คู่มือวิชาการ

อนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน

สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุข ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535



กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ชื่อหนังสือ : คู่มือวิชาการ อนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุข ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

ISBN : 978-616-11-4734-1

จัดทำโดย : สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ข้อมูลเพิ่มเติม : สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000
โทร. 02 590 4258, 02 590 4257
โทรสาร 02 590 4321

ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 : 2564

จำนวนพิมพ์ : 400 เล่ม

พิมพ์ที่ : บริษัท สามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด

คำนำ

คู่มือวิชาการเล่มนี้ จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการฝึกอบรมเจ้าพนักงานสาธารณสุข และเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามโครงการฝึกอบรม เพื่อพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งจัดโดยศูนย์ฝึกอบรมด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย (Environmental Health Training Center - EHTC) ภายในเล่มประกอบด้วย เนื้อหาสาระวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐานจำเป็นสำหรับเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเสริมสมรรถนะการทำงานให้กับผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมในการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือวิชาการเล่มนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ผู้ประกอบวิชาชีพอนามัยสิ่งแวดล้อม ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป สามารถเป็นจุดเริ่มต้นและแรงบันดาลใจในการเพิ่มพูนศักยภาพตนเองด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการดำรงชีวิตของประชาชนและสังคมอย่างมีคุณภาพ

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
กรมอนามัย

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข-ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ-ฌ
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานทางอนามัยสิ่งแวดล้อม	**1**
1.1 ความหมายของอนามัยสิ่งแวดล้อม	1
1.2 ขอบเขตของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม	8
1.3 ความสำคัญของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม	11
1.4 สาเหตุที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม	13
1.5 ผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อม	14
บทที่ 2 การสุขาภิบาลน้ำดื่ม-น้ำใช้	**19**
2.1 วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic Cycle)	19
2.2 แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค	20
2.3 คุณภาพน้ำสำหรับอุปโภค บริโภค	22
2.4 น้ำสะอาดและปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำไม่สะอาด	28
2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำ	29
2.6 ปริมาณการใช้น้ำ การแปรผัน และการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน	35
2.7 กระบวนการและระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ	39
2.8 ระบบการจ่ายน้ำ	58
บทที่ 3 การสุขาภิบาลอาหาร	**62**
3.1 ความหมายของการสุขาภิบาลอาหาร	62
3.2 ความสำคัญของการสุขาภิบาลอาหาร	63
3.3 อันตรายและโรคที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ	63
3.4 การป้องกันการปนเปื้อนของอาหาร	72
3.5 หลักปฏิบัติสากลสำหรับสุขาภิบาลอาหารและความปลอดภัยด้านอาหาร	81
3.6 ระบบ ISO 22000 ระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร	92

หน้า

บทที่ 4 การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล 95

4.1 ความหมายของสิ่งปฏิกูล 95
4.2 ความสำคัญของการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล 96
4.3 ปริมาณและองค์ประกอบของสิ่งปฏิกูล 97
4.4 การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล 99
4.5 ข้อมูลที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล 109
4.6 การใช้ประโยชน์จากสิ่งปฏิกูล 110

บทที่ 5 การบำบัดน้ำเสีย 113

5.1 ความหมายของน้ำเสีย และวัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย 113
5.2 ลักษณะของน้ำเสีย 114
5.3 แหล่งที่มา ปริมาณ และลักษณะน้ำเสีย 120
5.4 ภาระบรรทุกและค่าสมมูลประชากร 122
5.5 มาตรฐานน้ำทิ้ง 123
5.6 ระบบระบายน้ำเสีย 129
5.7 กระบวนการ และขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ปัจจัยในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 134
5.8 การบำบัดและกำจัดกากตะกอน 153

บทที่ 6 การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย 156

6.1 ความหมายของขยะมูลฝอย 156
6.2 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย 156
6.3 ประเภทขยะมูลฝอย 157
6.4 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย 158
6.5 อัตราการเกิดขยะมูลฝอย 160
6.6 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย 160
6.7 สถานการณ์และปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย 163
6.8 ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม 165
6.9 ระบบการจัดการขยะมูลฝอย 166
6.10 ความหมายของของเสียอันตราย 180
6.11 แหล่งกำเนิดของเสียอันตราย 180
6.12 ชนิดของของเสียอันตราย 181
6.13 ปริมาณของเสียอันตราย 181
6.14 ปัญหาของเสียอันตราย 183
6.15 ผลกระทบของเสียอันตราย 183
6.16 การจัดการของเสียอันตราย 184
6.17 กฎหมายและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย 186
6.18 องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย 188

หน้า

บทที่ 7 การจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศ 190

7.1 ความหมายของมลพิษทางอากาศ 190
7.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ 191
7.3 ชนิดของมลพิษทางอากาศ 192
7.4 ปัญหามลพิษทางอากาศ 194
7.5 ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ 195
7.6 การประยุกต์อุตุนิยมวิทยาเพื่อการจัดการภาวะมลพิษทางอากาศ 196
7.7 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ 202
7.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศ 212
7.9 กฎหมายและองค์กรที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ 215

บทที่ 8 การควบคุมและป้องกันสัตว์ แมลงพาหะนำโรค 219

8.1 หนู (Rodent, Rat, Mouse) 219
8.2 ยุง (Mosquitoes) 226
8.3 แมลงวัน (Flies) 235
8.4 แมลงสาบ (Cockroaches) 241
8.5 ไร (Mites) 247

บทที่ 9 เหตุรำคาญ 249

9.1 ความหมายของเหตุรำคาญ 249
9.2 อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานสาธารณสุขและเจ้าพนักงานท้องถิ่น 250
9.3 แนวทางในการควบคุมเหตุรำคาญ 253
9.4 การตรวจสอบเหตุรำคาญ 262
9.5 การจัดการเหตุรำคาญแบบมีส่วนร่วม 265

