สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

Computer assisted instruction about Waste water treatment

โดย

นางสาวอารียา ก่อกุศล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

ป๗.
ต663ป
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36257
วัน, เดือน, ปี.....20 ก.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
ปีการศึกษา 2543

ชื่อเรื่อง	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย Computer assisted instruction about Waste water treatment
ชื่อ-สกุล	นางสาวอารียา ก่อกุศล
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร
ภาควิชา	ครุศาสตร์เกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ชุติมา สังข์พาลี

บทคัดย่อ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เป็นการจัดสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ประกอบการสอน วิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม รหัส 03630110 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เริ่มด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และศึกษารายละเอียดของวิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม รหัส 03630110 โดยเฉพาะในหัวข้อ การบำบัดน้ำเสีย (Waste water treatment) ซึ่งนำมาทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังจากนั้นทำการค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียวิธีต่างๆ หลังจากได้ภาพและข้อมูลแล้ว จึงเริ่มทำการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป Authorware version 4.0 และทำการบันทึกเสียงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Creative wave editor บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยส่วนของเนื้อหาและแบบทดสอบ เมื่อสร้างเสร็จแล้วนำมาประเมินด้านโครงสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ และทำการแก้ไขปรับปรุง จากนั้นจึงทำการบันทึกลงในแผ่น CD-ROM พร้อมคู่มือการใช้โปรแกรม และรูปเล่มปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้จัดทำจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และมีการวางแผนในการดำเนินงาน มีความรู้ในเรื่องที่จะทำ เพื่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานน้อยที่สุด

ประโยชน์ที่ได้รับ ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "การบำบัดน้ำเสีย" สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา การกำจัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (รหัส 03630110) ตามหลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) ของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเพื่อใช้ในการเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณา ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล และอาจารย์ชุติมา สังข์พาลี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลและรูปภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย

ขอขอบพระคุณอาจารย์อรรถพร ฤทธิเกิด คุณเจริญศรี วุฒฑกุล และคุณวันดี นาสีริพงษ์ชัย ที่กรุณาประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้ข้อมูล คำแนะนำทางด้านสื่อ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบคุณอาจารย์พีรพงษ์ เกิดคำ วิทยาลัยช่างกลพานิชยการนครราชสีมา ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมช่วยสอน (Authorware)

ขอขอบคุณนายสุเมธ แซ่เฮี้ยว นายสมศักดิ์ ยังเจริญ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและนายคมสัน ตันเจริญ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม นายสุริยา จินตกานนท์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การช่วยเหลือเกี่ยวกับ Computer hardware เช่น การบันทึกแผ่น CD-ROM, การ Scan ภาพและการบันทึกเสียงด้วยโปรแกรม Creative wave editor และเป็นกำลังใจให้ตลอด

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ เป็นอย่างยิ่งสำหรับกำลังทรัพย์ และกำลังใจที่มีให้เรื่อย ๆ

นางสาวอารียา ก่อกุศล

พฤษภาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ		ก
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		จ
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	3
	1.3 ขอบเขตของปัญหา	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2	การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์	8
	2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย	18
3	วิธีการสร้างอุปกรณ์	40
	3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร	40
	3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา	41
	3.3 คำบรรยายประกอบการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	54
4	การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์	81
	4.1 วิธีการตรวจสอบอุปกรณ์	81
	4.2 ผลการตรวจสอบอุปกรณ์	82
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	84
	5.1 สรุป	84
	5.2 ปัญหาและอุปสรรค	85
	5.3 ข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม		87
ภาคผนวก		92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย.....	53
2	แสดงผลสรุปการตรวจสอบคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา เพื่อเข้าสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ในการที่จะพัฒนาประเทศไปได้ด้วยดีนั้น มีองค์ประกอบสำคัญหลายส่วนที่จะต้องพัฒนาควบคู่กันไป เช่น ด้านสาธารณูปโภค ด้านการขนส่ง ด้านเศรษฐกิจ ที่สำคัญคือด้านบุคลากร ที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ และการศึกษานั่นเอง ที่เป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมและพัฒนาประเทศทั้งทางด้านวัฒนธรรม สังคม การเมือง การปกครอง และด้านอื่น ๆ ดังคำกล่าวที่ว่า

"การศึกษาเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่ทำให้คนมีความรู้ ความสามารถเพียงพอต่อการเป็นผู้สร้างความเจริญและการเป็นผู้รับการเปลี่ยนแปลงของสังคม"(สุมน อมรวิวัฒน์, 2540 : 188)

การเปลี่ยนแปลงของสังคม ซึ่งเป็นไปในทางการพัฒนาประเทศนั้น เป็นการเปลี่ยนจากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรม โดยการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยหลักของการพัฒนา ซึ่งจะเห็นได้จากการกำเนิดโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จะมีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรใหญ่ๆ ในกระบวนการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ผลการผลิตเพิ่มขึ้น (ศิริ ฮามสุโพธิ์, 2536 : 3) แต่ถึงอย่างไรก็ตามในความเจริญย่อมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดิน ฟ้า อากาศ และน้ำ แต่น้ำเสียพบว่าเป็นปัญหาที่สำคัญอันดับหนึ่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 1)

ปัญหาน้ำเสียเป็นปัญหาที่เกิดจาก การขยายตัวของเมืองต่างๆ ทั้งในภาคเอกชน และอุตสาหกรรม โดยไม่มีระเบียบและปราศจากการวางแผน เพื่ออนุรักษ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 3) น้ำเสียเป็นผลผลิตหนึ่งในการดำเนินชีวิตและกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม ระหว่างกระบวนการผลิตและการแปรรูป โดยมีสารเคมีที่มีพิษและตะกอนต่างๆ เจือปน ซึ่งเกิดสีดำคล้ำส่งกลิ่นเหม็น และเมื่อน้ำเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ก็จะแปรจากสภาพแหล่งน้ำที่สะอาดตามธรรมชาติให้กลายเป็นแหล่งน้ำเสียไป ทำให้ไม่อาจใช้น้ำจากแหล่งน้ำนั้นได้ อีกทั้งยังส่งกลิ่นเหม็น ทำให้อากาศหายใจไม่บริสุทธิ์เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและความเป็นอยู่ของประชาชนอย่างร้ายแรง ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่เพียงแต่ในด้านอนามัยของประชาชนเท่านั้น หากยังกระทบกระเทือนถึงเศรษฐกิจของประเทศด้วย เนื่องจากกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมต่างๆ ต้องใช้น้ำเป็นวัตถุดิบเช่น การประปา และการอุตสาหกรรม ก็ไม่อาจจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (วิทยา เพียรวิจิตร, 2532 : 7)

ผู้จัดทำได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาต่าง ๆ ข้างต้นว่า ควรจะได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อฟื้นฟูสภาพแวดล้อมทางน้ำ ลดมลพิษที่เกิดจากน้ำเสีย และบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

การแก้ไขปัญหาน้ำเสียค่อนข้างเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยวิชาการ กำลังเงิน และความร่วมมือจากทุกๆฝ่ายเพื่อดำเนินการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพเหมาะสมก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำทั่วไป (วิทยา เพียรวิจิตร, 2532 : 4) วิธีการดำเนินงานส่วนใหญ่นั้นมักจะอยู่ในรูปเล่มของหนังสือ เอกสารต่างๆ หรือเป็นคำบรรยาย ซึ่งเป็นการยากที่จะทำความเข้าใจ

ดังนั้นการทำสื่อเพื่อใช้ในการศึกษาวิธีการจึงเป็นวิธีที่เหมาะสม อีกทั้งผู้จัดทำได้เล็งเห็นความสำคัญของผู้เรียน นักเรียน นักศึกษา ซึ่งเป็นเยาวชนรุ่นใหม่ที่มีความสำคัญ จะเป็นผู้บุกเบิกสร้างสรรค์ และสามารถพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่กำลังวิกฤติจึงควรที่จะปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ และเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันพบว่าอยู่ในลักษณะ Child Center คือ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยผู้สอนจะเป็นผู้ชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง แต่พื้นฐานที่ผู้เรียนมีแตกต่างกันทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ไม่เท่าเทียมกัน การนำสื่อมาช่วยในการเรียนการสอน จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ชัดเจนง่ายต่อการเข้าใจ สร้างความสนใจและประทับใจ ตลอดจนสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนด้วยความพอใจและกระตือรือล้น ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้น และยังสร้างความเสมอภาคทางการศึกษา เพราะสื่อช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากเรียนรู้ได้ทั่วถึงและประสบความสำเร็จ (วาสนา ชาวหา, 2533 : 17)

สื่อแต่ละชนิดมีส่วนสร้างเสริมการเรียนรู้ได้ต่างกัน ครูควรเลือกสื่อที่จะร่วมกันสร้างเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (อรพรรณ พรสีมา, 2530 : 95)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อประกอบการสอนชนิดหนึ่ง ที่ทำหน้าที่ได้ครบทุกสื่อในเวลาเดียวกัน ด้วยโปรแกรมใช้งานที่เรียกว่า โปรแกรม Authorware ซึ่งจัดเป็นโปรแกรมประเภท Authoring System ที่ใช้สำหรับพัฒนา Application ใช้งานที่มีความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้โดยเฉพาะโปรแกรมด้านการเรียนการสอนการฝึกอบรมด้วยคอมพิวเตอร์ (Interactive leaning program) รวมทั้งมีความสามารถในด้าน Multimedia ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสื่อทั้งภาพและเสียง ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น (วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์, 2542 : 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้จัดทำเห็นว่า วิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (รหัส 03630110) ซึ่งเป็นวิชาในกลุ่มวิชาบังคับเลือกตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) ของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีเนื้อหาในส่วนของการบำบัดน้ำเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้จัดทำสื่อการเรียนการสอนที่เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาดังกล่าว เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่าง ๆ และปลูกจิตสำนึกที่จะปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "การบำบัดน้ำเสีย" สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชา การกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (รหัส 03630110) ซึ่งเป็นวิชาในกลุ่มวิชาบังคับเลือกตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี)ของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ผลิต CAI เรื่อง "การบำบัดน้ำเสีย" โดยมีเนื้อหาในส่วนของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่างๆ ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่

ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ

วิธีการ

1) ตะแกรง
   - ตะแกรงหยาบ
   - ตะแกรงละเอียด
2) การตกตะกอน
3) การกำจัดของเบา
   - ถังดักไขมัน
   - ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ
   - ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

วิธีการ

1) การปรับ pH
2) การสร้างและการรวมตะกอน
3) การตกผลึกทางเคมี
4) การเกิดออกซิเดชั่น-รีดักชั่นทางเคมี
5) การแลกเปลี่ยนไอออน
6) การฆ่าเชื้อโรค

ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

วิธีการ

1) การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ
   - บ่อหมัก
   - ถังกรอง
   - ถังกรองไร้อากาศ
2) การบำบัดแบบใช้อากาศ

ระบบจุลชีพแขวนลอย
   - สระเติมอากาศ
   - ระบบเอเอส (Activated Sludge)

ระบบจุลชีพตรึงบนตัวกลาง
   - ระบบโปรยกรอง
   - ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ
   - บึงประดิษฐ์

ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย
   - ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "การบำบัดน้ำเสีย" สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา การกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (รหัส 03630110) ตามหลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) ของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) เพื่อใช้ในการเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ดังนี้

2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ซึ่งจะกล่าวถึง

2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.2 ลักษณะและประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.3 ความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน

2.1.4 ข้อดี และข้อเสียของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.5 การสร้างและการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.6 โปรแกรมและประเภทของโปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.7 แนวโน้มการศึกษาในอนาคต

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย

ซึ่งจะกล่าวถึง

2.2.1 น้ำเสีย

2.2.2 ประเภท และลักษณะของน้ำเสีย

2.2.3 การบำบัดน้ำเสีย

ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ

วิธีการ

1) ตะแกรง

- ตะแกรงหยาบ
- ตะแกรงละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การตกตะกอน

- การกำจัดกรวดทราย
- การตกตะกอนของแข็งทั่วไป

3) การกำจัดของเบา

- ถังดักไขมัน
- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ
- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย

ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

วิธีการ

1) การปรับ pH
2) การสร้างและการรวมตะกอน
3) การตกผลึกทางเคมี
4) การเกิดออกซิเดชั่น-รีดักชั่นทางเคมี
5) การแลกเปลี่ยนไอออน
6) การฆ่าเชื้อโรค

ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

วิธีการ

1) การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

- บ่อหมัก
- ถังเกรอะ
- ถังกรองไร้อากาศ

2) การบำบัดแบบใช้อากาศ

ระบบจุลชีพแขวนลอย

- สระเติมอากาศ
- ระบบเอเอส (Activated Sludge)

ระบบจุลชีพตรึงบนตัวกลาง

- ระบบโปรยกรอง
- ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ
- ระบบบึงประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย

- ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส

2.2.4 วิธีการบำบัดน้ำเสียของชุมชนด้วยตนเอง

2.2.5 วิธีการรักษาแหล่งน้ำ

2.2.6 การนำน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์

2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายแตกต่างกันไป เช่น

ยืน ภู่วรวรรณ (2531 : 12) ได้ให้ความหมายไว้ว่า

> คอมพิวเตอร์ช่วยสอนย่อมาจาก ภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction : CAI คือ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล นักเรียนแต่ละคนที่นั่งอยู่ที่ไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง หรือ เทอร์มินอลที่ต่อเข้ากับเครื่องเมนเฟรม เรียนโปรแกรมสำเร็จรูปที่จัดเตรียมไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้นๆขึ้นมาบนจอภาพ โดยปกติจอภาพจะแสดงผลแสดงเรื่องราวเป็นคำอธิบาย เป็นบทเรียน, เป็นการแสดงรูปภาพ, โปรแกรมสำหรับการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) สำหรับการเรียน, เกมที่ให้ความรู้ (Instruction Games), การแก้ปัญหา (Problem Solving), การให้คำแนะนำ (Information

วสันต์ อติศัพท์ (2530 : 17) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ย่อมาจากภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีลักษณะเป็นโปรแกรมสำหรับใช้ในด้านการสอน เนื้อหาวิชา และการฝึกทักษะ หรือฝึกปฏิบัติ (Tutorials, Drill and Practice)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2531 : 14) ได้ให้ความหมายไว้ว่า

> คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสอน ไม่ได้หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์สอนแทนครูทั้งหมด แต่อาจมีเนื้อหาบางส่วนที่ครูสอน และบางส่วนให้เรียนจากคอมพิวเตอร์ หรือครูสอนเนื้อหาทั้งหมด โดยการทบทวนและการทดสอบความรู้เป็นหน้าที่ของคอมพิวเตอร์ หรือครูทำหน้าที่สอนเนื้อหาและผู้เรียนเรียนตามไม่ทันก็ให้เรียนจากคอมพิวเตอร์ในลักษณะการสอนเสริม ซึ่งวิธีการเหล่านี้อยู่ภายใต้ขอบข่ายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน "เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวนการทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล" (ทักษิณา สวนานนท์, 2530 : 206)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ "การนำคอมพิวเตอร์ไปสอนคน สอนวิชาต่างๆ เช่น เลข คณิตศาสตร์ เรขาคณิต วิชาไฟฟ้า ฟิสิกส์ ฯลฯ " (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2526 : 5)

สรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) คือ การนำคอมพิวเตอร์ไปช่วยในขบวนการเรียนการสอน ในด้านต่างๆ โดยมีลักษณะเป็นการสอนรายบุคคล ผู้เรียนจะเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง และเนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถสนองผลให้ทราบได้ทันที ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมี เจตนคติ และผลสัมฤทธิ์ในด้านการเรียนดีขึ้น

2.1.2 ลักษณะและประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

<u>ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน</u>

ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนที่ประยุกต์มาจากบทเรียนโปรแกรมของ B.F. Skinner โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์นำเสนอบทเรียนซึ่งมีลักษณะเป็นโมเดล (Model) 2 แบบ คือ

1) แบบเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นบทเรียนที่ต้องเรียนทีละหน่วยตามลำดับ

2) แบบสาขา (Branching Programming) เป็นบทเรียนที่โยงระหว่างหน่วยถึงกันได้ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความสามารถของตน (บูรณะ สมชัย, 2538 : 26-27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของ CAI พื้นฐานเป็นการมองคอมพิวเตอร์เสมือนเป็นครูที่ทำการโต้ตอบกับนักเรียน โครงสร้างของโมเดล จึงเป็นการสร้างความสัมพันธ์ของการกระทำระหว่างครู และนักเรียน แต่หากจะพิจารณาสภาพที่เห็นอย่างชัดเจนขึ้น คือ การสื่อสารโต้ตอบระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ ภายใต้สมมุติฐานว่า คอมพิวเตอร์อยู่ภายใต้โมเดลของครูที่จะโต้ตอบกับนักเรียน เช่น

- เครื่องเสนอบทเรียน คำ อธิบาย เป็นข้อความ ภาพ สี เสียง หรือมีคำถาม
- นักเรียนสนองตอบ หรือนักเรียนไม่เข้าใจอาจถามกลับได้
- มีการคำนวณคะแนน และตัดเกรดบันทึกคะแนน (ยืน ภู่วรวรรณ, 2531 : 21)

ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้งาน และตามความฉลาดในการรับคำสอน ดังที่ยืน ภู่วรวรรณ (2531 : 121-122) ได้กล่าวไว้ คือ

1) แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

1.1) เครื่องเปิดหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Page Turners) ผู้ใช้จะกดแป้นบางแป้น เช่น F1 จะมีเครื่องช่วยเปิดเอกสารหรือข้อความที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ให้ตามความต้องการ

1.2) แบบฝึกปฏิบัติ (Drill and Practice Monitors) เป็นแบบที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ โดยเครื่องจะพิมพ์คำถามแล้วรอคำตอบ เพื่อตรวจสอบคำตอบว่าถูกหรือผิด และมีคำอธิบายชี้แนะ

1.3) ครูอิเล็กทรอนิกส์ (ICAI : Intelligent Computer Assisted Instruction) ลักษณะเป็นระบบที่ปรับบทเรียนให้เหมาะสมตามความสามารถของนักเรียนแต่ละคน และสนองตอบหรือแก้ปัญหาบางอย่างได้ด้วยตนเอง

2) แบ่งตามความฉลาดในการรับคำสอน

2.1.) ประเภทคำสอนตายตัวจะมีลักษณะเป็นโปรแกรม ที่กำหนดลักษณะคำถามที่แน่นอน การเรียนกี่ครั้งก็ตามเครื่องจะแสดงคำถามเดิม โปรแกรมจึงสร้างไม่ซับซ้อน แต่โครงสร้างเนื้อหาต้องชัดเจน รัดกุม คำถามเหมาะสม วัดผลได้ดี

2.2.) ประเภทสร้างคำสอนเอง หมายถึงบางวิชา เช่นคณิตศาสตร์ มีหลักเกณฑ์ตายตัว ซึ่งเครื่องนำไปสร้างตัวอย่างคำถามเอง ที่คล้ายๆกันแต่ไม่ซ้ำกัน

ประเภทเปลี่ยนแปลงคำสอนเอง ต้องใช้หลักการของปัญญาประดิษฐ์ เข้ามาช่วยมากขึ้น ระบบจะสร้างคำถามขึ้นเอง แล้ววัดความสามารถของนักเรียนได้ เพื่อจัดบทเรียนให้เหมาะสม มีการวิเคราะห์ และดูความคิดของนักเรียนตลอดเวลา เพื่อหารูปแบบชี้แจงให้เข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ บูรณะ สมชัย (2538 : 29) ยังแบ่งประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็น 7 ประเภทดังนี้

1) แบบฝึกหัดทักษะ และแบบฝึกหัด (Drill and Practice) เป็นลักษณะบทเรียนโปรแกรมที่สามารถเลือกบทเรียนได้ตามระดับความสามารถของผู้เรียน มีแบบฝึกหัดให้ทำ เพื่อทดสอบระดับความรู้ และสามารถทบทวนบทเรียนได้ เมื่อยังไม่พอใจ หรือมีความรู้ไม่เพียงพอ

2) แบบเจรจา (Dialogue) เป็นลักษณะพูดคุยโต้ตอบได้ใช้ในการเรียนด้านภาษา หรือกับนักเรียนระดับอนุบาล หรือระดับประถมศึกษาเป็นต้น

3) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ใช้กับการเรียนที่เรียนจากของจริงได้ยาก หรือเสี่ยงอันตราย เช่น จำลองการเรียนการสอน การเดินทางอวกาศ เป็นต้น

4) เกม (Games) เป็นการเรียนรู้จากเกมที่จัดทำด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น เกมต่อภาพ เกมต่อศัพท์ เป็นต้น

5) การแก้ปัญหาต่างๆ (Problem Solving) เป็นการเรียนที่ให้คอมพิวเตอร์สุ่มข้อมูลมาแล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ หรือแก้ปัญหา เช่น วิชาสถิติ วิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น

6) การค้นพบสิ่งใหม่ๆ (Investigation) เป็นการจัดสถานการณ์ขึ้น แล้วให้นักเรียนค้นหาข้อเท็จจริง เช่น ผสมพยัญชนะ หรือคำศัพท์ โดยคอมพิวเตอร์จะบอกความหมายคำตรงข้าม คำใกล้เคียง เป็นต้น

7) การทดสอบ (Testing) เป็นการทดสอบความรู้และความสามารถของผู้เรียน โดยคอมพิวเตอร์จะจัดข้อสอบให้ และทำการประมวลผลให้ทราบในทันที เช่น การทดสอบพื้นฐานความรู้ การทดสอบ I.Q. เป็นต้น

2.1.3 ความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน

ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิคส์ ทำงานด้วยโปรแกรมคำสั่งซึ่งสามารถ

ตอบสนองได้ทันที ดังนั้นจึงช่วยในการเรียนรู้ทั้งในด้านการเขียนโปรแกรมและในการสอนวิชาอื่น ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ เพราะสามารถที่จะตอบสนองการเรียนรู้แบบลองผิดลองถูกได้ ผู้เรียนจะสามารถทราบได้ทันทีที่ทำผิดและสามารถแก้ไขความเข้าใจผิดในบทเรียนได้ทันที ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง ก้าวหน้าและรวดเร็ว (ยงยศ พรตปกรณ์, 2529 : 39)

ในวงการศึกษานั้นนับว่าคอมพิวเตอร์มีบทบาทกว้างขวางอย่างยิ่ง แม้ว่าจะยอมรับกันอยู่แล้วว่าถึงอย่างไรคอมพิวเตอร์ก็สู้ครูจริงๆไม่ได้ แต่คอมพิวเตอร์จะเป็นผู้ช่วยที่วิเศษของครู ในการที่จะทำให้เด็กได้เรียนและฝึกฝนอย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงเรียนในสหรัฐอเมริกา ได้มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์การสอน ทั้งนี้เนื่องจาก

1) ปริมาณเครื่องคอมพิวเตอร์มีจำหน่ายมากขึ้น
2) ผลการวิจัยหลายต่อหลายครั้ง ชี้ให้เห็นว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนทำให้ผลการเรียนของเด็กเป็นรายบุคคลดีกว่าเดิม ระหว่างร้อยละ 10 – 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด
3) การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาสู่ห้องเรียน ทำให้นักเรียนมีทัศนคติต่อโรงเรียนดีกว่าเดิมมาก (สุรศักดิ์ หลาบมาลา, 2529 : 19)

