลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่นั้น ดังผลการวิจัยในครั้งนี้ที่ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่เป็นสิ่งแวดล้อมเฉพาะของชุมชนบริเวณปากแม่น้ำปะเหลียนซึ่งเป็นพื้นที่เขตน้ำกร่อยภาพลักษณ์ของน้ำเสียและผลกระทบจึงมีความแตกต่างจากน้ำเสียชุมชนในเชิงวิชาการที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้น การทำความเข้าใจน้ำเสียชุมชนในพื้นที่แห่งใดต้องคำนึงหรือพิจารณาถึงลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่แห่งนั้นควบคู่ไปด้วยเพื่อการเข้าใจที่ถูกต้อง

นอกจากนี้ องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ในชุมชนเป็นองค์ความรู้ที่สามารถอธิบายได้ในเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้เป็นองค์ความรู้ที่มีความถูกต้องและสอดคล้องภายใต้ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ ซึ่งจากผลการวิจัยที่สรุปนัยทางวิทยาศาสตร์ขององค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้ในสองกลุ่ม ได้แก่ นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน และนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นในป่าชายเลนและในแม่น้ำ การอธิบายองค์ความรู้ทั้งสองกลุ่มเป็นการอธิบายภายใต้ลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ที่ประกอบด้วยโครงสร้าง/องค์ประกอบ 4 กลุ่ม ได้แก่ แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์น้ำ ชุมชน และระบบจัดการน้ำเสีย โดยกระบวนการหลักที่ช่วยในการบำบัดเสียชุมชนคือกระบวนการธรรมชาติ ได้แก่ การกรองและการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดูดซับโดยดิน การกรองและการดูดซึมโดยป่าชายเลน การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และการเจือจางโดยน้ำในแม่น้ำ แต่ประเด็นความต่างขององค์ความรู้น้ำเสียชุมชนของผู้รู้กับน้ำเสียชุมชนทางวิชาการด้านโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำเสียในกรณีการมีปริมาณน้ำจืดมากในแหล่งน้ำที่เกิดจากฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันและทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตายเนื่องจากปริมาณน้ำจืดที่มากขึ้นทำให้ความเค็มในแหล่งน้ำลดลงเกิดการเสียสมดุลของน้ำและเกลือแร่ (osmoregulation) ในตัวสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังและตายในที่สุด ปกติน้ำกร่อยมีความเค็มอยู่ระหว่าง 0.5-30 ppt (ธีระ เล็กชลยุทธ, 2535) แต่ในขณะที่ฝนตกและมีปริมาณน้ำจืดมากทำให้แหล่งน้ำกร่อยกลายเป็นน้ำจืดที่มีความเค็มเท่ากับศูนย์ ซึ่งความเค็มจะมีผลต่อการอยู่รอดของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Baylon and Suzuki (2007) พบว่า ความเค็มที่เหมาะสมต่อการอยู่รอดของการเลี้ยงปูม้า (crucifix crab) วัยรุ่นอยู่ที่ 25-35 ppt แต่เมื่อความเค็มตั้งแต่ 15 ppt ลงไปปูม้าวัยรุ่นไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ขณะที่ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากะพงแดงวัยอ่อนและมีอัตรารอดตายมากที่สุดเท่ากับ 25 ppt และความเค็มยิ่งลดลงอัตราการรอดตายของปลากะพงแดงก็จะลดลงด้วย (โกวิทย์ เก้าเอี้ยน และ ทวี จินาดามันกุล, 2547) ส่วนการเลี้ยงปลากะรังจำเป็นจะต้องมีความเค็มในแหล่งน้ำตลอดปีไม่ต่ำกว่า 10-15 ppt (สามารถ เปรมกิจ และคณะ, 2530) ซึ่งปลากะรังไม่สามารถอยู่ในน้ำจืดได้เช่นปลากะพงขาว (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2552)

ส่วนกรณีของการจับสัตว์น้ำในแม่น้ำได้ลดลงช่วงหน้าแล้งซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการณ์ของน้ำเสียชุมชนจากการระบุของผู้รู้ในชุมชน เนื่องจากโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำด้านกายภาพ ชีวภาพและเคมีมีความไม่เหมาะสมต่อการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ สภาวะการณ์ดังกล่าวนี้น้ำในแม่น้ำจะมีน้อยและส่วนใหญ่น้ำจะใสเนื่องจากไม่มีการชะล้างของตะกอนและสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำทำให้ขาดความอุดมสมบูรณ์ของพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ประกอบกับแสงแดดสามารถส่องถึงพื้นท้องน้ำทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นผลที่ตามมาคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีน้อยซึ่งอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับออกซิเจนแบบผกผัน ในสภาวะการณ์ดังกล่าวสัตว์น้ำจะเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งปริมาณออกซิเจนและความอุดมสมบูรณ์ด้านอาหารจนทำให้แหล่งน้ำในบริเวณดังกล่าวมีสัตว์น้ำลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Selleslagh and Amara (2008) ที่พบว่า ความอุดมสมบูรณ์ของปลาบริเวณปากแม่น้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ได้แก่ ความชุกชุมของสัตว์กลุ่ม crustacean อุณหภูมิ ความเค็ม ความขุ่น ออกซิเจน pH กระแสน้ำ ความเร็วลม ความลึกของแหล่งน้ำ และความร้อนเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนเปลงฤดูกาลที่มีความสัมพันธ์กับความเค็ม อุณหภูมิ ความขุ่น และความลึกของแหล่งน้ำ (Hagan and Able, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากความต่างขององค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนและองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ในชุมชนที่สามารถอธิบายได้ด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการยืนยันว่าองค์ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมเป็นองค์ความรู้ที่มีอยู่ในชุมชน และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นของการศึกษาองค์ความรู้ของชุมชนเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชนหรือการเผยแพร่ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนแก่ชุมชนใดๆ ซึ่งองค์ความรู้ทางวิชาการที่มีอยู่ทั่วไปมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ในจัดการหรือแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชน ดังนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาและเข้าใจถึงความเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมของพื้นที่และการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อความสอดคล้องกับบริบทของชุมชนและการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้อง ซึ่งบทบาทหน้าที่ของผู้ทำงานด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อแก้ปัญหาหรือถ่ายทอดความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชนจึงต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจากบุคคลที่เชื่อว่าองค์ความรู้ทางวิชาการที่มีอยู่แล้วสามารถนำไปใช้ได้กับทุกชุมชนซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องนัก ซึ่งนอกจากจะทำให้มีความเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมที่ผิดพลาดแล้วยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและในบางกรณีเป็นก่อให้เกิดขัดแย้งหรือการต่อต้านจากคนในชุมชนอีกด้วย ดังนั้นกระบวนการศึกษาองค์ความรู้ในชุมชนและการอธิบายองค์ความรู้ดังกล่าวด้วยวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่สอดคล้องกับชุมชนหรือความเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆ เป็นความสำคัญลำดับแรกของผู้ทำงานด้านสิ่งแวดล้อมที่ต้องคำนึงถึงเพื่อนำไปสู่การการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องและเหมาะสม

นอกจากนี้ กรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นหลักการทางสิ่งแวดล้อมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการแก้ไขและป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากมนุษย์ ซึ่งเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการที่มีลำดับขั้นตอนทั้งแต่การเข้าใจธรรมชาติจนกระทั่งนำไปสู่แนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สิ่งแวดล้อมมีบทบาทหน้าที่ปกติ การปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมตามเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเชื่อว่าจะทำให้ไม่เกิดปัญสิ่งแวดล้อมอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมมีเป้าหมายเพื่อให้สิ่งแวดล้อมสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ เทคนิคทางสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 4 ขั้นตอนซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด คือ ขั้นตอนแรกเป็นการทำความเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ด้วยการศึกษาคุณค่าทางนิเวศที่มีสภาวะการทำงานร่วมกันของโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมีเพื่อการแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ขั้นต่อมาเป็นการทำความเข้าถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายใต้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทั้งในสภาวะที่มีผลกระทบและไม่มีผลกระทบอันนำไปสู่การพิจารณาหาเทคนิคการฟื้นคืนของสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นขั้นที่สามของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สิ่งแวดล้อมแสดงบทบาทหน้าที่เป็นปกติและมีการตรวจสอบความปกติของสิ่งแวดล้อมโดยการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นขั้นตอนที่สี่ของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเพื่อเฝ้าระวังไม่ให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพื่อเป็นการป้องกันและแก้ไขได้อย่างทันท่วงที จะเห็นได้ว่าเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อการป้องกันและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง ดังนั้น การใช้เทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นกรอบในการศึกษาองค์ความรู้ของชุมชนจึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งซึ่งนอกจากเป็นลำดับขั้นตอนที่มุ่งเป้าในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมแล้วยังทำให้ได้องค์ความรู้ที่สอดคล้องกับลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะในพื้นที่หรือเป็นองค์ความรู้ที่แต่ละเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมสอดคล้องกับบริบทของชุมชน และที่สำคัญการนำองค์ความรู้ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชนไปใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่สามารถทำได้ในหลายกรณี แต่กรณีหนึ่งที่นับได้ว่าเป็นการแก้ปัญหาที่มีความยั่งยืน คือ การถ่ายทอดความรู้ดังกล่าวสู่ประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะกลุ่มเด็กหรือเยาวชนเป็นกลุ่มที่มีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นการปลูกฝังความรู้ความเข้าใจและวิธีการปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ในวัยเด็กเพื่อให้เกิดทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้และทักษะการปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำเสียในชุมชน

ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ถ่ายทอดตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมแก่นักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 2 จากการเปรียบเทียบผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอด พบว่า ผลการเรียนแต่ละด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะหลังการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนการถ่ายทอด และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการเรียนรู้รวมทั้ง 5 ด้าน ก่อนและหลังการถ่ายทอด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนการถ่ายทอด สรุปได้ว่ากระบวนการถ่ายทอดดังกล่าวส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ เนื่องจากเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นลำดับของเนื้อหาที่เป็นขั้นตอนตั้งแต่การทำความเข้าใจธรรมชาติของน้ำเสียชุมชนจนกระทั่งการพิจารณาแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สิ่งแวดล้อมสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติด้วยการเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจโครงสร้าง/องค์ประกอบด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กายภาพ ชีวภาพ และเคมีของน้ำเสีย บทบาทหน้าที่และการทำงานร่วมกันของโครงสร้าง/องค์ประกอบเพื่อแสดงบทบาทที่เป็นธรรมชาติของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนที่ควรจะเป็น และมีการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนทั้งในสภาวะปกติและไม่ปกติ ก่อให้เกิดความเข้าใจและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมีที่บ่งบอกถึงบทบาทหน้าที่ที่แสดงออกมาตามสภาวะการณ์ดังกล่าว และนำไปสู่การพิจารณาและทำความเข้าใจถึงวิธีการแก้ปัญหาด้วยเทคนิคการฟื้นฟูที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในสภาวะการณ์ของบทบาทหน้าที่นั้น เพื่อให้น้ำในแม่น้ำปะเหลียนสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ปกติและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อชุมชน ประกอบกับมีการตรวจสอบผลของการกระทำต่อน้ำในแม่น้ำปะเหลียนด้วยวิธีการที่สอดคล้องและเหมาะสมอันเนื่องจากการแก้ปัญหาด้วยเทคนิคการบำบัดน้ำในแม่น้ำปะเหลียนทั้งเทคนิคการบำบัดโดยธรรมชาติและเทคนิคการบำบัดที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อเฝ้าระวังไม่ให้สิ่งแวดล้อมแสดงบทบาทหน้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากบทบาทหน้าที่ปกติอันที่จะก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบตามมา ขั้นตอนของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมในสองขั้นตอนแรกเป็นการทำความเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ส่วนสองขั้นตอนสุดท้ายเป็นการพิจารณาแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สิ่งแวดล้อมแสดงบทบาทหน้าที่ปกติโดยไม่ส่งผลกระทบ

จุดเด่นของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมสำหรับใช้เป็นกรอบเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้สิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปถ่ายทอดแก่กลุ่มประชากรเป้าหมายส่งผลให้การถ่ายทอดมีลำดับขั้นตอนและเชื่อมโยงให้เห็นความสัมพันธ์ของโครงสร้าง/องค์ประกอบทั้งในสภาวะธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในภาวะการณ์ที่มีผลกระทบและไม่มีผลกระทบด้วยการแยกแยะให้เห็นภาพการทำงานของโครงสร้าง/องค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพของปรากฏการณ์น้ำเสียชุมชนและมีการธิบายทำงานของโครงสร้าง/องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยวิทยาศาสตร์และนำไปสู่การพิจารณาแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงข้างต้นทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้อย่างเป็นรูปธรรม มีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ และการเรียนรู้ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นการเรียนรู้บนพื้นฐานการเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์เพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ โดยหลักการทางสิ่งแวดล้อมแล้วการเข้าใจธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมอย่างถ่องแท้ย่อมสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่ออยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ได้อย่างสมดุลและผาสุข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยจุดเด่นของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้เป็นกรอบเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้สิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปถ่ายทอดแก่กลุ่มประชากรเป้าหมายเป็นความต่างกับการถ่ายทอดความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ซึ่งการถ่ายทอดความรู้สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ตามตำราขาดการเชื่อมโยงเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนและไม่คำนึงถึงธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่เพื่อใช้เป็นหลักในการเรียนรู้และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายเหตุผลด้วยวิทยาศาสตร์จึงทำให้การเรียนรู้สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเป็นการเรียนรู้เป็นส่วนๆ ทำให้ไม่บรรลุผลตามเป้าหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษาที่กำหนด แม้ว่าการจัดการเรียนสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนจะมีการกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอยู่บ้าง แต่เป็นการกำหนดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยยึดตัวครูผู้สอนและใช้เอกสารประกอบการสอนจากหนังสือแบบเรียนเป็นหลัก ดังการศึกษาของ สมหญิง พาพันธ์ (2548) ที่ได้ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ครูผู้สอนมีการจัดเนื้อหาสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นและส่วนใหญ่ใช้เอกสารประกอบการสอนคือหนังสือแบบเรียนและใช้วิธีสอนโดยการซักถามให้นักเรียนตอบเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียน และการศึกษาของ ธนู มณีทิพย์ (2542) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูผู้สอนในโรงเรียนประถมศึกษา พบว่า การกำหนดเนื้อหาสิ่งแวดล้อมศึกษาครูส่วนใหญ่ได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้สอนโดยการนำประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชนและท้องถิ่นมาจัดทำแผนการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาและใช้วิธีการสอนโดยบูรณาการกับกลุ่มวิชาอื่นและมีการนำนักเรียนศึกษาสภาพแวดล้อมของโรงเรียนและชุมชน จะเห็นได้ว่าการจัดเนื้อหาและวิธีการสอนดังกล่าวเป็นเพียง 2 ใน 3 องค์ประกอบของแนวทางการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาที่กำหนดโดยยูเนสโก คือ การเรียนรู้ในสิ่งแวดล้อม (learning in the environment) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยตรง และการเรียนรู้เพื่อสิ่งแวดล้อม (learning for the environment) เป็นการเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม ส่วนแนวทางการเรียนรู้อีกองค์ประกอบหนึ่ง คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (learning about the environment) ที่เน้นให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานของระบบธรรมชาติและผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ยังไม่ปรากฏในวิธีการสอน ในขณะที่การเรียนการสอนที่ถ่ายทอดโดยใช้กรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมในการกำหนดเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมครอบคลุมทั้งสามองค์ประกอบหลักดังกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากการถ่ายทอดโดยใช้กรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมในการกำหนดเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมทำให้เนื้อหาขององค์ความรู้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ทั้งสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมและเหตุการณ์ของปัญหาน้ำเสียชุมชนซึ่งนักเรียนมีการเผชิญกับเหตุการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เป็นพื้นฐานขององค์ความรู้นั้นอยู่ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยง เปรียบเทียบและจัดกระทำองค์ความรู้ที่ได้รับทางด้านความคิดที่ง่ายต่อการเข้าใจเนื่องจากเป็นการเรียนรู้สิ่งที่ใกล้ตัว ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับแนวคิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ของ Thorndike (1968) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้ในสถานการณ์หนึ่งจะถ่ายโอนในทางบวกก็ต่อเมื่อการเรียนรู้ทั้งสองสถานการณ์มีองค์ประกอบเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน แต่ในทางตรงข้ามถ้าองค์ประกอบในสถานการณ์การเรียนรู้ทั้งสองสถานการณ์นั้นต่างกันหรือขัดแย้งซึ่งกันและกันทำให้เกิดความสับสนแก่ผู้เรียน ซึ่งจะเป็นการถ่ายโอนการเรียนรู้ในทางลบ สถานการณ์เดิมที่มีความคล้ายคลึงกับการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของสถานการณ์ที่มีการถ่ายทอดตามกระบวนการ คือ เหตุการณ์และสิ่งแวดล้อมรอบตัวของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชุมชนและนักเรียนมีการเผชิญอยู่ในชีวิตประจำวันหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าเป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ในชุมชนของนักเรียนนั่นเอง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ตามแนวคิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ บุญเรียง ขจรศิลป์ และคณะ (2548) ที่ได้นำเอาการเลี้ยงโคนมที่เป็นแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นจังหวัดเพชรบุรีมาจัดทำเป็นหลักสูตรท้องถิ่นและประยุกต์ใช้ในบริบทที่ต่างกัน พบว่าสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีการเลี้ยงโคนมอย่างหนาแน่น ส่งผลให้นักเรียน มีความรู้ มีเจตคติต่อการเลี้ยงโคนมในทางที่ดีมากขึ้น มีทักษะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์มีความสุขที่ได้เรียนเรื่องโคนม เช่นเดียวกับการศึกษาของ ปิยะพรศรี พลาวงษ์ และคณะ (2550) ที่ได้พัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงวิถีชีวิตชุมชนลุ่มน้ำซึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ในชุมชนและสอดคล้องกับวิถีวิตของนักเรียน พบว่า การเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของท้องถิ่นได้ดีและส่งผลให้นักเรียนเกิดจิตสำนึกรักในความเป็นท้องถิ่นของตนเองมากที่สุด และการศึกษาของ Fisman (2005) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการเรียนรู้ท้องถิ่นต่อความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของเด็กนักเรียน พบว่าภายหลังการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมที่จัดขึ้นทำให้นักเรียนมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นและมีความรู้ในหลักการสิ่งแวดล้อมในทางบวก

นอกจากนี้ การถ่ายทอดดังกล่าวเป็นการถ่ายทอดด้วยรูปแบบของค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีกิจกรรมการสังเกต ทดลอง ร่วมอภิปรายประเด็นต่างๆ ชมสื่อวีดิทัศน์และศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ ได้แก่ สื่อวิดิทัศน์สถานการณ์และปัญหาน้ำเสีย การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยการสังเกต การร่วมกันอภิปรายเทคนิคการแก้ปัญหาน้ำเสียในชุมชน ศึกษาแหล่งเรียนรู้บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง และการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในแม่น้ำด้วยการรับฟังการบรรยายจากผู้รู้ในชุมชนและการทดลองตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นจริง ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเน้นให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว จัดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์จริงและทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ทำให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์และปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงโดยการนำสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ในชุมชนของนักเรียนมาจัดประสบการณ์ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างไม่รู้ตัว และนักเรียนทุกคนมีบทบาทสำคัญในการทำกิจกรรม ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Randler and Kern (2005) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมเรียนการเรียนรู้ด้วยการศึกษาแหล่งที่อยู่และสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงกว่านักเรียนที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ อิสรา หนูจ้อย (2549) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมศึกษาเรื่องระบบนิเวศนาข้าวสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 และเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแปลงนาข้าว พบว่า ภายหลังทำกิจกรรมนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเรียน ประกอบกับการเรียนรู้ในรูปแบบค่ายมีการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสในนักเรียนได้แสดงความคิดเห็น โต้ตอบ ช่วยกันแก้ปัญหา ช่วยในการพัฒนาความรู้และทักษะการอยู่ร่วมกัน ได้รับข้อมูลที่หลากหลายทำให้นักเรียนสื่อความหมายและเข้าใจได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกของ Kruse and Card (2004) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมใน 4 ระดับ ได้แก่ zooventures, terratrekkers, advanced terratrekkers และ zoo careers ปรากฏว่าภายหลังการเรียนรู้ด้วยค่ายอนุรักษ์ทั้งวัดการผลทันทีและภายหลังการจัดกิจกรรมผ่านไป 1 เดือนนักเรียนมีผลการเรียนด้านความรู้ เจตคติและพฤติกรรมการปฏิบัติสูงว่าก่อนเรียนในทุกระดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ทศพร ไกรฤกษ์ (2550) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมค่ายวิชาการรวชิรมงกุฎด้านสิ่งแวดล้อมภายหลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติและทักษะในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนการเข้าค่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านทั้งความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้และทักษะสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างต่อเนื่องโดยความรู้ที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่นำไปสู่พฤติกรรมด้านอารมณ์ความรู้สึกต่อสิ่งนั้นๆ และแปรเปลี่ยนเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤติกรรมการแสดงออกด้วยการปฏิบัติ ดังแนวคิดของ Good (1973) ที่กล่าวว่าเจตคติและความสำนึกเป็นเรื่องของความรู้ความเข้าใจของบุคคลต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่บุคคลประสบอยู่หรือในสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัว ดังนั้น เจตคติและความสำนึกจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับสิ่งเร้าเกิดเป็นความคิดรวบยอดหรือความรู้ ส่งผลให้เกิดเจตคติ ความสำนึก และนำไปสู่การกระทำหรือแสดงพฤติกรรมออกมา เช่นเดียวกับ เกษม จันทร์แก้ว (2536) ที่กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะเป็นผลมาจากความรู้ความเข้าใจที่บุคคลได้รับซึ่งความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งเป็นพื้นฐานของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในขั้นต่อๆ ไปจนนำไปสู่การปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องและมีความชำนาญในที่สุด

กล่าวได้ว่าประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการถ่ายทอดที่มีการสร้างเนื้อหาตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการถ่ายทอดดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของแนวทางนิเวศวิทยา (ecological approach) ที่เป็นการศึกษาและทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติจนนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อม แนวทางการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกของสิ่งแวดล้อมและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม ทำให้นักเรียนเข้าใจสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปธรรมและใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การถ่ายทอดใช้รูปแบบของค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายทั้งการสังเกต ทดลอง ทัศนศึกษา และการอภิปรายกลุ่ม กิจกรรมดังกล่าวทำให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริง ร่วมคิด และร่วมอภิปรายทำให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์และปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้นและนักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างไม่รู้ตัว ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกระบวนการถ่ายทอดเป็นการผสมผสานกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับเหตุการณ์ เนื้อหาสาระและสอดคล้องกับบริบทของชุมชนจนนำไปสู่ประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นดังกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยกระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

ลักษณะเฉพาะของสิ่งแวดล้อมพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในการศึกษาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน คือ ชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้แม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังใน 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอย่านตาขาว อำเภอปะเหลียน อำเภอหาดสำราญ และอำเภอกันตัง จากการประยุกต์หลักของ ecological niche เพื่อวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมของชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณแม่น้ำปะเหลียน พบว่า น้ำเสียของชุมชนทำให้บทบาทหน้าที่หลักของแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังเปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตาย โครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะทั้ง 4 กลุ่ม ประกอบด้วย แหล่งน้ำทำหน้าที่เป็นผู้ผลิต การเลี้ยงสัตว์น้ำทำหน้าที่เป็นผู้บริโภค ชุมชนทำหน้าเป็นผู้ย่อยสลาย และระบบจัดการน้ำเสียทำหน้าเป็นผู้สนับสนุน โดยแหล่งน้ำมีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังที่จำเป็นต้องมีคุณภาพน้ำเหมาะสมปราศจากของเสียและมลพิษ ผลผลิตจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังส่งผลให้เกิดรายได้แก่ชุมชนโดยเฉพาะคนที่ประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง ขณะที่ชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดเสียและปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่ผ่านระบบจัดการน้ำเสียทั้งที่มีอยู่ทั้งในธรรมชาติและมนุษสร้างขึ้น ผลที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจะเป็นตัวสนับสนุนต่อแหล่งน้ำให้มีคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังได้ต่อไป องค์ประกอบเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์ที่ต่อเนื่องอย่างเป็นวัฏจักร ดังนั้น ผลกระทบและความเดือดร้อนของชุมชนจากการตายของสัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังชี้ให้เห็นถึงเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสิ่งแวดล้อมเฉพาะของชุมชนที่เป็นผลมาจากน้ำเสียจนทำให้บทบาทหน้าที่ของน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง ซึ่งหลักการของ ecological niche สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในลักษณะการทำงานของโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการวิจัยได้อย่างชัดเจนและเป็นการขจัดโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องและมีอยู่อย่างหลากหลายในพื้นที่ศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

1. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้รู้ในชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อม 4 ขั้นตอน ได้แก่ คุณค่าทางนิเวศ กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง เทคนิคการบำบัด และการตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ผู้รู้มีองค์ความรู้ต่างๆ ดังนี้

1.1 คุณค่าทางนิเวศ ผู้รู้มีองค์ความรู้ประกอบด้วย บทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียนที่มีต่อชุมชน ได้แก่ ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง เลี้ยงกุ้ง ทำประมงชนิดต่างๆ ใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวและสัญจรทางเรือ รวมทั้งเป็นแหล่งเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ การเลี้ยงหอยนางรมและป่าชายเลนชุมชน ส่วนโครงสร้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย 1) น้ำดี มีลักษณะสีขุ่นโคลนปะปน มีสัตว์น้ำอาศัยมาก มีออกซิเจนมาก ไม่เป็นพิษโดยเฉพาะอาการคันตามผิวหนังและสามารถจับสัตว์น้ำได้มาก และ 2) น้ำเสีย มีลักษณะของน้ำสีเขียวคล้ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง มีสัตว์น้ำอาศัยน้อย มีโคลนและตะกอนมาก มีกลิ่นคาว มีออกซิเจนน้อย บางครั้งเป็นพิษเกิดอาการคันตามผิวหนัง มีน้ำจืดปะปนมาก และทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตาย ในส่วนของการเกิดน้ำเสียในชุมชน พบว่า แหล่งของน้ำเสียมาจาก 2 แหล่ง ประกอบด้วย 1) จากธรรมชาติ ได้แก่ ฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้มีน้ำจืดในแม่น้ำมาก การเน่าของซากพืชซากสัตว์ การชะล้างสิ่งสกปรกลงสู่แหล่งน้ำ และในช่วงหน้าแล้งมีปริมาณน้ำน้อยในแม่น้ำ และ 2) จากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเลี้ยงกุ้งชายฝั่ง บ้านเรือนที่ตั้งริมน้ำ การเกษตร โรงงานน้ำยางข้น การขุดลอกคลองในป่าชายเลน และการทิ้งขยะลงสู่แม่น้ำ

1.2 กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ผู้รู้มีองค์ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำ แบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ประกอบด้วย 1) การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตได้ ได้แก่ การตายของสัตว์น้ำในแม่น้ำและที่เลี้ยงในกระชัง ปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำลดลงช่วงหน้าแล้ง และการมีกลิ่นของน้ำที่ไม่พึงประสงค์ และ 2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของน้ำเนื่องจากกลไกธรรมชาติไม่สามาถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ได้แก่ การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นลงสู่แม่น้ำ ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน มีปริมาณน้ำน้อยในแม่น้ำช่วงหน้าแล้ง และการขุดลอกคลองในป่าชายเลนมีการปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล ส่วนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของน้ำเนื่องจากกลไกธรรมชาติสามาถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ได้แก่ การปล่อยน้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำเนื่องจากมีจำนวนครัวเรือนและปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเสียน้อย ประกอบกับมีการเจือจางจากแหล่งน้ำที่มีมากกว่า และการปล่อยน้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำก็ไม่ส่งผลให้แหล่งน้ำเน่าเสียเนื่องจากมีการซึมลงดินและบริเวณโดยรอบแวดล้อมด้วยป่าไม้ทั้งป่าบกและป่าชายเลน