บทที่ 10 การจัดการและเทคนิคการวางแผนอนามัยสิ่งแวดล้อมของชุมชนและท้องถิ่น 267

10.1 หลักการและแนวคิดการบริหารจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม 267
10.2 หลักการและกลยุทธ์การพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อม 271
10.3 การวางแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อม 275

บรรณานุกรม 288

ภาคผนวก 295

- ภาคผนวก 1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน 296
- ภาคผนวก 2
  1. ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค 299
  2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก. 257-2549) 300

คณะผู้จัดทำ 303

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะที่บรรจุสนิท 32
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563 33
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ 64
ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร 66
ตารางที่ 3.3 สารเคมีที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร 67
ตารางที่ 3.4 อันตรายที่เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในอาหาร 69
ตารางที่ 3.5 โรคติดต่อที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ 70
ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์สิ่งอันตรายและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 89
ตารางที่ 4.1 เชื้อโรคต่าง ๆ ที่พบในสิ่งปฏิกูล 96
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลที่มนุษย์ปล่อยออกมาจากร่างกายในแต่ละวัน 98
ตารางที่ 4.3 ลักษณะของน้ำเสียจากส้วมจากบ้านพักอาศัย 99
ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของเชื้อโรคและหนอนพยาธิบางชนิด 110
ตารางที่ 5.1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน 120
ตารางที่ 5.2 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ 121
ตารางที่ 5.3 ลักษณะน้ำเสียจากชุมชน 121
ตารางที่ 5.4 ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาคต่าง ๆ 123
ตารางที่ 5.5 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด 124
ตารางที่ 5.6 ประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสีย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม 125
ตารางที่ 5.7 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร 127
ตารางที่ 5.8 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 129
ตารางที่ 5.9 ข้อแตกต่างการระบายน้ำเสียแบบรวมและการระบายน้ำเสียแบบแยก 133
ตารางที่ 5.10 ขั้นตอนและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย 151
ตารางที่ 7.1 สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ 190
ตารางที่ 7.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศ 212
ตารางที่ 7.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป 213
ตารางที่ 7.4 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย 214
ตารางที่ 8.1 การจำแนกลักษณะของหนูที่มีความสำคัญในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม 221
ตารางที่ 8.2 โรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะนำโรค 228
ตารางที่ 8.3 การจำแนกชนิดของยุง 229
ตารางที่ 8.4 การจำแนกชนิดของแมลงวันบ้านและแมลงวันหัวเขียว 238
ตารางที่ 8.5 การแปลผลการสำรวจความชุกชุมของแมลงวัน 239
ตารางที่ 8.6 การจำแนกชนิดของแมลงสาบ 244
ตารางที่ 9.1 แนวทางปฏิบัติสำหรับการควบคุมเหตุรำคาญก่อนเกิดเหตุในระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด 256
ตารางที่ 10.1 ตัวอย่างการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อม แขวงสีกัน เขตดอนเมือง 281

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1	องค์ประกอบของระบบนิเวศ	3
ภาพที่ 1.2	การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร	4
ภาพที่ 1.3	กรอบแนวคิดการเชื่อมโยงระหว่างการบริการของระบบนิเวศและสุขภาวะ	5
ภาพที่ 1.4	องค์ประกอบหลักของสิ่งแวดล้อม	7
ภาพที่ 1.5	ผลกระทบจากความเป็นเมือง	14
ภาพที่ 1.6	การตอบสนองของร่างกายต่อการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพ	17
ภาพที่ 1.7	ปัจจัยกำหนดสุขภาพ	18
ภาพที่ 2.1	วัฏจักรของน้ำ	20
ภาพที่ 2.2	เครื่องเติมอากาศแบบกรวยหรือเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น	40
ภาพที่ 2.3	ถังผสมช้าแบบแผ่นกั้นน้ำ (ก) แนวราบ (ข) แนวดิ่ง	42
ภาพที่ 2.4	รูปตัดของเครื่องทรายกรองช้า	44
ภาพที่ 2.5	รูปตัดเครื่องทรายกรองเร็ว	45
ภาพที่ 2.6	เครื่องทรายกรองภายใต้แรงดัน	46
ภาพที่ 2.7	ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำกลั่นบริสุทธิ์	50
ภาพที่ 2.8	คลอรีนเบรกพอยท์	52
ภาพที่ 2.9	ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน	55
ภาพที่ 2.10	ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน	57
ภาพที่ 2.11	ระบบวางท่อจ่ายน้ำ	59
ภาพที่ 2.12	เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง	61
ภาพที่ 3.1	ปัจจัยที่ทำให้อาหารเกิดการปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตั้งแต่การผลิตจนถึงผู้บริโภค	62
ภาพที่ 3.2	ขอบเขตการป้องกันการปนเปื้อนสิ่งอันตรายในอาหาร	73
ภาพที่ 3.3	ตัวอย่างการออกแบบมุมภาชนะ อุปกรณ์ หรือโต๊ะที่ถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary design)	77
ภาพที่ 3.4	ขั้นตอนการทำความสะอาดตามหลักสุขาภิบาล	77
ภาพที่ 3.5	ตัวอย่างหลักการทำงานของถังดักไขมัน	79
ภาพที่ 3.6	การจัดการขยะจากอาหารและเครื่องดื่มตามลำดับขั้น	80
ภาพที่ 3.7	ตัวอย่างแผนภูมิการผลิต	89
ภาพที่ 3.8	ตัวอย่างการใช้ CCPs decision tree ในการหาจุดที่ต้องควบคุม	91
ภาพที่ 3.9	การกำหนดการเฝ้าระวัง (Monitor)	91
ภาพที่ 3.10	ข้อกำหนด ISO 22000: 2018	94
ภาพที่ 4.1	การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่พบในสิ่งปฏิกูล	98
ภาพที่ 4.2	ส้วมถังเท	101
ภาพที่ 4.3	ส้วมหลุมตัน	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.4 ส้วมเคมี 102
ภาพที่ 4.5 ส้วมหลุม 103
ภาพที่ 4.6 ส้วมหลุมแบบ VIP 103
ภาพที่ 4.7 หลุมซึมหรือบ่อซึม 104
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างถังเกรอะ 105
ภาพที่ 4.9 ถังบำบัดสำเร็จรูปแบบต่าง ๆ 105
ภาพที่ 4.10 ระบบรางซึม 106
ภาพที่ 4.11 รูปแบบของระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ 4 ลักษณะ 107
ภาพที่ 4.12 รูปแบบของระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ 2 ลักษณะ 108
ภาพที่ 5.1 ความสัมพันธ์ของของแข็งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำ 115
ภาพที่ 5.2 ระบบระบายน้ำเสียแบบรวม 132
ภาพที่ 5.3 ระบบระบายน้ำเสียแบบแยก 133
ภาพที่ 5.4 บ่อดักไขมัน 135
ภาพที่ 5.5 บ่อแฟคคัลเททีฟ 142
ภาพที่ 5.6 การทำงานของระบบเอเอส 143
ภาพที่ 5.7 คลองวนเวียน 144
ภาพที่ 5.8 ระบบโปรยกรอง 145
ภาพที่ 5.9 แผ่นหมุนชีวภาพ 145
ภาพที่ 5.10 ถังเกรอะ 146
ภาพที่ 5.11 กระบวนการยูเอเอสบี 148
ภาพที่ 5.12 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน 149
ภาพที่ 5.13 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน 149
ภาพที่ 6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย 161
ภาพที่ 6.2 สถานการณ์ขยะมูลฝอยประเทศไทย พ.ศ. 2552-2561 164
ภาพที่ 6.3 ตัวอย่างถังรองรับขยะมูลฝอย 168
ภาพที่ 6.4 การเก็บรวบรวมขยะจากภาชนะเก็บกักที่มีน้ำหนักมากโดยใช้เครื่องจักรกลยกภาชนะเทใส่รถ 169
ภาพที่ 6.5 ระบบรถบรรทุกถังขยะที่มีภาชนะเก็บกักขนาดใหญ่สำหรับขนขยะไปสถานที่กำจัด 169
ภาพที่ 6.6 สถานีขนถ่ายขยะแบบถ่ายเทโดยตรง 170
ภาพที่ 6.7 สถานีขนถ่ายเทขยะแบบเก็บกักชั่วคราว พร้อมด้วยอุปกรณ์ตัดขยะ แยกโลหะ และเครื่องอัดขยะ 171
ภาพที่ 6.8 เตาเผาขยะที่มีการแปรสภาพความร้อนไปผลิตไฟฟ้า 173
ภาพที่ 6.9 กระบวนการ Pyrolysis สำหรับชีวมวล 174