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้จะทำให้นักเรียนแต่ละคน เรียนได้ตามลำพัง ถ้าใครทำความเข้าใจได้เร็ว ก็จะเรียนล่วงหน้าไปได้ก่อน ลักษณะการเรียนแบบนี้ นักเรียนแต่ละคนจะนั่งอยู่หน้าเครื่องคอมพิวเตอร์คนละเครื่อง จะเลือกเรียนวิชาใดก็ได้ เรียนจบบทหนึ่งแล้วก็จะมีการทำแบบฝึกหัด และการทดสอบความเข้าใจ ใครเข้าใจก็ผ่านแบบทดสอบ และสามารถเรียนบทเรียนบทต่อไปได้ ถ้าใครยังไม่ผ่านแบบทดสอบก็ต้องกลับไปทบทวนใหม่ นักเรียนที่เก่งก็จะไม่เบื่อหน่ายบทเรียน และนักเรียนที่เรียนช้าก็จะไม่ถูกทิ้งขว้างให้เคว้งคว้าง เพราะตามเพื่อนไม่ทัน (ทักษิณา สวนานนท์, 2529 : 10)

2.1.4 ข้อดี และข้อเสียของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนสำหรับประเทศไทยยังขาดการวิจัยด้านการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยพัฒนาการเรียนการสอน แต่เป็นที่น่ายินดีว่าตั้งแต่ปี พ.ศ.2527 เป็นต้นมาเริ่มมีการศึกษาวิจัยทางด้านการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยทางการเรียนการสอนมากขึ้น

ลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จะต้องนำไปใช้กับผู้ที่อาจไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์เลย หรือมีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์น้อย ดังนั้นจึงต้องเน้นในเรื่องปรัชญาการให้ง่าย การใช้งานจะต้องลองผิดลองถูกได้ ลักษณะที่ดีของ CAI ในแง่ของการติดต่อกับผู้ใช้ (Human Interface) คือ

- ไม่ต้องเรียนรู้ ผู้เรียนเริ่มการใช้งานก็สามารถใช้ได้ทันที
- ใช้งานได้คล่องและรวดเร็ว เช่น การกดคีย์บอร์ดจะต้องกดคีย์บอร์ดง่าย เลือกคีย์ง่าย
- มีข้อผิดพลาดของการใช้งานน้อย กล่าวคือ ไม่ว่าจะใช้ หรือกดคีย์บอร์ดอย่างไรจะต้องไม่มี Error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้ ผลตอบสนองรวดเร็ว ผู้ใช้ไม่ต้องรอเวลา สีสรรพอเหมาะสวยงาม (ยืน ภู่วรวรรณ, 2531 : 126-128)

ข้อดีข้อเสียของการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบการเรียนการสอนในระบบศึกษาทั่วไป มีดังนี้

<u>ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน</u>

1) ทำให้ผู้เรียนเรียนได้ในอัตราความเร็วของตนเองเนื่องจากคอมพิวเตอร์ ในฐานะเป็นสื่อการเรียนการสอนของการเรียนรายบุคคล ที่สามารถจัดกระบวนการเรียนการสอนตามความสามารถของแต่ละบุคคลที่เรียนได้ในอัตราความเร็วของแต่ละบุคคล

2) ผู้เรียนจะเรียนที่ไหนเมื่อใดก็ได้ ปัจจุบันความก้าวหน้าของระบบสื่อสารทำให้ผู้เรียนสามารถใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อถ่ายทอดความรู้กับผู้อื่น หรือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากโปรแกรมที่กำหนดไว้ได้ทุกเวลาที่ต้องการจะเรียนในทุกแห่ง

3) ผู้เรียนสามารถเรียนจากสื่อผสม (Multimedia) จากระบบคอมพิวเตอร์เนื่องจากระบบไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนในปัจจุบันได้รับการพัฒนาจนสามารถที่จะแสดงภาพลายเส้นที่เคลื่อนไหวและเสนอบทเรียนเป็นภาษาไทยที่มี ขนาดย่ออักษรตามความต้องการของผู้เรียนทางจอภาพ ซึ่งเป็นระบบเดียวกับการเสนอรายการโทรทัศน์ทั่วๆไป ดังนั้นจึง มีการค้นคว้าวิจัยที่จะใช้ประโยชน์ ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ระบบคอมพิวเตอร์สามารถควบคุมสื่ออื่นๆให้เสนอเนื้อหาในบทเรียนในเวลาที่เหมาะสมกับการตอบสนองของผู้เรียนจะทำให้ประสิทธิภาพการเรียนการสอนดีขึ้น

4) ผู้เรียนสามารถทราบผลการเรียนของตนเองในการปฏิบัติกิจกรรมรวดเร็วกว่าสื่ออื่น ๆ เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถซ่อนคำตอบของกิจกรรมนั้นไว้ในหน่วยความจำผู้เรียนสามารถข้ามขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ได้ (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2531 : 14)

5) คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณและคิดอย่างมีเหตุผลได้ดีกว่าเครื่องคำนวณธรรมดา เพราะมีหน่วยความจำที่มากกว่า

6) ช่วยประหยัดเวลาในการเรียนเพราะผู้เรียนสามารถเลือกบทเรียนได้ไม่ว่าจะไปข้างหน้า (Next) หรือย้อนกลับ (Back)

7) มีการโต้ตอบระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน ทำให้บทเรียนน่าสนใจและตัวผู้เรียนไม่เบื่อหน่ายบทเรียนนั้น ๆ

8) เปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ทันท่วงที เพราะคอมพิวเตอร์ให้ข้อมูลย้อนกลับได้เร็วกว่าบทเรียนสำเร็จรูป ผู้เรียนมีโอกาสทราบคำตอบก่อนทำให้แก้ไขข้อผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) เน้นการเรียนการสอนตามความสามารถของผู้เรียนหรือความแตกต่างระหว่างบุคคล

10) ช่วยลดภาระให้กับครู ทำให้การสอนมีมาตรฐานและคุณภาพที่เหมือนกันรวมทั้งปัญหาการขาดแคลนครูด้วย

11) ช่วยลดความเครียดให้กับผู้เรียนเนื่องจากคอมพิวเตอร์ไม่แสดงอารมณ์ใด ๆ กับผู้เรียน

12) ช่วยให้งานด้านการศึกษาก้าวหน้าทัดเทียมกับงานในสาขาอื่น ๆ เนื่องจากการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ (อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์, 2530 : 7-8)

ข้อเสียของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1) คอมพิวเตอร์มีราคาแพงเมื่อเทียบกับสื่อชนิดอื่น การจัดซื้อยุ่งยาก
2) ขาดบุคคลที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน (อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์, 2530 : 8)
3) โปรแกรมการตั้งคำถามให้ผู้เรียนเลือกตอบยังไม่เป็นธรรมชาติ
4) บทเรียนส่วนใหญ่มักใช้คำบรรยายตายตัวไม่สามารถเปลี่ยนแปลงคำสอนให้เหมาะกับผู้เรียนแต่ละคนได้
5) บทเรียนที่สร้างขึ้นจะเลียนแบบบทเรียนสำเร็จรูปซึ่งมีลักษณะเป็นตำราเรียนอยู่ จึงควรมีภาพกราฟิกแทนคำบรรยายเพื่อทำให้บทเรียนแตกต่างออกไปจากหนังสือ
6) บางบทเรียนที่สร้างมีลักษณะเป็นเกมให้ผู้เรียนสนุกสนานอาจเร้าความสนใจมากเกินไปทำให้ไม่เห็นคุณค่าต่อการเรียนได้
7) เนื้อหาไม่ตรงกับสาระวิชาหรือหลักสูตร เพราะโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่สร้างขึ้นเพื่อการทดลองจึงไม่สอดคล้องกับหลักสูตรเท่าที่ควร (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2531 : 14)
8) ขาดบทเรียนสำเร็จรูปที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับหลักสูตรของประเทศไทย ถึงแม้จะมีการพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปเพื่อใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ในต่างประเทศ
9) ผู้ที่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ยังขาดความรู้ด้านการจัดระบบการศึกษาและขาดทักษะการสอน (ยืน ภู่วรวรรณ, 2531 : 130 - 132)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การสร้างและพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โดยทั่วไปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในการสร้าง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) การสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรมภาษาซี โปรแกรมภาษาปาสคาล เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมเป็นอย่างมาก
2) การสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปแยกเป็น 2 ประเภทคือ
   2.1) การสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้งานทั่วไป เช่น โปรแกรมที่ใช้สำหรับการนำเสนอ อาทิเช่น PC-Story Board Live, Showpartner F/X, Paintbrush, Microsoft Powerpoint ฯลฯ ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดและความสมบูรณ์สำหรับนำมาสร้างโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
   2.2) การใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Authoring System) หรือระบบนิพนธ์บทเรียน โปรแกรมช่วยสร้างจึงจะถูกเขียนและพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมเมอร์ ซึ่งได้ออกแบบโปรแกรมนี้ไว้สำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงง่ายต่อครูที่ขาดทักษะการเขียนโปรแกรมให้สามารถสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเองได้ (ช่วงโชติ พันธุเวช, 2535:32)

แต่วิธีการสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปหรืออาจเรียกว่าการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ และระบบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ยังมีข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมอยู่คือ ไม่สามารถสนับสนุนครูผู้สอนให้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างดีได้ เพราะการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแม้จะรู้เนื้อหาวิชาที่สอนเป็นอย่างดี แต่ขาดความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการสร้างบทเรียนที่มีศักยภาพที่จะอำนวยความสะดวกแก่ครู ในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้ครูสามารถสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์เองได้ (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2531 :17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 โปรแกรม และประเภทของโปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมที่จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการของวินโดว์ (Windows) รุ่น 3.0 หรือรุ่น 3.1 และ DOS รุ่น 3.3 โดยใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์รุ่น 80286 ขึ้นไป ต้องการความสามารถของเครื่องสำหรับใช้ทำงานในขณะการใช้สร้างโปรแกรมบทเรียนในขั้นต่ำดังนี้คือ มีความเร็วในการทำงาน 16 MHz บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์รุ่น 80386 ที่มีหน่วยความจำหลัก (RAM) MB Hard disk ขนาด 20 MB และจอแสดงผลเป็นแบบ VGA และ Super VGA

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมประเภทโปรแกรมช่วยสร้าง (Authoring tools) ที่มีความสามารถด้านมัลติมีเดียหรือสื่อประสม วิธีการสร้างโปรแกรมบทเรียนด้วยโปรแกรม Authorware นั้น ไม่ต้องมีขั้นตอนในการเขียนโปรแกรมเหมือนโปรแกรมภาษาแต่จะเป็นการทำงานโดยใช้สัญลักษณ์ (ICON) โดยการนำสัญลักษณ์ไปเรียงไว้บนผังงาน (FLOWCHART) เพื่อกำหนดการทำงานหรือการแสดงผลบนหน้าจอของ Authorware จะเป็นไปในลักษณะที่คล้ายกับการฉายสไลด์ซ้อนกัน (สมศักดิ์ ลิ่มเกิด, 2536 : 26)

2.1.7 แนวโน้มการศึกษาในอนาคต

การศึกษาในสมัยก่อนการถ่ายทอดความรู้ทำได้โดยผู้สอนเป็นศูนย์กลางในการให้ความรู้ ซึ่งเรียกว่า Teacher center ต่อมา การศึกษามีการเล็งเห็นว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การสอนด้วยวิธี Child center คือให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนจะต้องทำการศึกษา ค้นคว้า หาความรู้ด้วยตนเอง โดยมี ครู อาจารย์ เป็นผู้ให้คำแนะนำ หนังสือตำราและห้องสมุด เป็นแหล่งความรู้ที่ทุกคนค้นคว้าได้

แต่เมื่อวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีเริ่มเข้ามามีบทบาทในวงการศึกษา คอมพิวเตอร์เป็นสื่อสำคัญในการสื่อสาร ถือเป็น สื่อกลางระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ทำให้บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นแนวโน้มการศึกษาไทยกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในอนาคต คือ

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเมืองไทยจะเติบโตขึ้นทั้งด้านปริมาณและคุณภาพเหมือน ๆ กับที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในตลาดโลกจะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน เนื้อหาวิชาต่าง ๆ ตามหลักสูตรในโรงเรียนจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่โปรแกรมดังกล่าวจะถูกใช้ตามบ้านมากกว่าที่จะไปอยู่ในโรงเรียนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำได้ง่ายขึ้นโดยการใช้โปรแกรมช่วยสร้าง

3) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Authoring System) การเขียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ จะจำกัดอยู่ในวงการ ICAI (Intelligent Computer Assisted Instruction) เท่านั้น เป็นที่คาดว่า โปรแกรมช่วยสอนภาษาไทยจะได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากหลายระบบให้ผู้ใช้เลือกใช้ได้ตามลักษณะ เนื้อหา ปัญหาเรื่อง Hardware หายากและราคาแพงเริ่มหมดไป ในอนาคตอันใกล้นี้จึงมีผลให้ผู้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมช่วยสร้างจะทำงานได้สะดวกขึ้นมาก

4) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะได้รับการต่อเติมจากเทคโนโลยีทางด้าน Software และ Hardware ที่พัฒนาขึ้นอันจะเป็นผลดีต่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

5) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะถูกใช้ในวงการธุรกิจอุตสาหกรรมหรือการศึกษาระดับสูงเฉพาะด้านมากขึ้น (ฉลอง ทับศรี, 2535 : 28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36257

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย

2.2.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการนำมาใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ เช่นครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตร และกสิกรรม น้ำเสียจึงมีส่วนประกอบต่าง ๆที่มาจากกิจกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดนั้น ๆ สิ่งที่อยู่ในน้ำเสียเป็นสารต่าง ๆ ที่มาจากวัตถุดิบและผลิตผลที่เกิดขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2537 : 2-3)

น้ำที่ผ่านการใช้งานในกิจกรรมต่าง ๆ มาแล้วนั้น จะได้รับการปนเปื้อนจากสารปนเปื้อน (Contaminants) หรือสารมลพิษ (pollutants)ในระดับที่สูงจนทำให้ประโยชน์ของน้ำนั้นสูญเสียไป สารเหล่านี้อาจเป็น สารอินทรีย์ หรือ สารอนินทรีย์ มีทั้งอยู่ในรูปสารละลาย หรือไม่ละลายก็ได้ ซึ่งสามารถรวบรวมสารที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้ (ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง, 2542 : 3)

1) สารอินทรีย์

หมายถึง สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอน (C : Carbon) เป็นองค์ประกอบหลักและรวมกับธาตุอื่นตั้งแต่หนึ่งธาตุขึ้นไป ได้มาจากธรรมชาติ และสิ่งที่มีชีวิต เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เป็นต้น แต่ปัจจุบันสารอินทรีย์หลายชนิดอาจเกิดจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เช่น ยูเรีย (สารอินทรีย์) เกิดจากการนำแอมโมเนียไซยาเนตมาให้ความร้อนเป็นต้น

อย่างไรก็ตามยังมีสารประกอบบางชนิดแม้จะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบแต่ไม่ถูกจัดว่าเป็นสารอินทรีย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกลือคาร์บอนเนต และเกลือไบคาร์บอเนต เป็นต้น (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539 : 4)

สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลชีพ (Biodegradation organics) เช่น แป้ง น้ำตาล เมื่อถูกระบายลงแหล่งน้ำ จะทำให้เกิดออกซิเจนละลายน้ำของน้ำลดลงจนอาจทำให้เกิดการเน่าเหม็น การกำจัดสารเหล่านี้ออกจากน้ำสามารถกระทำได้ง่ายโดยนิยมใช้กระบวนการทางชีวภาพเป็นหลัก

ส่วนสารอินทรีย์ชนิดถูกย่อยสลายได้ยากโดยจุลชีพ (Refractory organics) เช่นสารลดแรงตึงผิว (Surfactants) ฟีนอล (Phenol) และสารปราบศัตรูพืชเป็นต้น การกำจัดสารเหล่านี้ออกจากน้ำจึงมีความยุ่งยากมากกว่าการกำจัดสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลชีพ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2536 : 62)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สารอนินทรีย์

หมายถึงสารที่ได้มาจากสิ่งที่ไม่มีชีวิตเช่น เกลือซัลเฟต เกลือไบคาร์บอเนต คลอไรด์ แคลเซียม โซเดียม เป็นต้น ถ้ามีสารเหล่านี้มากเกินไป ทำให้น้ำนั้นไม่เหมาะกับการใช้สอย เช่น มีรสกร่อย ไม่เหมาะแก่การอุปโภค บริโภค เป็นต้น

3) โลหะหนัก และสารพิษ

สารเหล่านี้อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง ตะกั่วเป็นต้นแหล่งที่มามักเป็นโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานผลิตโซดาไฟ เป็นต้น

หมายถึงสาร 129 ชนิดที่ถูกกำหนดโดยหน่วยงานพิทักษ์คุ้มครองสิ่งแวดล้อม หรือ อีพีเอ (EPA : Environmental Protection Agency) ว่าก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Carcinogenicity) หรือก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) หรือทำให้ตัวอ่อนมีลักษณะผิดปกติ (teratogenicity) หรือมีพิษเฉียบพลัน (High acute toxicity) มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์ในโรงงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรม เช่น อาร์เซนิค เซเลเนียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท เบนซิน (C_6H_6) โทลูอิน ($C_6HC_5H_3$) คลอโรเบนซิน (C_6H_5Cl) และเอนดริน ($C_{12}H_8OCl_6$) เป็นต้น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2538 : 57-58)

4) เชื้อโรค (Pathogens)

เชื้อโรค คือ จุลชีพที่ก่อให้เกิดโรค อาจเป็นแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และอื่น ๆ ซึ่งอาจมาจากสิ่งที่ขับถ่ายจากมนุษย์ และสัตว์ที่ป่วย มักพบในน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงพยาบาล โรงเลี้ยงสัตว์ และ โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น เชื้อโรคเหล่านี้อาจนำโรคมาสู่มนุษย์ได้(ปราณี พันธุมสินชัย, 2538 : 22) เช่น แบคทีเรีย ทำให้เกิดโรคอหิวาต์

ไวรัส ทำให้เกิดโรคตับอักเสบ

โปรโตซัวทำให้เกิดโรคบิดมีตัว (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2538 :35)

5) น้ำมันและไขมัน

ส่วนใหญ่เกิดจากการประกอบอาหาร บางส่วนมาจากน้ำมันและไขมันที่หล่อลื่นเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม สารเหล่านี้ส่วนใหญ่ลอยน้ำได้ ทำให้แหล่งรับน้ำเสียเกิดสภาพไม่น่าดู ขัดขวางการแพร่ของออกซิเจนลงสู่น้ำ ทำให้น้ำเน่าเสียง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ความร้อน

ความร้อนที่สูงเกินไป ทำให้สัตว์น้ำไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้ยังทำให้ออกซิเจนละลายน้ำ (DO : Dissolved Oxygen) อิ่มตัวมีค่าลดลงเช่น ในน้ำจืด ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ ค่าดีโอที่ 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีค่า 9.1 และ 7.5 มก./ ล. ตามลำดับ เป็นต้น ความร้อนมักถูกปล่อยมาจากโรงงานบางประเภทในรูปของน้ำหล่อเย็น

7) สารอาหารของพืช (Nutrients)

ได้แก่ธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ แต่ถ้าแหล่งน้ำมีสารอาหารเหล่านี้มากเกินไปอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) โดยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมากมายของพืชน้ำ เช่น สาหร่ายเบ่งบาน (Algae bloom) เป็นต้น ปรากฏการณ์นี้จะทำให้แหล่งน้ำมีสีเขียวจัด ออกซิเจนละลายน้ำสูงมากในเวลากลางวัน แต่จะลดต่ำลงในเวลากลางคืน จนอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

8) สีและความขุ่น

สีและความขุ่น มักมาจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานย้อมผ้า - พิมพ์ผ้า โรงงานเซรามิค โรงงานกระดาษเป็นต้น สีและความขุ่นทำให้แหล่งน้ำเกิดสภาพไม่น่าดู และยังขัดขวางแสงแดดที่จะส่องลงในน้ำ ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชดำเนินไปอย่างล่าช้า

9) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

หมายถึง ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์อยู่ในลักษณะแขวนลอยในน้ำเสีย เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำขุ่น และเมื่อความเร็วของน้ำลดลงของแข็งดังกล่าวนี้ จะตกตะกอนลง ทำให้เกิดการตื้นเขิน ตลอดจนเกิดการย่อยสลายของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ที่บริเวณส่วนล่างของแหล่งน้ำ ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโต ตลอดจนการขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำบางชนิด ของแข็งแขวนลอยมีอยู่ในน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงาน และการเกษตร (ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง, 2542 : 3-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ประเภทของ และลักษณะของน้ำเสีย

ประเภทของน้ำเสีย สามารถแบ่งได้หลายประเภท อาจแบ่งได้จาก แหล่งที่มา สารเจือปน ระดับค่าความเป็นพิษของน้ำ ฯลฯ

แต่ส่วนใหญ่การแบ่งประเภทของน้ำเสีย มักแบ่งประเภทจากแหล่งที่มา ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1) น้ำเสียจากชุมชน (Domistic Wastewater)

เป็นน้ำเสียที่มาจากบ้านพักอาศัย และสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น โรงแรม ตลาด รวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิด น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียอุตสาหกรรม น้ำเสียชุมชนต่าง ๆ จะมีลักษณะที่ไม่ต่างกันมาก ส่วนใหญ่ความสกปรกเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหารจากการล้างจาน หรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่าง ๆ ที่เกิดจากการล้าง ทำความสะอาดเสื้อผ้า บ้านเรือน รถ ฯลฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2537 : 3)

แม้ว่าชุมชนขนาดเล็กจะปล่อยน้ำเสียในปริมาณที่น้ำธรรมชาติฟื้นฟูสภาพด้วยตัวเองได้ แต่ถ้าปริมาณน้ำเสียลงแหล่งน้ำมากเกินไป โดยเฉพาะชุมชนใหญ่ที่เป็นเมืองปริมาณน้ำสกปรกมีมาก จนทำให้คูคลองเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นมีแมลงวันตอม น้ำมีสีดำ นอกจากนั้นในบางชุมชนน้ำเสียมีธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่ช่วยในการเติบโตของพืชน้ำ ทำให้สาหร่าย ตะไคร้น้ำ ผักตบชวาเจริญเติบโตทั่วทั้งน้ำ และเมื่อพืชเหล่านี้ตายไปทำให้น้ำเน่าเสียมากขึ้นทั้งยังตกตะกอนทับถมกัน ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินด้วย

2) น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่มีสภาพต่ำที่สุดเพราะเป็นน้ำที่เกิดจากกิจกรรมทุกอย่างในโรงงานตั้งแต่ขบวนการผลิต กระทั่งการชะล้างอุปกรณ์เครื่องจักรทำให้น้ำที่ปล่อยออกมามีสารพวกสารอินทรีย์สารอนินทรีย์ ตะกอนหนักต่าง ๆจุลินทรีย์สารแขวนลอยเป็นต้น ซึ่งจะทำให้น้ำนั้นส่งกลิ่นเหม็นมีสีดำขุ่นและอาจมีสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อ มนุษย์และสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นน้ำที่ทิ้งจากโรงงานที่มีสารพิษ เช่นโรงงานชุบโลหะ โรงงานแบตเตอรี่มักจะมีโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเจือปนอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียอุตสาหกรรมที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งเป็น 4 ชนิดได้แก่

- น้ำหล่อเย็น (Cooling Water) มาจากการระบายความร้อนของเครื่องจักร จึงมักมีอุณหภูมิสูง จำเป็นต้องทำให้เย็นลงจนอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส จึงสามารถทิ้งลงแหล่งน้ำได้หรืออาจนำกลับไปใช้งานใหม่ได้
- น้ำล้าง (Wash Water) ได้แก่น้ำล้างเครื่องจักร อุปกรณ์ และพื้นโรงงาน
- น้ำจากกระบวนการผลิต(Process Water) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการผลิต
- น้ำเสียอื่น ๆ (Other Water) เช่น จากหม้อไอน้ำ จากระบบผลิตน้ำใช้ หอพักคนงานเป็นต้น

3) น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater)