1.3 เทคนิคการบำบัด ผู้รู้มีองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับเทคนิคการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้ 2 แนวทาง ประกอบด้วย 1) การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ ได้แก่ การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การกรองโดยดิน การกรองโดยพืช และการเจือจางโดยน้ำในแม่น้ำ และ 2) การบำบัดน้ำเสียโดยเทคโนโลยีทั้งเทคโนโลยีสิ่งประดิษฐ์และเทคโนโลยีการจัดการ ได้แก่ ส้วมซึมของแต่ละครัวเรือน บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น การจัดตั้งป่าชายเลนชุมชน การจัดตั้งศูนย์ศึกษาธรรมชาติ ป่าชายเลน การอนุรักษ์แหล่งหอยปะ หอยนางรม และการจัดทำหลักสูตรท้องถิ่นในโรงเรียน

1.4 การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ผู้รู้มีองค์ความรู้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในแม่น้ำแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ประกอบด้วย 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยการสังเกตทางชีวภาพ กายภาพและผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ การตายของสัตว์น้ำในแม่น้ำและที่เลี้ยงในกระชัง ฝนตกหนัก น้ำมีสีขุ่นโคลน มีตะกอนเกาะตามตัวหอย น้ำมีกลิ่นคาว และอาการคันตามผิวหนังเมื่อทำประมงหรือลงเล่นน้ำ และ 2) การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งชุมชนเป็นเพียงผู้มีส่วนร่วมในการเก็บตัวอย่างน้ำหรือชี้จุดเกิดเหตุแก่หน่วยงานที่เข้ามาตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ ได้แก่ ประมงอำเภอ ประมงจังหวัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดตรัง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตตรัง

2. นัยทางวิทยาศาสตร์ขององค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นตอนที่บ่งบอกถึงองค์ความรู้ของผู้รู้ที่สะท้อนถึงสภาวะการณ์การส่งผลกระทบต่อบทบาทหน้าที่ของน้ำในแม่น้ำทั้งที่ปกติและไม่ปกติ และเป็นขั้นตอนที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง/องค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ของน้ำในแม่น้ำภายใต้กลไกการควบคุมต่างๆ ตามธรรมชาติ ซึ่งองค์ความรู้ในขั้นตอนกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ประกอบด้วย 1) บ้านเรือนส่วนใหญ่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำและมีจำนวนน้อยน้ำเสียจากบ้านเรือนจางหายหมดแล้วกว่าจะถึงแม่น้ำ 2) น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำปล่อยลงสู่แหล่งน้ำไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสียเพราะมันเจือจางน้ำในแม่น้ำที่มีมากกว่า 3) ต่อท่อน้ำทิ้งจากบ้านเรือนให้ยาวลึกลงไปในแม่น้ำน้ำจะไม่เสีย 4) น้ำจากห้องส้วมไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสียเพราะใช้ส้วมซึม ซึมลงดินหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) การใส่ปุ๋ยและการเตรียมดินของพื้นที่การเกษตรไม่ทำให้แม่น้ำเน่าเสียเพราะไหลผ่านสวนยาง ปาล์มน้ำมัน ป่าไม้ ป่าชายเลน และแม่น้ำมีขนาดใหญ่ 6) หน้าแล้ง แดดร้อน น้ำในแม่น้ำมีน้อยจับปลาไม่ค่อยได้ ปลาไม่ค่อยมี 7) ฝนตกติดต่อกันหลายๆ วัน น้ำในแม่น้ำมีมากทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย 8) การขุดลอกคลองในป่าชายเลนปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเลทำให้ไม้ในป่าชายเลนตาย และ 9) น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นปล่อยลงสู่แม่น้ำทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย องค์ความรู้ดังกล่าวมีองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย 1) การกรองและดูดซับโดยดิน 2) การกรองและดูดซึมโดยพืช 3) การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ 4) การเติมออกซิเจนในดิน 5) การแพร่ของน้ำเสียในแม่น้ำ 6) การเติมออกซิเจนในแหล่งน้ำ 7) การตกตะกอน 8) การผสมของน้ำจืดและน้ำเค็ม 9) การพลิกตัวของชั้นน้ำ 10) ความสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในตัวปลา และ 11) ความเป็นพิษต่อต้นไม้บางชนิดป่าชายเลน ซึ่งนัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้จากผู้รู้ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นบนภาคพื้นดิน และ 2) นัยทางวิทยาศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียชุมชนในป่าชายเลนและในแม่น้ำ

3. องค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เป็นเนื้อหาเพื่อการถ่ายทอดแก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) สำหรับโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในชุมชน ประกอบด้วย 1) คุณค่าทางนิเวศ ได้แก่ บทบาทหน้าที่ของน้ำ โครงสร้างของน้ำ แหล่งกำเนิดน้ำเสีย และความหมายของน้ำเสีย 2) กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำ 3) เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การบำบัดโดยธรรมชาติและการบำบัดโดยเทคโนโลยี และ 4) การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยการสังเกต และการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ประเมินกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

ลักษณะทั่วไปของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากร ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการถ่ายทอดการเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน จำนวน 39 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน เพศหญิง 29 คน มีอายุระหว่าง 12-16 ปี ส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.51–4.00 จำนวน 19 คน รองลงมามีเกรดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.00–3.50 และ ต่ำกว่า 3.00 จำนวน 11 และ 9 คน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคม นักเรียนโดยส่วนใหญ่มีบิดาและมารดาอยู่ด้วยกัน จำนวน 27 คน มีบิดามารดาเป็นผู้ปกครอง จำนวน 25 คน ผู้ปกครองมีอาชีพหลักรับราชการ จำนวน 13 คน และไม่มีอาชีพรอง จำนวน 22 คน ผู้ปกครองมีระดับการศึกษา ป.4 และ ปริญญาตรี จำนวนระดับละ 10 คน และครอบครัวมีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 10,000-20,000 บาท จำนวน 25 คน

ผลการเรียนรู้จากกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่า ด้านความรู้ ก่อนการถ่ายทอดนักเรียนมีคะแนนต่ำสุด คือ 4 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 และ ม.2 มีคะแนนสูงสุด คือ 11 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้นม.3 หลังการถ่ายทอดมีคะแนนต่ำสุด คือ 8 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.2 มีคะแนนสูงสุด คือ 13 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.2 และ ม.3 จากคะแนนเต็ม 13 คะแนน และการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอด ส่วนใหญ่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนในระดับ A และ E คือ ก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 1 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 24 คน และก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 17 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 0 คน

ด้านทัศนคติ ก่อนการถ่ายทอดนักเรียนมีคะแนนต่ำสุด คือ 1 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.2 และ ม.3 มีคะแนนสูงสุด คือ 7 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.2 และ ม.3 หลังการถ่ายทอดมีคะแนนต่ำสุด คือ 3 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 มีคะแนนสูงสุด คือ 10 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.3 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดส่วนใหญ่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนในระดับ A และ E คือ ก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 0 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 9 คน และก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 26 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 7 คน

ด้านความสำนึก ก่อนการถ่ายทอดนักเรียนมีคะแนนต่ำสุด คือ 1 คะแนน เป็นนักเรียนชั้น ม.1 มีคะแนนสูงสุด คือ 7 คะแนน เป็นนักเรียนชั้น ม.2 หลังการถ่ายทอดมีคะแนนต่ำสุด คือ 2 คะแนน เป็นนักเรียนชั้น ม.1 มีคะแนนสูงสุด คือ 10 คะแนน เป็นนักเรียนชั้น ม.3 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดส่วนใหญ่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนในระดับ A และ E คือ ก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวน 0 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 15 คน และก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 24 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 7 คน

ด้านการตอบโต้ ก่อนการถ่ายทอดนักเรียนมีคะแนนต่ำสุด คือ 2 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 ม.2 และ ม.3 มีคะแนนสูงสุด คือ 6 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 และ ม.3 หลังการถ่ายทอดมีคะแนนต่ำสุด คือ 3 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 มีคะแนนสูงสุด คือ 6 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 ม.2 และ ม.3 จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน และการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดส่วนใหญ่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนในระดับ A และ C คือ ก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 9 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 31 คน และก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ C จำนวน 17 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ C จำนวน 6 คน

ด้านทักษะ ก่อนการถ่ายทอดนักเรียนมีคะแนนต่ำสุด คือ 1 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.2 และ ม.3 มีคะแนนสูงสุด คือ 6 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.3 หลังการถ่ายทอดมีคะแนนต่ำสุด คือ 3 คะแนน เป็นนักเรียนชั้น ม.1 และ ม.3 มีคะแนนสูงสุด คือ 8 คะแนน เป็นนักเรียนระดับชั้น ม.1 ม.2 และ ม.3 จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน และการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนก่อนและหลังการถ่ายทอดส่วนใหญ่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับผลการเรียนในระดับ A และ E คือ ก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 0 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ A จำนวน 12 คน และก่อนการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 23 คน หลังการถ่ายทอดมีผลการเรียนในระดับ E จำนวน 3 คน

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชนก่อนและหลังการถ่ายทอดทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะปรากฏว่านักเรียนมีประสิทธิภาพการเรียนรู้ โดยมีผลการเรียนรู้เฉลี่ยหลังการถ่ายทอดสูงกว่าก่อนการถ่ายทอดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรนำกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนไปจัดการเรียนการสอนนอกเวลาเรียนปกติสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ในโรงเรียนกันตังพิทยากรและโรงเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง และในโรงเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ในพื้นที่ชุมชนที่มีลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะคล้ายคลึงกับพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ซึ่งสามารถแก้ข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติที่มีเวลาเรียนไม่เพียงพอ ครูมีภาระหน้าที่ความรับผิดชอบมากและเป็นการตอบสนองความต้องการของครูที่ต้องการกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้แบบใหม่ โดยใช้เวลาเพียง 3 วัน ในการจัดการเรียนการสอนแบบค่ายวิทยาศาสตร์และสามารถใช้วิทยากรในพื้นที่เพื่อการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

2. ควรใช้เทคนิคทางสิ่งแวดล้อมเป็นกรอบในการสร้างความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นในพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง ได้แก่ ป่าชายเลน เนื่องจากสถานการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนจากการบุกรุกเพื่อทำนากุ้งและสวนปาล์มน้ำมัน และป่าชายเลนเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญสำหรับแหล่งทำประมงและการบำบัดน้ำเสียของชุมชนในพื้นที่แห่งนี้ แล้วดำเนินการถ่ายทอดตามกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอน แก่นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ในพื้นที่

3. ควรใช้หลักการของลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะที่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้บริโภค ผู้ย่อยสลาย และผู้สนับสนุน ในการนำเสนอข้อมูลของพื้นที่ชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรังในการทำวิจัยสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ ได้แก่ ป่าชายเลน เพื่อให้เห็นความเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ร่วมกันทำงานเพื่อการแสดงบทบาทหน้าที่ปกติและมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ทางสิ่งแวดล้อมจนนำไปสู่ปัญหาของการวิจัย และควรใช้หลักการของลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะในการนำเสนอข้อมูลพื้นที่สำหรับการวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนในพื้นที่อื่นๆ ที่มีสิ่งแวดล้อมเฉพาะแตกต่างจากชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง รวมทั้งการนำเสนอข้อมูลพื้นที่ทำการวิจัยในมิติสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ มิติทรัพยากร มิติเทคโนโลยี และมิติสังคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาวิจัยกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ที่มีลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะที่แตกต่างจากชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนจังหวัดตรัง นอกจากนี้ ควรศึกษาวิจัยกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในมิติอื่นๆ ได้แก่ มิติทรัพยากร มิติเทคโนโลยี และมิติมนุษย์ตามบริบทลักษณะสิ่งแวดล้อมเฉพาะแต่ละพื้นที่ศึกษา

2. การวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมกับผู้เรียนไม่ควรยุติแค่การวัดผลการเรียนรู้ภายหลังกระบวนการถ่ายทอดสิ้นสุด แต่ควรทำการวิจัยติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ ความสำนึก การตอบโต้ และทักษะด้านสิ่งแวดล้อมเป็นระยะๆ (follow up) กับกลุ่มตัวอย่างเดิมเพื่อติดตามความคงทนของพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกับกลุ่มนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) โรงเรียนกันตังพิทยากรเพียงครั้งเดียวจึงเป็นข้อจำกัดในการยืนยันประสิทธิภาพของกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้ของงานวิจัยครั้งนี้ ดังนั้น ควรใช้กระบวนการถ่ายทอดดังกล่าวนี้ศึกษาวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละภาคการศึกษากับเนื้อหาความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เป็นปัญหาในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนเพื่อประสิทธิภาพของกระบวนการถ่ายทอดดังกล่าว

4. การวิจัยครั้งนี้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) อยู่บนพื้นฐานความเชื่อเกี่ยวกับวัยผู้เรียนที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดเจริญก้าวหน้า เข้าใจกฎเกณฑ์ และมีความสามารถในการใช้เหตุผลในการตัดสินปัญหา แต่นักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนมีจำนวนน้อย ดังนั้น ควรศึกษาวิจัยเปรียบเทียบกระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนดังกล่าวนี้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-ป.6) ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีจำนวนมากในพื้นที่แห่งนี้และเพื่อเป็นฐานทรัพยากรมนุษย์ที่สำคัญในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2546. **แผนการจัดการน้ำเสียชุมชน.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. 2549ก. **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย 2548.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. 2549ข. **แนวทางการบริหารและจัดการน้ำเสีย (2549-2552).** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมชลประทาน. 2535. **การศึกษาความเหมาะสมโครงการพัฒนาลุ่มน้ำตรัง-ปะเหลียน จังหวัดตรังและจังหวัดนครศรีธรรมราช.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมวิชาการ. 2544. **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2545. **สะพานสีเขียว สู่การปฏิบัติสิ่งแวดล้อมศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. 2540. **มลพิษทางน้ำ.** นครปฐม: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กีรติ ลีวัจนกุล. 2549. **อุทกวิทยา**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี: SPEC.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. **การบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์.

เกษม จันทร์แก้ว. 2536. **สิ่งแวดล้อมศึกษา.** โครงการสหวิทยาการ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.

_____. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.** โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2542. **การศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม.

_____. 2545. **การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบผสมผสาน.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2547. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โกวิท ประวาลพฤกษ์. 2533. “รูปแบบการสอน.” **วารสารการวิจัยทางการศึกษา** 20 (2): 10-18.

โกวิทย์ เก้าเอี้ยน และ ทวี จินาดามันกุล. 2547. **ผลของความเค็มต่ออัตรารอดและการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงแดงวัยอ่อน, *Lutjanus argentimaculatus* Forskal**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 52/2547. พังงา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา กรมประมง.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขวัญจิต เกี่ยวพันธุ์. 2541. **ผลการจัดค่ายวิทยาศาสตร์โดยการสำรวจสิ่งแวดล้อมที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

คณะกรรมการขยายผลงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 2533. **ชีวิตชาวค่าย**. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรากรณ์ คชเสนี. 2540. **หลักนิเวศวิทยา.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิราภรณ์ แก้วอุดม. 2545. **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการเรียนรู้เรื่องการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้นำองค์การบริหารส่วนตำบล เขตพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ ศิริทวี. 2535. **เอกสารประกอบการสอนหลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.** ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. 2544. **คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด.

ดุลยา มงคล. 2545. “สสวท. แนะแนวทางจัด “ค่ายวิทยาศาสตร์” สนุกคิด...เสริมความรู้วิทย์ให้วัยใส.” **วารสารศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี** 30 (120): 73-75.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทนงศักดิ์ ประสบกิติคุณ และ สมพิศ อุดมศิลป์. 2548. **รายงานการวิจัยการประเมินโครงการค่ายวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา.** ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ทศพร ไกรฤกษ์. 2550. **ประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมค่ายวิชาการวชิรมงกุฎด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ศึกษากรณีโรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทิพย์วรรณ สุดปฐม. 2548. "การจัดค่ายวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา." **วารสารศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี** 33 (135): 74-76.

ทิศนา แขมมณี, พิมพันธ์ เดชคุปต์ และ ชนาธิป พรกุล. 2545. **กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้องใจ.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ทิศนา แขมมณี. 2548. **รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. 2550. **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนู มณีทิพย์. 2542. **การจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูผู้สอนในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกาอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง.** การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธิดารัตน์ ธนานันท์. 2546. **ความรู้ และพฤติกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดตรัง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีระ เล็กชลยุทธ. 2535. **นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ.** คณะประมง. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นริศ คล้ายเพชร. 2537. **ผลของกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.** วิทยานิพนธ์ศิลปาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้อม ฮั้นเย็ก. 2551. **สัมภาษณ์**, 16 กุมภาพันธ์ 2551.

นิตยา เลาหจินดา. 2549. **นิเวศวิทยา: พื้นฐานสิ่งแวดล้อมศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เนาวรัตน์ อินทรเดช. 2546. **การสร้างหลักสูตรฝึกอบรมโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเรื่องการจัดการน้ำเสียในท้องถิ่นสำหรับผู้นำเยาวชนอาสาพัฒนาสิ่งแวดล้อม เขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญชม ศรีสะอาด. 2541. **การพัฒนาการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

_____ และ นิภา ศรีไพโรจน์. 2531. **รูปแบบการสอนวิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัยที่มีประสิทธิภาพ.** มหาสารคาม: ปรีดาการพิมพ์.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2543. “เกณฑ์การประเมิน (Rubric Assessment).” **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์** 15 (2): 75–83.

บุญเรียง ขจรศิลป์, ปราณี โพธิสุข, ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์, พิกุล เอกวรางกูร และ วารุณี ลัภนโชคดี. 2548. การนำกระบวนการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นเรื่องการเลี้ยงโคนมไปประยุกต์ใช้ในต่างบริบท. ใน **การประชุมทางวิชาการการวิจัยทางการศึกษา ครั้งที่ 11** 26-27 สิงหาคม 2548 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ สุขุมวิท กรุงเทพฯ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 30-42.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประมวล ศิริผันแก้ว. 2528. “การจัดค่ายวิทยาศาสตร์.” **วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** (13): 11-16.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2543. **จิตวิทยาการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.

ปัญญา อุทัยรัตน์ และ อรรถศิษฏ์ สมรรถการอักษรกิจ. 2527. **เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ปิยะพร ศรีพลาวงษ์, รัตนา ฉายะเจริญ, อำนวย บัวโต, ลัดดาวัลย์ แสงสำลี และ ผาณิต ไวปรีซี. 2550. การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงวิถีชีวิตชุมชนลุ่มน้ำโดยใช้กระบวนการ 5 ขั้น. ใน **การประชุมทางวิชาการการวิจัยทางการศึการะดับชาติ ครั้งที่ 12** 15-16 พฤศจิกายน 2550 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ สุขุมวิท กรุงเทพฯ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 83-88.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535. 2535. **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 109 ตอนที่ 37 ฉบับพิเศษ หน้า 1 วันที่ 4 เมษายน 2535. 1-43.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2530. **การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์.** สำนักทดสอบและจิตวิทยา. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พันธ์ ทองชุมชน. 2547. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล หวังพาณิช. 2526. **การวัดผลการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพาณิช.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์. 2534. **การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา.** เชียงใหม่: เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.

ภัทรา นิคมานนท์. 2534. **การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ.** กรุงเทพมหานคร: ทิพย์วิสุทธิ์.

มงคล ดำรงค์ศรี. 2531. ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน. ใน **การอบรมทางวิชาการการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ครั้งที่ 3 วันที่ 24-25 พฤศจิกายน 2531.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255-257.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ: เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

_____ และ มั่นรัก ตัณฑุลเวศม์. 2547. **เคมีวิทยาของน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลินี นิ่มเสมอ. 2542. “คู่มือการจัดค่ายวิทยาศาสตร์.” **วารสารศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี** 104 (27): 13-18.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. 2540. **การวัดและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงเรียนบ้านแหลม. 2551. **รายงานการปฏิบัติงานประจำปี 2550.** ตรัง: ม.ป.ท.

ฤทัย จงสฤษดิ์. 2551. **การออกแบบและพัฒนากิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2539. **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.** กรุงเทพมหานคร: ชมรมเด็ก.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม. 2549. **ข้อเสนอโครงการวิจัยพัฒนางานวิจัยโครงการพระราชดำริการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อส่งเสริมตามความต้องการของท้องถิ่น.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วินัย วีระวัฒนานนท์ และ บานชื่น สีพันผ่อง. 2539. **สิ่งแวดล้อมศึกษา (ฉบับต้นฉบับ) การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทส่องสยาม จำกัด.

วิโรจน์ อริยะเครือ. 2540. **การศึกษาสภาพปัญหา และความต้องการในการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง.** การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน เล่ม 2.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรชัย กาญจนาลัย, ไพจิตร ชัยสิทธิ์, สมศักดิ์ ปิติธีรภาพ และ กรรณิสา สฤษฎ์ศิริ. 2545. **แผนการใช้ที่ดินลุ่มน้ำสาขาคลองปะเหลียน ลุ่มน้ำสาขาคลองละงู ลุ่มน้ำสาขาคลองบำบัง ลุ่มน้ำสาขาภาคใต้ฝั่งตะวันตกตอนล่าง**. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.

วีระ ตั้งชวาล. 2545. **เคมีของน้ำและการบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศรปราชญ์ ธไวศวรรยางกูร, พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ ทรงคุณ สิงหราชวัลลภ. 2543. การให้ออกซิเจนในน้ำเสียของฐูปฤาษี. ใน **เอกสารสัมมนาวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช.** โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, มูลนิธิชัยพัฒนา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร: หน้า 28/1-28/10.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ. 2551. **แผนที่ลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง**. สงขลา: คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดตรัง. 2549. **ขอรายงานสถานการณ์ปลากะรังตายของเกษตรกร อ.ปะเหลียน จ.ตรัง**. บันทึกข้อความ, ที่ กษ 0512/ตง วันที่ 1 มิถุนายน 2549. (อัดสำเนา).

_____. 2550. **คุณสมบัติน้ำในแหล่งเลี้ยงสัตว์น้ำใน จ.ตรัง ประจำเดือน มีนาคม 2550**. บันทึกข้อความ, ที่ กษ 0512/ตง วันที่ 4 เมษายน 2550. (อัดสำเนา).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2531. **การจัดค่ายวิทยาศาสตร์.** ม.ป.ท. (อัดสำเนา).

_____. 2552. **ค่ายวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม** (Online). www.ipst.ac.th/environment/aimcamp.htm, 19 ตุลาคม 2552.

สนิท อักษรแก้ว. 2542. **ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชาย ธัญธนกุล. 2526. **จิตวิทยาวัยรุ่น.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิฆเณศ.

สมชาย แสวงกิจ. 2546. **แบบจำลองการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้ เกี่ยวกับการกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียสำหรับพระภิกษุในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม. 2547. **อนาคตภาพหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษา ระดับการศึกษาพื้นฐานในทรรศวรรษหน้า (ช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547-2557)**. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบูรณ์ พรพิเนตรพงศ์. 2548. “การไหลเวียนของน้ำขึ้นน้ำลงในทะเลอันดามัน.” **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 27 (2): 425-431.

สมหญิง พาพันธ์. 2548. **การศึกษาสภาพปัญหา และความต้องการในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดนครสวรรค์ เขต 3**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สมาคมหยาดฝน. 2551. **ป่าชายเลนชุมชนในลุ่มน้ำปะเหลียน**. ตรัง: ม.ป.ท.

ส่วนบริหารจัดการป่าชายเลนที่ 3 กันตัง. 2551. **แผนที่แสดงขอบเขตหมู่บ้านในพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน.** ตรัง: ม.ป.ท.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549. **ระบบบำบัดน้ำเสีย: การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ไขปัญหา.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

สามารถ เปรมกิจ, สุเทพ ธานีรัตน์ และ นิยม บุตรโกษา. 2530. การทดลองเลี้ยงปลากะรัง *Epinephelus tauvina* (Forskal) ในกระชัง. ใน **สรุปผลการประชุมทบทวนผลงานวิจัยการเพาะเลี้ยงปลากะรัง**. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง. 178-181.

สำนักงานประมงจังหวัดตรัง. 2551ก. **ทะเบียนเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จังหวัดตรัง.** ตรัง: ม.ป.ท.

สำนักงานประมงจังหวัดตรัง. 2551ข. **รายงานประจำปี 2550**. ตรัง: ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ภูเก็ต. 2550. **รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ประจำปี 2550 รายงานฉบับหลัก (Main Report)**. ภูเก็ต: สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดตรัง. 2551. **ทะเบียนโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดตรัง.** ตรัง: ม.ป.ท.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 2552. **การเพาะเลี้ยงปลากะรังหรือปลา** (Online). www.coastalaqua.com/index.php?option=com_content&task=view&id=135&Itemid=28, 20 มกราคม 2552.

สิวินีย์ ดิลกรัตนพิจิตร. 2546. **โปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษาเกี่ยวกับการคัดแยกขยะและบำบัดน้ำเสียสำหรับกลุ่มสตรีแม่บ้านในเขตเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชา จันทร์เอม. 2540. **จิตวิทยาทั่วไป (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม).** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. 2550. **เทคโนโลยีน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุบัณฑิต นิ่มนัตน์. 2548. **จุลินทรีย์วิทยาน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาลี จันทร์ชลอ. 2542. **การวัดและการประเมินผล.** กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อกรุงเทพ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2544. **จิตวิทยาการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุช อาภาภิรม. 2543. “ประชากรและสิ่งแวดล้อม: เครื่องเซ่นความเจริญ.” **มติชนสุดสัปดาห์**, 20 (1035).

อิสรา หนูจ้อย. 2549. **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่อง ระบบนิเวศในนาข้าวสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Baylon, J. and H. Suzuki. 2007. "Effects of Changes in Salinity and Temperature on Survival and Development of Larvae and Juveniles of the Crucifix Crab Charybdis Feriatus (Crustacea:Decapoda:Portunidae)." **Aquaculture** (269): 394–395.

Bloom, B. S., M. D. Engellhart, E. J. Furst, W. H. Hill and D. R. Krathwohl. 1975. **Taxonomy of Education Objectives the Classification of Education Goals Handbook I: Cognitive Domain**. Newyork: David McKAY Company, Inc.

Cunningham, W. P. and H. S. Stubbs. 2003. "Information needs Related to Teaching about Air Quality." **Environmental International** (29): 331-336

DiEnno, C. M. and S. C. Hilton. 2005. "High School Students' Knowledge, Attitudes, and Levels of Enjoyment of an Environmental Education Unit one Nonnative Plants." **The Journal of Environmental Education** 37 (1): 13-25.

Ferguson, A. H. 1976. Acceptability of Wastewater Effluents by Soil. In R. L. Sank and T. Asano (eds). **Land Treatment and Disposal of Municipal and Industrial Wastewater.** Ann Arbor Science Publishers Inc., USA: 85-100.

Fisman, L. 2005. "The Effects of Local Learning on Environmental Awareness in Children: An Empirical Investigation." **The Journal of Environmental Education** 36 (3): 39-50.

Good, C. V. 1973. **Dictionary of Education.** New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Hagan, S.M. and K. W. Able. 2003. Seasonal Changes of the Pelagic Fish Assemblage in a Temperate Estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** (56): 15–29

Harrow, A.J. 1972. **Taxonomy of the Psychomotor Domain**. Columbus OH: Merrill.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Henze, M., P. Harremoes, E. Arvin and J. la C. Jansen. 2002. **Wastewater Treatment : Biological and Chemical Processes**. 3rd ed. New York: Verlag Berlin Heidelerg.