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 6.10	การฝังกลบขยะแบบถมในพื้นที่ราบ	174
ภาพที่ 6.11	การฝังกลบแบบถมในพื้นที่ราบ	175
ภาพที่ 6.12	การฝังกลบแบบถมในพื้นที่ลาดเอียง	175
ภาพที่ 6.13	การฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method)	177
ภาพที่ 6.14	ปริมาณของเสียอันตรายจำแนกตามแหล่งกำเนิด ระหว่างปีพ.ศ. 2553-2562	182
ภาพที่ 6.15	มนุษย์ได้รับสัมผัสสารพิษจากการปนเปื้อนขยะอันตรายผ่านตัวกลางสิ่งแวดล้อม	184
ภาพที่ 6.16	ระบบจัดการกากของเสียอันตราย	185
ภาพที่ 6.17	หน้าที่รับผิดชอบการจัดการขยะมูลฝอยของราชการส่วนท้องถิ่นและกรมโรงงานอุตสาหกรรม	187
ภาพที่ 7.1	การไหลเวียนของบรรยากาศในแนวนอน	197
ภาพที่ 7.2	ลักษณะของการเกิดลม (a) ลมทะเล (b) ลมบก	197
ภาพที่ 7.3	ลักษณะของการเกิดลมหุบเขา	198
ภาพที่ 7.4	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความสูงของบรรยากาศและบรรยากาศมาตรฐาน	199
ภาพที่ 7.5	ลักษณะของอากาศที่เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในบรรยากาศ (Lape rate)	200
ภาพที่ 7.6	อินเวอร์ชัน	201
ภาพที่ 7.7	อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ	203
ภาพที่ 7.8	ชนิดของฮู้ด	203
ภาพที่ 7.9	ประเภทของพัดลม	204
ภาพที่ 7.10	ประเภทของห้องตกอนุภาคด้วยแรงโน้มถ่วง	205
ภาพที่ 7.11	ชนิดของไซโคลน	206
ภาพที่ 7.12	ชนิดของสครับเบอร์	207
ภาพที่ 7.13	ถุงกรอง	207
ภาพที่ 7.14	เครื่องตกตะกอนแบบไฟฟ้าสถิต	208
ภาพที่ 7.15	อุปกรณ์การดูดซึม	209
ภาพที่ 7.16	ระบบดูดซับ	210
ภาพที่ 7.17	ระบบดูดซับแบบ 3 ถัง	210
ภาพที่ 7.18	เตาเผาระบบที่ใช้ความร้อนโดยตรง (Thermal oxidation)	211
ภาพที่ 7.19	เตาเผาระบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic oxidation)	212
ภาพที่ 8.1	วงจรชีวิตของยุง	227
ภาพที่ 8.2	วงจรชีวิตของแมลงวัน	235