เป็นน้ำเสียจากการเพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ มักจะมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่อยู่ใน รูปของปุ๋ย และยาปราบศัตรูพืชรวมทั้งฮอร์โมนต่าง ๆ น้ำเสียที่ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ฟาร์มเลี้ยงสุกรเกิดจากการล้างพื้นทำให้มีสารอินทรีย์เข้มข้นมากทั้งในรูปของแข็งและสารละลายจากเศษอาหารและมูลสุกร นอกจากนี้ยังมีไนโตรเจนฟอสฟอรัสในปริมาณสูงซึ่งส่งผลให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

น้ำเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำและสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งอย่างรุนแรงเนื่องจากการเน่าเสียของกากอาหารที่ตกค้างและตะกอนของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมารวมทั้งสารเคมีที่อยู่ในรูปของยาและฮอร์โมนต่าง ๆ เป็นต้น

น้ำเสียจากเกษตรกรรมจะมีตะกอนหนักปนเปื้อนอยู่ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน และมีกลิ่นเหม็นจากมูลสัตว์ผิวน้ำอาจมีคราบน้ำมันสีแดงส้มจากยาฆ่าแมลงหรือฮอร์โมนต่าง ๆ ลอยอยู่และมีจุลินทรีย์เกิดขึ้นด้วย (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2536 : 82-89)

4) น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน (Storm Wastewater)

เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะล้างของน้ำฝนเมื่อไหลผ่านบริเวณที่มีสารมลพิษ ชุมชนพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น น้ำเสียนี้จัดเป็นน้ำเสียที่ไม่มีที่มาแน่นอน (Non-point source)ยุ่งยากต่อการรวบรวมเพื่อนำมาบำบัด จึงมักไหลลงสู่แม่น้ำโดยตรง (ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง, 2542 : 7-8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียมักประกอบด้วยสิ่งเจือปนหรือความสกปรกคละเคล้ากันหลายชนิด ขึ้นกับแหล่งที่มา น้ำเสียจากบ้านเรือนอาจมีเศษวัสดุขนาดใหญ่ กรวดทราย ไขมัน ตลอดจนสารอินทรีย์ในรูปสารแขวนลอยและสารละลายปะปนอยู่ ขณะที่น้ำเสียอุตสาหกรรมจะมีสิ่งปนเปื้อนหลากหลายขึ้นกับประเภทโรงงาน วัตถุดิบตลอดจนกระบวนการผลิตที่ใช้ การจัดการน้ำเสียเหล่านี้จึงต้องเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมตามแต่ลักษณะของน้ำเสีย แต่อย่างไรก็ตาม น้ำเสียส่วนใหญ่มักต้องใช้วิธีการจัดการมากกว่าหนึ่งอย่าง กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่สำคัญสามารถจำแนกได้ดังนี้

ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำด้วยวิธีง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนโดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะแก่การแยกสิ่งเจือปนนั้น โดยใช้วิธีการเหล่านี้

วิธีการ

1) ตะแกรง (Screening)

การดักด้วยตะแกรงเป็นกระบวนการเพื่อแยกวัสดุตั้งแต่ขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร จนถึงขนาดหลายนิ้ว อุปกรณ์ที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็น ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

- ตะแกรงหยาบ (Coarse screen)

เพื่อแยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ตั้งแต่ 0.1 นิ้วขึ้นไปนอกจากจะช่วยลดความสกปรกในเบื้องต้นแล้ว ยังมีหน้าที่หลักสำคัญเพื่อป้องกันขยะ เศษผ้า ไปอุดตันเครื่องสูบน้ำ ระบบท่อวาล์ว อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบตะแกรงราง (Bar Rack) ประกอบด้วยแท่งโลหะวางเรียงกันโดยมีช่องว่างประมาณ 1-2 นิ้ว หากน้ำเสียมีปริมาณน้อย ควรใช้ชนิดทำความสะอาดโดยคน (Hand Clean Bar Rack) แต่ถ้าน้ำเสียมีปริมาณมากอาจใช้ชนิดทำความสะอาดโดยเครื่องมือกล (Mechanically-Clean Bar Rack)ซึ่งสามารถควบคุมให้ทำงานโดยการตั้งเวลาหรือโดยความแตกต่างระดับน้ำ (Headless) ด้านหน้าและหลังตะแกรง ปัจจุบัน ได้มีผู้ผลิตตะแกรงหยาบ ลักษณะพิเศษ โดยตัวตะแกรง ทำด้วยวัสดุประเภทพลาสติก รูปร่างคล้ายตะขอเวลาทำงานตัวตะแกรงจะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำหน้าที่เป็นทั้งที่ดักขยะและโกยขยะไปพร้อม ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตะแกรงละเอียด (Fine Screen)

เพื่อแยกวัสดุที่มีขนาดเล็ก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตรขึ้นไป อาจใช้ในการลดความสกปรกเบื้องต้นก่อนที่จะผ่านขั้นตอนอื่น เช่น แยกเศษขนสัตว์ เศษเนื้อปลา เกล็ดปลา เปลือกกุ้ง เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะช่วยลดความสกปรกแล้ว ยังสามารถนำเศษวัสดุเหล่านี้ไปใช้ทำอาหารสัตว์ได้อีกด้วย อุปกรณ์ที่ใช้มีทั้งแบบตะแกรงอยู่กับที่ (Inclined Fixed Screen) มีชื่อทางการค้า เช่น Static Screen, Hydro Screen และ Hydrasieve เป็นต้น ส่วนแบบตะแกรงเคลื่อนที่(Rotary Drum Screen, Rotary Disk Screen) มีชื่อทางการค้าเช่น Girasieve, Aqua - Spir เป็นต้น

2) การตกตะกอน

เป็นการแยกของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำออกจากน้ำด้วยการทำให้ตกจม โดยอาจกักน้ำเสียให้อยู่นิ่ง หรือลดความเร็วของน้ำลง ให้เหมาะแก่วัตถุชนิดที่ต้องการให้จม การตกตะกอนอาจจำแนกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

- การตกตะกอนแบบอิสระ (Discrete Settling)

เป็นการจมตัวของอนุภาคอิสระ (Discrete Particle)ซึ่งปะปนอยู่ในน้ำด้วยความเข้มข้นที่ต่ำเช่น กรวด ทราย

- การตกตะกอนแบบรวมตัว (Flocculant Settling)

เป็นการจมตัวของอนุภาคที่ค่อนข้างเบาซึ่งมีความเข้มข้นไม่มากนัก จะเกาะตัวกันให้มีขนาดใหญ่ แล้วจมตัวลงสู่เบื้องล่าง เช่นการตกตะกอนในถังตกตะกอนแรก (Primary Settling Tank) และการตกตะกอนของจุลินทรีย์ ที่ส่วนบนของถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Settling Tank)

- การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น (Zone Settling)

เป็นการจมตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นปานกลาง อนุภาคเหล่านี้จะเกาะตัวกันได้ดีจนเป็นกลุ่มใหญ่แล้วจมตัวลงสู่เบื้องล่าง โดยจะมีการแยกชั้นระหว่างน้ำใสส่วนบนและตะกอนส่วนล่างอย่างชัดเจน เช่น การตกตะกอนของจุลินทรีย์ในถังตกตะกอนที่สอง

- การตกตะกอนแบบอัดตัว (Compression Settling)

เป็นการจมตัวของอนุภาคที่มีความเข้มข้นสูงมาก อนุภาคเหล่านี้จะเกาะตัวกันได้ดี หรือไม่รวมกลุ่มกันก็ได้ โดยจะพบที่ส่วนล่างของการตกตะกอนของจุลินทรีย์ ในถังตกตะกอนที่สอง และในถังทำข้นสลัดจ์ (Sludge Thickener)ซึ่งจะมีการอัดแน่นของตะกอนเนื่องจากน้ำหนักของตะกอนเอง และน้ำหนักของน้ำใสส่วนบนที่อัดทับอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำหลักการของการตกตะกอนมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

- การกำจัดกรวดทราย

ตะกอนหนักเป็นของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำเช่น กรวด ทราย เศษโลหะ เมล็ดพืช ซึ่งอาจทำความเสียหายจากการขัดสีเครื่องสูบน้ำ ท่อ วาล์ว และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยทฤษฎีแล้วควรติดตั้งชุดแยกกรวดทรายไว้หลังตะแกรงหยาบแต่หน้าเครื่องสูบน้ำ แต่ทางปฏิบัติพบว่า ท่อรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนส่วนใหญ่ มีระดับต่ำมาก ทำให้การก่อสร้างชุดดักทรายและการนำทรายออกไปทิ้ง เป็นไปด้วยความยุ่งยาก เสียค่าใช้จ่ายมาก จึงมักอนุโลมให้ติดตั้งไว้หลังเครื่องสูบน้ำ ซึ่งทำให้เครื่องสูบน้ำชำรุดเร็วยิ่งขึ้น วิธีการบำบัดใช้อุปกรณ์ดังนี้

ก. ถังดักทรายแบบไหลแนวราบ

ถังมีรูปร่างด้านบน เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่อนข้างยาวคล้ายราง น้ำจะไหลเข้าด้านแคบ และไหลไปตามแนวยาวออกไปด้านตรงข้าม ซึ่งจากการทดลองพบว่า หากสามารถควบคุมความเร็วในแนวราบให้มีอยู่ในช่วง 0.25-0.4 เมตรต่อวินาที จะทำให้วัตถุที่มีความหนาแน่นมากตกลงก้นถัง แต่เศษอาหารที่มีความหนาแน่นน้อยจะลอยตามน้ำออกไปจากถัง การควบคุมความเร็วอาจจะทำได้โดย ติดตั้งเวียร์แบบสัดส่วน (Proportional Veir) ไว้ที่ปลายถัง ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วในแนวราบ ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ การนำทรายออกไปจากถังเพื่อกำจัดอาจทำได้โดย ใช้คนตักหรือใช้เครื่องกวาดตักก็ได้

ข. ถังแยกทรายแบบเป่าอากาศ

ถังมีรูปร่างด้านบนเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยจะมีการเป่าอากาศลงไปในน้ำเพื่อทำให้น้ำหมุนวนเป็นเกลียว อัตราการเป่าอากาศสามารถควบคุมให้เพิ่มหรือลดลงได้ เพื่อให้ความเร็วของน้ำวนที่บริเวณก้นถังมีความเหมาะสม ให้กรวดทรายตกจมได้

- การตกตะกอนของแข็งทั่วไป

เป็นการตกตะกอนของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำไม่มากนัก ถังตกตะกอนอาจสร้างให้มีรูปร่าง กลม หรือ จัตุรัส หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยจะมีความเหมาะสมแตกต่างกันไปเช่น ถังกลม เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่มีไม่มากถังเนื่องจากจะใช้พื้นที่มากกว่าถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งสามารถสร้างหลายถังติดกันโดยใช้ประโยชน์จากผนังร่วม แต่ในกรณีที่สร้างน้อยถัง ถังกลมจะประหยัดกว่าเพราะผนังจะบางกว่า ส่วนถังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะใช้ในกรณีที่ถังไม่ใหญ่นัก โดยทำก้นบ่อให้เอียงประมาณ 60 องศาซึ่งจะช่วยให้ตะกอนสามารถไหลไปรวมตัวที่ก้นถังได้โดยไม่จำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้องใช้เครื่องกวาดตะกอน (Scraper)ซึ่งมีราคาแพง แต่การสร้างถังจตุรัสมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถใช้ได้กับน้ำที่มีอัตราไหลมากเพราะถังจะลึกจนทำให้ก่อสร้างยากและมีราคาแพง

ถังตกตะกอนจะถูกเรียกชื่อตามลักษณะหรือขั้นตอนที่ถูกใช้ในระบบ เช่น

ก. ถังตกตะกอนแรก (Primary Settling Tank)

เป็นการจัดการเพื่อตกตะกอนเศษอาหารและอื่น ๆ ที่มากับน้ำโดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน อาจถูกใช้งานในระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนบางแห่งโดยติดตั้งไว้ต่อจากถังกำจัดทรายแต่ก่อนหน้าการบำบัดแบบชีวภาพ จะช่วยกำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้ประมาณร้อยละ 60 และ 30 ตามลำดับ

ข. ถังตกตะกอนที่สอง (Sacondary Settling Tank)

เพื่อแยกจุลชีพออกจากน้ำ โดยติดตั้งต่อจากถังที่มีการสัมผัสระหว่างจุลชีพกับน้ำเสีย เช่นถังเติมอากาศของระบบAS ถังปฏิกรณ์ของระบบแผ่นหมุนชีวภาพเป็นต้น

3) การกำจัดของเบา

ของที่เบา (ความหนาแน่นน้อย) กว่าน้ำเมื่อปล่อยทิ้งไว้จะลอยขึ้นส่วนบน ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยง่าย เช่น การกำจัดไขมันและน้ำมันโดยใช้ถังดักไขมัน เป็นต้น หรืออาจใช้วิธีกระตุ้นให้ตะกอนลอย ซึ่งกระทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่ค่อนข้างยุ่งยาก และราคาแพง เช่น ระบบลอยตะกอนเป็นต้น การกำจัดของเบาหรือวิธีการตะกอนลอยมีอุปกรณ์ในการบำบัด ดังนี้

- ถังดักไขมัน (Grease Trap)

มักออกแบบให้มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ถ้าน้ำทิ้งมีน้อยอาจใช้แบบถังกลมก็ได้ นิยมติดตั้งเพื่อใช้สำหรับน้ำออกจากห้องครัว สถานีบริการน้ำมัน โรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำมัน โดยควรมีตะแกรงดักขยะอยู่ด้านหน้า น้ำเสียจะถูกกักอยู่ประมาณ 30 นาที น้ำมัน ไขมัน ของเบาต่าง ๆ จะลอยอยู่ส่วนบน น้ำส่วนล่างจะไหลลอดที่กั้น (อาจใช้ท่อสามทาง) ออกจากถังไป จะทำให้ลดน้ำมัน ไขมันได้ประมาณร้อยละ 70 จึงเหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนที่จะนำน้ำที่ผ่านออกไปเข้าสู่ขั้นตอนอื่นต่อไป เพราะก่อสร้างง่าย ราคาไม่แพง และเสียค่าดูแลรักษาน้อย ซึ่งเพียงแต่คอยตักน้ำมัน ไขมันที่ลอยอยู่ ออกเป็นครั้งคราว

- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ (Air Flotation)

โดยการเติมหรือเป่าอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดันบรรยากาศ ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 – 3 มม.จะพาไขมันและตะกอนลอยขึ้นผิวน้ำ จากนั้นจะกวาดออกจากถังโดยใช้เครื่องกวาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved-Air Flotation : DAF)

โดยการอัดอากาศลงในน้ำเสียด้วยความดันสูง แล้วปล่อยให้เข้าสู่ความดันบรรยากาศ อากาศจะละลายน้ำได้น้อยลง อากาศส่วนเกินจะหนีออกจากน้ำเป็นฟองขนาดเล็ก ช่วยพาให้ไขมัน ตะกอนเบา รวมทั้งตะกอนหนักบางชนิดลอยขึ้นผิวน้ำ จากนั้นจะกวาดออกจากถังโดยใช้เครื่องกวาด ระบบนี้นิยมใส่สารเคมีเพื่อช่วยให้ตะกอนเกาะตัวกัน สามารถดักฟองอากาศได้ดี ระบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ไม่มีการหมุนเวียน ซึ่งเหมาะสำหรับน้ำที่มีตะกอนชนิดไม่เปราะ และชนิดมีการหมุนเวียน (น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว กลับเข้าไปถังความดัน แล้วจึงรวมกับน้ำเสียเข้าสู่ถังลอยตัวต่อไป) เหมาะสำหรับน้ำที่มีตะกอนชนิดเปราะแตกง่าย

ข.การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

กระบวนการนี้ต้องพึ่งพาสารเคมี เพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการ เรามักจะใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้ผลหรือได้ผลแต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

วิธีการ

1) การปรับ pH

เนื่องจากระดับพีเอชมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างมาก ดังนั้น จึงต้องปรับให้ได้ค่าที่ต้องการโดยการใช้ กรด เกลือ หรือ ด่าง เช่น ถ้าน้ำมีค่าพีเอชสูงเกินไปจะแก้ไขด้วยการเติมกรด (กรดกำมะถัน กรดเกลือ และอื่น ๆ) แต่ถ้าน้ำนั้นมีค่าพีเอชต่ำเกินไปจะแก้ไขด้วยการเติมด่าง (โซดาไฟ ปูนขาว และอื่น ๆ) เป็นต้น

2) การสร้างและการรวมตะกอน(Coagulation and Flocculation)

ของแข็งที่มีความหนาแน่นมาก สามารถตกตะกอนได้ง่ายโดยใช้กระบวนการทางกายภาพอย่างง่าย แต่บางครั้งในน้ำเสียมีสารแขวนลอยขนาดเล็ก เช่น อนุภาคคอลลอยด์ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง น้อยกว่า 0.001 มม.และเบา แม้จะปล่อยทิ้งไว้นานหลายวันน้ำก็ยังคงขุ่น หากจะรอให้น้ำใสอาจต้องใช้เวลานับเดือน (หรืออาจจะยังขุ่นอยู่) การจะให้อนุภาคนี้ตกตะกอนในเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง อาจทำได้โดยการใส่สารเคมีบางชนิด เพื่อให้เกิดการสร้างและการรวมตะกอน (Coagulation and Flocculation)ให้มีขนาดใหญ่จนตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างตะกอน (Coagulation)คือ การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคในน้ำเสียโดยการใส่สารสร้างตะกอน(Coagulant)เช่น สารส้ม ปูนขาว เฟอร์ริคคลอไรด์ เป็นต้น และเมื่อกวนผสมกับน้ำภายใต้สภาพที่เหมาะสมในถังกวนเร็ว (Rapid mixing tank) อนุภาคจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น

การรวมตะกอน (Flocculation) คือ การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำเสียที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วโดยกระบวนการสร้างตะกอน(Coagulation) เคลื่อนที่มาสัมผัสกันในถังกวนช้าโดยใส่สารรวมตะกอน เช่นสารโพลิเมอร์บางชนิด เพื่อช่วยให้ตะกอนรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ และสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน

3) การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Precipitation)

น้ำเสียบางชนิดไม่มีสารแขวนลอยปะปนจึงดูใส แต่มิได้หมายความว่าจะไม่มีความสกปรกเจือปนเสมอไป น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะส่วนใหญ่จะใส(มีสีบ้าง) แต่กลับมีสารอันตรายบางชนิดละลายอยู่เช่น นิเกิล สังกะสี ทองแดง โครเมียม เป็นต้นเนื่องจากขนาดโมเลกุลที่ละลายมีขนาดเล็กมากจึงไม่อาจปล่อยให้ตกตะกอนด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือกระบวนการสร้างและรวมตะกอนเพื่อแยกเอาสารละลายนั้นออกมาได้ วิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดโลหะที่อยู่ในสภาพสารละลาย ได้แก่ ตกผลึก (Precipitation)

การตกผลึกทำได้โดยการใช้สารเคมีที่เหมาะสมใส่ลงทำปฏิกิริยา จนโลหะที่ละลายเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble)กลายเป็นผลึก (ของแข็งแขวนลอย) จากนั้นอาจเร่งให้ตกตะกอนเร็วขึ้นโดยใช้กระบวนการสร้างและการรวมตะกอนตามมาในภายหลัง

ตัวอย่าง การตกผลึกของสารละลายนิเกิล (Ni) ทำได้โดยเติมด่าง เช่น ปูนขาว หรือโซดาไฟ เป็นต้น ลงไปผสมในน้ำจนพีเอช มีค่าประมาณ 10 นิเกิล จะอยู่ในรูปผลึกของ นิเกิล – ไฮดรอกไซด์ [$Ni(OH)_2$] ดังสมการ

$$Ni^{+2} + 2OH^{-1} \longrightarrow Ni(OH)_2$$

4) การเกิดออกซิเดชั่น-รีดักชั่นทางเคมีทางเคมี

การออกซิเดชั่นเกิดได้ทั้ง โดยทางความร้อน ทางไฟฟ้า ทางชีวภาพและทางเคมี ในทางเคมี สารพิษบางชนิดสามารถถูกทำให้ลดความเป็นพิษได้ด้วยการออกซิเดชั่นทางเคมี เช่น ไซยาไนด์ เป็นต้น

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น เกิดขึ้นเมื่อมีการสูญเสียอิเล็กตรอนหรือเพิ่ม Oxidation state ของสารหนึ่ง และมีการเพิ่มอิเลคตรอนหรือลด Oxidation state ของอีกสารหนึ่ง เช่น

$$2MnO_4^- + CN^- + 2OH^- \longrightarrow 2MnO_4^{-2} + CNO^- + H_2O$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่า

- CN^- ถูกเพิ่ม Oxidation state จาก -1 เป็น +1 หรือ CN^- สูญเสียอิเล็กตรอน ในที่นี้ CN^- จึงเป็นสารรีดักชัน (Reductant)
- MnO_4^{-2} ถูกลด Oxidation state จาก -1 เป็น +1 หรือ MnO_4^{-2} ได้รับอิเล็กตรอนเพิ่ม ในที่นี้ MnO_4^{-2} จึงเป็นสารออกซิเดชัน (Oxidant)

สารพิษที่สามารถถูกกำจัดได้ด้วยวิธีนี้ เช่น CN^-, Cr^{+6}, Hg^+ , Pb^{+2} , Ag^+, S^{-2}

ตัวอย่างการรีดักชันสารพิษ เช่น การเปลี่ยน โครเมียมบวกหก ซึ่งมีความเป็นพิษมากให้กลายเป็นโครเมียมบวกสามที่มีความเป็นพิษน้อย

$$2H_2CrO_4 + 3SO_2 + 3H_2O \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 5H_2O$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า

- โครเมียมบวกหก ถูกลด Oxidation state จาก +6 เป็น +3
- ซัลเฟอร์ถูกเพิ่ม Oxidation state จาก +4 เป็น +6

นอกจากนี้ยังทำให้โครเมียมละลายน้ำได้น้อยลง ซึ่งจะมีประโยชน์ในการตกผลึกเนื่องจากโครเมียมบวกสามละลายน้ำได้น้อยมากเมื่อพีเอชประมาณ 9

การรีดักชันโครเมียม อาจเกิดจากสารเคมีได้หลายชนิด ภายใต้การควบคุมค่าพีเอชและโอ อาร์พี (ORP : Oxidation-Reduction Potential)ให้เหมาะสม

5) การแลกเปลี่ยนไอออน

ในบางครั้งที่ไม่ต้องการกำจัดสารละลายบางชนิดด้วยวิธีการตกผลึก หรือบางครั้งสารละลายมีความเข้มข้นต่ำ วิธีการและเปลี่ยนไอออนจะถูกนำมาใช้ โดยใช้เรซินเป็นสารแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) บรรจุอยู่ในถัง แล้วให้น้ำเสียไหลผ่าน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Ion - Exchange Resin เพื่อแลกเปลี่ยน (จับ) ไอออนบวกเช่น ไอออนของโลหะเป็นต้น และ Anion - Exchange Resinเพื่อแลกเปลี่ยน (จับ) ไอออนลบเช่น SO_4^{-2} , NO_3^- เป็นต้น หนังสือบางเล่มอาจจำแนกวิธีนี้ว่าเป็น กระบวนการทางกายภาพ - เคมี (Physico-Chemical Process)