Joyce, B., M. Weil and E. Calhoun. 2004. **Models of Teaching**. 5th ed. London: Allyn and Bacon.

Krathwohl, D. R., B. S. Bloom and B. B. Masia. 1974. **Taxonomy of Education Objectives the Classification of Education Goals Handbook II : Affective Domain**. Newyork: David Mckay Company, Inc.

Kruse, C. K. and J. A. Card. 2004. "Effects of a Conservation Education Camp Program on Campers' Self-Reported Knowledge, Attitude, and Behavior." **The Journal of Environmental Education** 35 (4): 33-45.

Merriam-Webster's collegiate dictionary, 10th ed. 1996. Springfield, Mass: Merriam-Webster.

Mitsch, W. J. and J. G. Gosselink. 2000. **Wetland**. 3rd. Jonh Wiley & Sons, Inc.

Muttamara, S. 1996. "Wastewater Characteristics." **Resources, Conservation and Recycling** (16): 146-147.

Odum, E. P. 1983. **Basic Ecology.** 3rd. Philadelphia: Saunder College Publishing.

Odum, E. P. and G. W. Barrett. 2005. **Fundamental of Ecology.** 5th ed. America: Brooks/Cole, Thomson Learning, Inc.

Randler, C., A. Ilg and J. Kern. 2005. "Cognitive and Emotional Evaluation of an Amphibian Conservation Program for Elementary School Students." **Journal of Environmental Education** 37 (1): 43-52.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rideout, B. E. 2005. "The Effect of a Brief Environmental Problems Module on Endorsement of the New Ecological Paradigm in College Students." **The Journal of Environmental Education** 37 (1): 3-11.

Selleslagh, J. and R. Amara. 2008. "Environmental Factors Structuring Fish Composition and Assemblages in a small Macrotidal Estuary (Eastern English Channel)." **Estuarine, Coastal and Shelf Science** (79): 507–517.

Sharma, R.C. and M. C. Tan. 1990. **Sourcebook .A in Environmental Education for Secondary School Teachers.** Bangkok Thailand: Unesco Principal Regional Office for Asia and the Pacific.

Stephen, P.F. and C. F. Richardson. 1989. "Physical and Chemical Characteristics of Fresh Water Wetland soil." In Hammer, D.A. **Construct Wetlands for Wastewater Treatment : Municipal**, **Industrial and Agricultural**. Michigan: Lewis Publishing, Inc. P.41-72.

Thorndike, E. L. 1968. **Human learning**. New York: Century.

UNESCO. 1978. **Intergovernmental Conferences on Environmental Education Organized by UNESCO in Co – operation with UNEP. Tbilisi (USSR).** 14 – 16 October 1977 Final Report Paris: UNESCO.

_____. 2007. **The Belgrade Charter A Global Framework for Environmental Education** (Online). www.portal.unesco.org/education/en/file_download.php/47f146a292d047189d9b3ea7651a2b98The+Belgrade+Charter.pdf, March 20, 2007.

Vymazala, J. 2009. "The use Constructed Wetlands with Horizontal Sub-surface Flow for Various Types of Wastewater." **Ecological Engineering** (35): 1–17.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ตรวจความถูกต้องของแบบสัมภาษณ์ผู้รู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน และการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดลล้อม

1. ศ.ดร.เกษม จันทร์แก้ว วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ศ.ดร.วิทย์ ธารชลานุกิจ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. รศ.ดร.ไพบูลย์ ประพฤติธรรม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนที่ตรวจความถูกต้องของแผนจัดการเรียนรู้และเอกสารประการเรียนรู้

1. อาจารย์สุภาภรณ์ น้ำผุด ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสามัคคีศึกษา สพท.ตรัง เขต 2
2. อาจารย์ประไพพิมพ์ สถิรนันท์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสามัคคีศึกษา สพท.ตรัง เขต 2
3. อาจารย์มาลี แก้วละเอียด ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบางดีวิทยาคม สพท.ตรัง เขต 2
4. อาจารย์มนตรี ณ นคร ศึกษานิเทศชำนาญการพิเศษ สพท.ตรัง เขต 1
5. อาจารย์สมคิด ดำคง ครูชำนาญการ โรงเรียนกันตังพิทยากร สพท.ตรัง เขต 2
6. อาจารย์มานิตย์ คดีพิศาล ครูชำนาญการ โรงเรียนกันตังพิทยากร สพท.ตรัง เขต 2
7. อาจารย์ภัทรานิษฐ์ การิกาญจน์ ครูชำนาญการ โรงเรียนกันตังพิทยากร สพท.ตรัง เขต 2
8. อาจารย์สมพร ชูแสง ครูชำนาญการ โรงเรียนกันตังพิทยากร สพท.ตรัง เขต 2

ผู้เชี่ยวชาญด้านจัดการเรียนการสอนที่ตรวจความถูกต้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แบบอัตนัยก่อนและหลังการถ่ายทอดและเกณฑ์การให้คะแนนแบบ scoring rubrics

1. อาจารย์สุภาภรณ์ น้ำผุด ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสามัคคีศึกษา สพท.ตรัง เขต 2
2. อาจารย์ประไพพิมพ์ สถิรนันท์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสามัคคีศึกษา สพท.ตรัง เขต 2
3. อาจารย์มาลี แก้วละเอียด ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบางดีวิทยาคม สพท.ตรัง เขต 2
4. อาจารย์มนตรี ณ นคร ศึกษานิเทศชำนาญการพิเศษ สพท.ตรัง เขต 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

แบบสำรวจหาผู้รู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสำรวจหาผู้รู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน

โครงการวิทยานิพนธ์ เรื่อง กระบวนการถ่ายทอดเพื่อประสิทธิภาพการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน

บันทึกการสัมภาษณ์

วันที่สัมภาษณ์.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

บันทึกการสังเกต.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

1. ชื่อ-สกุล.....เพศ.....อายุ.....ปี อาชีพ.....
2. ที่อยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
3. ระดับการศึกษา.....เชื้อชาติ.....สัญชาติ.....ศาสนา.....
4. ตำแหน่งทางสังคม.....ระยะเวลาที่รับตำแหน่ง.....ปี
5. ระยะเวลาที่ทำงานร่วมกับชุมชน.....ปี

<u>ตอนที่ 2</u> แนวคำถามหาผู้รู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน

ในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง มีใครบ้างที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียแก่คนในชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่	ผู้รู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน	ที่อยู่
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....
	ชื่อ-สกุล..... อาชีพ..... ตำแหน่งทางสังคม..... ระยะเวลาที่อาศัย/เกี่ยวข้องกับชุมชน.....ปี	.... โทร.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน
ตามกรอบของเทคนิคทางสิ่งแวดล้อมจากผู้รู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสัมภาษณ์ผู้รู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน

บันทึกการสัมภาษณ์

วันที่สัมภาษณ์.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

1. ชื่อ-สกุล.....เพศ.....อายุ.....ปี อาชีพ.....
2. ที่อยู่เลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
3. ท่านได้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียแก่คนในชุมชนอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 แนวคำถามหาองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้

ประเด็นที่ 1 คุณค่าทางนิเวศ (ecological value) เพื่อให้ทราบถึงบทบาทหน้าที่ โครงสร้าง/องค์ประกอบ และกลไกการฟอกตัวเองของน้ำและน้ำเสียในชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียน มีแนวคำถาม ดังนี้

บทบาทหน้าที่ของน้ำ

1. น้ำจากแหล่งต่างๆ ในชุมชนของท่านมีประโยชน์ในด้านใดบ้าง

โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำ

1. น้ำดี (น้ำที่ไม่เสีย) มีลักษณะอย่างไร
2. น้ำเสียมีลักษณะอย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการของน้ำเสียและกลไกการฟอกตัวเองของน้ำ

1. น้ำเสียชุมชนตามความเข้าใจของท่านหมายถึงอะไร

2 น้ำเสียชุมชนมาจากแหล่งใดบ้าง

3. ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนมีอะไรบ้าง

4. น้ำเสียจากแหล่งต่างๆ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้น้ำในแหล่งน้ำเสียทุกกรณีหรือไม่ เพราะเหตุใด

ประเด็นที่ 2 กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (law of change) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบหรือบทบาทหน้าที่ของน้ำในแม่น้ำปะเหลียนทั้งที่ส่งผลและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน มีแนวคำถาม ดังนี้

1. ในรอบปีน้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง
2. การเปลี่ยนแปลงในลักษณะใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน
3. การเปลี่ยนแปลงในลักษณะใดบ้างที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน

ประเด็นที่ 3 เทคนิคการบำบัด/กำจัด (recovery techniques) เทคนิคหรือวิธีการที่ช่วยบำบัดให้น้ำเสียชุมชนบริเวณแม่น้ำปะเหลียนมีบทบาทหน้าที่เป็นปกติ มีแนวคำถาม ดังนี้

1. น้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชนของท่านมีวิธีการบำบัดอย่างไรบ้าง

ประเด็นที่ 4 การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (auditing on sustainability) วิธีการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนจากการใช้เทคนิคการบำบัดหรือการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำปะเหลียน

1. วิธีการตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำปะเหลียนมีวิธีการอย่างไรบ้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์ข้อมูลองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ได้จากผู้รู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางวิเคราะห์ข้อมูลองค์ความรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชนจากผู้รู้

คุณค่าทางนิเวศ (ecological values)

คนที่	บทบาทหน้าที่ของน้ำ	โครงสร้างของน้ำ		การเกิดน้ำเสียในชุมชน				
		น้ำดี	น้ำเสีย	ความหมายของน้ำเสียชุมชน	แหล่งกำเนิดธรรมชาติ	แหล่งกำเนิดจากมนุษย์	ผลกระทบของน้ำเสีย	กลไกการฟื้นคืนของน้ำ

กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (law of change)

คนที่	เหตุการณ์ที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงด้านบทบาทหน้าที่ของน้ำ		เหตุการณ์ที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำ	
	ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทคนิคการบำบัด (recovery techniques)

คนที่	เทคนิคการบำบัดโดยธรรมชาติ	เทคนิคการบำบัดโดยเทคโนโลยี

การตรวจสอบเพื่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (auditing on sustainability)

คนที่	การสังเกต	วิธีทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามข้อมูลนักเรียนรายบุคคล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม
ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)
โรงเรียนกันตังพิทยากร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรังเขต 2
ที่เข้าร่วมในค่ายวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบสอบถามประกอบด้วยข้อคำถาม 16 ข้อ
2. ข้อมูลที่นักเรียนให้ในครั้งนี้ ไม่มีผลใดๆ กับคะแนนและผลการเรียนในชั้นเรียน
3. ข้อมูลที่ได้นี้ใช้เพื่อประกอบในการวิจัยเท่านั้น
4. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงและตอบคำถามให้ครบทุกข้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน

1. ชื่อ-สกุล.....อายุ.....ปี
2. ชั้น ☐ ม.1 ☐ ม.2 ☐ ม.3
3. เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย
4. เกรดเฉลี่ยที่ผ่านมา (GPA).....(เฉลี่ยตั้งแต่ภาคการศึกษาแรกเข้าถึงภาคการศึกษา 2550)

ตอนที่ 2 ข้อมูลภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน

5. สถานภาพของบิดา-มารดา

☐ บิดาและมารดาอยู่ด้วยกัน ☐ บิดาเสียชีวิต
☐ บิดาและมารดาแยกกันอยู่โดยมิได้หย่าร้าง ☐ มารดาเสียชีวิต
☐ บิดาและมารดาหย่าร้างกัน ☐ บิดาและมารดาเสียชีวิต

6. บุคคลที่เป็นผู้ปกครองของนักเรียน

☐ บิดาและมารดา ☐ บิดา ☐ มารดา
☐ ปู่และย่า ☐ ปู่ ☐ ย่า
☐ ตาและยาย ☐ ตา ☐ ยาย
☐ ญาติพี่น้อง (ระบุความสัมพันธ์).....
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

7. อาชีพผู้ปกครองของนักเรียนในปัจจุบัน

7.1 อาชีพหลัก

☐ ประมง โปรดระบุบุคคล.....
☐ สวนยางพารา โปรดระบุบุคคล.....
☐ สวนปาล์มน้ำมัน โปรดระบุบุคคล.....
☐ นากุ้ง โปรดระบุบุคคล.....
☐ ค้าขาย โปรดระบุบุคคล.....
☐ รับราชการ (ระบุประเภท)..... โปรดระบุบุคคล.....
☐ ก่อสร้าง โปรดระบุบุคคล.....
☐ รับจ้าง โปรดระบุบุคคล.....
☐ ลูกจ้างบริษัทเอกชน โปรดระบุบุคคล.....
☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... โปรดระบุบุคคล.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 อาชีพรอง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ประมง โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ สวนยางพารา โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ สวนปาล์มน้ำมัน โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ นากุ้ง โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ค้าขาย โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ รับราชการ (ระบุประเภท)..... โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ก่อสร้าง โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ รับจ้าง โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ลูกจ้างบริษัทเอกชน โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... โปรดระบุบุคคล.....

8. ระดับการศึกสูงสุดผู้ปกครองของนักเรียน

- ☐ ต่ำกว่าชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 3 โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือ ปวช. โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ อนุปริญญา หรือ ปวส. โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ ปริญญาตรี โปรดระบุบุคคล.....
- ☐ สูงกว่าปริญญาตรี โปรดระบุ..... โปรดระบุบุคคล.....

9. รายได้รวมครอบครัวของนักเรียน (บาทต่อเดือน)

- ☐ 5,000 หรือน้อยกว่า
- ☐ 5,001 – 10,000
- ☐ 10,001 – 15,000
- ☐ 15,001 – 20,000
- ☐ 20,001 – 25,000
- ☐ 25,001 – 30,000
- ☐ 30,001 – 35,000
- ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. ผู้ปกครองของนักเรียนมีตำแหน่งทางสังคมในชุมชนหรือไม่

☐ ไม่มี

☐ มี (โปรดระบุตำแหน่งทางสังคมในชุมชน).

☐ กำนัน ☐ ผู้ใหญ่บ้าน

☐ นายก อบต. ☐ สมาชิก อบต.

☐ อ.ส.ม. ☐ สมาชิกสภาเทศบาล

☐ คณะกรรมการหมู่บ้าน โปรดระบุชื่อชุดคณะกรรมการ.....

.....

.....

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

.....

<u>ตอนที่ 3 ข้อมูลประสบการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน</u>

11. **<u>ครอบครัวของนักเรียน</u>**มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญๆ ในชุมชนบ้างหรือไม่

☐ ไม่มี

☐ มี (โปรดระบุทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้และบอกลักษณะการใช้ประโยชน์)

.....

.....

12. **<u>ครอบครัวของนักเรียน</u>**เคยเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนบ้างหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุกิจกรรมสิ่งแวดล้อมที่เข้าร่วมในชุมชน).....

.....

.....

13. นักเรียนเคยเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์**<u>ที่โรงเรียนจัดขึ้นมาก่อน</u>**ที่จะเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ “รักษ์แม่น้ำปะเหลียน” ครั้งนี้หรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุชื่อกิจกรรมสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่เคยเข้าร่วม).....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14. นักเรียนเคยเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อม**ที่หน่วยงานนอกโรงเรียนจัดขึ้นมาก่อน**ที่จะเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้หรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุชื่อกิจกรรมสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่เคยเข้าร่วม).....

.....

.....

15. ก่อนที่จะเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ **"รักษ์แม่น้ำปะเหลียน"** นักเรียนเคยได้เรียนรู้เกี่ยวกับ **"น้ำเสียชุมชน"** ในชั้นเรียนมาก่อนหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย เนื้อหาที่เรียน คือ.....

.....

.....

16. บุคคลในครอบครัวเคยถ่ายทอดความรู้สิ่งแวดล้อมในเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้แก่นักเรียนบ้างหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย ความรู้สิ่งแวดล้อมที่นักเรียนได้รับ คือ.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

แผนจัดการเรียนรู้และเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1
“ธรรมชาติของน้ำและน้ำเสีย”

สาระสำคัญ

น้ำมีความสำคัญต่อพืชและสัตว์เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การขาดน้ำจะทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงอยู่ได้และถ้าขาดน้ำอย่างรุนแรงก็จะตายในที่สุด บทบาทหน้าที่ของน้ำในสิ่งแวดล้อมมีหลายบทบาท บทบาทหน้าที่สำคัญ ได้แก่ อุปโภค บริโภค การเกษตร การประมง ที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ พักผ่อนหย่อนใจ และน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีในการชะล้างสิ่งสกปรกทั้งหลาย

น้ำจะแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติจะต้องมีองค์ประกอบ/โครงสร้างต่างๆ อย่างสมดุล ทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ภายใต้ความสามารถในฟอกตัวเองได้ (self purification) ในธรรมชาติจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกทั้งหลาย เพื่อคงไว้ซึ่งบทบาทหน้าที่ที่ปกติ แต่เมื่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบที่ไม่สามารถฟอกตัวเองโดยกระบวนการธรรมชาติได้ (self purification) ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะชุมชนซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงการแสดงบทบาทหน้าที่ของน้ำที่ไม่ปกติ

ขอบเขตเนื้อหา

1. บทบาทหน้าที่ของน้ำ (function)
2. ผลกระทบ สาเหตุและแหล่งของน้ำเสีย (function)
3. องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย (structure)
4. การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายบทบาทหน้าที่ของน้ำที่มีต่อพืช สัตว์ และการใช้ประโยชน์ของคนในชุมชนได้
2. อธิบายผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อพืช สัตว์ และการใช้ประโยชน์ของคนในชุมชนได้
3. จำแนกโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสียที่สังเกตได้
4. อธิบายการฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ (30 นาที)

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูให้นักเรียนชมภาพเหตุการณ์น้ำเสียที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2550 สนทนาร่วมกันเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และสอบถามนักเรียนว่านักเรียนเคยพบเห็นเหตุการณ์ปัญหาน้ำเสียหรือไม่ พร้อมให้นักเรียนเล่าถึงเหตุการณ์ที่นักเรียนเคยพบเห็น

2. ให้นักเรียนชมวีดิทัศน์ เรื่อง น้ำเสีย หลังจากนั้นกระตุ้นนักเรียนด้วยการถาม-ตอบ เพื่อเป็นแนวทางในการหาคำตอบในขั้นกิจกรรม ดังนี้

- บทบาทหน้าที่ของน้ำมีอะไรบ้าง
- น้ำเสียมีองค์ประกอบ/โครงสร้างอะไรบ้าง
- น้ำเสียกับน้ำไม่เสีย (น้ำดี) มีองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างไร
- เมื่อน้ำมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก จะทำให้น้ำเสียทุกครั้งหรือไม่ เพราะอะไร
- ผลกระทบ สาเหตุ และแหล่งกำเนิดน้ำเสียมีอะไรบ้าง

3. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการเรียนแก่นักเรียน

ขั้นกิจกรรม (180 นาที)

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม

2. ครูจัดเตรียมฐานการเรียนรู้ 4 ฐาน เพื่อศึกษาโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านกายภาพของน้ำตัวอย่าง ดังนี้

ฐานที่ 1 น้ำดื่มบรรจุขวด
ฐานที่ 2 น้ำจากแม่น้ำปะเหลียน
ฐานที่ 3 น้ำจากท่อระบายน้ำในชุมชน
ฐานที่ 4 น้ำจากการซักเสื้อผ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจับฉลากเพื่อเริ่มต้นการศึกษาฐานการเรียนรู้ตามใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง/องค์ประกอบด้านกายภาพของน้ำและน้ำเสีย แต่ละกลุ่มให้นักเรียนสังเกตโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำทีละคน บันทึกผลการสังเกต และเปลี่ยนฐานการเรียนรู้จนครบทั้ง 4 ฐาน

4. ให้นักเรียนแต่กลุ่มอ่านความรู้เพิ่มเติมในใบความรู้ที่ 1 เรื่อง บทบาทหน้าที่และโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย ร่วมกันอภิปรายซักถาม

5. ทดสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนโดยการตอบคำถามลงในแบบทดสอบที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย

6. ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามว่า “เมื่อน้ำมีการปนเปื้อนตามลักษณะโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำในฐานที่ 3 และฐานที่ 4 ข้างต้น น้ำจะมีการฟอกตัวเองหรือไม่อย่างไร

7. ครูจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อศึกษาการฟอกตัวเองของน้ำตัวอย่างที่กำหนดให้โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย ดังนี้

- บีกเกอร์ที่ 1 น้ำที่เพิ่งผ่านการล้างจาน จำนวน 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ที่ 2 น้ำล้างจานที่ตั้งทิ้งไว้ 2 วัน จำนวน 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ที่ 3 น้ำล้างจานที่ตั้งทิ้งไว้ 4 วัน จำนวน 250 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ที่ 4 น้ำที่ตักจากแม่น้ำปะเหลียน จำนวน 250 มิลลิลิตร

8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่กำหนดให้ตามใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ และแต่ละบีกเกอร์ให้สังเกต 3 ด้าน ได้แก่ สี กลิ่น และสิ่งเจือปน โดยให้สังเกตทีละคนและบันทึกผลการสังเกต

9. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านความรู้เพิ่มเติมในใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ ร่วมกันอภิปรายและซักถาม

10. ทดสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนโดยการตอบคำถามลงในแบบทดสอบที่ 2 เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นสรุป (15 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเพื่อให้ได้แนวคิด ดังต่อไปนี้

- บทบาทหน้าที่ของน้ำ
- สาเหตุ ผลกระทบและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย
- องค์ประกอบ/โครงสร้างของน้ำและน้ำเสีย
- การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ

สื่อการเรียนการสอน

1. วัสดุ อุปกรณ์

- ภาพเหตุการณ์น้ำเสีย
- วีดิทัศน์ เรื่อง ความสำคัญและปัญหาน้ำเสีย
- ชุดอุปกรณ์การสังเกตโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำ 4 ฐาน
- ชุดอุปกรณ์การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำเสีย 4 ชุด

2. เอกสาร

- ใบความรู้ - ใบกิจกรรม
- แบบบันทึกกิจกรรม

การวัดและประเมินผล

1. ทดสอบหลังทำกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1
เรื่อง โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย

จุดประสงค์

1. บอกลักษณะของน้ำและน้ำเสียที่สังเกตได้
2. บอกความแตกต่างของน้ำดีและน้ำเสียได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำที่กำหนดให้ในแต่ฐาน โดยให้สังเกตทีละคน

2. การสังเกตโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำที่กำหนดให้สังเกต 3 ด้าน ได้แก่ กลิ่น สี และสิ่งเจือปน พร้อมบันทึกผลการสังเกต ลงในแบบบันทึกผล

3. ให้แต่ละกลุ่มเปลี่ยนฐานการเรียนจนครบทั้ง 4 ฐาน โดยให้หมุนตามเข็มนาฬิกา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบบันทึกการทำกิจกรรมที่ 1</u>

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

ผลการสังเกต

ตัวอย่างน้ำที่สังเกต	สิ่งที่สังเกต		
	กลิ่น	สี	สิ่งเจือปน
<u>ฐานที่ 1</u> น้ำดื่มบรรจุขวด	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
<u>ฐานที่ 2</u> น้ำจากแม่น้ำปะเหลียน	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
<u>ฐานที่ 3</u> น้ำจากท่อระบายน้ำในชุมชน	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
<u>ฐานที่ 4</u> น้ำจากการซักเสื้อผ้า	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 2
เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ

จุดประสงค์

1. อธิบายการฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำในด้าน 3 ด้าน คือ กลิ่น สี และสิ่งเจือปนที่กำหนดให้ในบีกเกอร์ที่ 1 – บีกเกอร์ที่ 3 โดยให้สังเกตทีละคน พร้อมบันทึกการสังเกตลงในแบบบันทึกผล

2. ให้นักเรียนผสมน้ำในบีกเกอร์ที่ 3 จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่ 4 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของ กลิ่น สี และสิ่งเจือปน บันทึกลงในแบบบันทึกผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบบันทึกการทำกิจกรรมที่ 2</u>

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

ผลการสังเกต

ตัวอย่างน้ำ ที่สังเกต	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้		
	กลิ่น	สี	สิ่งเจือปน
น้ำที่เพิ่งผ่านการล้างจานใหม่ๆ	....	....	....
น้ำล้างจานที่ทิ้งไว้ 1 วัน	....	....	....
น้ำล้างจานที่ทิ้งไว้ 4 วัน	....	....	....
น้ำที่ผสมระหว่างบีกเกอร์ที่ 3 กับบีกเกอร์ที่ 4	....	....	....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 1
เรื่อง บทบาทหน้าที่และโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย

1. บทบาทหน้าที่ของน้ำ

พื้นผิวโลกที่เราอยู่อาศัยในปัจจุบันประกอบด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยมีพื้นน้ำถึง 3 ใน 4 ส่วนของพื้นผิวโลก แม้ว่าจะมีพื้นน้ำมากกว่าพื้นดินก็ตาม แต่ปริมาณของน้ำที่เราสามารถนำมาใช้ได้มีอยู่ประมาณ ร้อยละ 0.14 เท่านั้น ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเค็มหรือน้ำทะเล ประมาณร้อยละ 97.41 น้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งของมวลมนุษย์และทุกชีวิตในโลก ทั้งสัตว์ พืช และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่เรามองไม่เห็น ซึ่งถ้าพืชขาดน้ำก็จะแห้งเหี่ยวและเฉาตายในที่สุด และมนุษย์เราก็ต้องใช้น้ำในชีวิตประจำวันตลอดเวลาตั้งแต่ตื่นนอนจนกระทั่งนอนหลับ สำหรับบทบาทหน้าที่ของน้ำมีหลายบทบาทหน้าที่ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนั้น สามารถสรุปบทบาทหน้าที่ของน้ำโดยทั่วๆ ไป ได้ดังภาพที่ 1

น้ำ

บทบาทหน้าที่

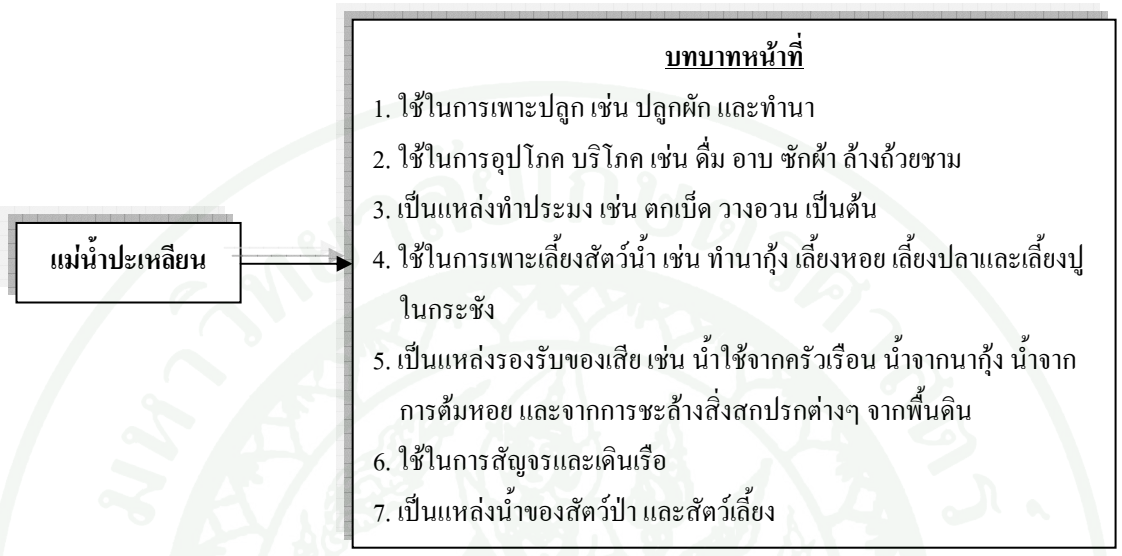
1. ใช้ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น ดื่ม อาบ ซักผ้า ล้างจาน เป็นต้น
2. ใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกายมนุษย์ เช่น หล่อเลี้ยงร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเลือด ขับถ่ายของเสีย และถ่ายเทความร้อน เป็นต้น
3. ใช้ในการเจริญเติบโตของพืช เช่น เป็นตัวละลายธาตุอาหารในการดูดซึมของพืช และสังเคราะห์แสง
4. เป็นแหล่งอาหารและแหล่งน้ำของสัตว์ต่างๆ
5. เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ
6. เป็นแหล่งประกอบอาชีพ เช่น ทำประมง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น
7. เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ กีฬา และนันทนาการ