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 8.3 ไม้ระแนง (Fly grill) ที่ใช้ในการสำรวจความชุกชุมของเมลงวัน 239
ภาพที่ 8.4 วงจรชีวิตของแมลงสาบ (ตัวอย่าง American cockroaches) 242
ภาพที่ 8.5 วงจรชีวิตของไร 247
ภาพที่ 8.6 ไรฝุ่น (Dust mite) 248
ภาพที่ 9.1 อำนาจหน้าที่หลักของผู้ที่มีหน้าที่ควบคุมเหตุรำราญ 253
ภาพที่ 9.2 แผนผังแสดงแนวทางปฏิบัติในการควบคุมก่อนเกิดเหตุรำคาญของราชการส่วนท้องถิ่น 257
ภาพที่ 9.3 แนวทางควบคุมเหตุรำคาญหลังเกิดเหตุ 260
ภาพที่ 9.4 ขั้นตอนของมาตรการประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ (ตามมาตรา 28/1) 262
ภาพที่ 10.1 องค์ประกอบของการบริหาร (Administration) 268
ภาพที่ 10.2 ความเป็นเมืองและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศและสุขภาพ 269
ภาพที่ 10.3 องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ 269
ภาพที่ 10.4 ระดับของการมีส่วนร่วมของประชาชน 271
ภาพที่ 10.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนผ่านของปัจจัยด้านความเสี่ยง ระบาดวิทยา และโครงสร้างประชากร 272
ภาพที่ 10.6 เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน 17 เป้าหมาย โดยมีเป้าหมายเรื่องสุขภาพและสุขภาวะที่ดีเป็นศูนย์กลาง 273
ภาพที่ 10.7 ตัวอย่างการใช้ ICI และ IoT ในการจัดการขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงการกำจัด 274
ภาพที่ 10.8 ตัวอย่างการใช้การสื่อสารสมัยใหม่เพื่อเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการมีส่วนร่วม 275
ภาพที่ 10.9 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของแผนในแต่ละระดับ ตั้งแต่ระดับนโยบายจนถึงแผนปฏิบัติการ 277
ภาพที่ 10.10 ตัวอย่างเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา 280

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานทางอนามัยสิ่งแวดล้อม

การพัฒนานโยบายสาธารณะและโครงการหรือกิจการต่าง ๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงบริบทสังคมของทั้งภายในและภายนอกประเทศ มีผลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายรูปแบบทั้งด้านบวกและด้านลบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การเพิ่มขึ้นของประชากร และโครงสร้างประชากรที่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนรูปแบบค่านิยม และพฤติกรรมการบริโภคสินค้าฟุ่มเฟือยที่เพิ่มขึ้น และการใช้บริการที่มีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ผู้ผลิตนำความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาใช้ในการสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคในปริมาณมากและรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรวดเร็ว และเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น อีกทั้งรูปแบบและพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสม ปัจจัยเหล่านี้ก่อให้เกิดสิ่งอันตรายต่อสุขภาพทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะสุขภาพและการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ ทั้งจากการปนเปื้อนสารเคมี มลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหารและน้ำ รวมถึงการระบาดของโรคติดเชื้อใหม่ ๆ การเกิดความเสี่ยงต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพดังกล่าวเป็นแรงขับเคลื่อนโลกในการเดินสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals) ประเทศไทยเองได้มีการกำหนดแผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (NEHAP: National Environmental Health Action Plan) ให้สอดคล้องกับข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลกตั้งแต่ พ.ศ. 2552

1.1 ความหมายของอนามัยสิ่งแวดล้อม

ความหมายของอนามัยสิ่งแวดล้อม (Environmental health) มีการเปลี่ยนแปลงมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตามความรู้ ความเข้าใจ สถานการณ์ และหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะความเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นระบบสำคัญที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากในระบบธรรมชาติมนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์หนึ่งของระบบนิเวศ โครงสร้างระบบนิเวศประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกัน หากมีความสมดุลของการอยู่ร่วมกันทุกสิ่งจะดำเนินไปอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือปัญหาความไม่สมดุลและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อนและยากต่อการจัดการแก้ไขอาจต้องใช้เวลายาวนาน ดังนั้นงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ต้องการส่งเสริมให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์นั้นจำเป็นที่จะต้องเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ความหมายของอนามัยสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องกับทั้งสิ่งแวดล้อม การสุขาภิบาลและสุขภาพอนามัย การใช้คำหรือการให้ความหมายมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมของเหตุการณ์และเวลา ในที่นี้ขออธิบายแยกส่วนตามลำดับขั้นเพื่อความเข้าใจทั้งความหมายและการนำไปใช้ ดังนี้

1) การสุขาภิบาล (Sanitation)