วิธีนี้ใช้มากในการแก้ความกระด้างของน้ำ เช่น การผลิตเครื่องดื่มจากน้ำบาดาล สำหรับในการบำบัดน้ำเสียนั้น มีการใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ เพื่อจับโลหะหนัก เช่น นิเกิล โครเมียม เป็นต้น แต่เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงไม่นิยมใช้กับน้ำเสียที่มีความสกปรกมากเพราะจะทำให้เรซินอิ่มตัวเร็ว แต่มักใช้ในกรณีที่น้ำเสียนั้นผ่านการบำบัดจากกระบวนการตกผลึกมาแล้วแต่ยังมีโลหะหนักเกินมาตรฐานอยู่เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีจุดประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ ทำให้เกิดโรค น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีโอกาสที่จะปนเปื้อนเชื้อโรคมากกว่าแหล่งอื่น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องฆ่าเชื้อโรค ขณะที่น้ำเสียหลายชนิดอาจไม่มีเชื้อโรคมากกว่าจากแหล่งอื่นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการฆ่าเชื้อโรค สารเคมีที่นำมาใช้มีหลายชนิด เช่น คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน เป็นต้น แต่ที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ คลอรีน

คลอรีน ที่ใช้มีมาจากสารเคมีหลายชนิด เช่น คลอรีนเหลว, แคลเซียมไฮโปคลอไรด์, โซเดียมไฮโปคลอไรด์ และคลอรีนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งในตลาดมีการขายในลักษณะดังนี้

คลอรีนเหลว (Liquid Chlorine) จะถูกบรรจุในถังความดันสูงมีคลอรีนประมาณ 99.7% เมื่อใช้งานในความดันบรรยากาศจะกลายเป็นก๊าซละลายน้ำได้

แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ หรือปูนคลอรีน (Chlorineted Lime : Ca $(OCl)_2.4H_2O$)เป็นผงละเอียดสีขาว มีความเข้มข้นของคลอรีน 27-35% โดยน้ำหนัก

สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium Hipochlorite Solution) หรือไฮคลอร์ (Hi-Chlor) เป็นสารละลายสีเหลืองอ่อน มีความเข้มข้นของคลอรีน 10% โดยน้ำหนัก

แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีผู้หวั่นเกรงว่าการใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค อาจก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ขึ้น เมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์บางชนิดที่ตกค้างอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้น จึงพยายามหลีกเลี่ยงการใช้คลอรีน โดยนำการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีอื่นมาใช้แทน เช่น โอโซน รังสีอุลตราไวโอเลท เป็นต้น

ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

มีวัตถุประสงค์เพื่อลด หรือกำจัดสารอินทรีย์ (เช่น บีโอดี ซีโอดี) เป็นหลัก นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดสารอินทรีย์บางชนิด (เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส) ออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยจุลินทรีย์เปลี่ยนความสกปรกให้อยู่ในรูปของก๊าซ (ระเหย) และของแข็ง (เซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์) เพื่อง่ายแก่การแยกออกจากน้ำเสียได้กระบวนการทางกายภาพในขั้นต่อไป

มนุษย์รู้จักการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์มาเป็นเวลานับพันปีแล้ว และได้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น การผลิตแอลกอฮอล์ เบียร์ ผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น จากการได้พบว่าจุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนแปลงสารอย่างหนึ่งไปเป็นอีกอย่างหนึ่ง พร้อมกับมีการผลิตก๊าซบางชนิดขึ้นมาด้วย ซึ่งผลผลิตที่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามชนิด และสภาพแวดล้อมของจุลินทรีย์นั้นๆ จึงได้มีผู้นำแนวคิดนี้มาดัดแปลงเพื่อใช้ในการบำบัดของเสียที่อยู่ในน้ำ โดยได้มีการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิดระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพมีวิธีการที่นิยมดังต่อไปนี้

1) ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งบางครั้งเรียก แบบแอนแอโรบิก หรือแบบไม่ใช้ออกซิเจน (อิสระ) เป็นการอาศัยการดำรงชีพของจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพได้โดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ให้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ (CHONPS นิยมเรียก BOD หรือ COD) ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์ใหม่ และก๊าซบางชนิด (ส่วนใหญ่เป็น Co_2 และ CH_4 โดยมี H_2S และอื่นปะปนมาด้วย) โดยอาจมีสารประกอบอนินทรีย์บางชนิดเกิดขึ้นมาด้วย เช่น NH_3 เป็นต้น ดังสมการโดยรวมดังนี้

CHONPS+Anaerobic Bacteria ⟶ Bacteria ใหม่+CO_2+CH_4+พลังงาน+NH_3+H_2S+อื่นๆ

ขั้นตอนของกระบวนการ

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการนี้จากสมการข้างต้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

แบคทีเรียที่ผลิตกรด (Acid Producing Bacteria หรือ Acid formers หรือ Acidogens) จะปล่อยเอนไซม์ (Exocellular Enzyme) ออกมาเพื่อละลายสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ (เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน เป็นต้น) ให้เป็นสารประกอบที่ไม่ซับซ้อนละลายน้ำได้ มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้โดยง่าย (เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน เป็นต้น) เพื่อให้เหมาะสมกับใช้เป็นอาหารของแบคทีเรียต่อไป ดังนั้นถือได้ว่ายังไม่มีการลดความสกปรก ในขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 2 การสร้างกรด (Acidogensis)

แบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid formers, Acidogens) จะใช้สารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย (ที่ได้จากขั้นที่ 1) เป็นอาหาร แล้วเปลี่ยนให้เป็น $C0_2$, H_2 และกรดอินทรีย์ระเหยง่าย(Volatile Organic Acid) ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัวเป็นส่วนใหญ่ เช่น กรดอาซีติก (CH_3COOH), กรดโพรไพโอนิก(CH_3CH_2COOH) และกรดฟอร์มิก ($HCOOH$) เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การอะเซโตเจเนซิส (Acetogenesis)

แบคทีเรียพวกอะเซโตเจน (Acetogens) จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (จากขั้นที่ 2) ให้เป็น Acetate, Formate, H_2 และCO_2 ซึ่งจะเป็นอาหาร (Substrate) ของแบคทีเรียต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

แบคทีเรียพวกสร้างมีเทน (Methanogenesis) จะใช้อาหารที่ได้จากขั้นที่ 3 เปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน (CH_4), CO_2, และน้ำ หาก Methanogens มีปริมาณมากเพียงพอและทำงานดี จะได้ก๊าซมีเทนประมาณ 60-70%, CO_2 20-30% และมีก๊าซอื่นๆ เล็กน้อย เช่น H_2 และ N_2 เป็นต้น (การเกิดของก๊าซมีเทนสามารถแยกได้ว่าร้อยละ 33 มาจาก H_2 และ CO_2 โดย Hydrogenotrophic Bacteria ขณะที่ ร้อยละ 67 มาจาก Acetate โดย Acetotrophic Bacteria) แต่ถ้าหาก Methanogens มีจำนวนน้อยจนไม่สามารถย่อยสลายอาหารได้ทัน ก็จะเกิดการสะสมตัวของกรดภายในระบบมากขึ้นๆ จนกระทั่งการบำบัดน้ำเสียล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

ชนิดของระบบที่ได้รับความนิยม

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่ละชนิดต่างมีความเหมาะสมตามสภาพเงื่อนไข อันได้แก่ ราคาที่ดิน สภาพอากาศ ความต้องการใช้ก๊าซมีเทนเป็นต้น ระบบที่ได้รับความนิยม เช่น

บ่อหมัก (Anaerobic Pond)

บ่อหมักเป็นบ่อดินที่มีขนาดใหญ่เก็บกักน้ำได้หลายวัน นิยมสร้างให้มีความลึก 3-5 เมตร (ลึกกว่านี้ก็ได้) สร้างอยู่กลางแจ้งขึ้นกับธรรมชาติเป็นหลัก สำหรับประเทศเมืองหนาวจะมีปัญหาในฤดูหนาว ประสิทธิภาพจะลดลง ซึ่งสำหรับประเทศไทย ซึ่งอุณหภูมิค่อนข้างสูง และไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง จะไม่ค่อยพบปัญหาเรื่องความแปรปรวนของประสิทธิภาพ ปัญหาที่พบมักเกิดจากกลิ่นเหม็นจากก๊าซไข่เน่าหากควบคุมไม่ดีพอ เช่น พีเอชต่ำกว่า 6.0 หรือบ่อรับภาระสารอินทรีย์สูงเกินกว่า 0.4 กก.บีโอดีต่อลบ.ม.ต่อวัน เป็นต้น ระบบนี้จึงเหมาะสำหรับสร้างในบริเวณที่ไกลจากชุมชน และที่ดินราคาถูกเนื่องจากใช้เนื้อที่มาก เช่น โรงงานแป้งมัน โรงงานอาหาร โรงงานน้ำตาล เป็นต้น

ถังเกรอะ (Septic Tank)

นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนโดยเฉพาะจากส้วม ซึ่งอาจสร้างเป็นถังคอนกรีตกลมหรือสี่เหลี่ยม จะช่วยลดสารอินทรีย์ในเบื้องต้นได้ดี โดยเฉพาะอุจจาระจะถูกลดปริมาณโดยถูกย่อยสลายกลายเป็นก๊าซไป ทำให้ถังเกรอะสามารถใช้งานได้นานกว่าจะเต็ม ลักษณะภายในถังจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบนเป็นพวกวัตถุเบา (Scum) ลอยอยู่ ส่วนล่างเป็นพวกตะกอนหนัก ส่วนตรงกลางจะค่อนข้างใสกว่าส่วนอื่น การระบายน้ำจึงระบายจากส่วนกลางโดยใช้ผนังกั้น (Baffle) น้ำส่วนบนไว้ (หรือใช้ท่อสามทาง) แล้วให้น้ำส่วนกลางไหลออกไป โดยทั่วไปรังเกียจว่าน้ำส่วนนี้ยังไม่สะอาดพอจึงมักใช้ถังซึม (Cesspool) หรือลานซึมตามหลังเพื่อซึมน้ำดังกล่าวลงดินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งใช้ได้ดีเฉพาะบางพื้นที่ที่ดินมีลักษณะเหมาะสมโดยมีอัตราการซึม (Percolation Rate) สูง เช่น ดินปนทราย เป็นต้น แต่สำหรับกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นดินเหนียวมีอัตราการซึมต่ำจึงไม่เหมาะสม โดยมักเกิดปัญหาส้วมอืด เต็มเร็ว เนื่องจากไม่สามารถซึมน้ำออกไปได้ทันนั่นเอง

ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

เป็นระบบที่ใช้ปริมาตร และพื้นที่น้อยกว่า 2 ระบบแรก มีประสิทธิภาพดี แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกอสร้างมาก มีข้อดีที่สามารถรวบรวมก๊าซมีเทนมาใช้งานได้หากต้องการ น้ำเสียจะถูกป้อนจากส่วนล่างของระบบให้ล้นออกมาด้านบน โดยภายในระบบจะบรรจุตัวกลาง (Media) เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอาศัย (จะได้ไม่หลุดออกไปโดยง่ายกับน้ำออก) และจุลินทรีย์บางส่วนที่มีความหนาแน่นมากสามารถจมตัวสวนกระแสน้ำลงสู่ก้นถัง ตัวกลางที่ใช้อาจเป็นหิน (ขนาด 2 นิ้ว) หรือเป็นพลาสติกซึ่งมีรูปทรงต่างๆ ซึ่งมีการผลิตขายมากมาย ทั้งนี้เพื่อจะสร้างให้ตัวกลางมีพื้นที่ผิวมากเมื่อเทียบกับปริมาตร ปัจจุบันตัวกลางพลาสติกได้รับความนิยมมากเนื่องจากมีพื้นที่ผิวมากและมีน้ำหนักเบาตลอดจนมีช่องว่าง (Void Radio) มาก ทำให้ขนาดของถังเล็กลง และฐานรับน้ำหนักน้อยลง จึงประหยัดค่าก่อสร้างโครงถัง อย่างไรก็ตามตัวกลางพลาสติกมีราคาค่อนข้างสูงในปัจจุบัน (ประมาณ 5, 000 ลบ.ม.) ทำให้ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนก่อสร้างค่อนข้างสูง

ระบบนี้มีจุดอ่อนบ้างหากน้ำเสียที่เข้ามามีเศษวัสดุขนาดใหญ่มากจะทำให้เกิดการอุดตันระหว่างช่องว่างตัวกลางได้ น้ำเสียจะไหลอ้อมไปไม่สัมผัสกับจุลินทรีย์ที่เกาะติดบนตัวกลางทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง เกิดการสูญเสียความดัน (Headloss) มาก ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันที่ดี โดยมีตะแกรงละเอียด หรือถังตกตะกอนเพื่อกำจัดเศษวัสดุเหล่านี้เสียก่อน นอกจากนี้การกระจายน้ำเสียอาจไม่ทั่วถึงในกรณีที่ ถังกว้างมากเกินไป ทำให้เกิดมุมอับ (Dead Zone):ซึ่งไม่เกิดประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย

2. การบำบัดแบบใช้อากาศ

เป็นการอาศัยการดำรงชีพของจุลชีพที่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีพ โดยจุลชีพจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นเซลล์ใหม่

ชนิดของระบบที่ได้รับความนิยมสามารถแบ่งได้ตามการดำรงอยู่ของจุลชีพ 3 กลุ่มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่จุลชีพแขวนลอย

- บ่อแอโรบิค

ระบบนี้อาศัยธรรมชาติเป็นหลัก จัดเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabiliaztion Pond) ชนิดหนึ่งซึ่งจุลชีพส่วนใหญ่แขวนลอยอยู่ในน้ำโดยได้รับออกซิเจนมาจากลม และการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ เช่น สาหร่าย เป็นต้น บ่อจึงอยู่ในที่โล่งแจ้ง เพื่อจะได้รับลม และแดดอย่างเพียงพอ โครงสร้างมักเป็นบ่อดิน และใช้พื้นที่มากโดยความลึกประมาณ 0.5 - 1 เมตร ลักษณะของบ่อแอโรบิก โดยจุลชีพจะได้รับออกซิเจนต่อลม ของสาหร่ายเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้กลายเป็นเซลล์ (แบคทีเรีย)ใหม่ คาร์บอนไดออกไซด์, แอมโมเนีย, ฟอสเฟต ซึ่งจะนำไปใช้เป็นอาหารในการสร้างเซลล์ (สาหร่าย) และให้ออกซิเจนออกมา ซึ่งแบคทีเรียจะนำไปใช้ต่อไป วนเวียนอยู่เช่นนี้ จะทำให้สารอินทรีย์ในน้ำลดลง

- บ่อแฟคัลเททีฟ

เป็นบ่อที่ลึกมากกว่าบ่อแอโรบิก โดยทั่วไปจะลึก 1-2 เมตร มักเกิดการย่อยสลายแบบไร้อากาศที่บริเวณก้นบ่อแต่บริเวณส่วนบนยังคงมี การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน เนื่องจากมีปฏิกิริยาทั้งสองชนิดเกิดขึ้นภายในบ่อเดียวกัน บ่อลักษณะนี้จะมีชื่อเรียกเฉพาะว่าบ่อกึ่งไร้อากาศหรือบ่อแฟคัลเททีฟ ซึ่งมักเกิดขึ้นในบ่อแรกของการกำจัดน้ำเสียจากชุมชนที่ใช้บ่อธรรมชาติ เชื้อโรคส่วนใหญ่จะถูกทำลายเนื่องจากน้ำเสียจะถูกกักในบ่อเป็นเวลาหลายวันทำให้ไม่มีความจำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารเคมีก่อนปล่อยทิ้งลงแหล่งน้ำ ประสิทธิภาพขึ้นกับแสงแดด และอุณหภูม เช่น แสงแดดน้อย อุณหภูมิต่ำประสิทธิภาพก็จะต่ำตามไปด้วย มักได้รับความนิยมมากในที่ที่ดินมีราคาถูก เพราะต้องการพื้นที่มากซึ่งมีข้อดีที่ไม่ต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการให้ออกซิเจนและไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุม แต่การที่จะต้องพึ่งพาธรรมชาติมากนั้นบางครั้งก็กลายเป็นจุดอ่อนหากระบบไม่มีประสิทธิภาพพอ เพราะการแก้ไขในหลักการของตัวระบบเองก็กระทำได้ยากเช่นเดียวกัน จนบางครั้งต้องดัดแปลงเป็นระบบชนิดอื่น เช่น สระเติม-อากาศ

- สระเติมอากาศ

ระบบนี้เกิดจากการพัฒนาบ่อปรับเสถียรเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นในขณะที่ใช้ที่ดินเท่ากัน หรือน้อยกว่าโดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติมากนัก และมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลชีพเป็นหลัก เครื่องเติมอากาศที่ใช้อาจเป็นชนิดเครื่องเป่าอากาศพร้อมหัวกระจายอากาศ หรือชนิดอื่นก็ได้ ขึ้นกับลักษณะของบ่อ แต่ที่นิยมในประเทศไทยมักเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดเครื่องกลพร้อมทุ่นลอยซึ่งเป็นบ่อตกตะกอนอย่างง่ายเพื่อให้จุลชีพที่แขวนลอยจากบ่อเติมอากาศตกลงในบ่อนี้ก่อนที่จะปล่อยน้ำใสไหลออกไป

- ระบบเอเอส

วิธีนี้จะทำให้อายุสลัดจ์มีค่าสูงมากขึ้นจนมากกว่าเวลากักพักน้ำ ด้วยการหมุนเวียนจุลชีพ (ตะกอน) จากบ่อตะกอนกลับมาใช้งานใหม่ในบ่อเติมอากาศ (แบ่งทิ้งตะกอนส่วนเกินออกไปเป็นบางส่วน) จุลชีพในบ่อเติมอากาศมีความเข้มข้นสูงประมาณ 2, 000 – 5, 000 มก./ล. มีโอกาสที่จะสัมผัสกับน้ำเสียมาก ประสิทธิภาพกากำจัดสารอินทรีย์จึงเท่ากัน หรือสูงกว่าระบบ AL ในขณะที่ระบบมีเวลากักน้ำ (4-24 ชั่วโมง ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน) น้อยกว่า ทำให้ประหยัดที่ดินในการก่อสร้างไปได้มาก แต่ค่าก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสูง ตลอดจนต้องการผู้ดูแลที่มีความรู้สูง

ระบบASเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เริ่มใช้โดย Arden & Lockett ตั้งแต่ปี 1914 (พ.ศ.2457) และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน และจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น การทำงานของระบบอาศัยจุลินทรีย์ต่างๆ ช่วยกิน ทำลาย สลายความสกปรก โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ใช้จุลินทรีย์กำจัดสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ
- ตกตะกอนแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสีย
- หมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์ (จากถังตกตะกอน) กลับไปยังถังเติมอากาศ
- ควบคุมอายุตะกอนจุลินทรีย์ (Mean Cell Ressidence Time, MCRT) หรืออายุสลัดจ์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (ต้องมากกว่าเวลากักน้ำ) โดยการนำตะกอนบางส่วนทิ้งออกจากระบบทางถังเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ซึ่งไม่มีการควบคุมอายุตะกอน ทำให้ประสิทธิภาพของ AL ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้ดูแล หากจะให้ AL มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ AS ระบบ AL จะต้องถูกออกแบบให้มีเวลากักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ยาวนาน จึงจำเป็นต้องใช้เนื้อที่สำหรับส่วนเติมอากาศมากกว่าของ AS มาก

จุลินทรีย์ในระบบนี้เราเรียกว่า Activated Sludge เนื่องจากถูกควบคุมให้มีปริมาณมากพอที่จะทำลายความสกปรกในน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพ จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถจับตัวกันเป็นกลุ่ม (floc) และจมตัวได้ไม่ยากนักภายในถังตกตะกอน ทำให้น้ำส่วนบนมีความใส (ขุ่นน้อย) จึงสามารถระบายน้ำทิ้งไปได้ ตะกอนจุลินทรีย์ที่ตกลงก้นถังจะถูกสูบกลับไปใช้งานใหม่ในถังเติมอากาศ จุลินทรีย์ผสมน้ำเสีย และอื่นๆ ซึ่งแขวนลอยในถังเติมอากาศนี้บางครั้งเรียกว่า Mixed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liquor Suspended Solids (MLSS) ส่วนจุลินทรีย์มีชื่อเรียกเฉพาะว่า Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่สร้างอาหารเองไม่ได้แบบใช้อากาศและแฟคัลเททีฟผสมกัน (Aerobic & Facultative Heterotrophic Bacteria) แต่ในบางครั้งที่มีเงื่อนไขเหมาะสม อาจพบแบคทีเรียที่ใช้ไนโตรเจนสร้างอาหารเองได้ (Autotrophic Nitrigying Bacteria) อยู่ด้วย ซึ่งแม้จะไม่มีผลโดยตรงต่อการย่อยสลายเป็นสารอินทรีย์ แต่จะทำให้คุณลักษณะของน้ำใสที่ออกจากระบบเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ จะเกิดกระบวนการ Nitrification โดยการออกซิเดชันแอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรต์ (Nitrite) และไนเตรต (Nitrate) ซึ่งทำให้ความเป็นด่าง (Alkalinity) ในน้ำถูกใช้ไปจนอาจทำให้ค่า pH ลดลงอย่างน่าตกใจในบางกรณี เช่น ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหารจากสัตว์ (มีโปรตีนสูง) เป็นต้น นอกจากนี้การเกิดไนตริฟิเคชัน ยังต้องการออกซิเจนจำนวนมากอีกด้วย

ระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลาง

- ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter : TF)

TF ถูกใช้ครั้งแรกในประเทศอังกฤษเมื่อปี พ.ศ. 2436 โดยน้ำเสียจะถูกป้อนผ่านทางด้านบนของตัวกลางซึ่งเรียงกันอยู่ซึ่งเรียงซ้อนกันอยู่ในถัง ตัวกลางจะต้องมีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านได้ ในยุคแรกนิยมใช้ตัวกลางที่เป็นหิน หรือกรวดขนาดสองนิ้ว แต่ต่อมาตัวกลางที่ทำจากพลาสติกได้ถูกนำมาใช้มากกว่าเพราะน้ำหนักเบา และมีพื้นที่ผิวมากกว่าหิน จึงทำให้สามารถลดขนาดของถังลงได้ตลอดจนทำให้โครงสร้างรับน้ำหนักน้อยลง อย่างไรก็ตามตัวกลางที่ทำจากพลาสติกมีราคาค่อนข้างแพงทำให้ค่าก่อสร้างยังคงมีราคาสูง TF จึงได้รับความนิยมไม่มากนักเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบ AS

เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตัวกลางซึ่งมีจุลชีพเกาะอยู่ จุลชีพจะใช้อาหารในน้ำเสียเป็นอาหารทำให้ความสกปรกลดลง จุลชีพจะหลุดออกจากตัวกลางเป็นระยะ จึงต้องมีถังตกตะกอนตามหลัง TF มิฉะนั้นน้ำทิ้งจะขุ่น

ข้อดีของระบบ ได้แก่

- ใช้พื้นที่น้อย ใกล้เคียงกับระบบ AS
- มีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกับระบบ AS แต่ใช้พลังงานน้อยกว่า
- ควบคุมง่าย และจุลชีพตกตะกอนง่ายกว่าเมื่อเทียบกับระบบ AS ซึ่งมีโอกาสเกิดตะกอนอืด (sludge bulking)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของระบบ ได้แก่

- ค่าก่อสร้างมีราคาแพงกว่าระบบ AS เพราะตัวกลางมี ราคาแพง
- อาจมีแมลงรบกวนจำนวนมาก

- ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor : RBC)