ภาพที่ 1 บทบาทหน้าที่ของน้ำ

จังหวัดตรังมีทั้งแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเล แม่น้ำสายสำคัญมี 2 สาย ได้แก่ แม่น้ำตรังและแม่น้ำปะเหลียน แม่น้ำปะเหลียนมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาบรรทัดและไหลลงสู่ทะเลฝั่งอันดามัน มีความยาวประมาณ 58 กิโลเมตร ตลอดริมแม่น้ำเป็นที่ตั้งของชุมชนหลายชุมชน ได้แก่ เทศบาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ย่านตาขาว บ้านท่าได บ้านหินคอกควาย บ้านท่าเรือ บ้านแหลม และบ้านปากปรนตก เป็นต้น บทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียน สรุปได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บทบาทหน้าที่ของแม่น้ำปะเหลียน

น้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งถ้าสิ่งมีชีวิตต่างๆ ขาดน้ำจะทำให้ไม่เจริญเติบโตและตายในที่สุด นอกจากนี้น้ำยังช่วยให้มีความชุ่มชื้นในสิ่งแวดล้อม และเป็นตัวทำละลาย ชะล้างสิ่งต่างๆ อีกด้วย สำหรับบทบาทหน้าที่ของน้ำมีมากมาย ขึ้นอยู่กับพื้นที่หรือสภาพแวดล้อม ตราบใดก็ตามถ้าน้ำยังแสดงบทบาทหน้าที่ในพื้นที่นั้นๆ เหมือนกับอดีตที่ผ่านมาและต่อเนื่อง ก็จะไม่เกิดผลกระทบหรือปัญหาของน้ำต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลกระทบ สาเหตุและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย

ปัญหาน้ำเสียได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้นๆ โดยเฉพาะพืชและสัตว์ ทั้งนี้ ปัญหาน้ำเสียจะไม่มีผลใดๆ เลย ถ้าไม่สร้างความเดือดร้อนแก่มนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้น ความเดือดร้อนของมนุษย์จะเป็นสิ่งบ่งบอกถึงความสำคัญของปัญหาน้ำเสีย

ภาพที่ 3 ปลาเลี้ยงในกระชังตายในแม่น้ำเจ้าพระยา

เหตุการณ์ปัญหาน้ำเสียที่ส่งผลกระทบ และสร้างความเดือดร้อนแก่ชุมชนมีหลายเหตุการณ์ เช่น กรณีปัญหาน้ำเสียในแม่น้ำเจ้าพระยา ปี 2550 ทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังบริเวณจังหวัดอ่างทอง และจังหวัดพระนครศรีอยุธยาตายจำนวนมาก (ภาพที่ 3) เนื่องมาจากการปล่อยน้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนเรือบรรทุกน้ำตาลทราย ล่มกลางแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณจังหวัดอ่างทอง

นอกจากนี้ ผลกระทบของปัญหาน้ำเสียยังส่งผลต่อสุขภาพประชาชน ได้แก่ กลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคต่างๆ รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์อย่างปกติทั้งบริโภคและอุปโภค ตลอดจนสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะปลาไม่สามารถอาศัยอยู่ได้หรือตายในที่สุด

สำหรับแม่น้ำปะเหลียนผลกระทบจากปัญหาน้ำเสียที่มีอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ หอย ปลาและปูที่เลี้ยงในกระชังตาย อีกทั้งมีอาการคันและมีผดผื่นขึ้นตามร่างกายของชาวบ้านเมื่อลงเล่นน้ำหรือประกอบอาชีพประมง ตลอดจนน้ำมีกลิ่นเหม็นบริเวณชุมชนที่ตั้งอยู่ริมชายฝั่ง สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังกล่าวยังระบุไม่ได้ชัดเจน แต่จากการสอบถามชาวบ้านในพื้นที่ระบุว่า เกิดมาจากการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยาง น้ำเสียจากบ้านเรือน น้ำเสียจากนากุ้ง และการชะล้างสารเคมีจากพื้นที่เกษตรรอบๆแหล่งน้ำ จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปแหล่งกำเนิดน้ำเสียได้ 3 แหล่ง คือ จากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชนหรือบ้านอยู่อาศัย และเกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสำรวจแหล่งน้ำเสียบริเวณแม่น้ำปะเหลียน พบว่า แหล่งที่สามารถก่อให้เกิดน้ำเสียประกอบด้วย

1. น้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำในครัวเรือนจากชุมชนขนาดเล็ก ได้แก่ น้ำอาบ ซักผ้า ล้างจาน และส้วม

2. น้ำเสียที่ใช้ในครัวเรือนจากชุมชนเทศบาลย่านตาขาว ได้แก่ น้ำอาบ ซักผ้า ล้างจาน และส้วม

3. น้ำเสียจากกิจกรรมหรือธุรกิจ ร้านค้า ขนาดเล็ก ได้แก่ ตลาดสด ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ เป็นต้น

4. น้ำเสียจากการต้มหอย

5. น้ำเสียจากขยะในชุมชน

6. น้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ น้ำเสียจากนากุ้ง

7. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยาง

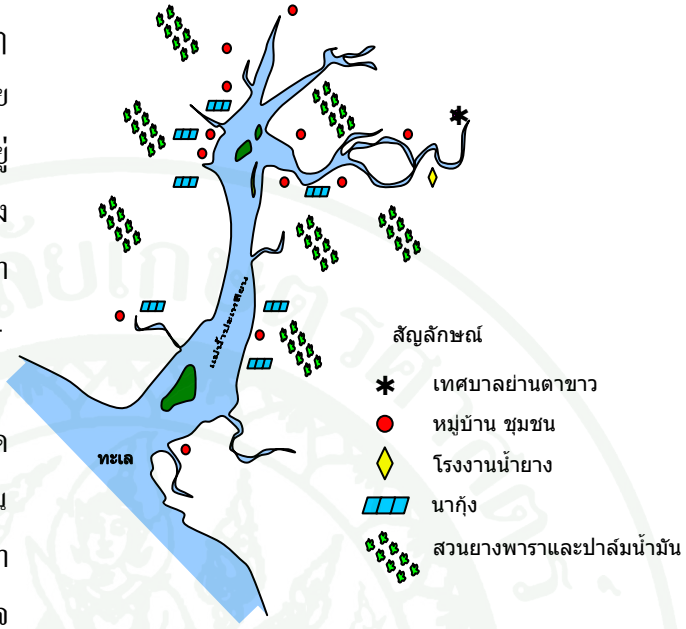
8. น้ำเสียจากการขุดลอกคลองในพื้นที่ป่าชายเลน

9. น้ำเสียจากการชะล้างสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยจากพื้นที่เกษตร ได้แก่ สวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน และแปลงผักต่างๆ

10. น้ำเสียจากการชะล้างสิ่งสกปรก ตะกอนดิน และปริมาณน้ำจืดที่มากเกิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แหล่งน้ำเสียทั้งหมดนี้เป็นแหล่งน้ำเสียที่ไหลลงสู่แม่น้ำปะเหลียน ถึงแม้จะไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ปลาเลี้ยงในกระชังตาย แต่กิจกรรมต่างๆ ดังกล่าวก็เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย ซึ่งผลกระทบจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แหล่งกำเนิดน้ำเสียบริเวณแม่น้ำปะเหลียนสามารถแสดงได้ ดังภาพที่ 4



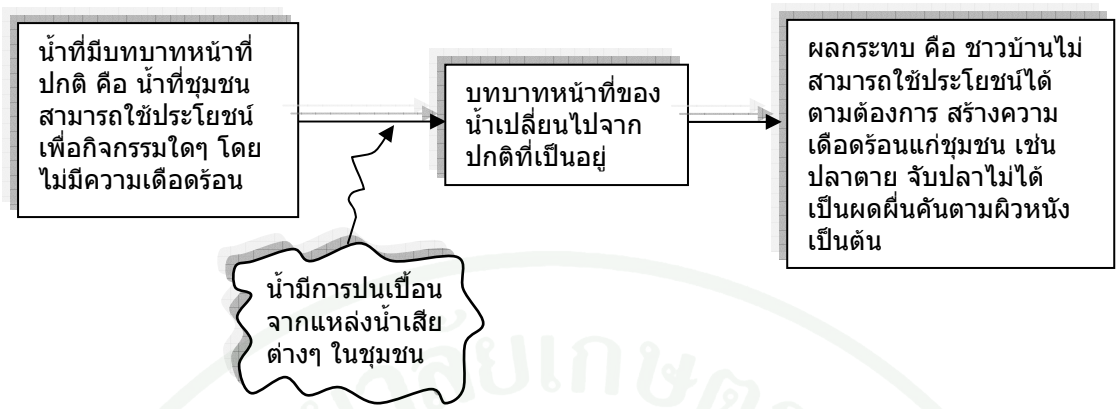
ภาพที่ 4 ที่ตั้งของแหล่งกำเนิดน้ำเสียบริเวณแม่น้ำปะเหลียน

น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ เช่น การซักล้าง การประกอบอาหาร ห้องน้ำห้องส้วม รวมทั้งน้ำเสียที่เกิดจากธุรกิจร้านค้า ต่างๆ ภายในชุมชน โดยไม่รวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และแหล่งเกษตรกรรม

สำหรับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำเสียของชาวบ้านรอบๆ แม่น้ำปะเหลียน กล่าวว่า น้ำเสีย คือ น้ำที่ชุมชนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำที่ทำให้ปลาตายทั้งปลาเลี้ยงและปลาในธรรมชาติ น้ำที่มีกลิ่นเหม็น น้ำที่มีสีดำ น้ำที่เป็นเหตุให้เกิดอาการคันตามผิวหนัง และน้ำที่ชาวประมงไม่สามารถหาปลาได้

สรุปได้ว่า น้ำเสียชุมชน คือ น้ำที่มีแหล่งกำเนิดจากการใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชน โดยไม่รวมถึงน้ำเสียจากโรงงาน และน้ำเสียเกษตรกรรม ส่วนน้ำเสีย คือ น้ำที่เปลี่ยนบทบาทหน้าที่ไปจากปกติหรือเปลี่ยนไปจากที่ควรจะเป็น จนชาวบ้านหรือชุมชนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามที่ต้องการ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดและผลกระทบของน้ำเสีย แสดงได้ดังภาพที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

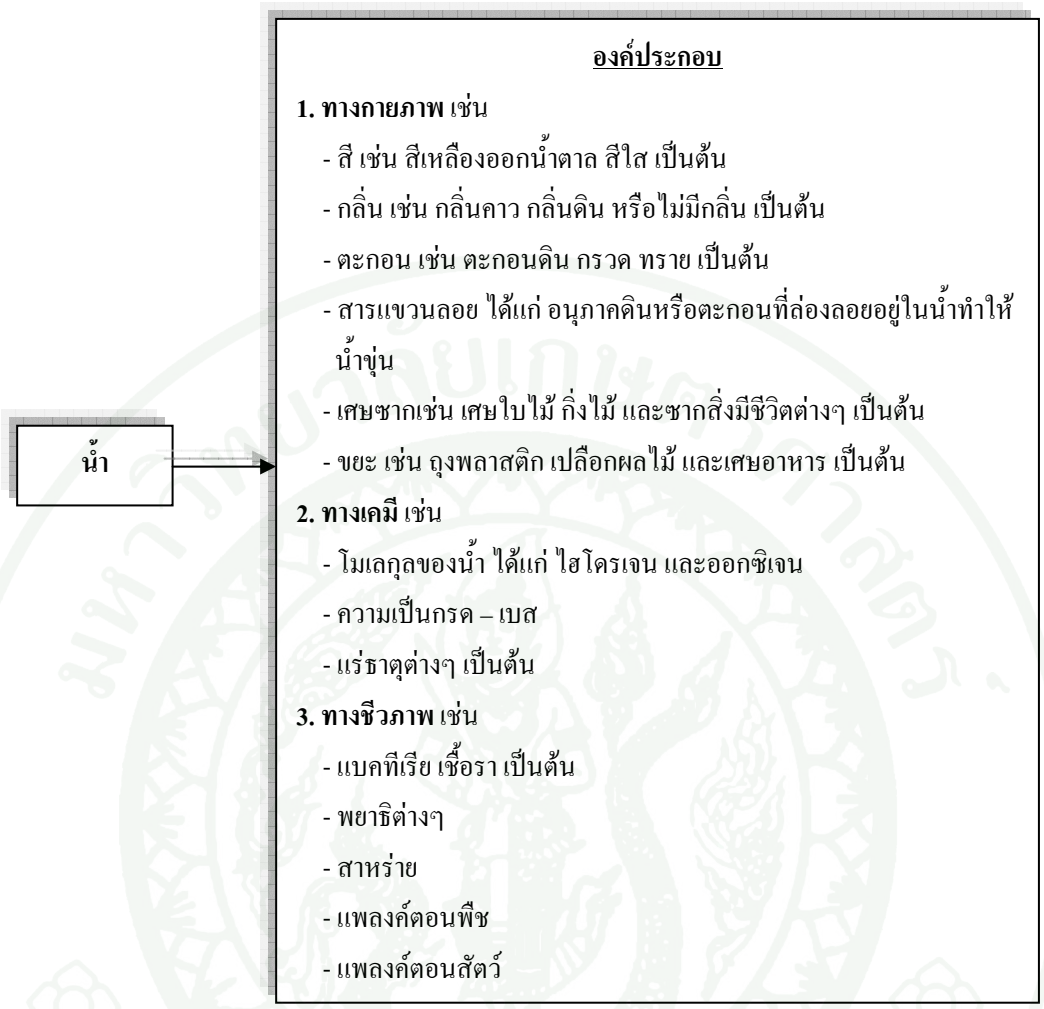


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดน้ำเสียและผลกระทบที่เกิดกับชุมชน

3. องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย

คำว่า “น้ำ” จริงๆ แล้วประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจน และออกซิเจน น้ำ 1 โมเลกุล ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม มีสูตรทางเคมี คือ H_2O แต่ในแหล่งธรรมชาตินอกจากน้ำจะมีองค์ประกอบดังกล่าวนี้แล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกด้วย สามารถแบ่งองค์ประกอบของน้ำได้เป็น 3 ชนิด ดังภาพที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

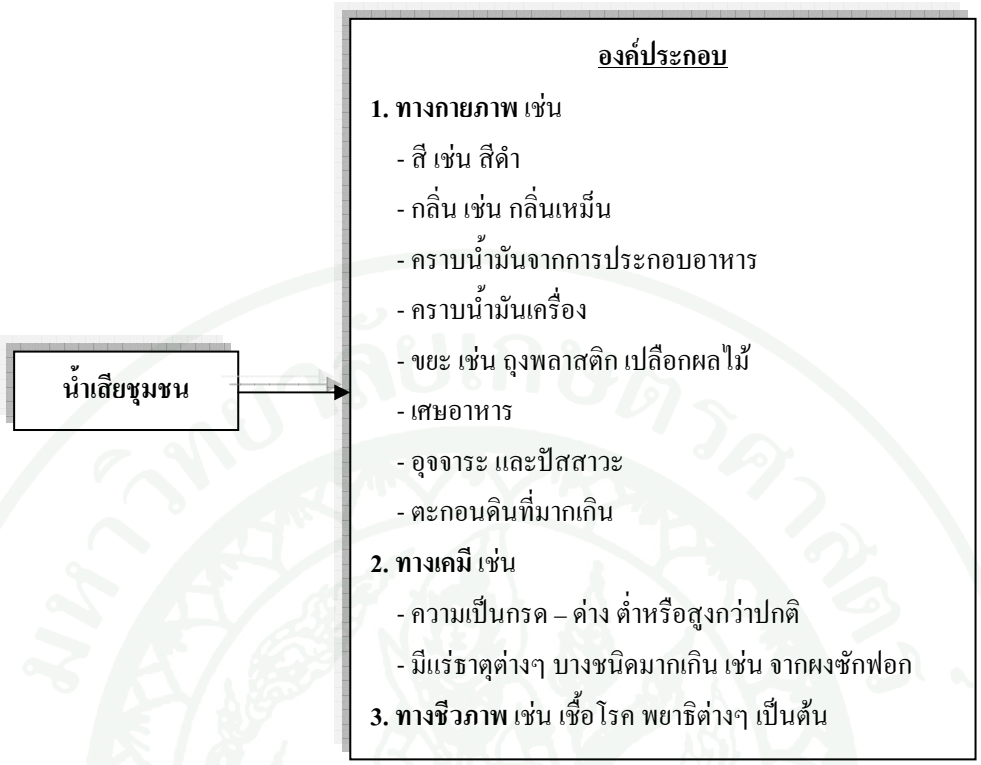


ภาพที่ 6 องค์ประกอบของน้ำทั่วๆ ไป

ในธรรมชาติมีแหล่งน้ำหลายแหล่ง เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง ลำธาร แม่น้ำ ทะเลสาบ ทะเล เป็นต้น น้ำในแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่นั้นๆ หรือขึ้นอยู่กับว่าน้ำในแหล่งนั้นๆ ไหลผ่านพื้นที่ใดบ้าง กล่าวคือ การไหลของน้ำผิวดินจะพัดพาเอาเศษสิ่งต่างๆ บนพื้นดินทั้งที่ละลายได้และละลายไม่ได้ เช่น กรวด ทราย ลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดอนุภาคต่างๆ ผสมอยู่ในน้ำ เกิดเป็นความขุ่น สี และกลิ่น สิ่งเหล่านี้จะทำให้องค์ประกอบของน้ำแต่ละแหล่งแตกต่างกัน

สำหรับน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำที่เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวัน ธุรกิจ และร้านค้าต่างๆ ในชุมชน เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัดจะทำให้น้ำมีองค์ประกอบที่แตกต่างไปจากเดิมทั้งชนิด และปริมาณ โดยน้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบสำคัญๆ ที่แตกต่างไปจากน้ำปกติ ดังภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



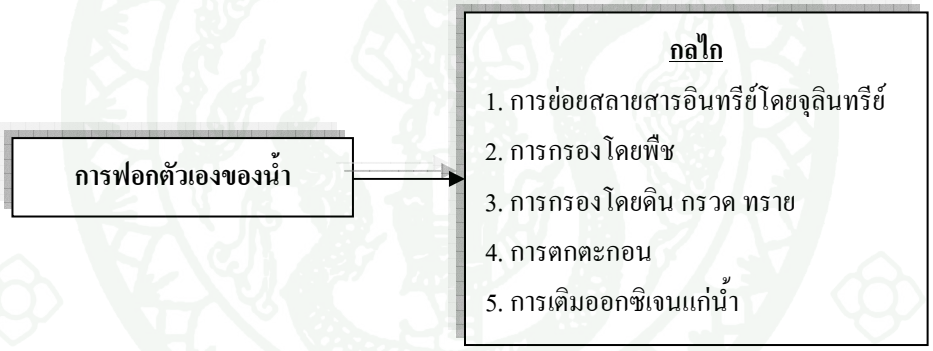
ภาพที่ 7 องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนที่แตกต่างๆ จากน้ำปกติ

องค์ประกอบทางกายภาพของน้ำเสียชุมชนเป็นองค์ประกอบที่สามารถสังเกตได้ง่ายกว่าองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางชีวภาพ เนื่องจากองค์ประกอบทางกายภาพส่วนใหญ่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า แต่องค์ประกอบทางเคมีและชีวภาพจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสังเกต เช่น การทดลอง และกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ที่มีมากเกินทำให้ธรรมชาติไม่สามารถบำบัดตัวเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้น้ำเสีย เช่น มีกลิ่นเหม็น น้ำเป็นพิษ มีสีดำ และเป็นแหล่งเชื้อโรคต่างๆ เป็นต้น และในที่สุดก็สร้างความเดือดร้อนแก่ชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 2
เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ

การชะล้างสิ่งต่างๆ จากพื้นดิน เช่น เศษใบไม้ กิ่งไม้ เศษซากสัตว์ ตะกอนดิน หรือแม้กระทั่งของเสียต่างๆ จากชุมชน เช่น น้ำทิ้งจากห้องครัว ห้องน้ำ ห้องส้วม เศษอาหาร และขยะมูลฝอย ลงสู่แหล่งน้ำ ในธรรมชาติจะมีกระบวนการบำบัด/กำจัดสิ่งเหล่านี้ หรือน้ำมีการการฟอกตัวเองเพื่อให้ตัวเองมีบทบาทหน้าที่อย่างปกติหรือสามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น ใช้อุปโภค บริโภค สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ ไม่ตาย ไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่เป็นพิษ เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของน้ำเสียในธรรมชาติ เรียกว่า **“<u>การฟอกตัวเองของน้ำ</u>”** เพื่อบำบัด/กำจัดสิ่งเหล่านี้ให้หมดไป และสามารถสรุปกลไกเกี่ยวกับการฟอกตัวเองของน้ำได้ ดังภาพที่ 1



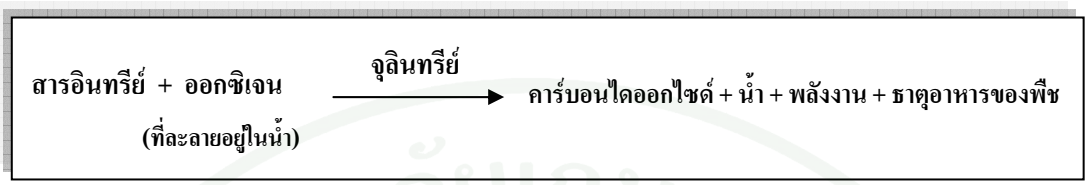
ภาพที่ 1 กระบวนการที่ช่วยในการฟอกตัวเองของน้ำเพื่อให้น้ำสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ

สารอินทรีย์ คือ สิ่งต่างๆ ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เช่น เศษซากพืช ซากสัตว์ อุจจาระ ปัสสาวะ และเศษอาหาร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เมื่อปนเปื้อนในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน การดำรงชีวิตและการเพิ่มจำนวนของตัวเอง หรือพูดง่ายๆ ว่า “สารอินทรีย์” เป็นอาหารของจุลินทรีย์นั่นเอง

จุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญที่ย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อไม่ให้น้ำเสีย โดยจุลินทรีย์จะมีทั้งในน้ำและในดิน แต่การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ถ้าขาดออกซิเจนแล้วจะทำให้การย่อยสารอินทรีย์ไม่สมบูรณ์เกิดกลิ่นเหม็นและน้ำมีสีดำคล้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนอย่างเพียงพอในแหล่งน้ำ เรียกว่า **“<u>การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน</u>”** สรุปได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำอย่างเพียงพอ

เมื่อมีออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่มากพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำนั้นก็จะไม่เกิดการเน่าเสีย แต่เมื่อไรก็ตามที่ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์จนหมด แต่ยังมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอีกจำนวนมาก จุลินทรีย์บางชนิดจะไปดึงเอาออกซิเจนของสารประกอบบางตัวในน้ำมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไป การย่อยสลายสารอินทรีย์ในขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดก๊าซต่างๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น มีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย ทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นและน้ำมีสีดำ จึงเป็นเหตุให้น้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวเน่าเสีย การย่อยสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ลักษณะนี้ เรียกว่า **“<u>การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน</u>”** ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

กายย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์เป็นกระบวนการหลักในการฟอกตัวเองของน้ำเพื่อไม่ให้เกิดการเน่าเสีย แต่สิ่งที่สำคัญคือต้องมีออกซิเจนในน้ำที่เพียงพอ ดังนั้น ในธรรมชาติจึงมีกระบวนเติมออกซิเจนให้กับน้ำ ได้แก่ อากาศแพร่ลงสู่น้ำบริเวณผิวน้ำ การขึ้น-ลงของน้ำทะเล พืชน้ำปล่อยก๊าซออกซิเจนบริเวณรอบราก และออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสง

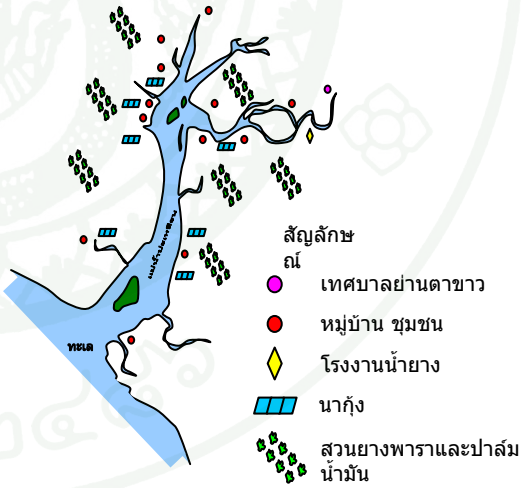
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของแพลงค์ตอนหรือสาหร่าย ทั้งหมดเป็นกระบวนการธรรมชาติที่มีการทดแทนออกซิเจนที่ถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ

นอกจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำแล้ว เมื่อน้ำมีการปนเปื้อนของโคลนหรือตะกอนดินที่ทำให้น้ำขุ่น กระบวนการตกตะกอนก็เป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยในการฟอกตัวเองของน้ำ กล่าว คือ โคลน ตะกอนดิน และสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำจะรวมตัวจับกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนกระทั่งมีน้ำหนักมากขึ้นจึงตกตะกอนนอนก้นยังพื้นท้องน้ำ ทำให้น้ำมีสีใสขึ้น ไม่ขุ่นข้น

การกรองของพืช เช่น รากพืชต่างๆ หรือรากไม้ป่าชายเลนช่วยในการดักตะกอน ขยะ และเศษซากต่างๆ ไม่ให้ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ทำให้ตะกอน ขยะ และเศษซากต่างๆ ตกอยู่บริเวณแนวต้นไม้ ทำให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช พืชก็สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ขณะเดียวกันรากพืชก็ให้ออกซิเจนกับแหล่งน้ำและพื้นดินได้อีกด้วย ซึ่งเป็นกระบวนการเติมออกซิเจนอีกทางหนึ่ง