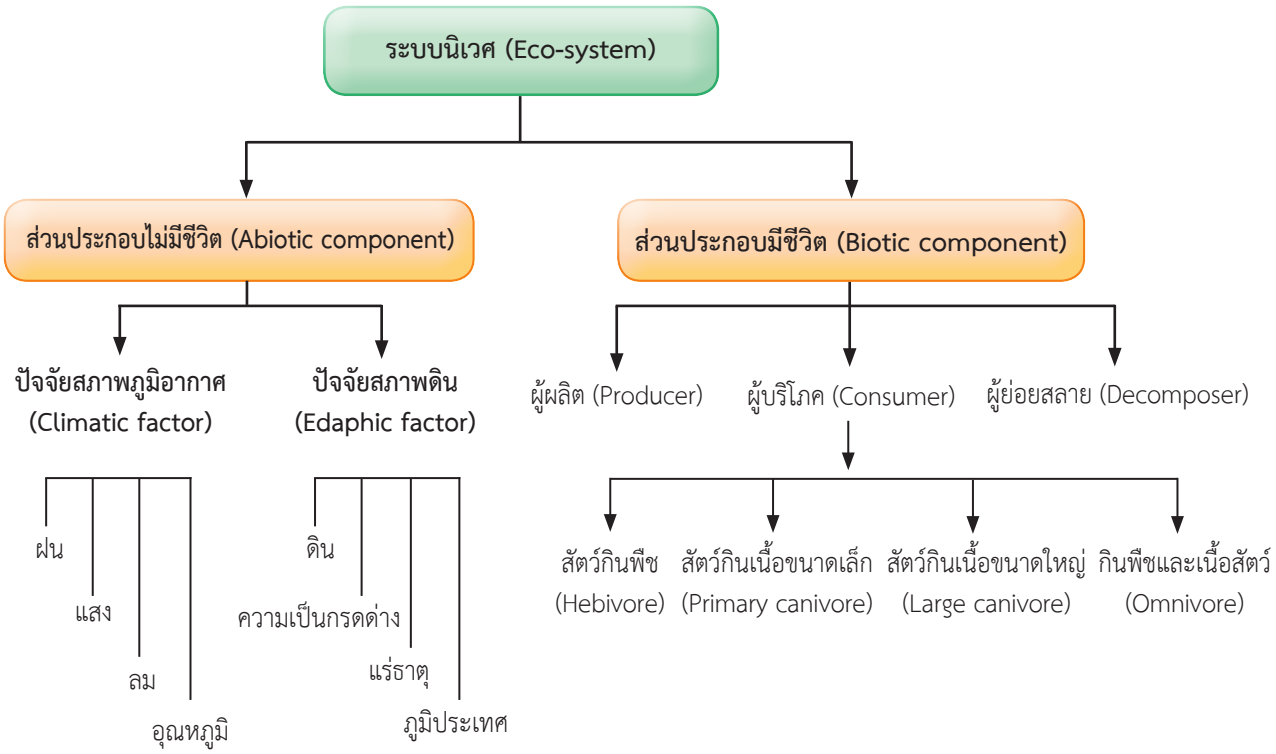
การสุขาภิบาลเกิดขึ้นตั้งแต่ยุคโบราณ โดยระยะแรกมุ่งเน้นเรื่องความสะอาดของน้ำใช้และการกำจัดสิ่งปฏิกูล ซึ่งสมัยนั้นโรคติดเชื้อเป็นสาเหตุหลักของการเจ็บป่วยและเสียชีวิต องค์การอนามัยโลกให้ความหมายของการสุขาภิบาลว่า หมายถึง การเข้าถึง การจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกและการให้บริการระบบบำบัดสำหรับการจัดการสิ่งปฏิกูล ห้องน้ำ และขยะมูลฝอยอย่างปลอดภัย รวมทั้งการควบคุมสิ่งแวดล้อมทางกายภาพอื่นๆ ที่กระทำหรืออาจกระทำให้เกิดผลเสียต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ การสุขาภิบาลมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ป้องกันและส่งเสริมสุขภาพ (2) ส่งเสริมศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์และสุขภาวะที่ดี และ (3) ป้องกันการเกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันหลักการของสุขาภิบาลได้ถูกประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ดังนี้

- สุขาภิบาลขั้นพื้นฐานสำหรับการจัดการห้องน้ำห้องส้วม และสิ่งปฏิกูล การจัดการสิ่งปฏิกูลอย่างถูกสุขลักษณะตั้งแต่ห้องส้วม การขนส่ง จนถึงสถานที่กำจัด ขอบเขตการบริการด้านสุขาภิบาลครอบคลุมตั้งแต่การจัดให้มีส้วมและการสูบส้วม รวมทั้งการขนส่ง การบำบัด จนถึงการกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือการใช้ประโยชน์จากสิ่งปฏิกูล
- สุขาภิบาลเชิงนิเวศวิทยา (Ecological sanitation หรือ Resource-oriented sanitation) เป็นการใช้ความรู้ทางวิชาการ เทคโนโลยีและเครื่องมือต่าง ๆ ในการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์
- สุขาภิบาลในภาวะฉุกเฉิน (Emergency sanitation) เป็นการจัดการสุขาภิบาลของห้องน้ำห้องส้วม น้ำดื่มน้ำใช้ การจัดการสิ่งปฏิกูลในภาวะฉุกเฉินที่อาจเกิดจากภัยพิบัติ การระบาดของโรคติดเชื้อ หรือภาวะฉุกเฉินอื่น ๆ
- สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม (Environmental sanitation) เป็นการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจ็บป่วยและการแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยมุ่งเน้นที่การจัดการขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำ น้ำเสีย ขยะอันตรายจากภาคอุตสาหกรรม อากาศและเสียง

จากคำนิยามข้างต้นทำให้สรุปได้ว่า การสุขาภิบาลมุ่งเน้นเรื่องการป้องกัน โดยการทำความสะอาด (Cleaning) และการลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคและหนอนพยาธิ (Sanitizing) องค์การอนามัยโลกและธนาคารโลก ให้ความสำคัญต่อเรื่องนี้มากทำให้อยู่ในตัวชี้วัด SDG 6.2.1 (สัดส่วนของประชากรที่ใช้บริการด้านสุขาภิบาลที่ปลอดภัย) และ SDG 6.3.1 (สัดส่วนของน้ำเสียที่บำบัดอย่างปลอดภัย) จึงได้มีข้อแนะนำมาตรการหลักเพื่อการจัดการสุขาภิบาลและสุขอนามัย (Sanitation and Hygiene) 7 ประการได้แก่ (1) ยุติการขับถ่ายในที่โล่ง (2) เอื้ออำนวยให้ทุกชุมชนสามารถเข้าถึงห้องส้วมที่ปลอดภัย มีที่กักเก็บสิ่งปฏิกูลและมีอ่างล้างมือ (3) การจัดการสิ่งปฏิกูลอย่างปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีและเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันความเสี่ยง (4) ส่งเสริมพฤติกรรมด้านสุขอนามัยและการล้างมือ (5) ใช้แนวปฏิบัติที่ปลอดภัย เมื่อใช้น้ำเสียและสิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกและการเพาะเลี้ยงสัตว์ (6) การจัดการน้ำเสียที่พัฒนาให้ดีขึ้นเพื่อขจัดเชื้อโรคที่ดื้อต่อยาต้านจุลชีพ และ (7) สร้างความเข้มแข็งบทบาทของภาคสาธารณสุขในการประสานงาน กำหนดเป้าหมาย และบรรจุการสุขาภิบาลและสุขอนามัยในแผนงานด้านสาธารณสุข