ระบบนี้ประกอบด้วย ถังปฏิกิริยาซึ่งมีตัวกลางที่หมุนได้อยู่ภายใน ตัวกลาง หรือแผ่นหมุนนี้ทำจากแผ่นพลาสติกเรียงติดกันเป็นก้อนรูปร่างคล้ายทรงกระบอก แกนกลางวางอยู่บนแท่นหมุน โดยมีชุดขับเคลื่อน (มอเตอร์กับเกียร์) ทำให้แผ่น RBC นี้สามารถหมุนได้ โดยแผ่นจะจมอยู่ในน้ำประมาณ 40% จุลชีพที่เกาะอยู่ตามผิวของตัวกลาง ดังนั้นเมื่อแผ่นนี้หมุน ส่วนบนจะขึ้นมารับอากาศ (ออกซิเจน) และพาลงไปในน้ำเมื่อหมุนกลับลงไปสัมผัสน้ำเสีย วนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป ขณะที่ตัวกลางหมุนจะเกิดแรงเฉือน (Shear Force) ทำให้จุลชีพ (อายุมาก)บางส่วนหลุดจากแผ่นตัวกลาง ขณะเดียวกันจะมีจุลชีพใหม่เกิดขึ้นมาทดแทนเช่นนี้เรื่อยไป น้ำทิ้งที่ไหลออกไปจึงมักมีสารแขวนลอยปะปน จึงจำเป็นต้องมีถังตกตะกอนตามมาเพื่อแยกตะกอนดังกล่าว RBC ถูกออกแบบมาใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทยบ้างแล้วเช่น เทศบาลเมืองพัทยา เทศบาลเมืองหัวหิน เป็นต้น

ข้อดีของระบบ ได้แก่

- ใช้พื้นที่น้อยใกล้เคียงกับระบบAS
- มีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกับระบบAS แต่ใช้พลังงานน้อยกว่า
- ควบคุมง่าย และจุลชีพตกตะกอนง่ายกว่าเมื่อเทียบกับระบบASซึ่งมีโอกาสเกิดตะกอนอืด (Sludge Bulking) ไม่ต้องมีการหมุนเวียนตะกอนกลับมายังถังปฏิกิริยา

ข้อเสียของระบบ ได้แก่

- ค่าก่อสร้างมีราคาแพงกว่าระบบAS เพราะแผ่น RBC มีราคาแพงมาก
- การบำรุงรักษาค่อนข้างยุ่งยากเพราะหากเกิดการชำรุดของอุปกรณ์เนื่องจากค่อนข้างมีลักษณะเฉพาะตัว และต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

- บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่พึ่งพาธรรมชาติอย่างมาก เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีมลสารไม่เข้มข้นนัก เช่น น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว เป็นต้น แต่มีความต้องการลดมลสารประเภทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสด้วย ภายในบึงซึ่งลึกประมาณ 30 ซม.จะปลูกพืชน้ำบางชนิด เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น พืชน้ำนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศ แล้วแพร่ออกในชั้นรากของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Rhizosphere) จุลชีพที่เกาะติดที่ลำต้นของพืชสามารถใช้ออกซิเจนนี้ในการดำรงชีพ สารอินทรีย์จึงถูกกำจัดไปในขณะเดียวกันพืชจะใช้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในการสร้างเซลล์ ทำให้น้ำเสียมีมลสารน้อยลง ระบบนี้มีข้อดีที่ไม่ต้องใช้ผู้ดูแลที่มีความรู้มากนัก และเสียค่าใช้จ่ายในการควบคุมต่ำ แต่ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างมาก และต้องนำซากพืช หรือตัดพืชบางส่วนออกไปเป็นครั้งคราว ระบบนี้มีการใช้งานในประเทศไทยบ้างแล้ว เช่น ที่วิทยาลักการปกครอง อ.ธัญญบุรี จ.ปทุมธานี เป็นต้นวิธีการบำบัดน้ำเสียของชุมชนด้วยตนเอง

ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย

- บึงประดิษฐ์

บางครั้งถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากจุลชีพแม้จะเกาะติดตัวกลาง (ลำต้นพืช) แต่ก็มีบางส่วนแขวนลอยอยู่ด้วย

- ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส

ระบบนี้เป็นการผสมผสานของระบบที่จุลชีพแขวนลอยกับระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลาง โดยมีตัวกลางที่หมุนได้ซึ่งมีพื้นที่ผิวให้จุลชีพเกาะ และให้ออกซิเจนแก่จุลชีพที่แขวนลอยอยู่ในถัง (ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง, 2542 : 67-111)

2.2.4 วิธีการบำบัดน้ำเสียของชุมชนด้วยตนเอง

เราสามารถลดน้ำเสียได้จากครัว ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้น้ำเสียได้ โดยขุดบ่อลึกประมาณ 1.50 เมตร สองบ่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซ.ม. ห่างกันประมาณ 50 ซม. แล้วใส่บ่อคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีขายทั่วไปตามร้านวัสดุก่อสร้าง บ่อคอนกรีตนี้ จะช่วยป้องกันไม่ให้น้ำเสียไหลซึมไปสู่ชั้นดินข้างเคียง จากนั้นก็ต่อท่อแบบท่อประปาเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว จากครัวทะลุลงไปในบ่อแรกปล่อยให้น้ำทิ้งจากครัวตกตะกอน และให้และให้ส่วนที่เป็นไขมันลอยเป็นฝ้าแข็งอยู่บริเวณผิวหน้า สามารถตักออกไปทิ้งได้น้ำที่อยู่ระหว่างกลางซึ่งปราศจากไขมันและตะกอนจะไหลลอดตามท่อที่ฝังลึกลงไปถึงก้นบ่อที่สองปล่อยให้น้ำไหลเอ่อขึ้นมาจากด้านล่างผ่านชั้นกรวดทรายและถ่าน เพื่อกรองน้ำให้มีความสะอาดและปราศจากกลิ่น น้ำนี้ล้นขึ้นมาส่วนบนจะถึงท่อระบายออกไปสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะได้

การบำบัดน้ำเสียวิธีนี้จะสามารถลดปริมาณความสกปรกได้มากกว่าครึ่ง เมื่อผ่านบ่อดักไขมัน และเมื่อผ่านบ่อกรอง น้ำจะสะอาดและสามารถปล่อยทิ้งโดยไม่ก่อมลพิษต่อแหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งถ้าทุกบ้านจะช่วยกันทำ จะทำให้แม่น้ำกลับฟื้นคืนสภาพดีขึ้นในไม่ช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5วิธีการรักษาแหล่งน้ำ

การรักษาแหล่งน้ำไม่ใช่หน้าที่ของหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง แต่ทุกคนควรมีส่วนร่วมในการรักษาแหล่งน้ำ มูลนิธิโลกสีเขียว (2536 : 90-91) ได้ให้คำแนะนำไว้ว่า วิธีการรักษาแหล่งน้ำที่ทุกคนสามารถร่วมกันทำได้ คือ

- ทิ้งขยะลงในถังขยะที่จัดไว้
- ไม่ทิ้งเศษอาหาร ขยะ ไม่ถ่ายปัสสาวะ อุจจาระ ลงแม่น้ำ
- ไม่สร้างบ้านเรือนรุกล้ำแม่น้ำ
- ไม่ใช้ยาเบื่อปลา ไม่ดูดทรายจนตลิ่งพัง
- ระวังน้ำมัน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ไหลลงแม่น้ำ
- ไม่นำสัตว์เลี้ยงลงไปเลี้ยงในแม่น้ำ

2.2.6 การนำน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์

น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วมีคุณภาพเหมาะสมที่อาจนำมาใช้ได้ ดังนี้

- การเกษตร ในการเพาะปลูกพืชผลในสวนและไร่นา
- การชลประทาน ในการป้องกันน้ำเค็มจากทะเล และเสริมปริมาณน้ำใต้ดิน
- การพาณิชย์ ในการรดน้ำสนามกอล์ฟ สนามหญ้า สวนดอกไม้ สวนสาธารณะ
- อื่น ๆ เช่น ใช้เป็นน้ำสำหรับชักโครก ล้างถนน รดน้ำต้นไม้ ดับเพลิง

น้ำทิ้งจากที่แห่งหนึ่งสามารถนำมาเป็นน้ำใช้แทนน้ำประปา สำหรับอีกแห่งหนึ่งได้ ถึงแม้ว่าจะทิ้งลงในแม่น้ำลำคลอง ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณของน้ำในแม่น้ำลำคลองนั้น เพื่อผู้ใช้ที่อยู่ท้ายน้ำต่อไปใช้ได้อีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537:38)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการสร้างอุปกรณ์

3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยการวิเคราะห์ขั้นแรกวิเคราะห์พื้นฐานการศึกษาก่อนมาศึกษาต่อหลักสูตร พบว่าผู้ที่มาศึกษาต่อหลักสูตรนี้ จะต้องเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงหรือเทียบเท่าในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาเกษตรกรรม หรือสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง จึงจะสามารถเข้าศึกษาต่อได้ ในส่วนของการจัดระบบการศึกษานั้น ได้ทำการจัดระบบการศึกษาแบบทวิภาคโดยแบ่งระยะเวลาการศึกษาในแต่ละปีออกเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ แต่ละภาคการศึกษาใช้เวลาเรียนไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และอาจเปิดสอนภาคฤดูร้อน โดยใช้เวลาการศึกษาไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์ โดยจัดเวลาสอนครบตามหน่วยกิต ในการคิดหน่วยกิตจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในการคิดหน่วยกิตในรายวิชาภาคทฤษฎีซึ่งจะใช้เวลาบรรยาย 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ตลอดหนึ่งภาคการศึกษาปกติ มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต และใน รายวิชาภาคปฏิบัติ ใช้เวลาฝึกหรือทดลอง 2-3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ตลอดหนึ่งภาค การศึกษาปกติมีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต นอกจากนั้นคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมยังมีการคิดหน่วยกิตในรายวิชาภาคสนามหรือการฝึกสอนโดยใช้ระยะเวลาฝึก 3-6 ชั่วโมงตลอดหนึ่งภาคการศึกษาปกติ จะมีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต ในช่วงระยะเวลาการศึกษาตามหลักสูตรนั้น กำหนดให้ใช้เวลาการศึกษาอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 4 ภาคการศึกษาสำหรับการเรียนเต็มเวลา และอย่างมากไม่เกิน 6 ภาคการศึกษาสำหรับการเรียนไม่เต็มเวลาโดยมีจำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร 79 หน่วยกิต ผู้จัดทำได้ทำการแยกโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย ดังนี้

หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	8	หน่วยกิต
กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	2	หน่วยกิต
บังคับเรียน	2	หน่วยกิต
กลุ่มวิชาภาษา สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์	6	หน่วยกิต
บังคับเรียน	2	หน่วยกิต
เลือกเรียน	4	หน่วยกิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวดวิชาเฉพาะ	68	หน่วยกิต	
กลุ่มวิชาชีพครูทั่วไป		18	หน่วยกิต
บังคับเรียน		14	หน่วยกิต
เลือกเรียน		4	หน่วยกิต
กลุ่มวิชาครุศาสตร์เกษตร		20	หน่วยกิต
บังคับเรียน		20	หน่วยกิต
กลุ่มวิชาอุตสาหกรรมเกษตร		30	หน่วยกิต
บังคับเรียน		18	หน่วยกิต
เลือกเรียน		12	หน่วยกิต
หมวดวิชาเลือกเสรี		3	หน่วยกิต

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

วิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (03630110) อยู่ในกลุ่มวิชาเลือก สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) มีจำนวน 3 หน่วยกิต ใช้เวลาเรียน ภาคทฤษฎี 3 คาบต่อสัปดาห์ โดยมีคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์ทั่วไปดังนี้

คำอธิบายรายวิชา

ความสำคัญ ปัญหาที่เกิดจากของเสียที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรม ลักษณะและประเภทของของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม กรรมวิธีในการบำบัด กรรมวิธีในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ การปรับคุณภาพน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากโรงงาน การจัดการด้านการสุขาภิบาล พระราชบัญญัติกฎหมายการจัดตั้งโรงงาน และดูงานนอกสถานที่ (คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 2541 : 68, 270, 322)

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษาวิธีกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการจัดการด้านการสุขาภิบาลต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม
3. เพื่อศึกษาพระราชบัญญัติกฎหมายการจัดตั้งโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้จัดทำได้นำคำอธิบายรายวิชามาจัดทำแผนการสอนภาคทฤษฎีทั้งหมด 42 คาบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสอน

ภาคทฤษฎี	เรื่อง	คาบ
บทที่ 1	ความหมาย ความสำคัญและปัญหาที่เกิดจากของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม	3
	1.1 ความหมาย	(1)
	1.2 ความสำคัญ และปัญหาที่เกิดจากของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม	(2)
บทที่ 2	ลักษณะและประเภทของของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม	6
	2.1 ลักษณะของของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	(3)
	2.2 ชนิดและประเภทของของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	(3)
บทที่ 3	กรรมวิธีในการกำจัดของเสียต่าง ๆ	6
	3.1 กรรมวิธีในการกำจัดขยะมูลฝอย	(3)
	3.2 กรรมวิธีในการกำจัดมลพิษทางอากาศ	(3)
บทที่ 4	กรรมวิธีในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่	6
	4.1 ความหมายและความสำคัญ	(2)
	4.2 กระบวนการบำบัดขยะมูลฝอย	(2)
	4.3 กระบวนการบำบัดมลพิษทางอากาศ	(2)
บทที่ 5	การปรับคุณภาพน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากโรงงาน	9
	5.1 ความหมาย และความสำคัญ	(3)
	5.2 ชนิดและประเภทของน้ำเสีย	(3)
	* 5.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนออกจากโรงงานอุตสาหกรรม	(3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคทฤษฎี	เรื่อง	คาบ
บทที่ 6	การจัดการด้านสุขาภิบาล	9
	6.1 ความหมาย ความสำคัญและหลักการสุขาภิบาลโรงงาน	(3)
	6.2 อาคารโรงงาน อุปกรณ์เครื่องมือในโรงงาน	(3)
	6.3 การศึกษาอบรมทางด้านสุขาภิบาลโรงงาน	(3)
บทที่ 7	พระราชบัญญัติการจัดตั้งโรงงาน	3
	6.1 การกำหนดประเภทและชนิดของโรงงาน 6.2 สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในการจัดตั้งโรงงาน 6.3 เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือสิ่งที่นำมาใช้ในโรงงาน	(3)
	รวม	42

หมายเหตุ

* หัวข้อที่ 5.3 เรื่องกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนออกจากโรงงานอุตสาหกรรมคือ หัวข้อที่นำมาจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งในการสอนจริงจะใช้เวลานานถึง 3 คาบ

3.3 เนื้อหา

น้ำเสีย (Waste Water หรือ Sewage) เป็นน้ำที่ใช้แล้วจากชุมชน ประกอบด้วยน้ำเสียจากบ้านเรือน รวมทั้งสิ่งขับถ่าย น้ำซักล้าง และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งคราบน้ำมัน น้ำกรด อาจรวมทั้งน้ำฝน น้ำผิวดิน ที่รวมเข้าสู่ท่อระบายน้ำ

ระบบบำบัดน้ำเสีย

สามารถแยกออกเป็นระบบต่าง ๆตามขั้นตอนดังนี้

1. ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย การบดตัด เป็นต้น
2. ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นระบบที่กำจัดสารอินทรีย์และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีน ก็จัดอยู่ในระบบบำบัดขั้นที่สองด้วย
4. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอย ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง การกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย และการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการ ที่จะทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขนาดไหน โดยทั่วไประบบบำบัดขั้นที่สามมักจะใช้กับการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ต้องการนำกลับมาใช้อีกเช่น นำมารดน้ำสนามหญ้า ใช้กับการชักโครกของส้วม ใช้กับระบบหล่อเย็น แม้กระทั่งนำไปใช้ผลิตน้ำประปา

วิธีการบำบัดน้ำเสียมี 3 วิธี ดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

1. วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

เป็นกระบวนการที่ใช้แยกสิ่งสกปรกออกจากน้ำด้วยวิธีง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนโดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะแก่การแยกสิ่งเจือปนนั้นซึ่งมีหลายวิธีการด้วยกัน ได้แก่

1) การดักด้วยตะแกรง (Screening)

การดักด้วยตะแกรงเป็นกระบวนการเพื่อแยกวัสดุขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตรจนถึงขนาดใหญ่หลายเซนติเมตร อุปกรณ์ที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็นตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด โดยตะแกรงหยาบใช้แยกเศษวัสดุขนาดใหญ่ตั้งแต่ 0.1 นิ้วขึ้นไปหน้าที่หลักสำคัญเพื่อป้องกันขยะ เศษผ้า ไปอุดตันเครื่องสูบน้ำ ระบบท่อวาล์ว ส่วนตะแกรงละเอียดเพื่อแยกวัสดุที่มีขนาดเล็ก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตรขึ้นไป อาจใช้ในการลดความสกปรกเบื้องต้นก่อนที่จะผ่านขั้นตอนอื่น เช่น แยกเศษขนสัตว์ เศษเนื้อปลา เกล็ดปลา เปลือกกุ้ง เป็นต้นนอกจากจะช่วยลดความสกปรกแล้วยังสามารถนำเศษวัสดุเหล่านี้ไปใช้ทำอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การตกตะกอน (Settling, Sedimentation)

เป็นการแยกของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำออกจากน้ำด้วยการทำให้จม โดยอาจกักน้ำเสียให้อยู่นิ่ง หรือลดความเร็วของน้ำลง ให้เหมาะแก่วัตถุชนิดที่ต้องการให้จม การตกตะกอนสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

- การตกตะกอนแบบอิสระ (Discrete Settling)
- การตกตะกอนแบบรวมตัว (Flocculant Settling)
- การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น (Zone Settling)
- การตกตะกอนแบบอัดตัว (Compression Settling)

การนำหลักการของการตกตะกอนมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

ก. การกำจัดกรวดทราย

ข. การตกตะกอนของแข็งทั่วไป

ก. การกำจัดกรวดทราย

ตะกอนหนักเป็นของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำเช่น กรวด ทราย เศษโลหะ เมล็ดพืช ซึ่งอาจทำความเสียหายจากการขัดสีเครื่องสูบน้ำ ท่อ วาล์ว และอุปกรณ์อื่น ๆ วิธีการบำบัดใช้อุปกรณ์ดังนี้

ถังดักทรายแบบไหลแนวราบ

ถังด้านบนมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่อนข้างยาวคล้ายราง น้ำจะไหลเข้าด้านแคบ และไหลไปตามแนวยาวออกไปด้านตรงข้ามวัสดุที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะตกลงก้นถัง

ถังแยกทรายแบบเป่าอากาศ

ถังด้านบนมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยจะมีการเป่าอากาศลงไปในน้ำเพื่อทำให้น้ำหมุนวนเป็นเกลียว อัตราการเป่าอากาศสามารถควบคุมให้เพิ่มหรือลดลงได้ เพื่อให้ความเร็วของน้ำวนที่บริเวณก้นถังมีความเหมาะสม ให้กรวดทรายตกจมได้

ข. การตกตะกอนของแข็งทั่วไป

เป็นการตกตะกอนของแข็งที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำไม่มากนัก ถังตกตะกอนอาจสร้างให้มีรูปกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ โดยจะมีความเหมาะสมแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังตกตะกอนจะถูกเรียกชื่อตามลักษณะหรือขั้นตอนที่ถูกใช้ในระบบ เช่น

ถังตกตะกอนแรก (Primary Settling Tank)

เป็นการจัดการเพื่อตกตะกอนเศษอาหารและอื่น ๆ ที่มากับน้ำโดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน จะช่วยกำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้ประมาณร้อยละ 60 และ 30 ตามลำดับ

ถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Settling Tank)

เป็นการแยกจุลชีพออกจากน้ำ โดยติดตั้งต่อจากถังที่มีการสัมผัสระหว่างจุลชีพกับน้ำเสีย เช่นถังเติมอากาศของระบบเอเอส ถังปฏิกรณ์ของระบบอาร์บีซี ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

3) การกำจัดของเบา

ของที่เบา (ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ) เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะลอยขึ้นส่วนบน ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยง่าย เช่น ไขมันและน้ำมันกำจัดโดยใช้ถังดักไขมัน เป็นต้น หรืออาจใช้วิธีกระตุ้นให้ตะกอนลอย เช่น การบำบัดด้วยระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป การนำหลักการกำจัดของเบามาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีดังนี้

- ถังดักไขมัน (Grease Trap) นิยมติดตั้งเพื่อใช้สำหรับน้ำออกจากห้องครัว สถานีบริการน้ำมัน โรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำมัน โดยมีตะแกรงดักขยะอยู่ด้านหน้า น้ำเสียจะถูกกักอยู่ประมาณ 30 นาที น้ำมัน ไขมัน ของเบาต่าง ๆ จะลอยอยู่ส่วนบน น้ำส่วนล่างจะไหลลอดที่กั้น (อาจใช้ท่อสามทาง) ออกจากถังไป จะทำให้ลดน้ำมัน ไขมันได้ประมาณร้อยละ 70 จึงเหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนที่จะนำน้ำที่ผ่านออกไปเข้าสู่ขั้นตอนอื่นต่อไป
- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ (Air Flotation) โดยการเติมหรือเป่าอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดันบรรยากาศ ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 – 3 มม.จะพาไขมันและตะกอนลอยขึ้นผิวน้ำ จากนั้นจะกวาดออกจากถังโดยใช้เครื่องกวาด
- ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved-Air Flotation : DAF) โดยการอัดอากาศลงในน้ำเสียด้วยความดันสูง แล้วปล่อยให้เข้าสู่ความดันบรรยากาศ อากาศจะละลายน้ำได้น้อยลง อากาศส่วนเกินจะหนีออกจากน้ำเป็นฟองขนาดเล็ก ช่วยพาให้ไขมัน ตะกอนเบา รวมทั้งตะกอนหนักบางชนิดลอยขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวน้ำ จากนั้นจะกวาดออกจากถังโดยใช้เครื่องกวาด ระบบนี้นิยมใส่สารเคมีเพื่อช่วยให้ตะกอนเกาะตัวกัน สามารถดักฟองอากาศได้ดี

ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

การบำบัดด้วยวิธีการนี้ต้องใช้สารเคมี เพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการ เรามักจะใช้กระบวนการนี้เมื่อไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้ผลหรือได้ผลแต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง วิธีนี้นิยมใช้ในการกำจัดโลหะที่อยู่ในสภาพสารละลาย ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) การปรับพีเอช (pH)

เนื่องจากระดับพีเอชหรือค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างมาก ดังนั้น จึงต้องปรับให้ได้ค่าที่ต้องการโดยการใช้ กรด เกลือ หรือด่าง เช่น ถ้าน้ำมีค่าพีเอชสูงเกินไปจะแก้ไขด้วยการเติมกรด (กรดกำมะถัน กรดเกลือ และอื่น ๆ) แต่ถ้าน้ำนั้นมีค่าพีเอชต่ำเกินไปจะแก้ไขด้วยการเติมด่าง (โซดาไฟ ปูนขาว และอื่น ๆ) เป็นต้น

2) การสร้างและการรวมตะกอน (Coagulation and Flocculation)

ของแข็งที่มีความหนาแน่นมาก สามารถตกตะกอนได้ง่ายโดยใช้กระบวนการทางกายภาพอย่างง่าย แต่บางครั้งในน้ำเสียมีสารแขวนลอยขนาดเล็ก ทำให้ตกตะกอนช้าอาจต้องใช้เวลานับเดือนก็อาจจะยังขุ่นอยู่ การทำให้อนุภาคนี้ตกตะกอนภายในเวลา 3 ชั่วโมง อาจทำได้โดยการใส่สารเคมีบางชนิด เพื่อให้เกิดการสร้างและการรวมตะกอน (Coagulation and Flocculation) ให้มีขนาดใหญ่จนตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว

การสร้างตะกอน (Coagulation) คือ การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคในน้ำเสียโดยการใส่สารสร้างตะกอน (Coagulant) เช่น สารส้ม ปูนขาว เฟอร์ริคคลอไรด์ เป็นต้น และเมื่อกวนผสมกับน้ำภายใต้สภาพที่เหมาะสมในถังกวนเร็ว (Rapid mixing tank) อนุภาคจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น