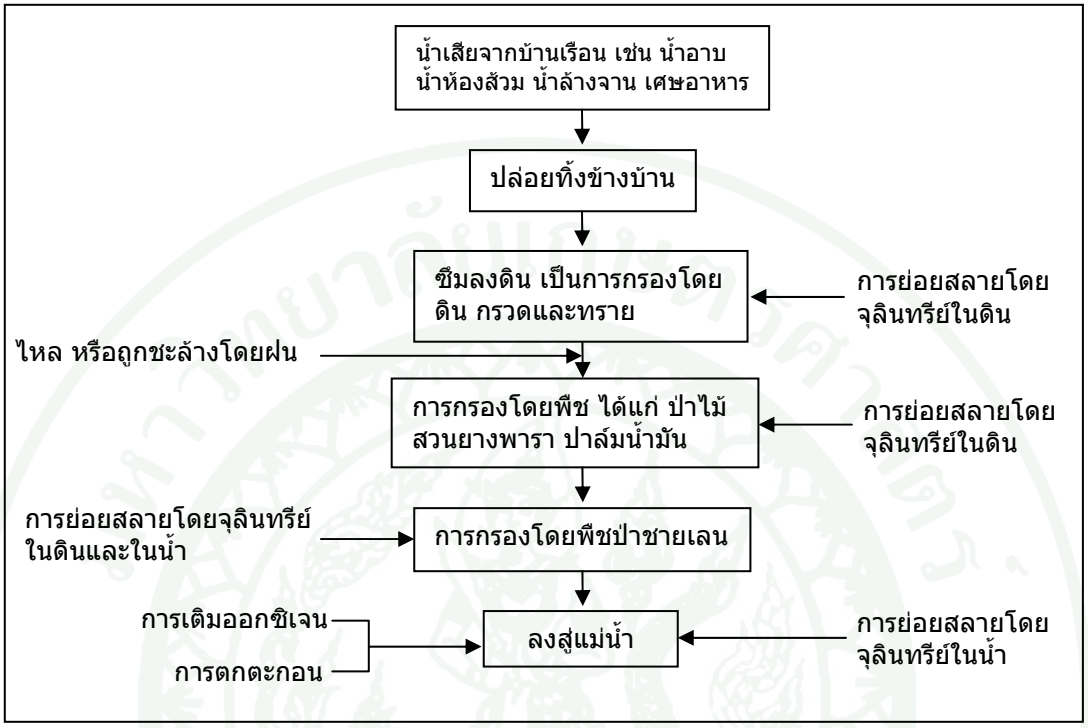
สำหรับการกรองโดยดิน กรวด และทรายก็เช่นเดียวกันเป็นการดักตะกอน ขยะ เศษซากต่างๆ และสารแขวนลอยไม่ให้ไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ทำให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เม็ดกรวด และเม็ดทรายก็เป็นที่อยู่ของออกซิเจน ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการเติมออกซิเจนเช่นเดียวกันเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากภาพที่ 4 แสดงที่ตั้งของแหล่งน้ำเสียบริเวณรอบแม่น้ำปะเหลียนสามารถจำแนกกระบวนการฟอกตัวเองของน้ำที่เกิดจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชนได้ 4 กรณี ดังนี้



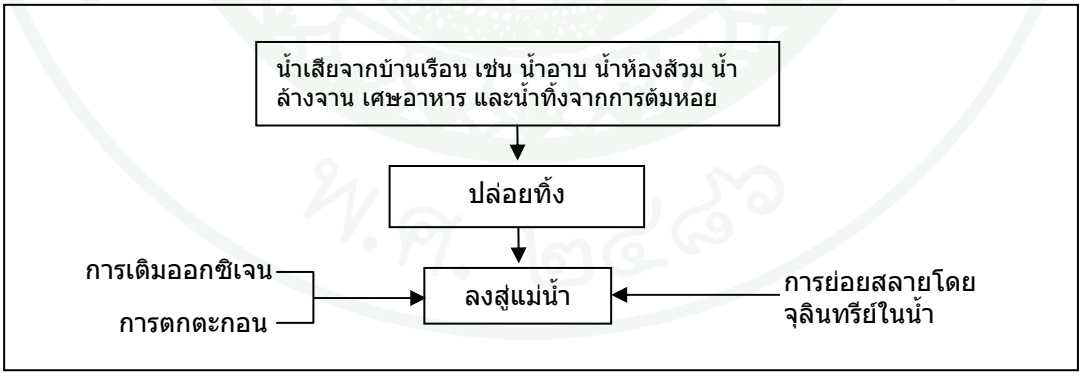
ภาพที่ 4 แสดงที่ตั้งของแหล่งน้ำเสียบริเวณรอบแม่น้ำปะเหลียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีที่ 1 น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำ

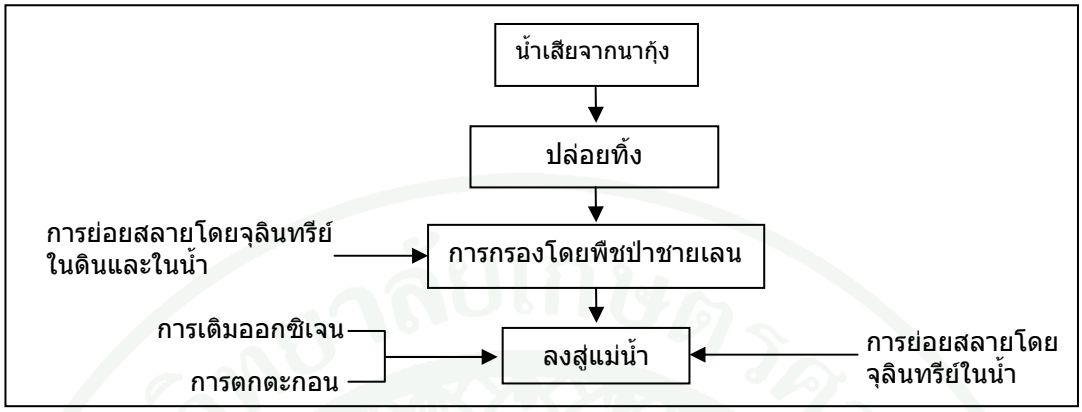


กรณีที่ 2 น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ และกิจกรรมการต้มหอย

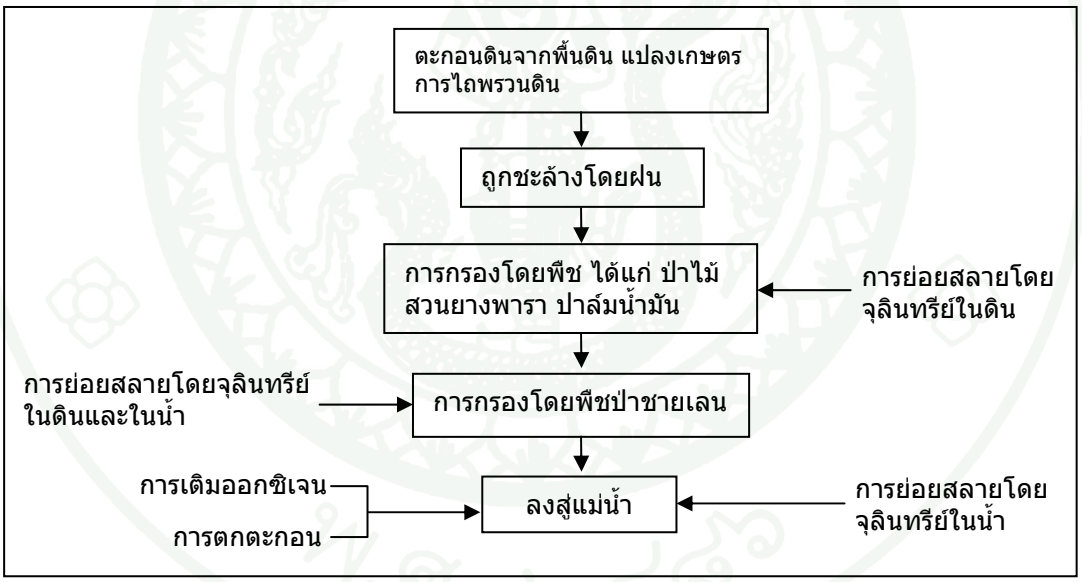


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีที่ 3 น้ำเสียจากนากุ้ง



กรณีที่ 4 น้ำเสียจากการปนเปื้อนดินตะกอน



ดังนั้น กล่าวได้ว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เป็นกระบวนการที่สำคัญยิ่งในการฟอกตัวเองของน้ำเพื่อให้น้ำสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างปกติ แต่จำเป็นจะต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ รวมทั้งมีกระบวนการกรองโดยพืช ดิน และการตกตะกอนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในธรรมชาติจะมีการฟอกตัวเองของน้ำเพื่อไม่ให้น้ำเกิดการเน่าเสีย แต่การเน่าเสียของน้ำที่เป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบันสืบเนื่องมาจากมีปริมาณสารอินทรีย์หรือสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำที่มากเกินไป ทำให้การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและการเติมออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำไม่สมดุลจึงนำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ อย่างที่เราพบเห็นอยู่ในทุกวันนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบทดสอบที่ 1 เรื่อง โครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำและน้ำเสีย</u>

คำสั่ง : จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จากการสังเกตในแต่ละฐานตามกิจกรรมที่ 1 น้ำแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากการสังเกตในแต่ละฐานตามกิจกรรมที่ 1 น้ำชนิดใดบ้างเป็นน้ำดี เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากการสังเกตในแต่ละฐานตามกิจกรรมที่ 1 น้ำชนิดใดบ้างเป็นน้ำเสีย เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบทดสอบที่ 2 เรื่อง การฟอกตัวเองของน้ำในธรรมชาติ</u>

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ลำดับการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ สี กลิ่น และความขุ่นของน้ำเสียจากการล้างจานตั้งแต่วันแรกจนกระทั่งวันที่ 4 และน้ำที่ผสมกันในบีกเกอร์ที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

   - สี

.....

.....

.....

.....

   - กลิ่น

.....

.....

.....

.....

   - สิ่งเจือปน

.....

.....

.....

2. เพราะอะไรน้ำเสียจากการล้างจานจึงมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2
“ความสมดุลของสิ่งแวดล้อมและกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง”

สาระสำคัญ

สิ่งแวดล้อมต่างๆ จะมีความสมดุลของตัวเอง มีองค์ประกอบ/โครงสร้างต่างๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นๆ การเสียสมดุลของสิ่งแวดล้อมเกิดจาก 4 สาเหตุ ได้แก่ การใช้สิ่งแวดล้อมมากเกินไป ภัยธรรมชาติ ขาดการควบคุม และการสืบพันธุ์ที่ผิดปกติ แต่ในธรรมชาติสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (Law of change) ที่ว่า “สิ่งแวดล้อมทุกชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีการฟื้นตัวเองโดยธรรมชาติและ/หรือใช้เทคโนโลยีช่วย” ดังนั้น กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการนำไปใช้เพื่อควบคุมการใช้น้ำของชุมชนอันที่จะป้องกันปัญหาน้ำเสียที่จะเกิดขึ้น

ขอบเขตเนื้อหา

1. ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม
2. กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง (Law of change)
3. การประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมการใช้น้ำ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายสิ่งแวดล้อมในสภาวะสมดุลและเสียสมดุลได้
2. บอกหลักการของกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงได้
3. พิจารณาและระบุระดับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมน้ำเสียในชุมชนได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ (30 นาที)

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูกระตุ้นนักเรียนด้วยการถาม-ตอบ ดังนี้

- สิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจงยกตัวอย่าง

- สิ่งแวดล้อมที่นักเรียนกล่าวถึงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- สิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตามที่นักเรียนตอบข้างต้น ส่งผลกระทบหรือสร้างความเดือดร้อนกับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ หรือไม่ อย่างไร

2. จากคำถามและคำตอบของนักเรียนในข้อ 1 ครูกล่าวนำให้เห็นถึงว่าสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และบางครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีทั้งที่ส่งผลกระทบและไม่ส่งผลกระทบ

3. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเรียนแก่นักเรียน

ขั้นกิจกรรม (180 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม

2. ครูยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทั้งในสภาวะสมดุลและไม่สมดุล และอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังนี้

- จากข้างต้นเราทราบแล้วว่าสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่การเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในภาวะสมดุลหรือไม่ขึ้นอยู่กับบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นว่าสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ที่เป็นปกติได้หรือไม่ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบหรือบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้น ถ้าเป็นการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมให้ดูจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อม แต่ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ให้ดูจากว่าบทบาทหน้าที่เปลี่ยนไปจากปกติหรือเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมแล้วส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ สำหรับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในสภาวะสมดุล หมายถึง เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วส่งผลให้บทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นยังคงเป็นปกติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในสภาวะไม่สมดุล หมายถึง เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วส่งผลให้บทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อมนั้นเปลี่ยนไปจากปกติหรือเปลี่ยนไปจากที่เป็นอยู่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในสภาวะไม่สมดุลโดยส่วนใหญ่ให้ดูจากผลกระทบที่เกิดขึ้นว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ มากน้อยเพียงไร การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในสภาวะสมดุลและไม่สมดุล เช่น ป่าไม้ ประกอบด้วยโครงสร้าง/องค์ประกอบ ได้แก่ ต้นไม้นานาชนิด สัตว์ป่านานาพันธุ์ เป็นต้น อยู่มาวันหนึ่งมีคนไปตัดต้นไม้ออกจำนวนหนึ่ง ในสภาวะการณ์นี้ชี้ให้เห็นถึงว่ามีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นแล้ว คือ ต้นไม้ในป่าแห่งนี้ลดจำนวนลง และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะอยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่ก็ต้องดูว่าบทบาทหน้าที่ของป่าแห่งสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่ายังคงเป็นปกติหรือไม่ถ้าสัตว์ป่ายังอาศัยอยู่ได้ มีจำนวนที่คงที่ ไม่หนีหายไปไหน ก็แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอยู่ในสภาวะสมดุล แต่เมื่อไรที่บทบาทหน้าที่ของป่าสัตว์ป่าไม่สามารถอาศัยอยู่ได้เนื่องจากป่าไม้ถูกทำลายจนไม่มีแหล่งหากินและไม่ปลอดภัยจนสัตว์ป่าหนีหายไปหรือลดจำนวนลง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้แสดงว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในสภาวะไม่สมดุล เป็นต้น

- จากการอธิบายข้างต้นครูกล่าวนำให้เห็นถึงว่าสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและบางครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีทั้งที่ส่งผลกระทบและไม่ส่งผลกระทบ

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิด วิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำในชุมชนของนักเรียน ได้แก่ แม่น้ำปะเหลียนหรือแม่น้ำตรัง ตามใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำของแม่น้ำในรอบปี และเขียนผลการคิดวิเคราะห์ลงในกระดาษบรู๊ฟ

4. ให้นักเรียนแต่ละละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอผลการคิดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำของแม่น้ำในรอบปี และให้นักเรียนนำเสนอจนครบทุกกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำของแม่น้ำปะเหลียนหรือแม่น้ำตรังในรอบปีว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบอย่างไรบ้าง มีบทบาทหน้าที่ปกติหรือไม่และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่สมดุล

6. ให้นักเรียนแต่กลุ่มศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 3 เรื่อง ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม และร่วมกันอภิปราย ซักถาม

7. ครูอธิบายการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมตาม “กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง” และการประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงในการควบคุมการใช้น้ำ

8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 4 เรื่อง กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงและการประยุกต์ใช้ และร่วมกันอภิปราย ซักถาม

9. ทดสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนโดยการตอบคำถามในแบบทดสอบที่ 3 เรื่อง กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง

ขั้นสรุป (15 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเพื่อให้ได้แนวคิด ดังนี้

- ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม
- กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง
- แนวทางการใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมใช้น้ำ

สื่อการเรียนการสอน

1. วัสดุ อุปกรณ์

- กระดาษบรู๊ฟ
- ปากกาเมจิกหลากสี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เอกสาร

- ใบความรู้
- ใบกิจกรรม
- ใบบันทึกกิจกรรม

การวัดและประเมินผล

1. ทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 3
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำของแม่น้ำในรอบปี

จุดประสงค์

1. อธิบายสิ่งแวดล้อมในสภาวะสมดุลและไม่สมดุลได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิด วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำในชุมชนของนักเรียนในรอบปี ได้แก่ แม่น้ำปะเหลียนหรือแม่น้ำตรัง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- สภาพน้ำในรอบปีมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

- การเปลี่ยนแปลงในรอบปีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในด้านโครงสร้าง/องค์ประกอบและบทบาทหน้าที่

- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแต่ละช่วงในรอบปีอยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่สมดุล เพราะอะไร

2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ได้จากการร่วมกันคิด วิเคราะห์ ลงในกระดาษบรู๊ฟ

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอผลที่ได้ร่วมกันคิด วิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 1 แก่นักเรียนกลุ่มอื่นๆ หน้าชั้นเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 3
เรื่อง ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมต่างๆจะมีความสมดุลในตัวเอง กล่าวคือ ทุกสิ่งแวดล้อมจะประกอบด้วยองค์ประกอบที่หลากหลายทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย องค์ประกอบเหล่านี้จะร่วมกันทำงานเพื่อให้ตัวเองสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างเป็นปกติ หรือสามารถให้ประโยชน์ เกื้อกูลและพึ่งพาซึ่งกันและกันโดยไม่เกิดผลกระทบหรือเกิดปัญหา แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบบางตัวทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ธรรมชาติจะมีการรักษา/ฟื้นคืนตัวเอง ให้มีองค์ประกอบที่สามารถทำงานได้อย่างปกติเหมือนเดิม ดังนั้น ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม หมายถึง การร่วมกันทำงานขององค์ประกอบในจำนวนที่พอเหมาะ ทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย รวมทั้งความสามารถที่จะรักษาหรือฟื้นตัวเองจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เพื่อให้สามารถมีบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ ทุกองค์ประกอบอยู่ได้โดยไม่มีผลกระทบหรือเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ความสมดุลของสิ่งแวดล้อม

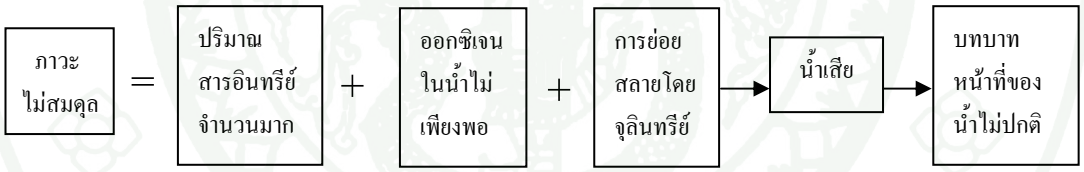
ตัวอย่างความสมดุลของสิ่งแวดล้อม เช่น ป่าไม้ มีองค์ประกอบ ประกอบด้วย สัตว์นานาชนิด พืชต่างๆ ดิน น้ำ เศษซากต่างๆ อากาศ จุลินทรีย์ และแร่ธาตุ เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้จะมีทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายอยู่ในป่าที่แตกต่างกัน แต่จะทำงานร่วมกันอย่างประสานสอดคล้อง แม้ว่าจะมีการตัดไม้ออกไปบ้างแต่จะมีการงอกทดแทน เพื่อให้ป่าสามารถดำรงอยู่ได้และสามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างเป็นปกติ เช่น เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์ ดูดซับน้ำและป้องกันน้ำท่วม และเป็นแหล่งหาของป่า เป็นต้น

มนุษย์จำเป็นจะต้องใช้น้ำเพื่อการดำรงชีวิตรูปแบบต่างๆ ได้แก่ อาบ ดื่ม ประกอบอาหาร ชำระล้างสิ่งต่างๆ ทั้งในครัวเรือน ธุรกิจและร้านค้า ตั้งแต่ตื่นนอนจนกระทั่งเข้านอน น้ำที่ผ่านการใช้จะกลายเป็นน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกมายมาย เช่น อุจจาระ ปัสสาวะ ผงซักฟอก สบู่ น้ำมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการประกอบอาหาร น้ำมันหล่อลื่น เศษอาหาร และขยะ ซึ่งทั้งหมดนี้เรียกว่า“สารอินทรีย์” เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เพื่อใช้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต แต่ปัญหาน้ำเสียที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเกิดมาจากการปล่อยน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนสิ่งเหล่านี้ที่มากเกินกำลังการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งถ้ามีของเสียเหล่านี้ในปริมาณน้อยหรือพอดีกับการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ปัญหาการเน่าเสียของน้ำก็จะไม่เกิด การใช้ประโยชน์ของน้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างปกติโดยไม่สร้างความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ดังนั้น สามารถสรุปภาวะสมดุลและไม่สมดุลของแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนขององค์ประกอบสารอินทรีย์ได้ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3

ภาพที่ 2 ภาวะสมดุลในแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์



ภาพที่ 3 ภาวะไม่สมดุลในแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์

จากความจำเป็นของมนุษย์ที่ต้องใช้น้ำในชีวิตประจำวันและในกิจกรรมต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้น้ำจากกิจกรรมดังกล่าวมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์มากขึ้นเช่นกันซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเสีย การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่กล่าวมานี้เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำที่มีการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ที่เป็นโครงสร้าง/องค์ประกอบของน้ำจากกิจกรรมของมนุษย์ที่นำไปสู่ความสมดุลหรือไม่สมดุลของแหล่งน้ำ

สำหรับแม่น้ำปะเหลียนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำทั้งที่อยู่ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุลโดยมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพของน้ำ มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพที่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ของน้ำอันเนื่องจากธรรมชาติไม่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วยเหตุการณ์ ดังนี้

1.1.1 การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นผลให้สัตว์น้ำในแม่น้ำบางชนิดและที่เลี้ยงในกระชังตาย และการปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้สัตว์น้ำในแม่น้ำบริเวณนั้นลดลง เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วนและการกระจาย จากองค์ประกอบของน้ำเสียที่เป็นพิษและองค์ประกอบอื่นๆ ในน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นและน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.1.2 การที่ฝนตกติดต่อกันหลายวันทำให้ปลาที่เลี้ยงในกระชังตาย เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่มีองค์ประกอบของน้ำจืดมากเกินปกติและมีสิ่งสกปรกต่างๆ รวมทั้งมลสารจากการชะล้างของน้ำฝนลงสู่แม่น้ำ

1.1.3 การจับปลาได้น้อยลงในหน้าแล้งและแดดร้อน เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่มีองค์ประกอบด้านปริมาณน้ำที่น้อย และการมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ออกซิเจน อุณหภูมิ และความเค็ม เป็นต้น

1.1.4 การกองดินจากการขุดลอกคลองบริเวณป่าชายเลนและปิดกั้นการไหลเข้าออกของน้ำทะเลและมีน้ำขังทำให้ต้นไม้บางชนิดบริเวณป่าชายเลนตาย เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพและเคมีของน้ำบริเวณที่มีน้ำขังที่มีองค์ประกอบของออกซิเจน และความเป็นพิษของน้ำไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของต้นไม้บางชนิดบริเวณป่าชายเลน

1.2 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง/องค์ประกอบด้านชีวกายภาพที่ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ของน้ำ อันเนื่องจากกลไกธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วยเหตุการณ์ ดังนี้

1.2.1 น้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำปล่อยลงสู่แม่น้ำและการต่อท่อน้ำทิ้งจากครัวเรือนที่อยู่ริมน้ำให้ยื่นลงไปในแม่น้ำจะไม่ทำให้น้ำเสีย เพราะมีการเจือจางจากปริมาณน้ำในแม่น้ำ เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำในแม่น้ำทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจาย ที่โครงสร้างต่างๆ ของน้ำเสียมีปริมาณน้อยและอยู่ในระดับที่ธรรมชาติสามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำไม่มีการเน่าเสียเพราะมีการซึมลงดินและไหลผ่านต้นไม้ สวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน และป่าชายเลน เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสิ่งแวดล้อมบนบกที่เกิดจากน้ำเสียในครัวเรือนทั้งชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายที่โครงสร้างต่างๆ ของน้ำเสียมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับโครงสร้างอื่นๆ ในธรรมชาติและอยู่ในระดับที่ธรรมชาติสามารฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง

2. การเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของน้ำ มี 4 ลักษณะ ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตได้ ประกอบด้วยเหตุการณ์ ดังนี้

2.1.1 การตายของสัตว์น้ำในแม่น้ำและที่เลี้ยงในกระชังจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น การมีปริมาณน้ำจืดมากในแม่น้ำ

2.1.2 ปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำลดลงในหน้าแล้งที่มีแดดร้อนจัด

2.1.3 ปริมาณสัตว์น้ำในแม่น้ำลดลงจาการปล่อยน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

2.2 การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่ น้ำล้างถ้วย ล้างจานที่วางทิ้งไว้ในถัง

2.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่มีผลต่อสุขภาพของคน ได้แก่ การคันและมีผดผื่นตามผิวหนังเมื่อลงเล่นน้ำหรือทำการประมงจากการเทกองขยะ (ใบจาก) ริมแม่น้ำ

2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ทำให้ต้นไม้บริเวณป่าชายเลนตาย ได้แก่ การตายของต้นไม้บางชนิดในป่าชายเลนจากการขุดลอกคลองและปิดกั้นการขึ้นลงของน้ำทะเล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 4
เรื่อง กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงและการประยุกต์ใช้

1. กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง

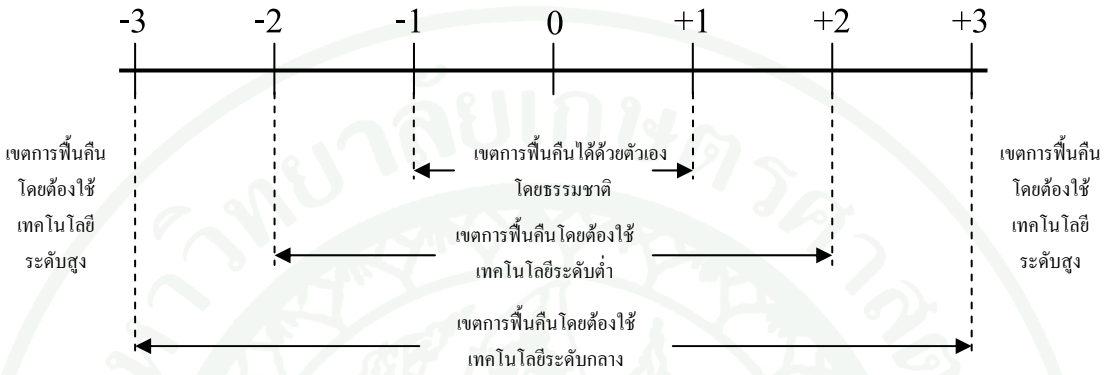
หลักของกฎแห่งการเปลี่ยนแปลง ระบุไว้ว่า “สิ่งแวดล้อมทุกชนิดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีการฟื้นคืนตัวเองได้ตามธรรมชาติ หรือต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย” เทคโนโลยีในที่นี้ คือ เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการใดๆ ที่มนุษย์นำมาใช้เพื่อช่วยให้สิ่งแวดล้อมนั้นๆ สามารถแสดงบทบาทหน้าที่ได้อย่างปกติ การประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมการใช้ทรัพยากรต่างๆ แบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงได้ 4 ระดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

ระดับ	การเปลี่ยนแปลง	ความหมาย
สมดุล	ทั้งองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ไม่เปลี่ยนแปลง	สิ่งแวดล้อมมีองค์ประกอบที่สามารถทำงานเป็นไปตามธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไปบ้าง แต่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง และไม่เกิดผลกระทบหรือเกิดปัญหาใดๆ ต่อสิ่งแวดล้อม
เตือนภัย	องค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่ไม่เปลี่ยนแปลง	สิ่งแวดล้อมมีองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่การทำงานยังอยู่ในช่วงไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการเตือนให้ทราบว่ากำลังจะ มีภัยเกิดขึ้น มีแนวโน้มแผ่กระจายมากขึ้น ควรที่จะมีการแก้ไขก่อนที่จะสายเกินไป เช่น เก้าอี้ 3 ขา ก็ยังสามารถนั่งได้ แต่เป็นการเตือนภัยแล้วว่าจะอยู่ได้ไม่นาน
เสี่ยงภัย	องค์ประกอบไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่บทบาทหน้าที่เปลี่ยนแปลง	สิ่งแวดล้อมมีองค์ประกอบที่สามารถทำงานเป็นไปตามธรรมชาติ แต่การทำงานหนักมากเกินไป เกินช่วงที่สามารถรับได้ หรือมีการเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ไปใช้อีกอย่างหนึ่งจากที่เป็นอยู่
วิกฤติ	มีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่	เป็นภาวะที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ เพราะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ เช่น น้ำเน่าเสีย แล้วทำให้ปลาตาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับการเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ระดับ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อม สามารถยอมให้มีการเปลี่ยนได้แต่ต้องมีเทคโนโลยี อุปกรณ์ หรือวิธีการต่างๆ เข้ามาช่วยเพื่อให้สิ่งแวดล้อมสามารถมีบทบาทหน้าที่ที่เป็นปกติ หรือไม่เกิดปัญหาใดๆ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ

ความหมายของเขตการเปลี่ยนแปลงมี ดังนี้

เขตการเปลี่ยนแปลง 0	เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่สามารถฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ตรงกับ ระดับสมดุล
เขตการเปลี่ยนแปลง ±1	เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับต่ำช่วย ตรงกับ ระดับเตือนภัย
เขตการเปลี่ยนแปลง ±2	เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับกลาง ตรงกับ ระดับ เสี่ยงภัย
เขตการเปลี่ยนแปลง ±3	เป็นเขตการเปลี่ยนแปลงที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง ตรงกับ ระดับวิกฤติ

2. แนวทางการประยุกต์กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมใช้น้ำ

การใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงในการควบคุมกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบหรือเกิดปัญหาน้ำเสีย สรุปได้ ดังตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 การใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงในการควบคุมกิจกรรมการใช้น้ำ

การเปลี่ยนแปลงของน้ำ		**ระดับการเปลี่ยนแปลง**	**การใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย**
โครงสร้าง/องค์ประกอบ	**บทบาทหน้าที่**		
ไม่มีการปนเปื้อน หรือมีการปนเปื้อนเล็กน้อย	สามารถใช้ประโยชน์ได้ สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้	สมดุล	ฟื้นคืนได้ด้วยตัวเอง ไม่ต้องใช้เทคโนโลยี
มีการปนเปื้อนจำนวนหนึ่ง	สามารถใช้ประโยชน์และสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้ แต่ไม่ดีเท่าระดับแรก	เตือนภัย	ใช้เทคโนโลยีระดับต่ำ
ไม่มีการปนเปื้อน องค์ประกอบยังเป็นปกติตามธรรมชาติที่ควรจะเป็น	ใช้ประโยชน์ไม่ได้ เนื่องจากประโยชน์ที่เราจะใช้มันเกินความสามารถของน้ำที่เป็นอยู่ เช่น น้ำใช้เลี้ยงปลา แต่เรานำมาดื่ม เป็นต้น	เสี่ยงภัย	ใช้เทคโนโลยีระดับกลาง
มีการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก	ใช้ประโยชน์ไม่ได้ สิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ได้	วิกฤติ	ใช้เทคโนโลยีระดับสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบทดสอบที่ 3 เรื่อง กฎแห่งการเปลี่ยนแปลง</u>

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

จงอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วระบุว่าการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับใด ได้แก่ สมดุล เตือนภัย เสี่ยงภัย หรือวิกฤติ

สถานการณ์ที่ 1

ในพื้นที่แม่น้ำปะเหลียนมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ประกอบกับมีน้ำจืดไหลมาสมทบจากเทือกเขาบรรทัดทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำปะเหลียนบริเวณบ้านแหลม หมู่ที่ 3 ต.วังวัน อ.กันตัง จังหวัดตรัง มีปริมาณมาก น้ำในแม่น้ำมีสีขุ่นข้น มีเศษใบไม้ กิ่งไม้และขยะลอยปะปน และในขณะนั้นมีชาวประมงพื้นบ้านคนหนึ่งวิ่งมาแจ้งผู้ใหญ่บ้านว่าทั้งปลา ปู และหอยที่ชาวบ้านเลี้ยงในกระชังตายหมดแล้ว ชาวประมงพื้นบ้านจำนวนหนึ่งจึงไปแจ้งต่อประมงจังหวัดเพื่อขอความช่วยเหลือ

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> ระดับการเปลี่ยนแปลง คือ.....