2) ระบบนิเวศ (Eco-system)

ระบบนิเวศ หมายถึง ชุมชนหรือหน่วยพื้นที่ที่ประกอบด้วยสังคมของสิ่งมีชีวิต (living organisms หรือ biotic commune) และสิ่งไม่มีชีวิตหรือสิ่งแวดล้อม (non-living components หรือ abiotic component) โดยทำหน้าที่ร่วมกันให้เกิดดุลยภาพ จัดว่าเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นระบบระหว่างสิ่งมีชีวิตและบริเวณแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ดำรงชีวิตอยู่ เช่น อากาศ น้ำ ดิน ระบบนิเวศหนึ่ง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศอื่น ๆ ในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกันทำให้อาณาบริเวณของแต่ละระบบนิเวศมีความเชื่อมต่อกัน และมีการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานระหว่างกัน อาณาเขตที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของระบบนิเวศนี้เรียกว่า เขตนิเวศ หรือชีวาลัย (Biosphere) หรือชีวบริเวณ หรือชีวมณฑล ซึ่งเป็นอาณาเขตที่ใหญ่ที่สุดของสิ่งมีชีวิตโดยอยู่รอบ ๆ ผิวโลก ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ภาคพื้นดิน ภาคพื้นน้ำ และบรรยากาศ อาณาเขตที่เป็นภาคพื้นดินประกอบด้วย ดิน หิน แร่ธาตุที่อยู่บนผิวโลก อาณาเขตที่เป็นภาคพื้นน้ำคือส่วนที่เป็นน้ำและทะเล มหาสมุทร โดยลึกลงไปในท้องทะเลประมาณ 5,000 เมตร อาณาเขตที่เป็นบรรยากาศอยู่ถัดจากผิวโลกขึ้นไปประมาณ 4,000 เมตร ภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างลำดับขั้นของระบบนิเวศ



ภาพที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบนิเวศ

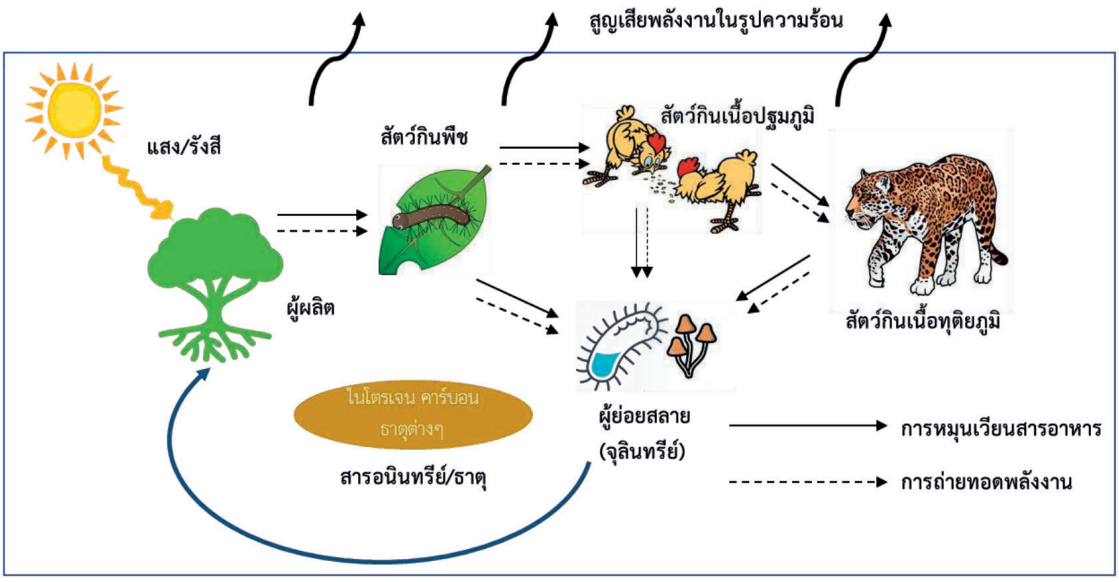
องค์ประกอบไม่มีชีวิต ได้แก่ ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยสภาพดิน ส่วนองค์ประกอบที่มีชีวิตประกอบด้วย

(1) ผู้ผลิต เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารได้เอง เช่น พืชสีเขียวที่สร้างอาหารโดยการสังเคราะห์แสง แพลงก์ตอน และแบคทีเรียบางชนิด

(2) ผู้บริโภค เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ต้องกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นสารอาหาร แบ่งเป็น ผู้บริโภคปฐมภูมิซึ่งกินพืชอย่างเดียว เช่น ช้าง ม้า วัว ควาย ผู้บริโภคทุติยภูมิซึ่งกินสัตว์อย่างเดียว เช่น เสือ สิงโต งู จระเข้ และผู้บริโภคตติยภูมิซึ่งมีทั้งพวกที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร และกินสัตว์ที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร เช่น คน สุนัข แมว หมู

(3) ผู้ย่อยสลาย เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้แต่สามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ของเสีย หรือกากอาหาร ให้กลายเป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงแล้วดูดซึมเป็นสารอาหาร ส่วนที่ย่อยสลายไม่ได้จะถูกผู้ผลิตนำไปใช้เป็นสารอาหารต่อไป เช่น เห็ด รา แบคทีเรีย

การถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานเริ่มจากผู้ผลิตนำองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิตมาสร้างเป็นสารอาหารและพลังงาน หลังจากนั้นจึงมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารและพลังงานไปยังผู้บริโภคประเภทต่าง ๆ และผู้ย่อยสลายจะย่อยสลายซากของผู้ผลิตและผู้บริโภคเพื่อคืนองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิตให้แก่ระบบนิเวศ เพื่อให้ผู้ผลิตได้หมุนเวียนนำไปใช้ต่อไป ซึ่งเรียกว่าการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร (Food chain)/สายใยอาหาร (Food web) ดังแสดงในภาพที่ 1.2