การรวมตะกอน (Flocculation) คือ การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำเสียที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วโดยกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) เคลื่อนที่มาสัมผัสกันในถังกวนช้าโดยใส่สารรวมตะกอน เพื่อช่วยให้ตะกอนรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ และสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน

3) การตกผลึก (Precipitation)

น้ำเสียบางชนิดไม่มีสารแขวนลอยปะปนจึงดูใส แต่กลับมีสารอันตรายบางชนิดละลายอยู่ เช่น นิเกิล สังกะสี ทองแดง โครเมียม เป็นต้น และเนื่องจากขนาดโมเลกุลที่ละลายมีขนาดเล็กมากจึงไม่อาจปล่อยให้ตกตะกอนด้วยกระบวนการทางกายภาพได้ การตกผลึกของสารทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารเคมีที่เหมาะสมใส่ลงทำปฏิกิริยา โลหะที่ละลายน้ำ (Soluble) เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble) กลายเป็นผลึก (ของแข็งแขวนลอย) จากนั้นอาจเร่งให้ตกตะกอนเร็วขึ้นโดยใช้กระบวนการสร้างและการรวมตะกอนตามมาในภายหลัง

4) การเกิดออกซิเดชั่น – รีดักชั่น (Oxidation – Reduction)

(การออกซิเดชั่นเกิดได้โดยความร้อน ไฟฟ้า ชีวภาพและเคมี) ในทางเคมี สารพิษบางชนิดสามารถถูกทำให้ลดความเป็นพิษได้ด้วยการออกซิเดชั่นทาง เช่น ไซยาไนด์ เป็นต้น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น เกิดขึ้นเมื่อมีการสูญเสียอิเล็กตรอนหรือเพิ่ม Oxidation state ของสารหนึ่ง และมีการเพิ่มอิเลคตรอนหรือลด Oxidation state ของอีกสารหนึ่ง สารพิษที่สามารถถูกกำจัดได้ด้วยวิธีนี้ เช่น CN^-, Cr^{+6}, Hg^+, Pb^{+2}, Ag^+, S^{-2}

5) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)

ในบางครั้งที่ไม่ต้องการกำจัดสารละลายบางชนิดด้วยวิธีการตกผลึก หรือบางครั้งสารละลายมีความเข้มข้นต่ำ วิธีการและเปลี่ยนไอออนจะถูกนำมาใช้ โดยใช้เรซินเป็นสารแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) หนังสือบางเล่มอาจจำแนกวิธีนี้ว่าเป็น กระบวนการทางกายภาพเคมี (Physico-Chemical Process)

วิธีนี้ใช้มากในการแก้ความกระด้างของน้ำ เช่น การผลิตเครื่องดื่มจากน้ำบาดาล สำหรับในการบำบัดน้ำเสียนั้น มีการใช้ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ เพื่อจับโลหะหนัก เช่น นิเกิล โครเมียม เป็นต้น แต่เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงไม่นิยมใช้กับน้ำเสียที่มีความสกปรกมากเพราะจะทำให้เรซินอิ่มตัวเร็ว แต่มักใช้ในกรณีที่น้ำเสียนั้นผ่านการบำบัดจากกระบวนการตกผลึกมาแล้วแต่ยังมีโลหะหนักเกินมาตรฐานอยู่เล็กน้อย

3) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีจุดประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีโอกาสที่จะปนเปื้อนเชื้อโรคมากกว่าแหล่งอื่น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องฆ่าเชื้อโรค สารเคมีที่นำมาใช้มีหลายชนิด เช่น คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน เป็นต้น แต่ที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ คลอรีน

คลอรีน ที่ใช้มาจากสารเคมีหลายชนิด เช่น คลอรีนเหลว, แคลเซียมไฮโปคลอไรด์, โซเดียมไฮโปคลอไรด์ และคลอรีนไดออกไซด์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีผู้หวั่นเกรงว่าการใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค อาจก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ขึ้น เมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์บางชนิดที่ตกค้างอยู่ในน้ำเสีย ดังนั้น จึงพยายามหลีกเลี่ยงการใช้คลอรีน โดยนำการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีอื่นมาใช้แทน เช่น โอโซน รังสีอุลตราไวโอเลท เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

มีวัตถุประสงค์เพื่อลดหรือกำจัดสารอินทรีย์เป็นหลัก นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดสารอินทรีย์บางชนิดออกจากน้ำเสียได้ด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment)

การบำบัดแบบไร้อากาศ ซึ่งบางครั้งเรียก แบบแอนแอโรบิก (Anareobic) หรือแบบไม่ใช้ออกซิเจน (อิสระ) เป็นการอาศัยการดำรงชีพของจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพได้โดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ให้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์ใหม่ และก๊าซบางชนิด

ขั้นตอนของกระบวนการ

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

แบคทีเรียที่ผลิตกรด (Acid Producing Bacteria หรือ Acid formers หรือ Acidogens) จะปล่อยเอนไซม์ (Exocellular Enzyme) ออกมาเพื่อละลายสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ (เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน เป็นต้น) ให้เป็นสารประกอบที่ไม่ซับซ้อนละลายน้ำได้ มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้โดยง่าย (เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน เป็นต้น) เพื่อให้เหมาะสมกับใช้เป็นอาหารของแบคทีเรียต่อไป ดังนั้นถือได้ว่ายังไม่มีการลดความสกปรก ในขั้นตอนนี้

ขั้นที่ 2 การสร้างกรด (Acidogensis)

แบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid formers, Acidogens) จะใช้สารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย (ที่ได้จากขั้นที่ 1) เป็นอาหาร แล้วเปลี่ยนให้เป็น $C0_2$, H_2 และกรดอินทรีย์ระเหยง่าย(Volatile Organic Acid) ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัวเป็นส่วนใหญ่ เช่น กรดอาซีติก (CH_3COOH), กรดโพรไพโอนิก(CH_3CH_2COOH) และกรดฟอร์มิก (HCOOH) เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การอะเซโตเจเนซิส (Acetogenesis)

แบคทีเรียพวกอะเซโตเจน(Acetogens) จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (จากขั้นที่ 2) ให้เป็น Acetate, Formate, H_2 และCO_2ซึ่งจะเป็นอาหาร (Substrate) ของแบคทีเรียต่อไป

ขั้นที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

แบคทีเรียพวกสร้างมีเทน (Methanogenesis) จะใช้อาหารที่ได้จากขั้นที่ 3 เปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน (CH_4), CO_2, และน้ำ หาก Methanogens มีปริมาณมากเพียงพอและทำงานดี จะได้ก๊าซมีเทนประมาณ 60-70%, CO_2 20-30% และมีก๊าซอื่นๆ เล็กน้อย เช่น H_2 และ N_2 เป็นต้น (การเกิดของก๊าซมีเทนสามารถแยกได้ว่าร้อยละ 33 มาจาก H_2 และ CO_2 โดย Hydrogenotrophic

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bacteria ขณะที่ ร้อยละ 67 มาจาก Acetate โดย Acetotrophic Bacteria) แต่ถ้าหาก Methanogens มีจำนวนน้อยจนไม่สามารถย่อยสลายอาหารได้ทัน ก็จะเกิดการสะสมตัวของกรดภายในระบบมากขึ้นๆ จนกระทั่งการบำบัดน้ำเสียล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

ชนิดของระบบที่ได้รับความนิยม

บ่อหมัก (Anaerobic Pond)

บ่อหมักเป็นบ่อดินที่มีขนาดใหญ่เก็บกักน้ำได้หลายวัน ปัญหาที่พบมักเกิดจากกลิ่นเหม็นจากก๊าซไข่เน่าหากควบคุมไม่ดีพอ ระบบนี้จึงเหมาะสำหรับสร้างในบริเวณที่ไกลจากชุมชน และที่ดินราคาถูกเนื่องจากใช้เนื้อที่มาก เช่น โรงงานแป้งมัน โรงงานอาหาร โรงงานน้ำตาล เป็นต้น

ถังเกรอะ (Septic Tank)

นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนโดยเฉพาะจากส้วม ซึ่งอาจสร้างเป็นถังคอนกรีตกลมหรือสี่เหลี่ยม จะช่วยลดสารอินทรีย์ในเบื้องต้นได้ดี

ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)

เป็นระบบที่ใช้ปริมาตร และพื้นที่น้อยกว่า 2 ระบบแรก มีประสิทธิภาพดี แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมาก มีข้อดีที่สามารถรวบรวมก๊าซมีเทนมาใช้งานได้หากต้องการ ภายในระบบจะบรรจุตัวกลาง (Media) เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอาศัย ระบบนี้มีจุดอ่อนบ้างหากน้ำเสียที่เข้ามามีเศษวัสดุขนาดใหญ่มากจะทำให้เกิดการอุดตันระหว่างช่องว่างตัวกลางได้ การป้องกันโดยมีตะแกรงละเอียด หรือถังตกตะกอนเพื่อกำจัดเศษวัสดุเหล่านี้เสียก่อน

2) การบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic Treatment)

เป็นการอาศัยการดำรงชีพของจุลชีพที่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีพ โดยจุลชีพจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นเซลล์ใหม่

ชนิดของระบบที่ได้รับความนิยมสามารถแบ่งได้ตามการดำรงอยู่ของจุลชีพ 3 กลุ่มดังนี้

ระบบที่จุลชีพแขวนลอย จุลชีพจะอยู่ในลักษณะแขวนลอยบนผิวน้ำ ระบบบำบัดแบบใช้อากาศที่ใช้ในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่มักอยู่ในกลุ่มนี้เช่นบ่อแอโรบิก,บ่อแฟคัลเททีฟ,เอแอล, และเอเอส ระบบที่นิยมใช้มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- บ่อแอโรบิก

เป็นระบบที่อาศัยธรรมชาติเป็นหลักจุลชีพจะแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยได้รับออกซิเจนจากลมและการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative)

บ่อนี้ลึกกว่าบ่อแอโรบิก มักเกิดการย่อยสลายแบบไร้อากาศที่บริเวณก้นบ่อแต่ส่วนบนยังมีการย่อยสลายแบบใช่ออกซิเจน เนื่องจากมีปฏิกิริยาทั้งสองชนิดเกิดขึ้นจึงเรียกว่าบ่อกึ่งไร้อากาศ (Facultative)

- สระเติมอากาศ (Aerated Lagoon : AL)

ระบบนี้เกิดจากการพัฒนาบ่อปรับเสถียรเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นโดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติมากนัก ระบบนี้ได้มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลชีพเป็นหลัก

- ระบบเอเอส (Activated Sludge : AS)

ระบบเอเอส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เริ่มใช้ ตั้งแต่ปี 1914 (พ.ศ.2457) และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน และจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น การทำงานของระบบอาศัยจุลินทรีย์ต่างๆ ช่วยกิน ทำลาย สลายความสกปรก โดยมีขั้นตอนดังนี้

ก. ใช้จุลินทรีย์กำจัดสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ

ข. ตกตะกอนแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสีย

ค. หมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์ (จากถังตกตะกอน) กลับไปยังถังเติมอากาศ

ง. ควบคุมอายุตะกอนจุลินทรีย์ (Mean Cell Ressidence Time, MCRT) หรืออายุสลัดจ์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะโดยการนำตะกอนบางส่วนทิ้งออกจากระบบทางถังเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)

ระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลาง จุลชีพในระบบนี้จะเกาะตรึงอยู่บนตัวกลางซึ่งอาจจะเป็น ก้อนหิน หรือพลาสติก หรือวัสดุอื่นที่จุลชีพยึดเกาะได้ น้ำเสียที่เข้ามาในระบบนี้ต้องไม่มีเศษวัสดุ ตะกอนขนาดใหญ่ เพราะอาจเกิดการอุดตันช่องว่างของตัวกลาง ทำให้เกิดปัญหาจนระบบไม่อาจทำงานได้ ดังนั้นจึงควรมีการแยกวัสดุเหล่านั้นด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การดักด้วยตะแกรง ก่อนที่จะป้อนน้ำเสียเข้าระบบ ตัวอย่างที่ได้รับความนิยมของระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter : TF)

ใช้หลักการโดยน้ำเสียจะถูกป้อนผ่านทางด้านบนของตัวกลางซึ่งเรียงกันอยู่ซึ่งเรียงซ้อนกันอยู่ในถัง ตัวกลางจะต้องมีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านได้ เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตัวกลางซึ่งมีจุลชีพเกาะอยู่ จุลชีพจะใช้อาหารในน้ำเสียเป็นอาหารทำให้ความสกปรกลดลง จุลชีพจะหลุดออกจากตัวกลางเป็นระยะ จึงต้องมีถังตกตะกอนตามหลัง TF มิฉะนั้นน้ำทิ้งจะขุ่น

- ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor : RBC)

ระบบนี้ประกอบด้วย ถังปฏิกิริยาซึ่งมีตัวกลางที่หมุนได้อยู่ภายในตัวกลาง ติดอยู่ที่แผ่นหมุน ดังนั้นเมื่อแผ่นนี้หมุน ส่วนบนจะขึ้นมารับอากาศ (ออกซิเจน) และพาลงไปในน้ำเมื่อหมุนกลับลงไปสัมผัสน้ำเสีย วนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป

- บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่พึ่งพาธรรมชาติอย่างมาก เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีมลสารไม่เข้มข้นนัก เช่น น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว ภายในบึงจะปลูกพืชน้ำบางชนิด เช่น กก แฝก,ธูปฤาษีเป็นต้น พืชน้ำนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศแล้วแพร่ออกในชั้นรากของพืช (Rhizosphere) จุลชีพที่เกาะติดที่ลำต้นของพืชสามารถใช้ออกซิเจนนี้ในการดำรงชีพ ทำให้น้ำเสียมีมลสารน้อยลง

ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย ระบบนี้เป็นการผสมผสานของระบบที่จุลชีพแขวนลอยกับระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลาง จุลชีพทั้งสองส่วนมีปริมาณ และความสำคัญใกล้เคียงกัน ระบบประเภทนี้ถูกนำมาใช้งานไม่มากนัก ซึ่งมีตัวอย่างที่น่าสนใจ ดังนี้

- บึงประดิษฐ์

บางครั้งถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากจุลชีพแม้จะเกาะติดตัวกลาง (ลำต้นพืช) แต่ก็มีบางส่วนแขวนลอยอยู่ด้วย

- ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส

ระบบนี้เป็นการผสมผสานของระบบที่จุลชีพแขวนลอยกับระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลาง โดยมีตัวกลางที่หมุนได้ซึ่งมีพื้นที่ผิวให้จุลชีพเกาะ และให้ออกซิเจนแก่จุลชีพที่แขวนลอยอยู่ในถัง (ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง, 2542 : 67-111)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรคำนึงในการเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย

1. ความต้องการกำจัดสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย
2. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย
3. ขนาดพื้นที่ที่ต้องการใช้สำหรับโรงงานบำบัดน้ำเสีย
4. ราคาค่าก่อสร้าง
5. ราคาค่าบำรุงรักษาและการดำเนินงาน
6. จำนวนเครื่องมือกลที่ต้องการ
7. ความยากในการควบคุมดูแลระบบบำบัด
8. ความต้องการระดับความรู้ความสามารถของผู้ควบคุมดูแลระบบ ซึ่งควรคำนึงถึงประสิทธิภาพในการบำบัดและสิ่งที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำเสียเป็นส่วนสำคัญ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย	ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย (%)				
	BOD_5	สารอินทรีย์ไนโตรเจน	แอมโมเนียมไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	ตะกอนแขวนลอย
ระบบเอเอส	80-90	10-50	10-20	10-30	80-90
ระบบถังกรองไร้อากาศ	60-80	10-50	10-20	0	50-70
ระบบบ่อหมักไร้อากาศ	60-80	10-50	10-20	0	50-70