สถานการณ์ที่ 2

ชุมชนหนองยายท่วมมีบ้านเรือนตั้งอยู่ริมแม่น้ำ จำนวน 5 หลังคาเรือน ซึ่งเป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ รอบๆ แหล่งน้ำมีพื้นที่ป่าชายเลนที่สมบูรณ์ แต่ละครัวเรือนมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แม่น้ำโดยตรง ได้แก่ น้ำจากห้องน้ำ น้ำจากการประกอบอาหาร และน้ำจากการซักเสื้อผ้า ในแหล่งน้ำนี้มีการเลี้ยงปลากะพง ปลาเก๋า และเลี้ยงปูนิ่มในกระชัง สร้างรายได้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี และมีชาวประมงคนหนึ่ง กล่าวว่า “ในแหล่งน้ำแห่งนี้เป็นแหล่งทำประมงหอยปะที่สำคัญของชุมชน ปัจจุบันนี้จำนวนหอยปะมีความสมบูรณ์มาก” และชาวบ้านก็อยู่ดีมีความสุขกับความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรประมงในแหล่งน้ำนี้

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> ระดับการเปลี่ยนแปลง คือ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานการณ์ที่ 3

หนองน้ำแห่งหนึ่งในชุมชนเป็นหนองน้ำที่มีความสำคัญมาก ทุกๆ เช้า คนในชุมชนจะมาตักน้ำเพื่อนำไปใช้อุปโภค บริโภคในครัวเรือน เช้าวันหนึ่งชาวบ้านไปตักน้ำมาใช้ในครัวเรือนเป็นปกติ แต่ปรากฏว่าในหนองน้ำแห่งนี้เริ่มมีขยะ ได้แก่ เปลือกผลไม้ และถุงพลาสติก ปะปนอยู่ในหนองน้ำจำนวนหนึ่งไม่มากนัก และชาวบ้านก็ไม่ได้กังวลอะไรยังมีการนำน้ำในแหล่งน้ำนี้ไปใช้เป็นปกติ

สถานการณ์ที่ 3 ระดับการเปลี่ยนแปลง คือ .....

สถานการณ์ที่ 4

ชุมชนบ้านโคกสูงตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำแม่น้ำปะเหลียนแถบเทือกเขาบรรทัดซึ่งเป็นน้ำจืด ได้มาทัศนศึกษาที่ชุมชนบ้านแหลม ต.วังวน อ.กันตัง เพื่อดูการเลี้ยงปลากระชัง การเลี้ยงปูนิ่ม และการเลี้ยงหอยแมงภู่ ทุกคนที่มาทัศนศึกษาครั้งนี้ต่างมีความประทับใจเป็นอย่างมากถึงวิธีการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังที่สร้างรายได้แก่ครอบครัวได้อย่างงดงาม หลังจากชุมชนแห่งนี้กลับไปยังชุมชนของตนเอง ทุกคนก็ได้สร้างกระชังและได้เลี้ยงปลากะพง เลี้ยงปูนิ่ม และหอยแมงภู่กันทุกครัวเรือน เพราะต้องการที่จะมีรายได้ที่งดงามเหมือนกับชุมชนบ้านแหลม แต่ผลปรากฏว่าทั้งปลากะพง ปูนิ่ม และหอยแมงภู่ตายหมด

สถานการณ์ที่ 3 ระดับการเปลี่ยนแปลง คือ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3
“เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย”

สาระสำคัญ

สิ่งปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ได้แก่ เศษอาหาร ขยะ เศษซากต่างๆ และน้ำทิ้งจากชุมชน ในธรรมชาติจะมีฟอกตัวเอง (self purification) เพื่อให้น้ำ/แหล่งน้ำสามารถทำหน้าที่ได้ปกติ ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียชุมชน ปริมาณน้ำเสียที่มากเกินการบำบัด/ฟอกด้วยตัวเอง จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยในการบำบัด ซึ่งเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีความแตกต่างขององค์ประกอบ/โครงสร้าง แต่มีความเหมือนของกระบวนการ กลไก การบำบัดที่เลียนแบบกระบวนการ กลไกตามธรรมชาติ ดังนั้น การเลือกใช้วิธี/เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับครัวเรือน/ชุมชน จะช่วยป้องกันปัญหาน้ำเสียได้

ขอบเขตเนื้อหา

1. ประเภทของเทคนิคการบำบัดน้ำเสียชุมชน
2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน
3. แนวทางการใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความแตกต่างของเทคนิคการบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภทได้
2. อธิบายกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้
3. เลือกใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ (20 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงที่นำมาใช้กำกับการใช้น้ำ เมื่อเราจำเป็นต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้นนั่นหมายความว่าเราจะต้องใช้เทคนิคการบำบัดต่างๆ เข้ามาจัดการกับน้ำที่ผ่านการใช้หรือน้ำทิ้ง และกระตุ้นความคิดของนักเรียนด้วยการถาม-ตอบ ดังนี้

- ชุมชนของเราขณะนี้ใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียอะไรบ้าง
- ผลการใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวเป็นอย่างไร
- ถ้าชุมชนขนาดใหญ่ขึ้นมีปริมาณน้ำเสียมากขึ้นจะต้องใช้เทคนิคการบำบัดระดับใด
- ชุมชนใดบ้างในจังหวัดตรังที่ใช้เทคนิคการบำบัดในระดับเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่

2. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์และขอบเขตการเรียนแก่นักเรียน

ขั้นกิจกรรม (210 นาที)

1. ครูและนักเรียนศึกษาแหล่งเรียนรู้ คือ บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง
2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม
3. ครูนำการอภิปรายเกี่ยวกับเทคนิคการบำบัดน้ำเสียใน 2 ประเภท คือ เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ และเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น ดังนี้

- เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ เป็นการเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ อธิบายในประเด็นเทคนิคการบำบัดการกรองโดยดิน ป่าไม้ ป่าชายเลน การตกตะกอนและการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

- เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เป็นการเลียนแบบเทคนิคการบำบัดโดยธรรมชาติเพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม เนื่องจากเกินความสามารถของธรรมชาติที่จะสามารถบำบัดได้หรือถ้าจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บำบัดได้ก็ต้องใช้เวลานานซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเดือดร้อนแก่ชุมชน อธิบายเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วย เทคนิคการบำบัดระดับครัวเรือน ได้แก่ บ่อดักไขมันและบ่อเกรอะหรือส้วมซึม และเทคนิคการบำบัดน้ำเสียระดับชุมชนขนาดใหญ่

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดวิเคราะห์เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในชุมชนของนักเรียนทั้งแบบธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น โดยให้นักเรียนแยกประเด็นวิเคราะห์ ประกอบด้วย เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชน เทคนิคการบำบัด และ ขั้นตอน/วิธีการบำบัด พร้อมเขียนผลการวิเคราะห์ลงในกระดาษบรู๊ฟ ตามใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น

5. ให้นักเรียนแต่ละละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอผลการคิดวิเคราะห์เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นจนครบทุกกลุ่ม

6. ให้นักเรียนฟังบรรยายเทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นในระดับชุมชนขนาดใหญ่ของเทศบาลนครตรังจากวิทยากร ศึกษาสถานที่จริงของบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรังพร้อมอภิปราย ซักถาม

7. ครูนำอภิปรายร่วมกันนักเรียนถึงแนวทางการใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชน

8. ให้นักเรียนอ่านเพิ่มเติมในใบความรู้ที่ 5 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย พร้อมซักถาม

9. ทดสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนโดยการตอบคำถามในแบบทดสอบที่ 4 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นสรุป (15 นาที)

1. ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปเพื่อให้ได้แนวคิด ดังนี้

- เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ
- เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น
- แนวทางการใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชน

สื่อการเรียนการสอน

1. วัสดุ อุปกรณ์

- กระดาษบรู๊ฟ
- ปากกาเมจิกหลากสี

2. เอกสาร

- ใบความรู้
- ใบกิจกรรม
- ใบบันทึกกิจกรรม

3. แหล่งเรียนรู้

- บ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง
- วิทยากรที่เป็นเจ้าหน้าที่ควบคุมดูแลบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง

การวัดและประเมินผล

1. ทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 4
เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น

จุดประสงค์

1. อธิบายกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้

คำสั่ง : ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดวิเคราะห์เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในชุมชนของนักเรียนทั้งแบบธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น โดยมีประเด็นที่ร่วมกันคิดวิเคราะห์ ดังนี้

- เหตุการณ์ที่มีการบำบัดน้ำเสียในชุมชนทั้งธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์
- เหตุการณ์ดังกล่าวมีเทคนิคการบำบัดอะไรบ้าง
- แต่ละเหตุการณ์มีขั้นตอนการบำบัดขั้นตอน/วิธีการบำบัดอย่างไรบ้าง

2. ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ได้จากการร่วมกันคิด วิเคราะห์ ลงในกระดาษบรู๊ฟ

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอผลที่ได้ร่วมกันคิด วิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 1 แก่นักเรียนกลุ่มอื่นๆ หน้าชั้นเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 5
เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย

มนุษย์มีความจำเป็นต้องใช้น้ำในชีวิตประจำวัน และมีปริมาณความต้องการเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวของประชากรในชุมชน จากกิจกรรมการใช้น้ำของครัวเรือนในชุมชนได้ก่อให้เกิดน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก อันเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำเสีย ซึ่งการประยุกต์ใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงเพื่อควบคุมการใช้น้ำ เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยป้องกันปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้น สิ่งสำคัญของการประยุกต์ใช้กฎแห่งการเปลี่ยนแปลงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในระดับต่างๆ เข้าช่วยเพื่อป้องกันปัญหาน้ำเสีย

เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียชุมชน แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เทคโนโลยีธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น มีรายละเอียด ดังนี้

1. เทคนิคการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ

เทคโนโลยีธรรมชาติ หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ดังนั้น เทคโนโลยีธรรมชาติของการบำบัดน้ำเสีย คือ กระบวนการหรือวิธีการที่ธรรมชาติทำหน้าที่บำบัดของเสียที่ปนเปื้อนมากับน้ำได้ด้วยตัวเอง โดยกระบวนการบำบัดเสียตามธรรมชาติ ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ ดังนี้

1.1 การกรองโดยดิน กรวดและทราย เป็นการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพด้วยการกรองสิ่งเจือปนจากแหล่งน้ำทิ้งชุมชน และบางส่วนถูกดูดซึมอยู่ในดิน เป็นการลดปริมาณของเสียที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำ

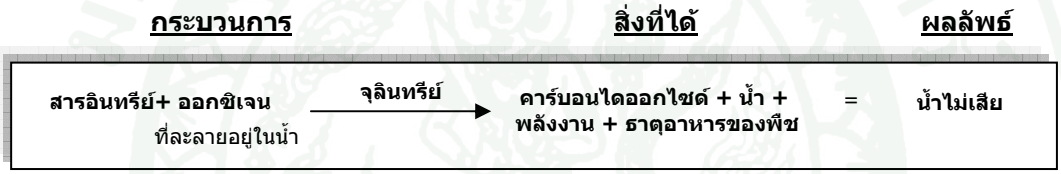
1.2 การกรองโดย ป่าไม้ ป่าชายเลน และพืชน้ำ เป็นการบำบัดน้ำเสียทางภายภาพด้วยการกรองสิ่งเจือปนจากแหล่งน้ำทิ้งชุมชน และบางส่วนจะกลายเป็นธาตุอาหารของพืช

1.3 การตกตะกอน เป็นการจับตัวกันของอนุภาคเล็กๆ ในน้ำกลายเป็นก้อนใหญ่ขึ้นแล้วตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ ทำให้น้ำใสขึ้น ไม่ขุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

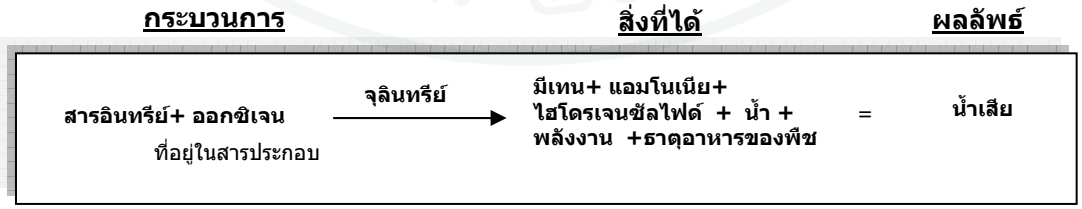
1.4 การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์บนดินและในแหล่งน้ำ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ ซากสัตว์ เศษอาหาร อุจจาระ เปลือกผลไม้ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นพลังงานในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ขณะเดียวกันการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป โดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.4.1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) การย่อยสลายแบบนี้จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำหรือช่องว่างในดินย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำ มีลักษณะเฉพาะ คือ ไม่มีกลิ่นเหม็น สิ่งมีชีวิตต่างๆ สามารถอาศัยอยู่ได้อย่างปกติและไม่เกิดผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria)

1.4.2 การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) การย่อยสลายแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อไม่มีออกซิเจนละลายอยู่ในแหล่งน้ำจากการที่ออกซิเจนถูกใช้หมดไป หรือบริเวณก้นสระน้ำที่มีความลึกมากๆ เนื่องจากออกซิเจนแพร่กระจายไปไม่ถึง มีลักษณะเฉพาะ คือ น้ำมีกลิ่นเหม็น มีสีคล้ำ ทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และบางครั้งทำให้สัตว์น้ำตายได้ แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

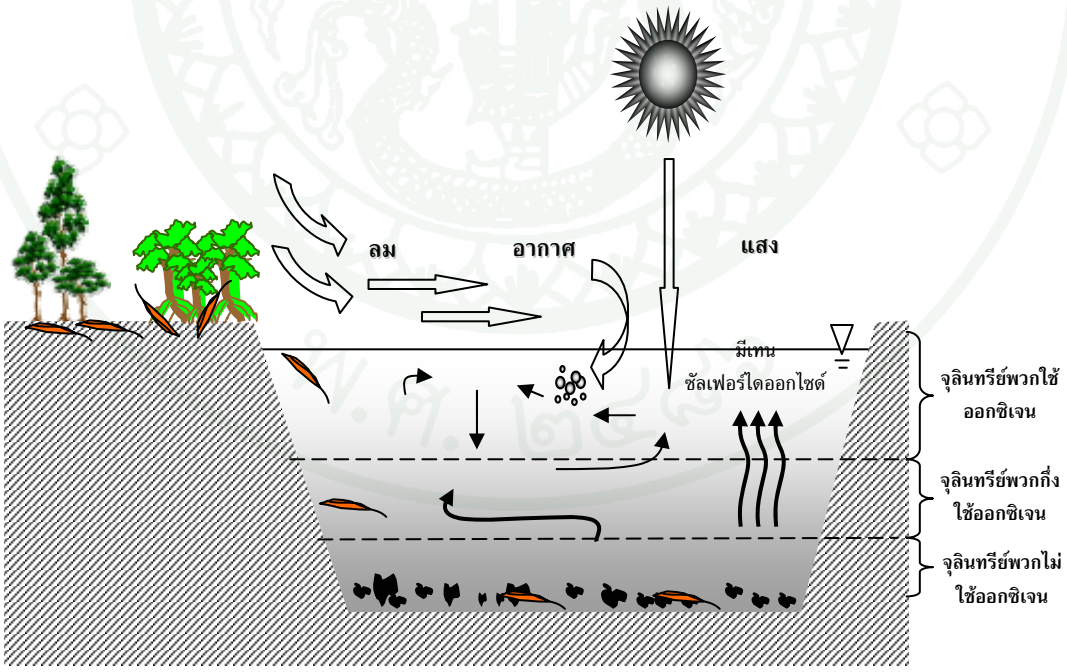
1.5 การเติมออกซิเจน ออกซิเจนมีความสำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในการย่อยอินทรีย์สารที่เจือปนในน้ำ ถ้าในน้ำมีออกซิเจนละลายอยู่มมาก จะทำให้การย่อยสลายจะมีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย แต่ในความเป็นจริงเมื่อจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสารอินทรีย์อยู่โดยตลอดเวลา ออกซิเจนในน้ำย่อมลดลง การย่อยสลายก็จะลดลงด้วยแต่ตามธรรมชาติจะมีการเติมออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1.5.1 การเติมออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำบริเวณผิวน้ำตามการขึ้น-ลงของน้ำทะเล และการไหลหรือกระเพื่อมของน้ำ

1.5.2 การปล่อยก๊าซออกซิเจนบริเวณโดยรอบรากพืช

1.5.3 ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงค์ตอน

เทคโนโลยีธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 กระบวนการข้างต้น สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยเทคโนโลยีธรรมชาติในแหล่งน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เทคนิคการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้น

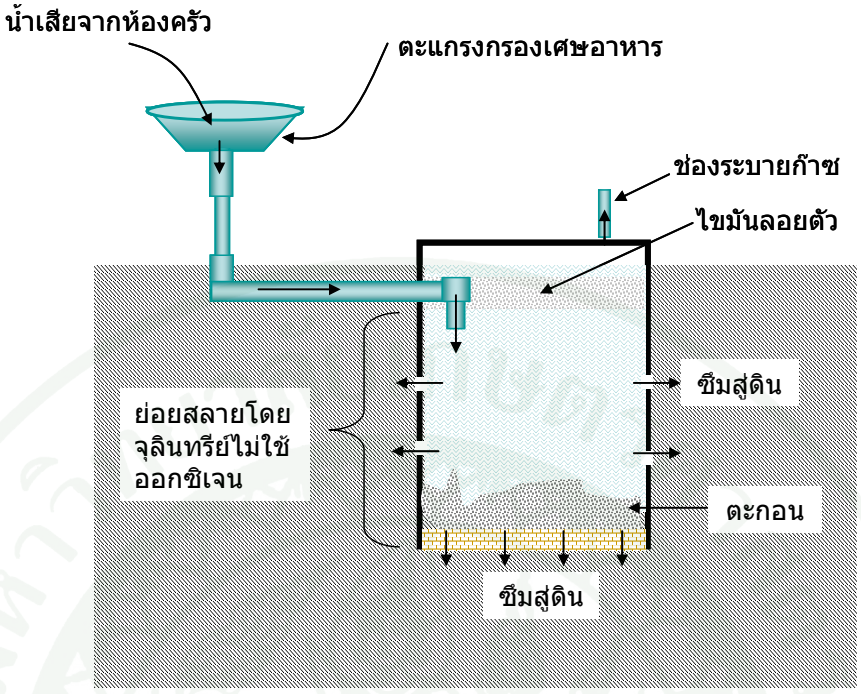
หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการที่มนุษย์คิด สร้าง ดัดแปลงขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกหรือให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติไม่สามารถบำบัดได้หมด อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้มีน้ำเสียที่ถูกปลดปล่อยออกมามีปริมาณมากเกินกว่าที่จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำจะย่อยสลายได้ทันจึงทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ

กระบวนการกำจัดหรือวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างเป็นการเลียนแบบเทคโนโลยีธรรมชาติและนำมาปรับใช้ โดยอาศัยกระบวนการธรรมชาติ ได้แก่ การกรอง การตกตะกอน การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ การเติมออกซิเจน แล้วออกแบบจัดโครงสร้างให้การบำบัดน้ำเสียควบคุมได้ง่ายและเพียงพอต่อปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น และในบางครั้งมีการเติมสารเคมีเพื่อให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดีสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ ซึ่งเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

2.1 ระดับครัวเรือนที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปสำหรับครัวเรือนแต่ละหลัง ดังนี้

2.1.1 บ่อดักไขมัน เป็นการบำบัดน้ำเสียจากห้องครัวที่เกิดจากการประกอบอาหารและล้างภาชนะที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น เศษอาหาร ไขมัน น้ำแกง เป็นต้น ขั้นตอนการบำบัด เริ่มจากน้ำเสียไหลผ่านตะแกรงกรองเศษอาหารลงสู่บ่อดักไขมัน สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในบ่อดักไขมัน และน้ำที่เหลือก็ไหลล้นซึมลงดิน ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสารอินทรีย์จะถูกปล่อยออกทางช่องระบายอากาศด้านบน ดังภาพที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

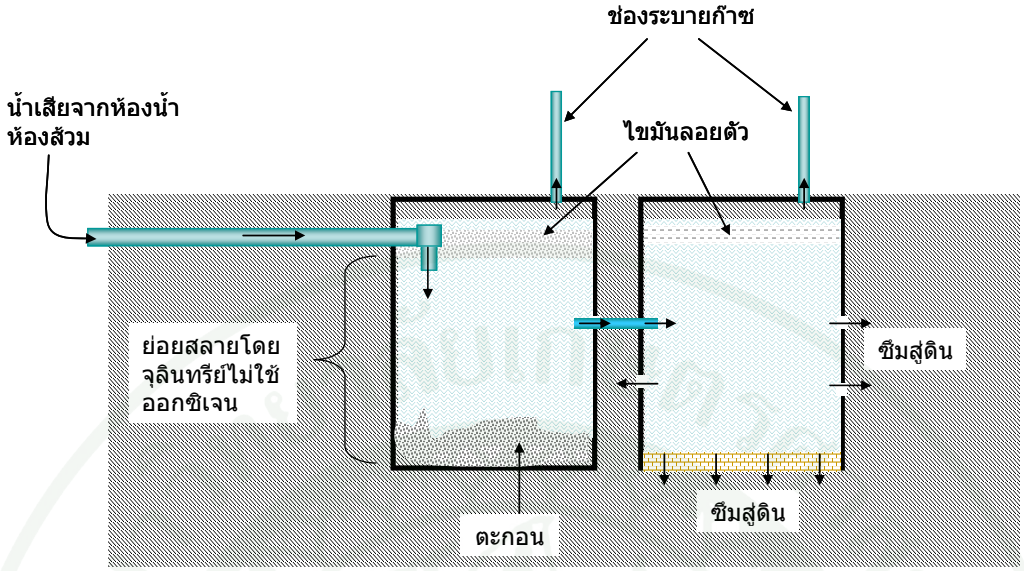


ภาพที่ 4 ระบบบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนด้วยบ่อดักไขมัน

2.1.2 บ่อเกรอะ เป็นการบำบัดน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วม มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ ปัสสาวะและอุจจาระ ขั้นตอนการบำบัดเริ่มจากน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมไหลไปรวมยังบ่อเกรอะที่ 1 เพื่อให้ตกตะกอน เรียกว่า ตกตะกอนหนัก ตะกอนส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในบ่อนี้ และจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนน้ำที่เหลือจะไหลล้นไปยังบ่อเกรอะที่ 2 และจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เหลือโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกัน น้ำที่เหลือก็จะไหลซึมลงดิน ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสารอินทรีย์จะถูกปล่อยออกทางช่องระบายอากาศด้านบนทั้งบ่อเกรอะที่ 1และบ่อที่ 2 ดังภาพที่ 5

บ่อเกรอะในปัจจุบันเป็นแบบสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับบ่อเกรอะที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่มีการออกแบบให้มีความสะดวก กะทัดรัด เหมาะกับบ้านหรืออาคารชุดในชุมชนเมือง ส่วนบ่อเกรอะที่ใช้ตามหมู่ในบ้านชนบทจะใช้ตามลักษณะข้างบน มีการขุดหลุมแล้ววางท่อซีเมนต์บ่อละประมาณ 3 ลูก จำนวน 2 บ่อ และต่อเชื่อมกันเพื่อถ่ายเทน้ำเสียจากบ่อที่ 1 ไปยังบ่อที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ระบบบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนแบบบ่อเกรอะ

2.2 ระดับชุมชนขนาดใหญ่ ชุมชนขนาดใหญ่ คือ ชุมชนที่มีบ้านเรือนและประชากรอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก เช่น เทศบาลตำบล เทศบาลเมือง เทศบาลนคร กรุงเทพฯ และชุมชนเมืองต่างๆ นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมต่างๆ ในชุนชน อีกมากมาย เช่น ร้านค้า ตลาดสด โรงแรม ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกมามีปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดใหญ่เพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียเหล่านี้ เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนขนาดใหญ่ หรือเรียกอีกอย่างว่า ระบบบำบัดน้ำเสียรวม คือ การรวบรวมน้ำเสียจากแต่ละบ้านมาบำบัดรวมกัน ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การบำบัดบัดขั้นต้น