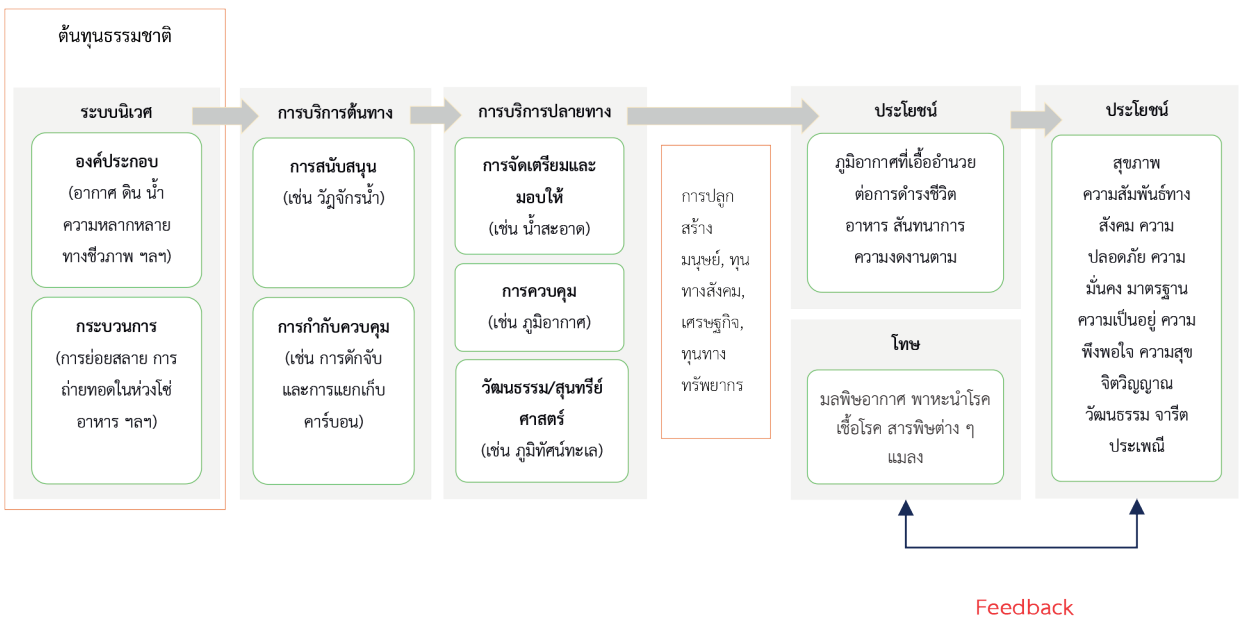
ภาพที่ 1.2 การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร

ความสัมพันธ์เชิงระบบของการหมุนเวียนของสารและการถ่ายทอดพลังงานที่เกิดต่อเนื่องกันไปโดยไม่ขาดตอนจากผู้สร้างไปยังผู้บริโภค และในที่สุดถึงผู้ย่อยสลายโดยเฉพาะธาตุอาหารนั้นจะหมุนเวียนกลับมาสู่ผู้ผลิตใหม่ในไม่ช้าหรือเร็ว เพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ให้ระบบนิเวศคงอยู่และมีดุลยภาพ กลไกความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงระบบ 3 ประการ ได้แก่ วัฏจักรพลังงาน (energy cycle) ห่วงโซ่อาหาร/สายใยอาหาร ความหลากหลาย (diversity) ทำหน้าที่เชื่อมโยงสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระบบนิเวศ และการบริการสารอาหารในระบบนิเวศ (nutrient cycles-biogeochemical cycles) ลักษณะของการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานระหว่างกันทำให้แบ่งระบบนิเวศเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) **ระบบนิเวศปิด** เป็นระบบนิเวศที่ไม่มีการถ่ายทอดสารอาหาร แต่มีการถ่ายทอดพลังงานระหว่างภายนอกกับภายในของระบบนิเวศ เป็นระบบนิเวศที่ไม่พบในธรรมชาติแต่สามารถสร้างขึ้นมาได้ เช่น สถานีอวกาศ อ่างเลี้ยงปลา

2) **ระบบนิเวศเปิด** เป็นระบบนิเวศที่มีทั้งการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานระหว่างภายนอกกับภายในของระบบนิเวศ เป็นระบบนิเวศที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติสามารถสร้างขึ้นมาได้ เช่น สระน้ำ อ่างเก็บน้ำ เหนือเขื่อน

การบริการของระบบนิเวศ (Eco-system service) มีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์ ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษขึ้นกับการกระทำของมนุษย์เอง โดยเฉพาะผลต่อสุขภาวะของมนุษย์ ความปลอดภัย และความมั่นคงทั้งทางสังคม เศรษฐกิจและจิตวิญญาณ ดังแสดงในภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 กรอบแนวคิดการเชื่อมโยงระหว่างการบริการของระบบนิเวศและสุขภาวะ

ที่มา: People and Nature (2019), Volume: 1, Issue: 4, Pages: 486-496, DOI: (10.1002/pan3.10050)

มนุษย์ได้รับการบริการจากระบบนิเวศโดยจัดเป็นผู้บริโภคตติยภูมิ ดังนั้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดความไม่สมดุลของระบบนิเวศขึ้นมนุษย์ย่อมได้รับผลกระทบจากความไม่สมดุลดังกล่าว เมื่อระบบนิเวศล้มเหลวหรือเสื่อมโทรมลง มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีวิตตามปกติสุขได้ ในขณะที่มนุษย์ต้องการดำรงชีวิตอยู่ในระบบนิเวศที่สมดุล มนุษย์กลับเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบนิเวศเสื่อมโทรมลง โดยเฉพาะการปล่อยสารมลพิษชนิดต่าง ๆ เช่น สารมลพิษทางน้ำ สารมลพิษทางอากาศ ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล การจัดการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษหรือของเสียต่าง ๆ ในระบบนิเวศซึ่งสารพิษหรือของเสียเหล่านี้จะไปทำลายกระบวนการถ่ายทอดพลังงานของห่วงโซ่อาหาร และทำให้ระบบนิเวศล้มเหลวหรือเสื่อมโทรมลง ในที่สุดผลสะท้อนของความเสื่อมโทรมดังกล่าวจะกลับมาเป็นอันตรายต่อตัวมนุษย์เอง