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คำบรรยายในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
1	ตราสถาบัน	ดนตรีบรรเลง	
2	ภาพชื่อเรื่อง	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย	- ที่ปรึกษา คลิ๊กดูข้อมูลได้ - ผู้จัดทำ คลิ๊กดูข้อมูลได้ - แบบทดสอบ สามารถเปิดไปยังกรอบที่ 39 ได้ - บทเรียน สามารถเปิดไปยังกรอบที่ 5 ได้
3	ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล อาจารย์ชุติมา สังขพาลี	กดปุ่มเปลี่ยนตัวเลือกได้
4	ผู้จัดทำ	นางสาวอารียา ก่อกุศล รหัส 41032529 สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	กดปุ่มเปลี่ยนตัวเลือกได้
5	แบบทดสอบ	แบบทดสอบสำหรับนักศึกษา ระดับปริญญาตรี (ต่อเนื่อง)ปีที่1 สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	แบบทดสอบ สามารถทำได้ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน
6	บทเรียน	น้ำเสีย การบำบัดน้ำเสีย - กายภาพ - เคมี - ชีวภาพ	- น้ำเสีย ไปกรอบที่ 7 - การบำบัดน้ำเสียไปกรอบที่ 13 - กายภาพ ไปกรอบที่ 14 - เคมี ไปกรอบที่ 21 - ชีวภาพ ไปกรอบที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
7	ข้อความ	น้ำเสีย (Wastewater) คือ น้ำที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆทำให้น้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมมีสิ่งสกปรกต่าง ๆที่เป็นสารประกอบอินทรีย์และสารอนินทรีย์ น้ำเสียแบ่งเป็น 4 ประเภท	ประเภทน้ำเสีย คลิ๊กเข้าไปดูแต่ละประเภทที่กรอบที่ 8 ได้
8	ประเภท,ภาพแต่ละประเภท	น้ำเสียแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้ - น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) - น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater - น้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) - น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน (Storm Wastewater)	คลิ๊กเปลี่ยนตัวเลือกได้ - น้ำเสียจากชุมชน ไปกรอบที่ 9 - น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ไปกรอบที่ 10 - น้ำเสียจากเกษตรกรรม ไปกรอบที่ 11 - น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน ไปกรอบที่ 12
9	น้ำเสียจากชุมชน	เป็นน้ำเสียที่มาจากบ้านพักอาศัยและสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น โรงแรม ตลาด รวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิด น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์	คลิ๊กเปลี่ยนตัวเลือกได้ Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Exit ออกจากโปรแกรม
10	น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	เป็นน้ำที่เกิดจากกิจกรรมทุกอย่างในโรงงานตั้งแต่ขบวนการผลิตกระทั่งการชะล้างอุปกรณ์เครื่องจักร	คลิ๊กเปลี่ยนตัวเลือกได้ Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
11	น้ำเสียจากเกษตรกรรม	เป็นน้ำเสียจากการเพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ มักจะมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่อยู่ใน รูปของปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชรวมทั้งฮอร์โมนต่าง ๆ	คลิ๊กเปลี่ยนตัวเลือกได้ Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Exit ออกจากโปรแกรม
12	น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน	เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะของน้ำฝนเมื่อไหลผ่านบริเวณที่มีสารมลพิษ ชุมชนพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น น้ำเสียนี้จัดเป็นน้ำเสียที่ไม่มีที่มาแน่นอน (Non-point source) มักไหลลงสู่แม่น้ำโดยตรง	คลิ๊กเปลี่ยนตัวเลือกได้ Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Exit ออกจากโปรแกรม
13	การบำบัดน้ำเสีย	ปัญหาน้ำเสียเป็นสิ่งที่ไม่อาจมองข้ามได้ จำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเป็นกรณีไป การจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นวิธีหนึ่งในการแก้ไขที่ดี ที่จะทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ	Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
14	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical – Process)	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ มีวิธีการดังต่อไปนี้ 1. ตะแกรง (Screening) - ตะแกรงหยาบ - ตะแกรงละเอียด 2. การตกตะกอน (Settling) 3. การกำจัดของเบา - ถังดักไขมัน - ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ - ระบบทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย	-ตะแกรง ไปกรอบที่ 15,16 -การตกตะกอน ไปกรอบที่ 17 -การกำจัดของเบา ไปกรอบที่ 18,19,20 Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
15	ตะแกรงหยาบ (Coarse - Screen)	<u>ตะแกรงหยาบ</u> แยกวัสดุขนาดใหญ่ เช่นเศษขยะ เศษผ้า อุดตันเครื่องสูบน้ำ,ท่อ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
16	ตะแกรงละเอียด (Fine Screen)	<u>ตะแกรงละเอียด</u> แยกวัสดุขนาดเล็กลงเช่นขนสัตว์ เกล็ดปลา เปลือกกุ้ง เป็นการลดความสกปรกเบื้องต้นก่อนที่จะผ่านขั้นตอนอื่น	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
17	ถังตกตะกอน และ รางกำจัดกรวดทราย	การตกตะกอน แยกของแข็งที่หนาแน่นมากกว่าน้ำด้วยการทำให้ตกจม ใช้ในการกำจัดกรวดทราย	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
18	ถังดักไขมัน (Grease Trap)	ถังดักไขมัน วัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอยขึ้นส่วนบนทำให้แยกออกจากน้ำได้ง่าย	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
19	- โครงสร้างระบบลอยตัวด้วยอากาศ (Air-Flotation)	ระบบลอยตัวด้วยอากาศ เติมอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดันบรรยากาศ ฟองอากาศจะพาไขมันและตะกอนลอยขึ้นผิวน้ำ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
20	- โครงสร้างระบบลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved-Air Flotation)	ระบบลอยตัวด้วยอากาศละลาย โดย การอัดอากาศลงในน้ำเสียด้วยความดันสูงแล้วปล่อยให้เข้าสู่ความดันบรรยากาศ อากาศจะละลายน้ำได้น้อยลง อากาศส่วนเกินจะหนีออกจากน้ำเป็นฟองเล็กทำให้ตะกอนเบาลอยขึ้นเหนือน้ำ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
21	ข้อความ	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี 1. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 2. การสร้างและการรวมตะกอนทางเคมี 3. การตกผลึกทางเคมี 4. การเกิดออกซิเดชั่น-รีดักชั่นทางเคมี 5. การแลกเปลี่ยนไอออน 6. การฆ่าเชื้อโรค	ข้อ 1 ไปกรอบที่ 22 ข้อ 2 ไปกรอบที่ 23 ข้อ 3 ไปกรอบที่ 24 ข้อ 4 ไปกรอบที่ 25 ข้อ 5 ไปกรอบที่ 26 ข้อ 6 ไปกรอบที่ 27 ปุ่มต่าง ๆ จะมีโชว์ที่หน้าจอตลอด
22	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (กระดาษลิตมัส)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจึงต้องปรับให้ได้ค่าตามที่ต้องการโดยการใช้ กรด หรือ ด่าง	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
23	การสร้าง – การรวมตะกอน (Coagulation and Floccution)	การสร้างตะกอน (Coagulation) คือการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคในน้ำเสียโดยการใส่สารสร้างตะกอนเช่น สารส้ม ปูนขาว การรวมตะกอน (Flocccution) คือการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำเสียที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสกันในถังกวนช้าโดยใส่สารรวมตะกอน เพื่อช่วยให้ตะกอนรวมตัวกันมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
24	การตกผลึกทางเคมี,สมการทางเคมี (Precipitation)	การตกผลึก (Precipitation)เป็นการใช้สารเคมีที่เหมาะสมใส่ลงทำปฏิกิริยาจนโลหะที่ละลายอยู่ในสถานะละลายน้ำเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในสถานะไม่ละลายน้ำ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
25	สมการทางเคมีของการออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxidation-Reduction)	การออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxidation-Reduction) เป็นการเพิ่มหรือลดอิเล็กตรอนเพื่อลดความเป็นพิษของโลหะที่ลอยอยู่ในน้ำ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
26	การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange)	เพื่อลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้เรซินเป็นการสารแลกเปลี่ยนไอออนไม่นำยมใช้กับน้ำเสียที่สกปรกมากเพราะเรซินจะอิ่มตัวเร็ว	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
27	การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)	เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค สารเคมีที่นำมาใช้คือ คลอรีน	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
28	ข้อความ	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ 1. การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Treatment) 2. การบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic Treatment)	-ข้อ 1 เปิดไปกรอบที่ 29,30,31 - ข้อ 2 เปิดไปกรอบที่ 32 ปุ่มการทำงานเหมือนเดิม
29	บ่อหมัก (Anaerobic pond)	บ่อหมัก(Anaerobic pond)เป็นบ่อดินที่มีขนาดใหญ่เก็บกักน้ำได้หลายวัน ปัญหาที่พบมักเกิดจากกลิ่นเหม็นจากก๊าซไข่เน่าหากควบคุมไม่ดีพอ ระบบนี้จึงเหมาะสำหรับสร้างในบริเวณที่ไกลจากชุมชน และที่ดินราคาถูกเนื่องจากใช้เนื้อที่มาก เช่น โรงงานแป้งมัน โรงงานอาหาร โรงงานน้ำตาล เป็นต้น	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
30	ถังเกรอะ (Septic Tank)	ถังเกรอะ(Septic Tank)นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนโดยเฉพาะจากส้วม ซึ่งอาจสร้างเป็นถังคอนกรีตกลมหรือสี่เหลี่ยม จะช่วยลดสารอินทรีย์ในเบื้องต้นได้ดี	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
31	ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)	Anaerobic Filter เป็นระบบที่ใช้ปริมาตร และพื้นที่น้อยกว่า 2 ระบบแรก มีประสิทธิภาพดี แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมาก มีข้อดีที่สามารถรวบรวมก๊าซมีเทนมาใช้งานได้หากต้องการ ภายในระบบจะบรรจุตัวกลาง (Media) เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอาศัย	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
32	ข้อความ	- ระบบจุลชีพแขวนลอย - ระบบจุลชีพตรึงบนตัวกลาง - ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย	- ระบบจุลชีพแขวนลอย เปิดไปกรอบที่ 33,34 - ระบบจุลชีพตรึงบนตัวกลาง เปิดไปกรอบที่ 35,36,37 - ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย เปิดไปกรอบที่ 38 ปุ่มต่าง ๆ ทำงานเหมือนเดิม
33	สระเติมอากาศ (Aeraied Lagoon)	ระบบนี้เกิดจากการพัฒนาบ่อปรับเสถียรเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นโดยไม่ต้องพึ่งพาธรรมชาติมากนัก ระบบนี้ได้มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลชีพเป็นหลัก	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
34	ระบบเอเอส (Activated Sludge)	การทำงานของระบบอาศัยจุลินทรีย์ต่างๆ ช่วยกิน ทำลาย สลายความสกปรก โดยมีขั้นตอนดังนี้ - ใช้จุลินทรีย์กำจัดสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ - ตกตะกอนแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสีย - หมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์ (จากถังตกตะกอน) กลับไปยังถังเติมอากาศ - ควบคุมอายุตะกอนจุลิน ทรีย์ (Mean Cell Ressidence Time, MCRT) หรืออายุสลัดจ์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะโดยการนำตะกอนบางส่วนทิ้งออกจากระบบทางถังเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม (ระบบนี้มีเนื้อหาค่อนข้างเยอะ เพื่อเป็นการป้องกันผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายจึงทำการใส่รูปภาพระบบเอเอสและภาพโครงสร้างกระบวนการสลายสิ่งสกปรกตามขั้นตอนต่าง ๆ)
35	ระบบโปรยกรอง (Trickling - Filter)	ใช้หลักการ น้ำเสียจะถูกป้อนผ่านทางด้านบนของตัวกลาง ซึ่งมีจุลชีพเกาะอยู่ จุลชีพจะใช้อาหารในน้ำเสียเป็นอาหารทำให้ความสกปรกลดลง จุลชีพจะหลุดออกจากตัวกลางเป็นระยะ จึงต้องมีถังตกตะกอนตามหลัง TF มิฉะนั้นน้ำทิ้งจะขุ่น	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
36	ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)	ระบบนี้ประกอบด้วย ถังปฏิกิริยาซึ่งมีตัวกลางที่หมุนได้อยู่ภายในตัวกลาง ติดอยู่ที่แผ่นหมุน ดังนั้นเมื่อแผ่นนี้หมุน ส่วนบนจะขึ้นมารับอากาศ (ออกซิเจน) และพาลงไปในน้ำเมื่อหมุนกลับลงไปสัมผัสน้ำเสีย วนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
37	บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)	เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่พึ่งพาธรรมชาติ ภายในบึงจะปลูกพืชน้ำ เช่น กก แฝก,ธูปฤาษี พืชน้ำนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศแล้วแพร่ออกในชั้นรากของพืช (Rhizosphere) จุลชีพที่เกาะติดที่ลำต้นของพืชสามารถใช้ออกซิเจนนี้ในการดำรงชีพ	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
38	ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส (Combination of Fixed Film and Activated Sludge)	ระบบนี้เป็นการผสมผสานของระบบที่จุลชีพแขวนลอยกับระบบที่จุลชีพตรึงบนตัวกลางโดยมีตัวกลางที่หมุนได้ซึ่งมีพื้นที่ผิวให้จุลชีพเกาะ และให้ออกซิเจนแก่จุลชีพที่แขวนลอยอยู่ในถัง	ในส่วนของบทเรียน จะมีปุ่ม Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Find ค้นหา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม
39	แบบทดสอบ	แบบทดสอบสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี(ต่อเนื่อง) ปี1 วิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม รหัส 03630110	Next ไปหน้าต่อไป Back กลับไปหน้าที่ผ่านมา Menu หน้าจอหลัก Exit ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
40	Test , ภาพการ์ตูน,Are You Ready ?	คำชี้แจง : ข้อสอบมี 2 ตอน ตอนที่ 1 : เลือกข้อที่ถูกที่สุดได้เพียงข้อเดียว (ข้อละ 2 คะแนน)	ปุ่ม Test คลิ๊กเข้าสู่แบบทดสอบได้ เมื่อเข้าสู่แบบทดสอบแล้วจะไม่มีปุ่ม โดยกำหนดให้ เมื่อทำข้อสอบและตอบคำตอบเสร็จแล้ว หน้าจอจะเลื่อนไปหน้าต่อไปเองโดยอัตโนมัติ
41	ภาพน้ำเสีย	1) ข้อใดคือความหมายที่ถูกที่สุดของน้ำเสีย ก. น้ำที่เกิดจากการชะล้างเครื่องมือและอุปกรณ์ ข. น้ำที่ผ่านกิจกรรมการใช้งาน ค. น้ำที่มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปนเปื้อน ง. น้ำที่ผ่านกระบวนการใช้งานมีสารปนเปื้อนคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป	คำตอบ ข้อ ง. (การเฉลยคำตอบจะไม่ทำข้อต่อข้อ แต่จะนำมาประมวลผลหลังจากที่ทำข้อสอบข้อสุดท้ายเสร็จสิ้น เพื่อป้องกันผู้เรียนตอบคำตอบหลายครั้งเพื่อหาข้อถูก)
42	ภาพน้ำเสียจากชุมชน	2) ข้อใดมิใช่แหล่งที่ทำให้เกิดน้ำเสีย ก. ชุมชน ข. เกษตรกรรม ค. โรงงานอุตสาหกรรม ง. ป่าไม้ธรรมชาติ	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
43	ภาพน้ำเสียที่ปล่อยจากร้านอาหาร	3) ข้อใดจัดว่าเป็นน้ำเสียที่มีที่มาไม่แน่นอน (Non – point source) ก. Storm Waste Water ข. Industrial Waste Water ค. Agricultural Waste Water ง. Domestic Waste Water	คำตอบ ข้อ ก.
44	ภาพน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4) น้ำเสียจากแหล่งใดที่มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก ก. น้ำเสียจากการเกษตร ข. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ค. น้ำเสียจากชุมชน ง. น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน	คำตอบ ข้อ ข.
45	ภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	5) น้ำเสียจากแหล่งใดที่มีปริมาณฮอร์โมน,สารพิษปนเปื้อนอยู่มาก ก. น้ำเสียจากการชะล้างน้ำฝน ข. น้ำเสียจากชุมชน ค. น้ำเสียจากการเกษตร ง. น้ำเสียที่ออกจากโรงพยาบาล	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
46	ภาพตะแกรง	6) การบำบัดด้วยวิธีทางกาย ภาพข้อใดที่เป็นการกำจัดขยะที่มีขนาด 0.1 นิ้วขึ้นไป ก. ตะแกรงหยาบ ข. ตะแกรงละเอียด ค. รางกำจัดกรวด ทราย ง. ถังตกตะกอน	คำตอบ ข้อ ก.
47	ภาพตะแกรง	7) วิธีใดเป็นการกำจัดขยะเช่น เปลือกกุ้ง และเกล็ดปลา ก. การตกตะกอน ข. ตะแกรงละเอียด ค. ตะแกรงหยาบ ง. เครื่องกวาดตะกอน	คำตอบ ข้อ ข.
48	ภาพถังตกตะกอน	8) การตกตะกอนใช้หลักการใดในการแยกวัตถุ ก. ปล่อยน้ำเสียลอยผ่านเครื่องจมกดขยะให้ขยะตกจม ข. ใช้เครื่องกวาด(simmer) ตะกอนหรือสารแขวนลอย ค. อัดอากาศภายใต้ความดันบรรยากาศอากาศจะเกิดฟองพาตะกอนเบาให้ลอย,ตะกอนหนักให้ตกจม ง. ดักน้ำเสียให้อยู่นิ่งเพื่อให้วัตถุตกจม	คำตอบ ข้อ ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
49	ภาพรางแยกกรวดทราย	9) ถังแยกทรายแบบเป่าอากาศเป็นหลักการบำบัดด้วยวิธีใด ก. การกำจัดของเบา ข. การใช้อากาศละลาย ค. การตกตะกอน ง. การกำจัดของแข็งทั่วไป	คำตอบ ข้อ ค.
50	ภาพโครงสร้างถังตกตะกอน	10) “ ก้นถังที่มีลักษณะเอียง 60 องศาเพื่อให้ตะกอนไหลรวมกัน “ เป็นการตกตะกอนชนิดใด ก. การตกตะกอนของแข็งทั่วไป ข. การตกตะกอนสารอนินทรีย์ที่มีความหนักเกินจำเป็น ค. การตกตะกอนสารเคมี ง. การตกตะกอนกรวดทราย	คำตอบ ข้อ ก.
51	ภาพถังดักไขมัน	11) การกำจัดของเบามีหลักการอย่างไร ก. ของที่เบาจะไหลตามกระแสน้ำใช้ที่กรองขยะกรองออกได้ ข. ของที่เบาลอยขึ้นผิวน้ำใช้เครื่อง skimmer กวาดผิวหน้าได้ ค. ของที่เบาไหลตามกระแสน้ำจึงต้องใช้เครื่องพ่นน้ำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง ง. ของที่เบาลอยขึ้นผิวน้ำทำให้ตักแยกออกได้ง่าย	คำตอบ ข้อ ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
52	ภาพถังดักไขมัน	12) สถานที่ใดควรใช้ถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียมากที่สุด ก. โรงผลิตไฟฟ้า ข. สถานีบริการน้ำมัน ค. ร้านอาหาร ง. โรงครัวใหญ่ๆตามโรงเรียน	คำตอบ ข้อ ข.
53	โครงสร้างระบบลอยตัวด้วยอากาศ	13) ระบบลอยตัวด้วยอากาศละลายและแบบลอยตัวด้วยอากาศ ต่างกันอย่างไร ก. ลอยตัวด้วยอากาศ จะอัดอากาศลงน้ำเสียสู่ความดันบรรยากาศ ข. ลอยตัวด้วยอากาศละลายจะอัดอากาศลงน้ำเสียสู่ความดันบรรยากาศ ค. ลอยตัวด้วยอากาศจะพาเศษขยะลอยขึ้นเหนือน้ำ ง. ทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน	คำตอบ ข้อ ข.
54	ภาพกระดาษลิตมัสที่มีการเปลี่ยนแปลงสี	14) ค่า pH เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีซึ่งเป็นการใช้หลักการข้อใด ก. ใช้ผสมทั้งกรดและด่างโดยปรับให้เป็นกลางก่อนการบำบัด ข. pH ต่ำใช้กรด pH สูงใช้ด่าง ค. pH สูงใช้กรด pH ต่ำใช้ด่าง ง. ปรับ pH ให้เป็นกลางแล้วจึงเติมกรดหรือด่างลงไปก็ได้	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
55	ภาพน้ำเสียจากชุมชน	15) การสร้างและการรวมตะกอนใช้ในกรณีใด ก. น้ำเสียที่มีสารแขวนลอยขนาดเล็ก ข. น้ำเสียมีตะกอนที่เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ค. น้ำเสียที่มีไขมันลอยอยู่มาก ง. น้ำเสียที่มีประจุไฟฟ้าของตะกอน	คำตอบ ข้อ ก.
56	ภาพน้ำเสียจากชุมชน	16) การสร้างและการรวมตะกอนเหมาะกับน้ำเสียจากแหล่งใด ก. โรงพยาบาล ข. สถานีบริการน้ำมัน ค. โรงเลี้ยงหมู ง. โรงงานย้อมผ้า	คำตอบ ข้อ ง.
57	ภาพน้ำเสียจากชุมชน	17) การตกผลึกเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างไร ก. มีสารแขวนลอยปะปน ข. มีอนุภาคคอลลอยด์ ค. มีสารพิษอันตรายปะปน ง. มีโมเลกุลใหญ่	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
58	ภาพห้องแล็ปเคมี,หลอดทดลอง	18) " การใช้สารเคมีที่เหมาะสมทำปฏิกิริยาให้โลหะละลายอยู่ในสถานะที่ไม่ละลาย " เป็นหลักการของข้อใด ก. การออกซิเดชั่น-รีดักชั่น ข. การแลกเปลี่ยนไอออน ค. การสร้างและการรวมตะกอน ง. การตกผลึก	คำตอบ ข้อ ง.
59	ตัวอย่างสมการ	19) $2\ MNO_4^- + CN^- + 2OH^- \rightarrow 2\ MNO_4^{-2} + CNO^- + H_2O$ จากตัวอย่างสมการเป็นหลักการบำบัดน้ำเสียทางเคมี วิธีใด ก. การออกซิเดชั่น-รีดักชั่น ข. การตกผลึก ค. การปรับ pH ง. การแลกเปลี่ยนไอออน	คำตอบ ข้อ ก.
60	ตัวอย่างสมการ	20) การแลกเปลี่ยนไอออนใช้ข้อใดเป็นตัวกลาง ก. โซเดียมไฮโปคลอไรด์ ข. เรซิน ค. คลอรีน ง. ไอออนิก	คำตอบ ข้อ ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
61	ตัวอย่างสมการ	21) Cation – Exchange Rasin ใช้ในกรณีใด ก. โซเดียมไฮโปคลอไรด์ใช้ไม่ได้ผลต้องเปลี่ยนเป็นเรซิน ข. เพื่อแลกเปลี่ยน(จับ)อนุภาคคอลลอยด์ของสารแขวนลอย type + ค. เพื่อแลกเปลี่ยนจากไอออนบวกเป็นไอออนลบ ง. เพื่อแลกเปลี่ยน(จับ)ไอออนบวกเช่นไอออนของโลหะ	คำตอบ ข้อ ง.
62	ภาพขวดคลอรีน,หลอดทดลอง	22) การฆ่าเชื้อโรคมีจุดมุ่งหมายใด ? เหมาะกับสถานที่ใด ? ก. ทำลายจุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงเหมาะกับร้านอาหาร ข. ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เหมาะกับโรงพยาบาล ค. ทำลายจุลินทรีย์ที่ตกตะกอนได้สารประกอบหนักเหมาะกับโรงเลี้ยงสัตว์ ง. ทำลายจุลินทรีย์ที่มีสารอนินทรีย์สูง เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรม	คำตอบ ข้อ ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
63	ภาพขวดคลอรีน,ภาพด่างทับทิมและภาพกองเกล็ดสารส้ม	23) สารใดที่นิยมนำมาใช้ฆ่าเชื้อโรคมากที่สุด ก. เพนทานอล ข. ด่างทับทิม ค. คลอรีน ง. แคลเซียมไฮโปคลอไรด์	คำตอบ ข้อ ค.
64	ภาพระบบบำบัดของโรงงานเบียร์	24) วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพมีกี่วิธี ก. 2 วิธี ข. 3 วิธี ค. 4 วิธี ง. เป็นวิธีการที่ใช้ร่วมกัน	คำตอบ ข้อ ก.
65	ภาพบ่อบำบัด	25) การบำบัดแบบไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพใช้หลักการใด ก. จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการหมักบ่มให้สารอินทรีย์กลายเป็นของเหลว ข. จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการย่อยสลายสารอนินทรีย์ให้เป็นของแข็งในรูปผลึก ค. จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซ ง. จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการย่อยสลายของแข็งที่มีเชื้อจุลินทรีย์อื่นที่เป็นพิษ	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
66	ภาพระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย	26) ระบบใดที่ได้รับความนิยมสูงในการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ก. เอเอส ข. แผ่นหมุนชีวภาพ ค. โปรยกรอง ง. บ่อหมัก	คำตอบ ข้อ ง.
67	ภาพเมือง,ชุมชนแออัด	27) ระบบบำบัดแบบใดที่ไม่เหมาะสมในการบำบัดในกรุงเทพ ก. ถังกรองไร้อากาศ ข. ถังเกรอะ ค. บ่อหมัก ง. แผ่นหมุนชีวภาพ	คำตอบ ข้อ ข.
68	ภาพระบบบำบัดน้ำเสีย	28) ระบบที่พัฒนา,ขจัดข้อด้อยและป้องกันกลิ่นได้ดีคือระบบใด ก. ถังกรองไร้อากาศ ข. บ่อแอโรบิก ค. บ่อหมัก ง. ถังเกรอะ	คำตอบ ข้อ ก.
69	ภาพระบบโปรยกรอง	29) การใช้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียคือวิธีการใด ก. Anaerobic Treatment ข. Aerobic Treatment ค. Facultative Treatment ง. M.O. Treatment	คำตอบ ข้อ ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
70	ภาพบึงประดิษฐ์	30) ระบบบำบัดแบบใช้อากาศมีกี่กลุ่ม ก. 3 กลุ่ม ข. 4 กลุ่ม ค. 5 กลุ่ม ง. ไม่สามารถนับรวมกลุ่มได้	คำตอบ ข้อ ก.
71	ภาพบ่อนิ่ง	31) บ่อแอโรบิกต่างจากบ่อแฟคัลเททีฟอย่างไร ก. บ่อแอโรบิกเป็นบ่อปรับเสถียรรับออกซิเจนจากลม รับอากาศตลอดบ่อ ข. บ่อแฟคัลเททีฟเป็นบ่อลึกล่างสุดไม่มีอากาศแต่บนสุดมีอากาศ ค. บ่อแอโรบิกเป็นบ่อที่ใช้อากาศในการย่อยสลายสาร ง. ถูกทุกข้อ	คำตอบ ข้อ ง.
72	ภาพถังบำบัดที่มีเครื่องเป่าอากาศ	32) สระเติมอากาศมีลักษณะใดที่ทำให้แตกต่างจากบ่อแอโรบิก ก. พึ่งพาธรรมชาติและเป็นบ่อปรับเสถียร ข. เป็นบ่อที่สร้างขึ้นด้วยปูนไม่ใช่บ่อดินตามธรรมชาติ ค. มีเครื่องเป่าอากาศ ง. มีเครื่องรับลมตามธรรมชาติ	คำตอบ ข้อ ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
73	ภาพระบบบำบัดน้ำเสีย	33) ระบบเอเอสใช้หลักการใดในการบำบัด ก. ใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารพิษ ข. ตกตะกอนแยกจุลินทรีย์และทำลายโดยใช้สารเคมี ค. อาศัยจุลินทรีย์ช่วยกินทำลาย สลายความสกปรก ง. อาศัยจุลินทรีย์ทำการตกตะกอนของแข็งที่ตกผลึกได้	คำตอบ ข้อ ค.
74	ภาพโครงสร้างบ่อธรรมชาติ	34) ระบบจุลชีพตรึงบนตัวกลางใช้หลักการใด ก. จุลชีพเกาะบนตัวกลาง ข. แขวนลอยตัวกลางและให้จุลชีพเกาะ ค. จุลชีพลอยบนผิวน้ำส่วนบนของน้ำเสีย ง. จุลชีพเกาะบนตัวกลางและแขวนลอยบนหน้าสารละลายที่ต้องการกำจัด	คำตอบ ข้อ ก.
75	ภาพระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	35) ที่เมืองพัทยามีระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ คือระบบใด ก. ระบบโปรยกรอง ข. ระบบเอเอส ค. ระบบบึงประดิษฐ์ ง. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	คำตอบ ข้อ ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
76	ภาพระบบโปรยกรอง	36) เพราะเหตุใดระบบโปรยกรองจึงไม่นิยมใช้กันมากนัก ก. ค่าก่อสร้าง มีราคาแพง ข. การบำรุงรักษายาก ค. ใช้พื้นที่มาก ง. เกิดกลิ่นเหม็นรอบๆบริเวณ	คำตอบ ข้อ ข.
77	ภาพโครงสร้างจุลชีพเกาะตามผิวตัวกลาง มีการหมุน รับอากาศ	37) " ให้จุลชีพเกาะตามผิวตัวกลาง เมื่อเกิดการเคลื่อนตัวจุลชีพจะรับอากาศสลับกับของเสีย จึงทำการกำจัดของเสียนั้นได้.." คือ หลักการของระบบใด ก. แผ่นหมุนชีวภาพ ข. โปรยกรอง ค. เอเอส ง. ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอส	คำตอบ ข้อ ก.
78	ภาพบึงประดิษฐ์	38) บึงประดิษฐ์ เป็นการบำบัดที่จัดอยู่ในกลุ่มใด ก. ระบบตรึงจุลชีพ ข. ระบบจุลชีพแขวนลอย ค. ไม่มีข้อใดถูก ง. ถูกทุกข้อ	คำตอบ ข้อ ง.
79	ภาพโครงสร้างบ่อน้ำ	39) ระบบที่พึ่งพาธรรมชาติมากที่สุดคือระบบใด ก. บ่อแฟคัลเททีฟ ข. เอเอส ค. บึงประดิษฐ์ ง. บ่อหมัก	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
80	ภาพบ่อน้ำ	40) ระบบผสมแผ่นฟิล์มกับเอเอสเป็นการบำบัดที่จัดอยู่ในกลุ่มใด ก. ระบบตรึงจุลชีพ ข. ระบบจุลชีพแขวนลอย ค. ระบบผสมจุลชีพตรึงและแขวนลอย ง. ไม่มีข้อใดถูกที่สุด	คำตอบ ข้อ ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบ	ภาพ	คำบรรยาย	หมายเหตุ
81	ตอนที่ 2 : จงเลือกข้อความที่สัมพันธ์จากด้านขวามือใส่ลงในช่องว่างด้านซ้ายมือ(ข้อละ 2 คะแนน)	(ด้านขวา) .....1. ประเภทของน้ำเสีย .....2. storm wastewater .....3. ตะแกรงหยาบ .....4. การตกตะกอน .....5. การสร้างตะกอน .....6. เรซิน .....7. คลอรีน, โอโซน .....8. การบำบัดแบบไร้อากาศ .....9. บ่อแอโรบิก .....10. บึงประดิษฐ์ ตรวจคะแนน...(คลิ๊กสู่กรอบที่ 82).....	(ด้านซ้าย) (เฉลย) A. 3 ประเภท B. การกำจัดกรวดทราย (4) C. การฆ่าเชื้อโรค(7) D. สารส้ม, ปูนขาว(5) E. Aerobic pond(9) F. 4 ประเภท(1) G. เศษขยะ, เศษผ้า(3) H. น้ำเสียจากการชะล้างของน้ำฝน(2) I. เกล็ดปลา, ขนสัตว์, เปลือกกุ้ง J. Ion Exchange Resin (6) K. Anaerobic Treatment (8) L. Aerobic Treatment M. ระบบจุลชีพฟรึง N. ระบบผสมจุลชีพตรึงกับจุลชีพแขวนลอย(10)
82	ภาพการ์ตูน	กรณารอสักครู่.....	เข้าสู่กรอบ 83 อัตโนมัติ
83	คะแนน,ภาพการ์ตูน	คะแนนที่ได้ ตอนที่ 1 ได้ ...คะแนน เต็ม 80 ตอนที่ 2ได้ ....คะแนน เต็ม 20 รวมทั้งหมด .....คะแนน ได้เกรด	เกรด A, B, C, Dถือว่าผ่าน ถ้าได้เกรด F ตก ให้กลับไปทบทวนบทเรียนใหม่ (หน้าจอกลับไปได้เอง) มีคำชมเชย,ปลอบใจทุกเกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84	ข้อความ,ภาพ ขอขอบคุณ....	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดอกเตอร์ กันยา ตันติวิสุทธิกุล อาจารย์ชุติมา สังข์พาลี ท่านอาจารย์ศักดิ์ชัย สุริยจันทรา ทอง ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวด ล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี นายคมสัน ตันเจริญ สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ ภาค วิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง นายสมศักดิ์ ยังเจริญ สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง นายสุริยา จินตกานนท์ ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง นายสุเมธ แซ่เอี๊ยว สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง	หน้าจอเลื่อนขึ้นเองอัตโนมัติ
85	ข้อความ	สวัสดี	จบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์