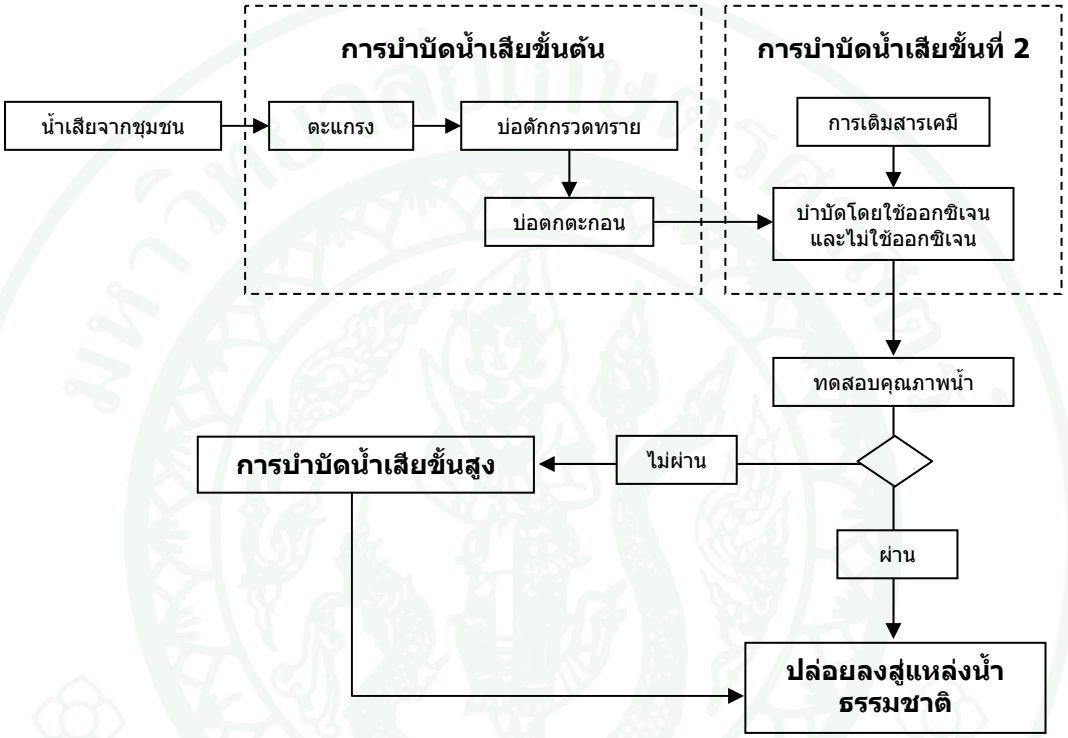
ประกอบด้วย ตะแกรงดักขยะ ถังดักทราย และบ่อตกตะกอนเป็นการกำจัดสิ่งที่ลอยมากับน้ำเสีย เช่น ขยะ และแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย เช่น ก้อนหิน กรวด ทราย ส่วนที่เหลือจะมาตกตะกอนในถังพักน้ำเสียขนาดใหญ่ แสดงได้ดังภาพที่ 7 หลังจากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งผ่านไปยังการบำบัดขั้นที่ 2

2.2.2 การบำบัดบัดขั้นที่สอง

เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยการกำจัดสารอินทรีย์และสารแขวนลอยออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการทางชีวภาพและทางเคมี มีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกซิเจน และบางครั้งต้องเติมสารเคมีเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจะปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ถ้าน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นนี้ยังมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคหรือมีสารบางตัวที่มากเกินข้อกำหนดของกฎหมายจำเป็นต้องมีการบำบัดอีกขั้นตอนหนึ่ง เรียกว่า การบำบัดขั้นสูง จึงจะสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียชุมชนขนาดใหญ่ (การบำบัดน้ำเสียรวม)

3. แนวทางการใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชน

ชุมชนต่างๆ รอบแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง เป็นชุมชนชนบทมีบ้านเรือนตั้งอยู่ห่างๆ กัน การบำบัดน้ำเสียของทุกครัวเรือนจะใช้เทคโนโลยีธรรมชาติ ได้แก่ การกรองโดยดิน ป่าไม้ ป่าชายเลน และการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนทั้งในดินและในแหล่งน้ำ ประกอบกับมีการเจือจางน้ำเสียจากน้ำในแม่น้ำ และมีการเติมออกซิเจนแก่น้ำจากอากาศ และการขึ้น-ลงของน้ำทะเล อีกด้วย ทำให้ในปัจจุบันแม่น้ำปะเหลียนยังสามารถบำบัดตัวเองได้ตามธรรมชาติโดยไม่เกิดการเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในอนาคตเมื่อมีการขยายตัวของประชากรและกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นตามไปด้วย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใช้ทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชน โดยต้องเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับชุมชนของตนเอง เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาน้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างความเดือดร้อนแก่ชุมชน

ดังนั้น คนในชุมชนทุกคนต้องตระหนักถึงปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชนของตนเอง ต้องรับผิดชอบในน้ำเสียที่ตนเองเป็นผู้กระทำ และคิดหาวิธีบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับตนเอง ซึ่งถ้าหนึ่งคนหนึ่งความรับผิดชอบต่อการกระทำที่ก่อให้เกิดน้ำเสียแล้ว เราก็สามารถมีน้ำใช้ได้ตลอดไปและอยู่ร่วมกับสรรพสิ่งในสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีความสุข สมดุล และยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบทดสอบที่ 4 เรื่อง เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย</u>

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

จงตอบคำถามจากสถานการณ์ต่อไปนี้

1. โรงเรียนกันตังพิทยากร มีจำนวนนักเรียน ม.1 – ม.6 ประมาณ 2,000 คน แต่ละวันมีการปล่อยน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วมจำนวนมาก น้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วมเหล่านี้นักเรียนจะเลือกใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียแบบใดที่เหมาะสมที่สุด เพราะอะไร

   .....

   .....

   .....

2. ในแต่ละวันน้ำเสียจากการล้างจานในโรงอาหารของโรงเรียนกันตังพิทยากรมีปริมาณมาก น้ำเสียเหล่านี้มีการปนเปื้อนด้วยเศษอาหารและคราบมัน นักเรียนจะเลือกใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารแบบใดที่เหมาะสมที่สุด เพราะอะไร

   .....

   .....

   .....

3. ถ้าบ้านของนักเรียนตั้งอยู่ริมแม่น้ำขนาดใหญ่เพียงหลังเดียว และแม่น้ำแห่งนี้มีการถ่ายเทอยู่ตลอดเวลาจากการขึ้นลงของน้ำทะเล น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากครัวเรือนของนักเรียนทั้งน้ำจากห้องครัว น้ำห้องน้ำ และน้ำจากการซักเสื้อผ้า นักเรียนจะเลือกใช้เทคนิคการบำบัดแบบใดจึงเหมาะสมที่สุด เพราะอะไร

   .....

   .....

   .....

4. เทศบาลเมืองกันตัง มีผู้คนอาศัยอยู่จำนวนมาก และมีกิจการ ร้านค้าต่างๆ อย่างหนาแน่น น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนมีจำนวนมากเช่นกัน นักเรียนจะเลือกใช้เทคนิคการบำบัดน้ำเสียแบบใดจึงเหมาะสมที่สุดสำหรับเทศบาลเมืองกันตัง เพราะเหตุใด

   .....

   .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4
“การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำ”

สาระสำคัญ

การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำเป็นวิธีการที่สามารถป้องกันหรือแก้ปัญหาน้ำเสียได้อย่างทันท่วงที การสังเกตคุณภาพน้ำเบื้องต้น สามารถสังเกตได้จากการปนเปื้อนของสิ่งต่างๆ สี กลิ่น สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมทางกายภาพรอบแหล่งน้ำ ทั้งทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งกำเนิดน้ำเสียต่างๆ ซึ่งเป็นการสังเกตจากลักษณะกายภาพเท่านั้น แต่สำหรับการตรวจสอบคุณภาพที่ซับซ้อนมากกว่านี้ต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการศึกษาหรือตรวจวัดทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้นการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมในชุมชนจะมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือหรือการมีส่วนร่วมของชุมชน

ขอบเขตเนื้อหา

1. การสังเกตคุณภาพน้ำในชุมชน
2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการสังเกตเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้
2. ตรวจวัดคุณภาพน้ำได้

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ (30 นาที)

1. ครูกระตุ้นความคิดของนักเรียนเพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับผลกระทบของน้ำเสียและเทคนิคการบำบัดน้ำเสียด้วยการถาม-ตอบ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- น้ำเสียส่งผลกระทบต่อชุมชน/สิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

- การบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีการป้องกันผลกระทบไม่เกิดกับชุมชน/สิ่งแวดล้อม แล้วเราจะทราบได้อย่างไรว่าระบบบำบัดน้ำเสียสามารถป้องกันผลกระทบไม่ให้เกิดขึ้นกับชุมชน/สิ่งแวดล้อม

- การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำจะมีวิธีการอย่างไรบ้าง

2. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์ และขอบเขตของการเรียนแก่นักเรียน ดังนี้

- การศึกษาในครั้งนี้ เป็นเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ โดยการเรียนรู้จากวิทยากรผู้รู้ในชุมชน การตรวจสอบคุณภาพน้ำ การสังเกตลักษณะทางกายภาพรอบแหล่งน้ำ รวมทั้งความสำคัญและบทบาทการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

ขั้นกิจกรรม (210 นาที)

1. ครูและนักเรียนศึกษาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน คือ แม่น้ำปะเหลียน บริเวณชุมชนบ้านแหลม อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เพื่อสังเกตลักษณะทางกายภาพรอบแหล่งน้ำ และตรวจวัดคุณภาพน้ำ

2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มฟังการบรรยายจากวิทยากรผู้รู้ในชุมชนเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสีย การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของชุมชน และซักถามเพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นในประเด็น ดังนี้

- สาเหตุและผลกระทบของน้ำเสียต่อชุมชน
- วิธีการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพน้ำของชุมชน
- ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่ชุมชนใช้ในการสังเกต

4. ครูนำอภิปรายเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจอีกครั้งเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ และกระตุ้นความคิดของนักเรียน การถาม-ตอบ ดังนี้

- ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นวิธีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยการสังเกตเชิงประจักษ์ลักษณะทางกายภาพรอบแหล่งน้ำในชุมชนจากวิทยากรในชุมชน แล้วในทางวิทยาศาสตร์จะมีวิธีตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างไรบ้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ครูชี้แจงการตรวจสอบและตัวชี้วัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจแก่ผู้เรียน ได้แก่ กายภาพ เคมี และชีวภาพ

6. ครูสาธิตการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ความขุ่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยใช้ชุดตรวจวัดน้ำเสียเบื้องต้นของกรมอนามัย

7. ให้แต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ บริเวณฝั่งแม่น้ำปะเหลียนตามใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติ ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางวิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัด บันทึกผลการศึกษาลงในตารางบันทึกกิจกรรม ดังนี้

<u>กายภาพ</u>	<u>เคมี</u>
- สี	- ความเป็นกรด-ด่าง
- กลิ่น	- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ
- ความขุ่น	
- อุณหภูมิ	

9. ให้แต่ละกลุ่มนำผลการศึกษาตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นมาบันทึกในตารางแสดงภาพรวมลงในกระดาษบรู๊ฟ พร้อมกับศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 6 เรื่อง การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำ อภิปรายและสรุปผลการศึกษา โดยตอบคำถาม ดังนี้

- ผลการศึกษาที่ได้แต่ละตัวชี้วัดเป็นอย่างไร
- ตัวชี้วัดแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำอย่างไร หรือตัวชี้วัดแต่ละตัวบ่งบอกอะไรบ้างเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ
- จากผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมดจะสรุปคุณภาพได้ว่าอย่างไร

10. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลการศึกษาไปติด ณ จุดที่กำหนดและให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาแก่สมาชิกกลุ่มอื่นๆ จนครบทุกกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. ทดสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนโดยการทำแบบทดสอบที่ 5 เรื่อง การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ขั้นสรุป (15 นาที)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเพื่อให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ดังนี้

- การสังเกตคุณภาพน้ำ
- การตรวจวัดด้วยวิธีวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. วัสดุ อุปกรณ์

- กระดาษบรู๊ฟ
- ปากกาสีเมจิก
- ชุดตรวจวัดน้ำเสียเบื้องต้นของกรมควบคุมมลพิษ

2. เอกสาร

- ใบความรู้
- ใบกิจกรรม
- ใบบันทึกกิจกรรม

3. แหล่งเรียนรู้

- แหล่งน้ำในชุมชน
- วิทยากรผู้รู้ในชุมชน

การวัดและประเมินผล

1. ทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 5
เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

จุดประสงค์

1. บอกความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดกับคุณภาพน้ำได้
2. ตรวจวัดคุณภาพน้ำได้

คำสั่ง: ให้นักเรียนแต่ละคนปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

1. ฟังบรรยายจากวิทยากร เรื่อง การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำของชุมชน ศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ และดูการสาธิตการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยครู

2. ตรวจคุณภาพน้ำตามตัวชี้วัดที่กำหนด

อุปกรณ์ที่กำหนดให้

1. ชุดตรวจสอบน้ำเสียเบื้องต้นของกรมอนามัย 1 กล่อง ประกอบด้วยสารเคมี ดังนี้
   - แมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร
   - อัลคาไลด์ไอโอไดด์เอไซด์ 1 มิลลิลิตร
   - กรดซัลฟุริก 1 มิลลิลิตร
   - น้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร
   - สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.0125 นอร์มัล
2. เทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน
3. ชุดทดสอบ pH 1 ชุด
4. ขวด DO 1 ขวด
5. ขวดแก้วรูปชมพู่ (ขนาด 250 มล.) 1 ขวด
6. เข็มฉีดยา (ขนาด 10 มล.) 1 หลอด
7. แบบบันทึกการการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 1 ชุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีตรวจสอบคุณภาพน้ำ

1. สี ให้ตักน้ำใส่บีกเกอร์ แล้วสังเกตสีของน้ำที่ปรากฏ บันทึกผล

2. กลิ่น ให้ตักน้ำใส่บีกเกอร์ แล้วดมกลิ่น บันทึกผลเช่นมีกลิ่น ไม่มีกลิ่นมีกลิ่นสารเคมี มีกลิ่นน้ำมัน เป็นต้น

3. ความขุ่น ให้ตักน้ำใส่บีกเกอร์ สังเกตความขุ่นของน้ำ บันทึกความขุ่นตามที่เห็น เช่น ใส ขุ่นเล็กน้อย ขุ่นมาก เป็นต้น

4. อุณหภูมิ

4.1 การวัดอุณหภูมิของอากาศ (วัดก่อนอุณหภูมิของน้ำ)

- ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะวัด โดยจับเทอร์โมมิเตอร์ให้สัมผัสกับอากาศประมาณ 1-2 นาที อ่านค่าและบันทึกผล

4.2 การวัดอุณหภูมิของน้ำ

- ใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในน้ำ อ่านค่า และบันทึกผล

5. การวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

5.1 ใส่น้ำในกระบอก จำนวน 5 มิลลิลิตร

5.2 หยดสารละลาย pH บัฟเฟอร์ ลงในกระบอกน้ำ ข้อ 1 ทีละหยด จำนวน 4 หยด

5.3 แกว่งกระบอกให้สารละลายผสมกับน้ำ จนน้ำเปลี่ยนสีเดียวกัน

5.4 นำกระบอกน้ำในข้อ 3 ไปเทียบสี โดยวางกระบอกน้ำให้ตรงกับสีในกระดาษเทียบสีเปรียบเทียบโดยมองจากด้านบนกระบอกน้ำ อ่านค่าแล้วบันทึกผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ มีวิธีการ ดังนี้

6.1 ให้นักเรียนล้างขวดเก็บตัวอย่างน้ำด้วยน้ำในแหล่งน้ำ อย่างน้อย 3 ครั้ง

6.2 ให้นักเรียนเก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ จุ่มขวดเก็บตัวอย่างน้ำลงไปในน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ค่อยๆ ให้น้ำเข้าไปในขวดจนเต็ม แล้วปิดจุกขวดใต้น้ำ

6.3 เคาะหลอดแมงกานีสซัลเฟต 1 หลอดเบาๆ เพื่อให้สารละลายลงมา

6.4 พันรอบแถบสีขาวบริเวณคอคอดหลอดด้วยกระดาษทิชชู แล้วหักคอคอดหลอดให้แยกออกจากกัน

6.5 เปิดจุกขวดเก็บตัวอย่างน้ำค่อยๆ รินแมงกานีสซัลเฟตลงไปในขวดจนหมดหลอด

6.6 เคาะหลอดอัลคาไลด์ไอโอไดด์เอไซด์ 1 หลอด พันรอบแถบสีขาวบริเวณคอคอดหลอดด้วยกระดาษทิชชู หักคอหลอดให้แยกออกจากกันแล้วรินอัลคาไลด์ไอโอไดด์เอไซด์ลงในขวดจนหมดหลอด

6.7 ปิดจุกขวดเก็บตัวอย่างน้ำแล้วพลิกขวดไป-มา 20 ครั้ง จะเห็นมีตะกอนสีน้ำตาลเกิดขึ้นในขวด

6.8 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จนได้ส่วนบนเป็นน้ำใสไม่น้อยกว่าครึ่งขวด

6.9 เคาะหลอดกรดซัลฟูริค 1 หลอด พันรอบแถบสีขาวบริเวณคอคอดหลอดด้วยกระดาษทิชชู หักคอคอดหลอดให้แยกออกจากกัน แล้วรินกรดซัลฟูริคลงในขวดจนหมดหลอด

6.10 ปิดจุกขวดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนที่ตะกอนจะลอยออกจากปากขวด แล้วพลิกขวดไป-มาประมาณ 20 ครั้งจนตะกอนละลายหมดจะได้สารละลายสีเหลือง

6.11 เทสารละลายสีเหลือง (จากข้อ 6.10) ใส่ลงในขวดแก้วรูปชมพู่จนถึงบริเวณที่ขีดไว้ (100 มล.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.12 ใช้เข็มฉีดยาดูดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_2$) เข้มข้น 0.0125 นอร์มัล 10 มล. (ถึงขีดบนของหลอดต้องไม่มีฟองอากาศในหลอด โดยไล่ฟองอากาศออกจากหลอดก่อนดูดสาร)

6.13 หยดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตลงในขวดแก้วรูปชมพู่ทีละหยด พร้อมแกว่งขวดเป็นวงกลมตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา จนสารละลายสีเหลืองมีสีจางลง

6.14 เคาะหลอดน้ำแป้ง 1 หลอด พันรอบแถบสีขาวบริเวณคอคอดหลอดด้วยกระดาษทิชชู หักคอคอดหลอดให้แยกออกจากกันแล้วรินน้ำแป้งลงในขวดจนหมดหลอด

6.15 แกว่งขวดแก้วรูปชมพู่เป็นวงกลมเพื่อให้สีน้ำเงินกระจายในสารละลาย

6.16 หยดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตในข้อ 6.13 ต่อไปจนสีน้ำเงินจางหายจึงหยุดการหยด

6.17 อ่านจำนวนสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่เหลือในหลอดฉีดยาเพื่อคำนวณปริมาตรที่ใช้ไปแล้วนำมาคำนวณหาค่าดีโอ และบันทึกผล

<u>การคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ</u>

= ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตทั้งหมด – ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตที่เหลือ
= ปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป
= ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

บันทึกผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดขึ้นลงท่าเทียบเรือบ้านแหลม ต.วังวน อ.กันตัง จ.ตรัง
วันที่ 9 มีนาคม 2551

สิ่งที่ตรวจวัด	ผลการตรวจวัด/ผลการสังเกต	เวลาที่ตรวจวัด/สังเกต
1. สี (ไม่มีสี น้ำตาล น้ำตาลอ่อน เหลือง ฯลฯ)	....	....
2. กลิ่น (ระบุกลิ่นโดยเทียบกับสิ่งที่นักเรียนเคยพบเห็นหรืออื่นๆ)	....	....
3. ความขุ่น (ขุ่นมาก ขุ่นปานกลาง ขุ่นน้อย)	....	....
4 อุณหภูมิ	อุณหภูมิของอากาศ……องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำ……...……..องศาเซลเซียส	....
5. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	....	....
6. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	- ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตทั้งหมด.....มิลลิลิตร - ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตที่เหลือ.....มิลลิลิตร - ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ.....มิลลิลิตร	....

<u>การคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ</u>

= ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตทั้งหมด – ปริมาณสารโซเดียมไธโอซัลเฟตที่เหลือ
= ปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป
= ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบความรู้ที่ 6
เรื่อง การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

1. การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ

การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำโดยเทียบลักษณะในอดีตกับปัจจุบันว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ประกอบและบทบาทหน้าที่ของแหล่งน้ำ

การสังเกตการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ของแหล่งน้ำเทียบกันระหว่างในอดีตกับปัจจุบัน เช่น แหล่งน้ำเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เลี้ยงปลากระชัง แต่ปรากฏว่าปัจจุบันปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติมีน้อยและไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ส่วนปลาที่เลี้ยงในกระชังก็ตายเป็นจำนวนมากหรือเมื่อก่อนน้ำในแหล่งน้ำสามารถใช้ชำระล้างร่างกายได้อย่างไม่มีผลกระทบ แต่ปัจจุบันปรากฏว่าเมื่ออาบน้ำในแหล่งน้ำแล้วจะมีอาการคันตามผิวหนัง เป็นต้น ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงด้านบทบาทหน้าที่ของแหล่งน้ำ

ส่วนการสังเกตการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแหล่งน้ำจะเป็นการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยขององค์ประกอบที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่ต่างไปจากเดิม เช่น เมื่อก่อนน้ำในแหล่งน้ำไม่มีสี แต่ปัจจุบันปรากฏว่าสีของแหล่งน้ำเป็นสีดำคล้ำ

การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำส่วนใหญ่จะเป็นการสังเกตเบื้องต้นโดยใช้ประสาทสัมผัสเป็นส่วนใหญ่ โดยคุณลักษณะของน้ำที่สามารถสังเกตได้ ประกอบด้วย

1. สี
2. กลิ่น
3. ความขุ่น
4. ฟอง
5. ปริมาณขยะ
6. ปริมาณสัตว์น้ำ เช่น ปลา ปู แมลง และนก เป็นต้น
7. จำนวนประชากรในชุมชน
8. จำนวนกิจกรรมต่างๆ ในชุมชนที่อาจก่อให้เกิดน้ำเสีย
9. จำนวนร้านค้า โรงงาน และแหล่งน้ำเสียอื่นๆ ฯลฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในชุมชนมีความสำคัญและประโยชน์ ดังนี้

1. ทำให้ทราบสถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำนั้นๆ ว่าจัดอยู่ในสภาพใด ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
2. ใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ
3. ทำให้ทราบที่มาของแหล่งกำเนิดน้ำเสียว่ามีต้นกำเนิดมาจากแหล่งใด

2. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำมีความจำเป็นและสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำที่แม่นยำกว่าการสังเกต และมีการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ โดยในการตรวจวัดคุณภาพน้ำจะมีตัวชี้วัดที่สำคัญๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแหล่งน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเกินกว่า 3 องศาเซลเซียส

2. พีเอช (pH) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย ค่า pH ที่วัดกันทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 0 -14 โดยพีเอช 7 แสดงว่าน้ำเป็นกลาง ค่าที่ต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำเป็นกรด และค่าที่สูงกว่า 7 แสดงว่าน้ำเป็นด่าง โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะที่เป็นกลาง คือ pH ประมาณ 6 – 8

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ น้ำผิวดินที่มีคุณภาพดีจะมีออกซิเจนละลายอยู่มากกว่า 6 มิลลิกรัม/ลิตร (สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตได้เมื่อปริมาณออกซิเจนละลายมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร)

4. สี น้ำที่มีคุณภาพดีจะต้องไม่มีสีหรือมีสีชาอ่อนๆ เท่านั้น

5. กลิ่น น้ำสะอาดจะต้องไม่มีกลิ่นใดๆ

6. ความขุ่น คือ ปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้น้ำไม่ใส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. บีโอดี (BOD) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่ามีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก ซึ่งมีความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายมาก

8. ซีโอดี (COD) คือ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำด้วยวิธีการทางเคมี ถ้าค่าซีโอดีสูงแสดงว่ามีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก ซึ่งมีความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายมาก

9. ไขมันและน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู และขวางกั้นการละลายของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำ

10. ไนโตรเจน เป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตโดยจะเก็บไว้ในรูปโปรตีนและแอมโมเนีย ซึ่งเมื่อเกิดการย่อยสลายจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้สารประกอบไนโตรเจนยังส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย และพืชน้ำต่างๆ ทำให้น้ำมีสีเขียวและเน่าเหม็นได้

11. โลหะหนัก เป็นสารพิษที่ถูกปล่อยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปรอท แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และโครเมียม เป็นต้น สารพิษโลหะหนักเหล่านี้เป็นอันตรายต่อสัตว์และคนค่อนข้างมาก แม้จะมีความเข้มข้นต่ำๆ ก็ตาม นอกจากนี้ยังสามารถสะสมอยู่ในร่างกายสัตว์และอาจถ่ายทอดมายังคนที่บริโภคสัตว์เหล่านั้นได้อีกด้วย

12. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช คือ สารเคมีอันตรายที่ใช้ในกิจกรรมการเกษตรต่างๆ เช่น สารกำจัดศัตรูพืช และสารเคมีกำจัดเชื้อรา เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้มีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งมีพิษแตกต่างกัน บางชนิดสลายได้เร็ว บางชนิดสลายได้ช้า และมีการสะสมในสิ่งแวดล้อมอยู่ได้นาน

13. ปริมาณของแข็ง หมายถึงปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งที่ละลายได้และไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อความขุ่นของน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แม้ว่าการตรวจวัดคุณภาพน้ำในทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำหลายตัวและมีความซับซ้อนและยุ่งยากพอสมควร แต่เราสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างง่ายได้ โดยใช้ดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำเพียงไม่กี่ตัว ดังนี้

1. น้ำมันที่ผิวน้ำ โดยปกติในแหล่งน้ำจะต้องไม่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวน้ำ ซึ่งหากมีจะทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายลงสู่แหล่งน้ำได้น้อย ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย การตรวจสอบน้ำมันที่ผิวน้ำทำได้โดยตักน้ำใส่แก้ว แล้วส่องดูกับแสงอาทิตย์ หากมีน้ำมันจะเห็นเป็นเหลือบสีรุ้งลอยอยู่บนผิวหน้า

2. สี การตรวจวัดสีสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า น้ำผิวดินเท่านั้นที่มักมีสี และส่วนใหญ่เป็นแหล่งน้ำนิ่ง เช่น บึงหรืออ่างเก็บน้ำ โดยสีของน้ำตามธรรมชาติจะเป็นสีเหลืองน้ำตาลหรือสีชาอ่อนๆ ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของใบไม้ ใบหญ้า ส่วนแหล่งน้ำที่มีการไหล เช่น แม่น้ำ ลำคลองมักไม่มีสี นอกจากจะได้รับน้ำเสีย โดยการสังเกตสีของน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

สีที่ปรากฏ	**สาเหตุที่ทำให้เกิดสี**
ไม่มีสี	ยังไม่สามารถสรุปว่าน้ำสะอาด เพราะอาจมีสิ่งเจือปนอยู่
สีเขียว	มีแพลงค์ตอนพืช และสาหร่าย
สีเหลือง หรือน้ำตาล หรือสีชาใส	มีการย่อยสลายซากพืช
สีแดง หรือสีเหลือง หรือสีมะฮอกกานี	เป็นสีของสาหร่ายอีกจำพวกหนึ่ง
สีน้ำตาลขุ่นหรือสีแดง	มีตะกอนดินเจือปนอาจเกิดจากการกัดเซาะหน้าดินหรือชายฝั่ง
สีรุ้ง	มีคราบน้ำมัน
สีเทาหรือสีดำ	น้ำเน่าจากสิ่งปฏิกูล หรืออาจมีแร่ธาตุจากธรรมชาติเจือปน

3. ความขุ่น ความขุ่นจะมีมากเมื่อน้ำสกปรก การตรวจวัดสามารถทำได้ง่าย โดยนำน้ำใส่แก้วแล้วส่องดู จะเห็นความขุ่นได้อย่างชัดเจนแล้วจดบันทึกความขุ่นตามที่เห็น เช่น ใส ขุ่นเล็กน้อย ขุ่นมาก เป็นต้น

4. ฟอง เกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากการซักล้าง เช่น น้ำซักผ้า น้ำล้างจาน เป็นต้น การตรวจวัดสามารถสังเกตด้วยตาเปล่า หรือนำน้ำมาใส่ขวดใสมีฝาปิด แล้วเขย่าเพื่อดูการเกิดฟอง แล้วจดบันทึกตามที่สังเกตได้ เช่น ไม่มีฟอง ฟองมาก เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. กลิ่น กลิ่นเป็นลักษณะสมบัติน้ำที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย โดยแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีจะต้องไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ เมื่อสังเกตกลิ่นแล้วจดบันทึกไว้ เช่น มีกลิ่น ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นสารเคมี มีกลิ่นน้ำมัน เป็นต้น การสังเกตกลิ่นของน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

กลิ่นที่ปรากฏ	ที่มาของกลิ่น
กลิ่นหอม	กลิ่นผลไม้ กลิ่นกระเทียม กลิ่นแตงกวา กลิ่นน้ำหอม กลิ่นยาต่างๆ
กลิ่นต้นไม้	กลิ่นสาหร่าย กลิ่นหญ้า กลิ่นต้นไม้ กลิ่นแพลงค์ตอนต่างๆ
กลิ่นดินและกลิ่นเชื้อรา	กลิ่นดิน กลิ่นโคลน กลิ่นเชื้อราต่างๆ
กลิ่นคาว	กลิ่นคาวปลา กลิ่นน้ำมันตับปลา กลิ่นหอยต่างๆ
กลิ่นยา	กลิ่นฟีนอล กลิ่นน้ำมันทาร์ กลิ่นน้ำมัน กลิ่นไขมัน กลิ่นฟาราฟีน กลิ่นคลอรีน กลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือกลิ่นผลิตภัณฑ์ยาต่างๆ
กลิ่นเน่า	กลิ่นของสดเน่า กลิ่นขยะ กลิ่นน้ำทิ้ง กลิ่นคอกหมู กลิ่นมูลสัตว์ต่างๆ

6. อุณหภูมิน้ำ เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณภูมิน้ำมีทั้งแบบธรรมดาและแบบดิจิตอล สำหรับวัดคุณภาพน้ำใช้เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาก็เพียงพอ โดยการจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปใต้น้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที จึงทำการอ่านค่า อุณหภูมิที่เหมาะสมกับแหล่งน้ำต้องไม่เกินกว่าอุณหภูมิของอากาศ 3 องศาเซลเซียส

7. ค่าพีเอช มีการวัดหลายแบบ วิธีง่ายๆ ใช้การเปรียบเทียบสีของกระดาษลิตมัส ซึ่งเมื่อนำไปสัมผัสกับน้ำ สีจะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของน้ำ

8. การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่บอกค่าได้ทันทีเมื่อจุ่มลงไปในน้ำ และการทดสอบด้วยสารเคมี โดยค่าของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณออกซิเจนที่ลายน้ำ	คุณภาพน้ำ
มากกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร	อาจมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของสาหร่าย
6 มิลลิกรัม/ลิตร	แหล่งน้ำที่เหมาะแก่การดำรงชีวิตขยายพันธุ์และการอนุรักษ์สัตว์น้ำ
5 มิลลิกรัม/ลิตร	
4 มิลลิกรัม/ลิตร	
3 มิลลิกรัม/ลิตร	สัตว์น้ำส่วนใหญ่สามารถดำรงอยู่ได้อย่างปกติ
2 มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของปลาและสัตว์น้ำส่วนใหญ่
1 มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของปลาและสัตว์น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบทดสอบที่ 5 เรื่อง การเฝ้าระวังด้วยการตรวจสอบคุณภาพน้ำ</u>

ชื่อ – สกุล.....ชั้น.....

จงเติมเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่เป็นความจริง และเติมเครื่องหมาย ✕ หน้าข้อที่ไม่เป็นความจริง

……1. น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีสีใสเสมอ

……2. ปลาตายในแหล่งน้ำเป็นตัวบอกว่าน้ำมีบทบาทหน้าที่ปกติ

……3. กลิ่นคาวเป็นกลิ่นจากการเน่าเปื่อยของขยะ

……4. อุณหภูมิปกติของแหล่งน้ำธรรมชาติจะต้องสูงไม่เกิน 3 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิอากาศ

……5. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ 3-6 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นช่วงที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ได้

……6. ชุมชนไม่จำเป็นต้องเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพน้ำ เพราะเป็นหน้าที่ของนักสิ่งแวดล้อมเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ช

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการถ่ายทอดการเรียนรู้การบำบัดน้ำเสียชุมชน
และเกณฑ์การให้คะแนนแบบ scoring subrics

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบทดสอบ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียชุมชน

สำหรับกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 11 ข้อ เวลาในการทำแบบทดสอบ 110 นาที

2. ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเข้าใจของนักเรียนให้ละเอียดที่สุด

---

1. บทบาทหน้าที่ของน้ำมีอะไรบ้าง
2. น้ำดีกับน้ำเสียมีความแตกต่างกันอย่างไร
3. ตามกฎแห่งการเปลี่ยนแปลงจงอธิบายสภาวะการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่มีผลกระทบและสภาวะที่ไม่มีผลกระทบตามที่นักเรียนเข้าใจ
4. จงให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดเมื่อมีการปล่อยน้ำเสียที่ไม่มีการบำบัดจากชุมชนลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง พบว่า บางครั้งทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย แต่บางครั้งไม่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย
5. จงบอกวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับชุมชนมา 1 วิธี และจงบอกเหตุผลของความจำเป็นในการใช้วิธีการบำบัดดังกล่าว
6. การที่นักเรียนจะบอกว่าน้ำในแหล่งน้ำเสียหรือไม่ นักเรียนสังเกตจากอะไรบ้าง เพราะอะไร
7. การตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นตรวจวัดอะไรบ้างและมีวิธีการตรวจวัดอย่างไร
8. ผลจากการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ น้ำเสียจากครัวเรือน ตลาดสด นากุ้ง และโรงงาน น้ำยางข้นลงสู่แม่น้ำปะเหลียน เป็นเหตุให้ปลา หอย และปู ทั้งที่เลี้ยงในกระชังและในธรรมชาติตายเป็นจำนวนมาก และสร้างความเดือดร้อนแก่ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับเหตุการณ์ปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้
9. เหตุการณ์ปัญหาน้ำเสียต่อไปนี้ให้นักเรียนเรียงลำดับความเร่งด่วนในการแก้ปัญหาจากความเร่งด่วนมากไปหาความเร่งด่วนน้อย และให้นักเรียนอธิบายการเกิดปัญหาน้ำเสียแต่ละเหตุการณ์ในด้านการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติของแหล่งน้ำและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต พร้อมเสนอแนะแนวทางแก้ไข

.....1) มีปลาลอยตัวขึ้นผิวน้ำจำนวนมาก

.....2) ร้านอาหาร 1 แห่ง เทน้ำทิ้งลงแม่น้ำปะเหลียนโดยตรงขณะน้ำขึ้น

.....3) น้ำในแหล่งน้ำมีขยะปะปน มีกลิ่นเหม็น และปลาตายจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. หากนักเรียนพบเห็นเหตุการณ์ต่อไปนี้ นักเรียนจะทำอย่างไรและจงให้เหตุผลประกอบกับการกระทำนั้นๆ

    - เพื่อนบ้านของนักเรียนเทน้ำล้างจานและเศษอาหารลงแม่น้ำโดยตรง
    - ฝนตกหนักและมีปริมาณน้ำจืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในแม่น้ำปะเหลียนที่มีการเลี้ยงปลาในกระชัง
    - เศษขยะจำพวกใบจากที่ทิ้งกองอยู่บริเวณริมแม่น้ำ

11. หากว่านักเรียนเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ที่โรงเรียนกันตังพิทยากร โดยมีนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมจำนวน 200 คน เป็นเวลา 4 วัน 3 คืน นักเรียนจะวางแผนจัดการน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและน้ำล้างจานอย่างไรในด้านขั้นตอนดำเนินการ วิธีการบำบัด การใช้ประโยชน์ และผู้รับผิดชอบในการจัดการน้ำเสียเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในโรงเรียนและพื้นที่โดยรอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนน (scoring rubrics)

ข้อที่ 1

ระดับคะแนน	เกณฑ์
1	ระบุบทบาทหน้าที่ได้ถูกต้อง
0	ระบุบาทหน้าที่ไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ข้อที่ 2

ระดับคะแนน	เกณฑ์
1	ระบุความแตกต่างระหว่างน้ำดีกับน้ำเสียได้ถูกต้อง
0	ระบุความแตกต่างไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ข้อที่ 3

ระดับคะแนน	เกณฑ์
1	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำได้ถูกต้อง
0	อธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ข้อที่ 4

ระดับคะแนน	เกณฑ์
2	ระบุเหตุผลถูกต้องทั้ง 2 กรณี
1	ระบุเหตุผลถูกต้องเพียง 1 กรณี
0	ระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ข้อที่ 5

ระดับคะแนน	เกณฑ์
2	ระบุวิธีการบำบัดและให้เหตุผลได้ถูกต้อง
1	ระบุวิธีการบำบัดได้ถูกต้อง และไม่ระบุเหตุผล
0	ระบุวิธีการบำบัดไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อที่ 6

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3	ระบุสิ่งที่สังเกตถูกต้อง 5 อย่าง
2	ระบุสิ่งที่สังเกตถูกต้อง 3-4 อย่าง
1	ระบุการสังเกตถูกต้อง 1-2 อย่าง
0	ระบุการสังเกตถูกต้อง 1 อย่าง

ข้อที่ 7

ระดับคะแนน	เกณฑ์
3	ระบุการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง 5-6 อย่าง
2	ระบุการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง 3-4 อย่าง
1	ระบุการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง 1-2 อย่าง
0	ระบุการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ

ข้อที่ 8

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความโน้มเอียงของความรู้สึก		แสดงความคิดเห็นห่วงใยต่อสิ่งแวดล้อม	แสดงความคิดเห็นไม่บ่งบอกทิศทาง	แสดงความคิดเห็นไม่ห่วงใยต่อสิ่งแวดล้อม
แหล่งที่มาของน้ำเสีย	แสดงความคิดเห็นถึงแหล่งที่มาของน้ำเสียชัดเจนและครอบคลุม	แสดงความคิดเห็นถึงแหล่งที่มาของน้ำเสียชัดเจนและครอบคลุมเพียงบางส่วน	แสดงความคิดเห็นถึงแหล่งที่มาของน้ำเสียไม่ชัดเจน	ไม่ระบุ/ไม่แสดงความคิดเห็นถึงแหล่งที่มาของน้ำเสีย
กลไกน้ำเสีย			แสดงความคิดเห็นระบุถึงกลไกการเกิดน้ำเสียถูกต้อง	ไม่ระบุ/แสดงความคิดเห็นระบุถึงกลไกการเกิดน้ำเสียไม่ถูกต้อง
ผลกระทบ		ระบุผลกระทบถูกต้องชัดเจน	ระบุผลกระทบถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	ไม่ระบุผลกระทบ/แสดงความคิดเห็นระบุถึงผลกระทบไม่ถูกต้อง
แนวทางแก้ไข		แสดงความคิดเห็นระบุแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนถูกต้อง ชัดเจน	แสดงความคิดเห็นระบุถึงแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	ไม่ระบุ/แสดงความคิดเห็นระบุถึงแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำเสียไม่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อที่ 9

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
การเรียงลำดับความเร่งด่วน		เรียงลำดับถูกต้อง 3 ข้อ	เรียงลำดับถูกต้อง 1 ข้อ	เรียงลำดับไม่ถูกต้อง/ไม่ตอบ
การบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติ	อธิบายกลไกการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติถูกต้องทั้ง 3 เหตุการณ์	อธิบายกลไกการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติถูกต้อง 2 เหตุการณ์	อธิบายกลไกการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติถูกต้อง 1 เหตุการณ์	อธิบายกลไกการบำบัดน้ำเสียไม่ถูกต้องทั้ง 3 เหตุการณ์/ไม่ตอบ
ผลกระทบ	ระบุผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นถูกต้องทั้ง 3 เหตุการณ์	ระบุผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นถูกต้อง 2 เหตุการณ์	ระบุผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นถูกต้อง 1 เหตุการณ์	ระบุผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นไม่ถูกต้องทั้ง 3 เหตุการณ์/ไม่ตอบ
แนวทางแก้ไข		บอกแนวทางแก้ไขถูกต้อง ชัดเจน	บอกแนวทางแก้ไขถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	บอกแนวทางแก้ไขไม่ถูกต้อง/ไม่ตอบ

ข้อที่ 10

เหตุการณ์ที่	ระดับคะแนน		
	2	1	0
เหตุการณ์ที่ 1	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ชัดเจน และระบุเหตุผลได้ถูกต้อง	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ไม่ชัดเจน และระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่ไม่พึงปฏิบัติ/ไม่ระบุ
เหตุการณ์ที่ 2	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ชัดเจน และระบุเหตุผลได้ถูกต้อง	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ไม่ชัดเจน และระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่ไม่พึงปฏิบัติ/ไม่ระบุ
เหตุการณ์ที่ 3	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ชัดเจน และระบุเหตุผลได้ถูกต้อง	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่พึงปฏิบัติ ไม่ชัดเจน และระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุ	แสดงออกถึงพฤติกรรมที่ไม่พึงปฏิบัติ/ไม่ระบุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อที่ 11

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
การวางแผน	วางแผนเป็นลำดับขั้นตอนและมีความเหมาะสม	วางแผนไม่เป็นลำดับขั้นตอน	วางแผนไม่เหมาะสมกับสถานการณ์/ไม่ระบุถึงการวางแผน/ไม่ตอบ
วิธีการบำบัดน้ำเสีย	ระบุวิธีการบำบัดน้ำเสียเหมาะสมกับสถานการณ์และชัดเจน	ระบุวิธีการบำบัดน้ำเสียเหมาะสมกับสถานการณ์	ระบุวิธีการบำบัดน้ำเสียไม่ถูกต้อง/ไม่ระบุวิธีการบำบัดน้ำเสีย
การใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย	ระบุวิธีการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียได้อย่างเหมาะสม ชัดเจน	ระบุวิธีการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียเหมาะสม	ระบุวิธีการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียไม่เหมาะสม/ไม่ระบุวิธีการใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย
ความรับผิดชอบ	มีการระบุความรับผิดชอบในการจัดการน้ำเสียที่ครอบคลุมผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคน	มีการระบุความรับผิดชอบการจัดการน้ำเสียบางส่วนหรือคนใดคนหนึ่ง	ไม่มีการระบุความรับผิดชอบการจัดการน้ำเสีย/ไม่ตอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ซ

ลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะทั่วไป ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
1	1	หญิง	13	3.88	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ค้าขาย	-	ม.6 ทั้งบิดาและมารดา	10,000	-
2	1	หญิง	13	3.93	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ค้าขาย	-	- บิดา ม.6 - มารดา ป.ตรี	10,000	-
3	1	หญิง	13	3.91	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการ - มารดาเป็นแม่บ้าน	ประมง	- บิดา ปวส. - มารดา ม.6	28,000	บิดาเป็นนายก อบต.
4	1	ชาย	13	3.64	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- รับราชการครูทั้งบิดาและมารดา	ค้าขาย	- มารดา ป.ตรี - บิดา ป.โท	35,000	-
5	1	หญิง	13	3.98	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ทำสวนยางพารา	ทำประมงในแม่น้ำปะเหลียนและเลี้ยงปลากระชัง	- บิดา ม.3 - มารดา ปวส.	10,000	-
6	1	หญิง	13	3.90	บิดาเสียชีวิต	มารดา	ทำสวนยางพารา	ค้าขาย	- มารดา ม.3	7,500	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
7	1	ชาย	14	2.70	แยกกันอยู่	มารดา	รับจ้าง	-	- ป.4	7,000	-
8	1	หญิง	13	3.70	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดาทำสวนยางพารา - มารดารับราชการครู	ค้าขาย	- บิดา ป.6 - มารดา ป.ตรี	18,000	-
9	1	หญิง	13	3.63	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- รับจ้างทั้งบิดามารดา	-	- บิดา ป.6 - มารดา ป.6	10,000	-
10	1	หญิง	13	3.10	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดา ก่อสร้าง - มารดา รับจ้าง	-	- บิดา ป.4 - มารดา ป.4	8,000	-
11	1	หญิง	13	3.10	หย่าร้าง	บิดา	- รับราชการกรมเจ้าท่า	ค้าขาย	- ปวส.	10,000	-
12	1	หญิง	12	2.78	บิดาเสียชีวิต	ย่า	ทำสวนยางพารา	-	- ป.4	5,000	-
13	1	หญิง	13	3.63	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับจ้าง - มารดาเป็นแม่บ้าน	ประมง	- บิดา ป.6 - มารดา ป.6	12,000	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
14	1	หญิง	13	3.87	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ทำสวนยางพาราทั้งบิดา มารดา	-	- บิดา ป.4 - มารดา ป.6	15,000	-
15	2	หญิง	14	2.88	บิดาเสียชีวิต	ตาและยาย	- ตาเป็นข้าราชการบำนาญ - ยายเป็นแม่บ้าน	-	- ตา ป.ตรี - ยาย ป.ตรี	25,000	-
16	2	หญิง	14	3.38	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการครู - มารดาทำสวนยางพารา	-	- บิดา ป.ตรี - มารดา ป.ตรี	30,000	-
17	2	หญิง	14	3.98	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	รับจ้างทั้งบิดาและมารดา	ค้าขาย	- บิดา ป.4 - มารดา ป.4	20,000	-
18	2	ชาย	14	3.63	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	รับราชการครูทั้งบิดาและมารดา	เลี้ยงปลากระชัง	- บิดา ป.ตรี - มารดา ป.ตรี	60,000	-
19	2	หญิง	14	3.00	แยกกันอยู่	มารดา	ทำสวนยางพารา	- ตัดใบจากขาย	ป.4	10,000	อ.ส.ม
20	2	ชาย	14	2.50	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการครู - มารดาทำสวนยางพารา	- ตัดใบจากขาย	- บิดา ป.ตรี - มารดา ม.6	23,000	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
21	2	หญิง	14	2.60	หย่าร้าง	มารดา	รับจ้าง	-	ม.3	10,000	-
22	2	หญิง	15	3.45	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	รับราชการครูทั้งบิดาและมารดา	-	- บิดา ป.ตรี - มารดา ป.ตรี	35,000	-
23	2	หญิง	15	3.00	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดาทำสวนยางพารา - มารดาค้าขาย	ประมง	- บิดา ม.6 - มารดา ม.6	15,000	-
24	2	ชาย	15	3.54	บิดาเสียชีวิต	มารดา	ทำสวนยางพารา	-	ม.6	12,000	-
25	2	ชาย	15	2.50	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการ - มารดาค้าขาย	ทำสวนยางพารา	- บิดา ป.4 - มารดา ป.6	18,000	บิดาเป็นสมาชิก อบต.
26	2	หญิง	14	2.66	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	รับราชการครูทั้งบิดาและมารดา	-	- บิดา ป.ตรี - มารดา ป.ตรี	44,000	-
27	2	หญิง	14	2.85	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดาลูกจ้างประจำ - มารดาค้าขาย	-	- บิดา ม.6 - มารดา ม.3	18,000	-
28	2	หญิง	14	3.25	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ทำสวนยางพาราทั้งบิดามารดา	-	- บิดา ป.6 - มารด ม.3	15,000	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
29	3	ชาย	15	3.89	อยู่ด้วยกัน	ตาและยาย	ทำสวนยางพาราทั้งบิดามารดา	-	- ตา ป.4 - ยาย ป.6	10,000	-
30	3	ชาย	15	3.27	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการตำรวจ - มารดารับราชการพยาบาล	-	- บิดา ป.ตรี - มารดา ป.ตรี	45,000	-
31	3	หญิง	14	3.88	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับราชการทหาร - มารดาพนักงานบริษัท	ทำสวนปาล์มน้ำมัน	- บิดา ม.6 - มารดา ป.ตรี	25,000	-
32	3	ชาย	16	3.43	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	ทำสวนยางพารา	ประมง	- บิดา ม.3 - มารดา ป.6	12,000	-
33	3	หญิง	14	3.98	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดารับจ้าง - มารดาทำสวนยางพารา	ประมง	- บิดา ป.6 - มารดา ป.4	15,000	-
34	3	หญิง	14	3.51	แยกกันอยู่	มารดา	รับจ้าง	-	ป.4	11,000	-
35	3	หญิง	15	3.64	แยกกันอยู่	มารดา	รับจ้าง	-	ป.4	10,000	-
36	3	ชาย	16	2.71	แยกกันอยู่	อา	ค้าขาย	-	ป.4	14,000	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คนที่	ลักษณะทั่วไปของนักเรียน					ภูมิหลังด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน					
	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่	เพศ	อายุ (ปี)	เกรดเฉลี่ย	สถานภาพบิดามารดา	ผู้ปกครอง	อาชีพหลักของผู้ปกครอง	อาชีพรองของผู้ปกครอง	ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง	รายได้ต่อเดือนของครอบครัว	ตำแหน่งทางสังคมของผู้ปกครองในชุมชน
37	3	หญิง	15	3.44	หย่าร้าง	ตาและยาย	- ตาทำสวนยางพารา - ยายค้าขาย	ปลูกผัก	- ตา ป.4 - ยาย ป.4	10,000	-
38	3	หญิง	14	3.13	อยู่ด้วยกัน	แม่บุญธรรม	ค้าขาย	-	ม.6	20,000	ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน
39	3	หญิง	15	3.75	อยู่ด้วยกัน	บิดาและมารดา	- บิดาซ่อมมอเตอร์ไซด์ - มารดาช่างเสริมสวย	-	- บิดา ป.4 - มารดา ป.4	15,000	-

หมายเหตุ: – หมายถึง ไม่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฌ

ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

คนที่	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน					
	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว**	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน**	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน**	**การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน**	**การได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัวของนักเรียน**
1	-	การกำจัดแหล่งลูกน้ำยุงลาย	-	-	-	มลพิษทางอากาศ
2	-	-	-	-	-	มลพิษทางอากาศจากท่อไอเสียรถ
3	จับสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน	-	-	-	-	-
4	-	-	-	เก็บขยะ พลาสติกในแหล่งน้ำใกล้บ้าน	-	ปัญหาน้ำเสีย
5	จับสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน	-	-	-	-	-
6	ตัดใบจากไปจำหน่าย	-	-	-	-	-
7	-	ปลูกต้นไม้ในชุมชน รณรงค์ลดภาวะโลกร้อน	อนุรักษ์สัตว์ป่าและสิ่งแวดล้อม	-	-	ปัญหาขยะในครัวเรือน
8	-	-	-	เก็บขยะในชุมชน	-	-
9	-	-	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คนที่	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน					
	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัวของนักเรียน
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	เก็บขยะในลำคลองข้างบ้าน	-	-
13	เลี้ยงปลาประชังในแม่น้ำปะเหลียน	- เก็บขยะในลำคลอง - ปลูกต้นไม้	-	ปลูกต้นไม้ริมถนน	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-	ร่วมปลูกป่าชายเลนบริเวณริมแม่น้ำปะเหลียน	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำปะเหลียน	-	เข้าร่วมค่ายอนุรักษ์พยูน	-	-	- ประโยชน์ของป่าชายเลน - ความสำคัญของแม่น้ำปะเหลียน
19	ตัดใบจากขาย	-	-	ปลูกป่าชายเลน	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คนที่	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน					
	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัวของนักเรียน
20	ตัดใบจากขาย	-	เข้าร่วมในค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	-	-	เกี่ยวกับสึนามิ
21	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-
23	เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำปะเหลียน	-	เข้าร่วมค่ายอนุรักษ์พยูน	-	-	-
24	-	ปลูกป่าชายเลน	-	ช่วยเก็บขยะในแม่น้ำ	-	-
25	-	-	-	-	-	-
26	-	-	เข้าร่วมค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	-	-	-
27	-	-	เข้าร่วมในค่ายเยาวชนรักษ์บ้านเกิด	-	-	ปัญหาขยะและน้ำเสีย
28	-	-	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คนที่	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน					
	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว**	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน**	**การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน**	**การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน**	**การได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัวของนักเรียน**
29	-	-	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดีลดพื้นที่เสี่ยง	-	การบำบัดน้ำเสีย สาเหตุและปัญหา	การกรองไขมันก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ ไม่ทิ้งขยะลงแม่น้ำและไม่จุดไฟเผาขยะ
30	-	-	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดีลดพื้นที่เสี่ยง	ร่วมปลูกป่าชายเลน	การบำบัดน้ำเสีย สาเหตุและปัญหา	-
31	-	เก็บขยะริมแม่น้ำตรังและกำจัดแหล่งลูกน้ำยุงลาย	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดีลดพื้นที่เสี่ยง	เก็บขยะริมแม่น้ำตรัง	การบำบัดน้ำเสีย สาเหตุและปัญหา	ปัญหาขยะที่ส่งกลิ่นเหม็นในชุมชน
32	จับสัตว์น้ำในคลองชีล้อม	-	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดีลดพื้นที่เสี่ยง	-	การบำบัดน้ำเสีย สาเหตุและปัญหา	การไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
33	- จับสัตว์น้ำในแม่น้ำปะเหลียน - ใช้ใบจากมุงหลังคา	เก็บขยะริมแม่น้ำปะเหลียน	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดี ลดพื้นที่เสี่ยง	- เก็บขยะริมแม่น้ำปะเหลียน - การกำจัดแหล่งลูกน้ำยุงลาย	ลักษณะของน้ำเสียและสาเหตุน้ำเสีย	-
34	-	-	-	-	ลักษณะของน้ำเสียและสาเหตุน้ำเสีย	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คนที่	ภูมิหลังด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียน					
	การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในชุมชนของครอบครัว	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนของนักเรียน	การเข้าร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้น้ำเสียชุมชนในชั้นเรียนของนักเรียน	การได้รับความรู้สิ่งแวดล้อมอื่นจากคนในครอบครัวของนักเรียน
35	-	-	-	-	ลักษณะของน้ำเสียและสาเหตุน้ำเสีย	-
36	-	-	เข้าร่วมค่ายอนุรักษ์สัตว์ป่า	ช่วยลอกท่อระบายน้ำในชุมชน	การดูแลแหล่งน้ำและปัญหาน้ำเสีย	-
37	ใช้น้ำในคลองไม้แดงซักผ้าและปลูกผัก	เก็บขยะริมคลองไม้แดง	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดี ลดพื้นที่เสี่ยง	เก็บขยะริมคลองไม้แดง	การดูแลแหล่งน้ำและปัญหาน้ำเสีย	-
38	-	-	เข้าร่วมโครงการเพิ่มพื้นที่ดี ลดพื้นที่เสี่ยง	-	สาเหตุและปัญหาน้ำเสีย	-
39	-	-	-	- นำเปลือกปูมาทำปุ๋ยหมัก - ร่วมรณรงค์การใช้เปลือกปูมาทำปุ๋ยหมักเพื่อป้องกันไม่ให้มีกลิ่นเหม็นในชุมชน	สาเหตุและปัญหาน้ำเสีย	-

หมายเหตุ: – ไม่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ–นามสกุล	นายสุชาติ บรรจงการ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านบางค้างคาว สพท.ตรัง เขต 2
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์