4.1 วิธีการตรวจสอบ

การจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผู้จัดทำได้ทำการค้นคว้าในส่วนของเนื้อหาในเรื่องการบำบัดน้ำเสีย และได้รับคำแนะนำ จากท่านอาจารย์ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง ในส่วนของข้อมูลและรูปภาพระบบการทำงานของเครื่องมือบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆ หลังจากนั้นได้นำมาทำการตรวจสอบในด้านคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้เนื้อหาของบทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทางด้านการเรียนการสอนในรายวิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (03630110) ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้เชิญอาจารย์ชุติมา สัง์ข์พาลี เป็นที่ปรึกษาในส่วนของเนื้อหา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดอกเตอร์กันยา ตันติวิสุทธิกุล เป็นที่ปรึกษาในส่วนของคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบจะทำการตรวจสอบด้านโครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเชิญอาจารย์อรรถพร ฤทธิเกิด คุณเจริญศรี วุฒฑกุล และคุณวันดี นวสิริพงษ์ชัย ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องสื่อการสอนและคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 (ต่อเนื่อง) ที่เรียนในรายวิชาการกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (03630110) ทำการตรวจสอบร่วมด้วย โดยมีรายละเอียดในวิธีการประเมินดังนี้

การตรวจสอบด้านโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ตัวอักษร โดยประเมินจาก สีตัวอักษร ขนาดตัวอักษร และชนิดของตัวอักษร
- ฉาก โดยประเมินจาก สีสัน ความสั้นยาวของเนื้อหาในฉากนั้น ๆ ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับภาพ และการจัดกราฟฟิก
- ภาพประกอบ โดยประเมินจาก ความชัดเจนของภาพ จำนวนของภาพและการจัดเรียงภาพในแต่ละฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เสียงประกอบ โดยประเมินจากเสียงบรรเลง หรือเสียงบรรยายในแต่ละฉาก ความสั้นยาวของเพลงบรรเลงในแต่ละฉาก การบรรยาย ประกอบเนื้อหา ความชัดและความดังของเสียงบรรยาย หรือเสียงบรรเลง

4.2 สรุปผลการตรวจสอบคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการสรุปผลตรวจสอบทางด้านโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยมีผู้ทำการประเมิน 5 คน

ลำดับ	ลักษณะเนื้อหาในการประเมิน	จำนวนผู้ประเมิน (คน)	
		เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
1	ตัวอักษร		
	- สี	5	
	- ขนาด	3	2
	- ชนิด	5	
2	ฉาก		
	- สีสัน	5	
	- ความสั้นยาวของเนื้อหา	4	1
	- ความสอดคล้องของเนื้อหา	5	
	- การจัดกราฟฟิก	5	
3	ภาพประกอบ		
	- ความชัดเจน	4	1
	- จำนวนภาพ	5	
	- การจัดเรียงภาพในแต่ละฉาก	5	
4	เสียงประกอบ		
	- เสียงบรรเลงในแต่ละฉาก	3	2
	- คำบรรยายประกอบเนื้อหา	4	1
	- ความดังและชัดเจนของเสียง	4	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1 ขนาดของตัวอักษรในแบบทดสอบตอนที่ 1 เลือกตอบ มีขนาดเล็ก ควรให้มีขนาดเท่ากับแบบทดสอบจับคู่

2 เสียงประกอบบางฉากเบาไป

3 เพลงไตเติ้ลขึ้นช้า

4 อ่านนามสกุลอาจารย์ชุติมาผิด สังข์พาลี อ่านว่า สัง-พา-ลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เพื่อใช้เป็นสื่อและเป็นอุปกรณ์การเรียนการสอน ในรายวิชา การกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (03630110) ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม(ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขั้นตอนการจัดทำมีรายละเอียดดังนี้

ในตอนแรก ผู้จัดทำได้ทำการศึกษารายละเอียดของปัญหาพิเศษถึงความเป็นไปได้ในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย หลังจากนั้นจึงได้นำชื่อเรื่องไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาโดยให้เหตุผลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ว่า ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ต้องเรียนวิชา การกำจัดของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (03630110) และในหัวข้อการบำบัดน้ำเสีย เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาวิชาเรียนด้วย นอกจากนั้นผู้จัดทำได้พบว่าทางภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ยังขาดสื่อการสอนในเรื่องการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเนื้อหาของเรื่องค่อนข้างจะซับซ้อนและสื่อการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากกว่าเป็นบทเรียนที่มีเฉพาะคำอธิบายเท่านั้น หลังจากนั้นผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเนื้อหาที่นำมาทำปัญหาพิเศษโดยได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะท่านอาจารย์ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งท่านได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ให้ข้อมูลรวมไปถึงภาพถ่ายที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อได้ภาพและข้อมูลมาแล้วผู้จัดทำจึงได้เริ่มทำโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยในส่วนของข้อมูลได้นำมาพิมพ์เป็นรูปเล่มและนำมาพิมพ์ในโปรแกรมออโทแวร์ (Authorware) เพื่อทำเป็นตัวสื่อการเรียนการสอน และส่วนของรูปภาพได้ผ่านการคัดเลือกนำภาพที่ดีที่สุด คือ มีความชัดเจนและสัมพันธ์กับเนื้อหาข้อมูล นำมาสแกนลงคอมพิวเตอร์เพื่อทำการตกแต่งภาพให้มีความละเอียดมากขึ้นและได้นำรูปภาพนั้นมาเข้าสู่โปรแกรมออโทแวร์ จากนั้นจึงทำโครงสร้างของโปรแกรมซึ่งมีทั้งภาพถ่ายและข้อมูลเนื้อหาในเรื่องการบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งทำคู่มือการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยสอน และรูปเล่มของปัญหาพิเศษด้วย จากนั้นจึงนำผลงานทั้งหมดที่เสร็จสมบูรณ์ มาทำการประเมินผลตรวจสอบ โดยทำการประเมินในด้านโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ว่ามีคุณภาพเหมาะสม ที่จะนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอนหรือไม่ นอกจากนั้นผู้จัดทำยังได้ทำการจับเวลาในการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผลการตรวจสอบพบว่าเวลาที่ใช้เฉลี่ย 60 นาที เปรียบเทียบกับการสอนจริงจะต้องใช้เวลานานถึง 120 นาที ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยลดเวลาในการเรียนการสอนและอำนวยความสะดวกแก่ครูผู้สอนได้ด้วย แต่ในบทเรียนที่สำเร็จแล้วนั้นก็ยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น การอ่านนามสกุลของอาจารย์ชุติมาผิด และขนาดตัวอักษรในส่วนของข้อสอบเลือกตอบ มีขนาดเล็กไป :ป็นต้น ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการสรุปส่วนของปัญหาและข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจไว้ในหัวข้อต่อไปแล้ว

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543 โดยมีค่าใช้จ่ายในการทำทั้งสิ้น 2,500 บาท ผลงานที่ได้ประกอบด้วย

1. แผ่น CD - ROM เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย	1	แผ่น
2. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	1	เล่ม
3. รูปเล่มปัญหาพิเศษ	3	เล่ม

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การบำบัดน้ำเสียน้ำเสียก่อนที่จะสำเร็จนั้น ผู้จัดทำได้พบกับปัญหามากมาย ซึ่งปัญหาดังกล่าวต้องได้รับการแก้ไขโดยเร็วตลอดช่วงระยะการดำเนินการ ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบางปัญหาสามารถแก้ไขเองได้ แต่ในบางปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้เองจะต้องขอคำแนะนำจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา แต่ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั่นก็คือแนวทาง ข้อคิด ให้แก่ผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษครั้งต่อไปได้ ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ทำการสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ช่วงระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ เนื่องจากในช่วงการทำปัญหาพิเศษเป็นช่วงที่ผู้จัดทำออกฝึกสอนและมีหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายจากทางโรงเรียนมากมาย จึงไม่ค่อยมีเวลาในการทำปัญหาพิเศษมากนัก จึงทำให้งานที่ออกมาล่าช้า
2. ปัญหาเรื่อง การหาข้อมูล เนื่องจากหัวข้อการบำบัดน้ำเสียเป็นหัวข้อที่กว้างมีข้อมูลมากมายจากหลาย ๆ แหล่ง ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ทำการกำหนดขอบเขตให้แคบลงและตรงกับเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาพถ่ายที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้จัดทำจึงต้องเลือกหาภาพที่ดีที่สุด นั่นคือ ภาพจะต้องมีความคมชัด ใหม่ ทันเหตุการณ์และเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเนื้อหาของปัญหาพิเศษ
4. ในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เวลาใช้งานจะต้องรวบรวมเนื้อหาและรูปภาพให้พร้อมหลังจากนั้นต้องวางสิ่งที่เตรียมลงบนโครงสร้างของโปรแกรม ผู้จัดทำยังไม่มีความชำนาญมากนักจึงต้องมีการปรับปรุง แก้ไข เปลี่ยนแปลงไปมาหลายครั้งเพื่อให้ได้ภาพที่ดีที่สุด จึงทำให้งานออกมาล่าช้า

4.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์ในด้านการศึกษาด้วยตนเองอีกทั้งเรื่องการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นพอที่จะเสนอแนะเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษในครั้งต่อไปดังนี้

1. การทำปัญหาพิเศษ นักศึกษาจะมีเวลาทำในช่วงภาคเรียนที่ 1 ควรที่จะเริ่มทำก่อนเพื่อที่จะได้ไม่ต้องมาเร่งในตอนใกล้จะส่งปัญหาพิเศษ และผลงานที่ได้จะมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
2. การเลือกทำปัญหาพิเศษ ควรศึกษาถึงความเป็นไปได้ของหัวข้อที่จะทำ เพื่อความสะดวกของนักศึกษาเอง
3. ควรทำการศึกษารายละเอียดของเนื้อหาก่อนเพื่อให้เกิดความเข้าใจและลดความผิดพลาดในการทำปัญหาพิเศษ
4. สำหรับในการทำปัญหาพิเศษในลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์นักศึกษาควรที่จะมีพื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์ หรือมีคอมพิวเตอร์เป็นของตนเอง เพื่อความสะดวกในการทำงานและประหยัดในด้านค่าใช้จ่ายในการทำปัญหาพิเศษด้วย
5. ถ้าในการผลิต ต้องมีการบันทึกเสียง ผู้จัดทำขอแนะนำ ให้ติดต่อห้องบันทึกเสียง หรือทำการบันทึกเสียงจากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Creative Wave Editer เพื่อให้เสียงที่ได้มีคุณภาพ ชัดเจน และสามารถควบคุมความชัดดังของเสียงได้
6. สำหรับนักศึกษาที่ต้องการทำปัญหาพิเศษที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์หรือสื่ออื่น ๆ ควรมีผู้รู้และชำนาญในการใช้เครื่องเป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำการใช้งานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537. คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออก แบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 98 น.

กรมควบคุมมลพิษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537. คู่มือเล่มที่ 3 แนวทางควบคุมปัญหาน้ำเสียสำหรับองค์กรบริหารท้องถิ่น. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 112 น.

กรมควบคุมมลพิษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537. คู่มือเล่มที่ 4 สำหรับผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย.กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 77 น.

กิตติ ภักดีวัฒนกุลและคณะ. 2541. Authorware 4. กรุงเทพฯ. ไทยเจริญการพิมพ์. 396 น.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์. 442 น.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2523. เทคโนโลยีและสื่อการศึกษา. ฝ่ายการพิมพ์ สำนักเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 289 น.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526. การบริหารสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เจริญวิทย์การพิมพ์. 176 น.

_____. 2533. เทคโนโลยีการสอน: การออกแบบและพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 160 น.

ณรงค์ สมพงษ์. 2535. สื่อเพื่องานส่งเสริมเผยแพร่. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 362 น.

ดวงจันทร์ อาภาวัชรุตม์. 2537. เชียงใหม่ในกระแสความเปลี่ยนแปลง. เชียงใหม่ : ศูนย์ศึกษาปัญหาเมืองเชียงใหม่. 253 น.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2536. ปฏิบัติการอย่างง่ายในการวิเคราะห์น้ำเสีย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 152 น.

_____. 2538. มลพิษน้ำ. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว. 321 น.

ประหยัด จิรวรพงศ์. 2522. เทคโนโลยีการสอน. กรุงเทพฯ : อักษรวัฒนา. 190 น.

ปราณี พันธุมสินชัย. 2538. มลพิษอุตสาหกรรมเบื้องต้น. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 234 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 107 น.

มูลนิธิโลกสีเขียว. 2536. น้ำ. (บริษัท บุญรอดบริวเวอรี่) อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊พ จำกัด. 312 น.

ลัดดา ศุขปรีดี. 2533. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 222 น.

วรรณา เจียมทะวงษ์. 2532. ทักษะพื้นฐานของการผลิตสื่อ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีนวกรรมทางการศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร. 150 น.

วาสนา ชาวหา. 2522. เทคโนโลยีทางการศึกษา. ชลบุรี. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. 200 น.

_____. 2533. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 206 น.

วิทยา แพรัวิจิตร. 2525. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 102 น.

วินัย วีรวัฒนานนท์. 2533. วิกฤตสิ่งแวดล้อมทางตันแห่งการพัฒนา. บริษัทส่องสยามจำกัด. 203 น.

วิรุฬห์ ลีลาพฤทธิ์. 2521. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช. 240 น.

ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อม. "คู่มือควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย". Udate. ปีที่ 12. ฉบับที่ 133 (กรกฎาคม 2540). 75 น.

ศาสตราจารย์ดร.วิทยา เพียรวิจิตร. 2536. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด. 98 น.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2536. การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 267 น.

ศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง. 2542. การจัดการน้ำเสีย. กรุงเทพฯ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 131 น.

สมบูรณ์ สงวนญาติ. 2534. เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน. ภาคพัฒนาตำราและเอกสารทางวิชาการ หน่วยนิเทศก์ กรมฝึกหัดครู. 257 น.

สันทัด ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข. 2524. การใช้สื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีรพัธนา. 210 น.

สุนันท์ สังข์อ่อน. 2526. สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 170 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

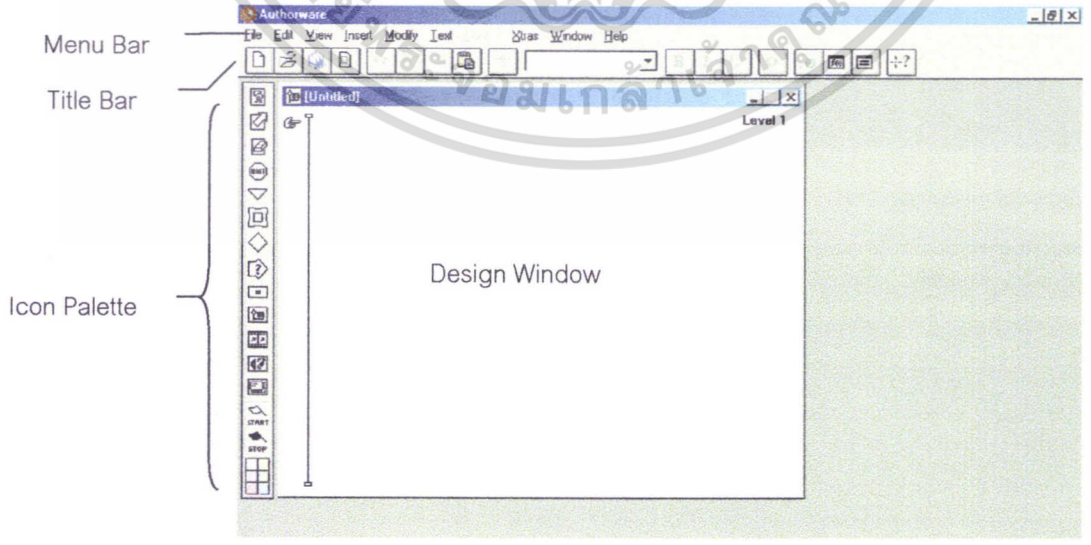
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการสร้างด้วยคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรม Authorware ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ผู้จัดทำใช้โปรแกรม Authorware Version 4.0 ซึ่งจัดได้ว่ายังไม่ใหม่ล่าสุดนัก และโปรแกรม Authorware Version ที่จัดว่าใหม่ล่าสุด คือ โปรแกรม Authorware Version 5.0 นับว่ามีความสามารถในการเสนองานได้อย่างดีเยี่ยม แต่ถึงอย่างไรก็ตาม Authorware Version 4.0 ก็สามารถเสนองานได้ดี ไม่น้อยไปกว่ากัน นั่นก็ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งานของผู้ใช้ด้วย การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Authorware ไม่ว่าจะเป็น Version ใดก็ตาม จะช่วยให้การทำงานสำเร็จได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง หรือมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด ผู้จัดทำจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติ และความสามารถต่าง ๆ ของโปรแกรมนั้น ๆ เพื่อที่จะเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ผู้จัดทำใช้โปรแกรม Authorware Version 4.0 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างงานที่เป็นลักษณะมัลติมีเดีย (Multimedia) ที่การแสดงผลอาจจะเป็นข้อความ รูปภาพ กราฟฟิก เสียงประกอบ การเคลื่อนที่ หรือภาพเคลื่อนไหว นอกจากนั้นยังสามารถสร้างการโต้ตอบกับผู้ใช้ (Interactive) ได้อย่างเหมาะสมกับชิ้นส่วนและเนื้อหาของข้อมูล เช่นการแสดงผลการเลือกคำตอบว่าถูกหรือผิด ดังที่ผู้จัดทำได้ทำในส่วนของแบบทดสอบ นั่นเอง

โปรแกรม Authorware Version 4.0 มีไอคอนให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมถึง 15 ไอคอน และเมื่อเข้าสู่โปรแกรม Authorware จะปรากฏภาพไอคอนต่าง ๆ ในตำแหน่งดังภาพ



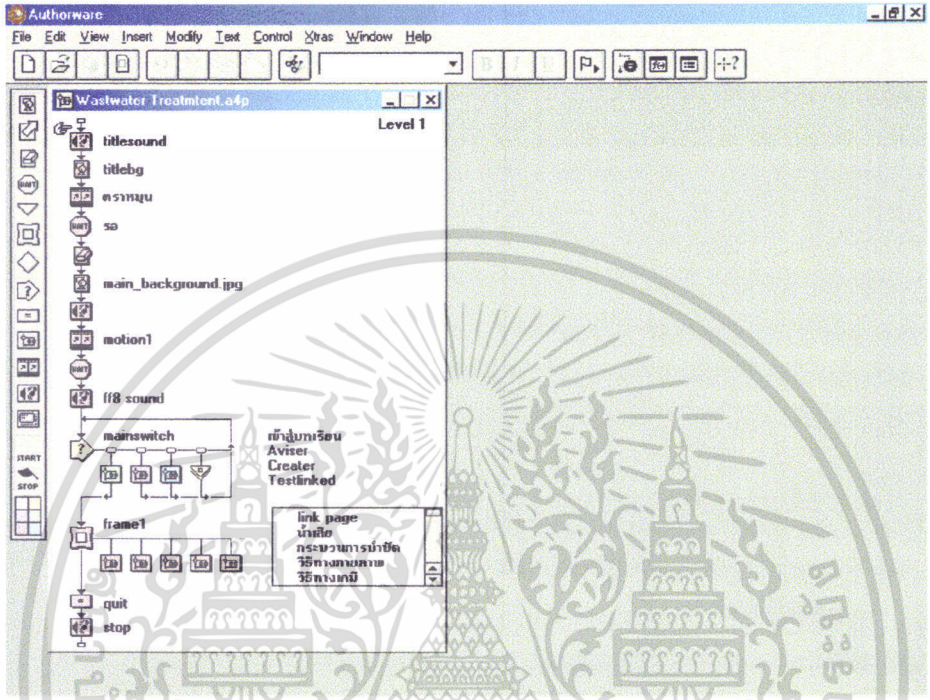
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของจอภาพ Authorware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Icon	ชื่อ	คำอธิบาย
	Display	ใช้สำหรับแสดงกราฟิก ข้อความหรือรูปภาพ ที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องมือ
	Motion	ใช้สำหรับสร้างการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยการระบุตำแหน่งปลายทาง
	Erase	ใช้สำหรับลบวัตถุที่สร้างขึ้น สามารถกำหนดรูปแบบการลบได้หลายลักษณะ
	Wait	เพื่อหน่วงเวลาการนำเสนอเป็นการชั่วคราว หรือหยุดเวลาการนำเสนอในเวลาที่กำหนด
	Navigate	ใช้สำหรับสร้างการเชื่อมโยงระหว่างชิ้นส่วนที่อยู่ภายในไอคอน Framework
	Framework	ใช้สำหรับสร้างโครงสร้างหลักให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ
	Decision	ใช้สำหรับสร้างเส้นทางเลือกสำหรับการตัดสินใจและการประเมินผล
	Interactive	ตรวจสอบการตอบสนองจากผู้ใช้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
	Calculation	ใช้สำหรับสร้าง Script ซึ่งอาจเป็นสมการ ฟังก์ชัน หรือการตรวจสอบค่าของตัวแปร
	Map	สำหรับจัดกลุ่มไอคอนต่าง ๆบน Flowline
	Movie	ควบคุมการแสดงผลในส่วนที่เป็นภาพเคลื่อนไหว
	Sound	ควบคุมการแสดงผลของเสียงแบบดิจิตอลที่บันทึก
	Video	ใช้ควบคุมการแสดงผลของเฟรมแต่ละเฟรมของวิดีโอภายนอกที่ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้งานไอคอนต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 2 แสดงภาพการใช้งานการจัดวางไอคอนต่าง ๆ ในโปรแกรม

จากรูปจะเห็นได้ว่ามีการใช้ไอคอน เกือบทุกไอคอน เพราะผู้จัดทำต้องการให้เกิดการโต้ตอบกับผู้ใช้

ถ้าต้องการให้มีการโต้ตอบมากยิ่งขึ้น หรือมี Multimedia ต่าง ๆ ก็สามารถเลือกใช้งานได้ ซึ่งการใช้งานต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับคุณสมบัติของไอคอนนั้น ๆ (กิตติ ภักดีวัฒนกุล และคณะ,2541:1-7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้