3) สิ่งแวดล้อม (Environment)

สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น มีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต อาจเป็นรูปธรรมที่มีลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นได้จับต้องได้หรือสัมผัสด้วยประสาทสัมผัสอื่น ๆ เช่น มนุษย์ พืช สัตว์ ดิน น้ำ อากาศ สิ่งของต่าง ๆ หรือเป็นนามธรรมซึ่งไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสด้วยประสาทสัมผัสอื่น ๆ ได้ เช่น ขนบธรรมเนียม ประเพณีวัฒนธรรม ความเชื่อต่าง ๆ ประเภทของสิ่งแวดล้อมสามารถจำแนกตามลักษณะของการเกิดได้ 2 ประเภท ดังนี้

(1) **สิ่งแวดล้อมที่เกิดตามธรรมชาติ (Natural Environment)** หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ มีลักษณะเป็นผู้กระทำ มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้ เช่น ดิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ ภูเขา แม่น้ำ สัตว์

(2) **สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-Made Environment/Built Environment)** หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เพื่อจัดระเบียบของการอยู่ร่วมกันในสังคม สิ่งที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม ได้แก่ สิ่งก่อสร้าง อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ อาหาร ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ส่วนสิ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ ประเพณี วัฒนธรรม ศาสนา กฎหมาย

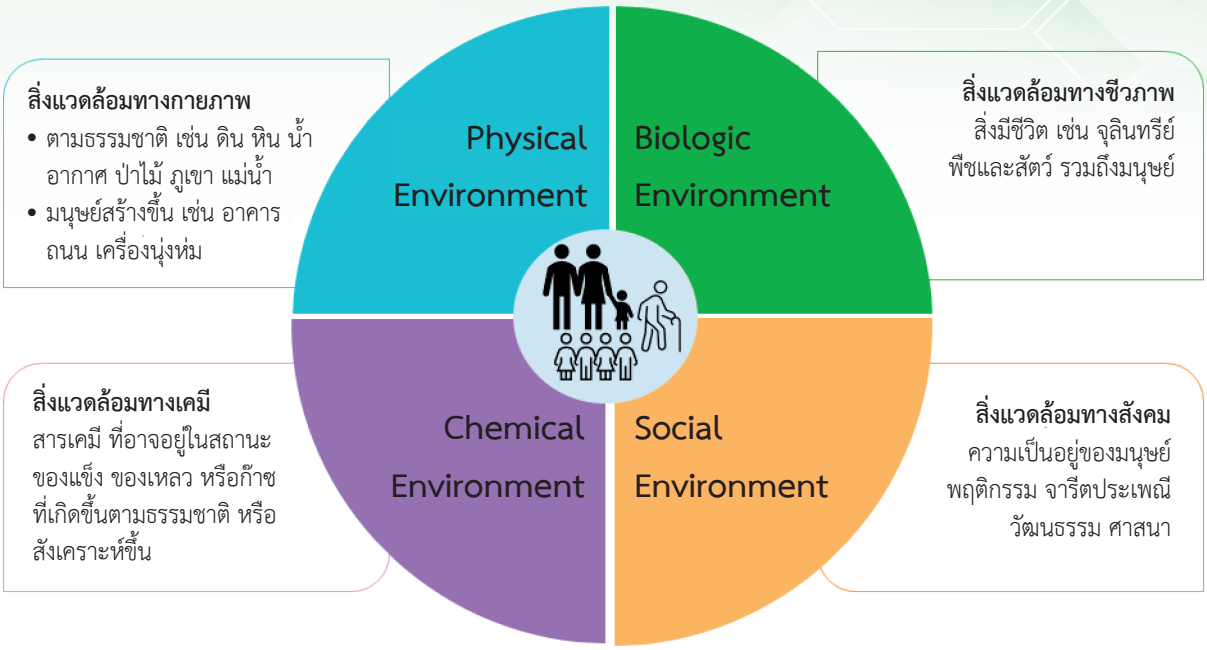
บางตำราแบ่งสิ่งแวดล้อมตามองค์ประกอบหลัก (ภาพที่ 1.4) ได้ 4 ประเภท ดังนี้

(1) **สิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพ (Physical Environment)** หมายถึง สิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม สิ่งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เช่น ดิน หิน น้ำ อากาศ ป่าไม้ ภูเขา แม่น้ำ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคารบ้านเรือน ถนน เสื้อผ้า เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ

(2) **สิ่งแวดล้อมทางด้านเคมี (Chemical Environment)** หมายถึง สิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นสารเคมีที่อาจอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ สารเคมีเหล่านี้อาจก่อให้เกิดโรคและภัยต่อมนุษย์ได้ หากมีการนำมาใช้ และมีการควบคุมป้องกันอันตรายจากสารเคมีไม่เหมาะสม

(3) **สิ่งแวดล้อมทางด้านชีวภาพ (Biologic Environment)** หมายถึง คุณลักษณะสิ่งแวดล้อมที่มีองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น จุลินทรีย์ พืชและสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และมนุษย์มีบทบาทสำคัญทั้งในด้านการช่วยค้ำจุนและทำลายสิ่งแวดล้อมที่เป็นสิ่งมีชีวิตเหล่านี้

(4) **สิ่งแวดล้อมทางสังคม (Social Environment)** หมายถึง สิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของมนุษย์ในการกำหนดพฤติกรรมและการใช้ชีวิตในสังคม ได้แก่ จารีตประเพณี วัฒนธรรม ศาสนา



ภาพที่ 1.4 องค์ประกอบหลักของสิ่งแวดล้อม

4) อนามัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Health)

ความหมายของอนามัยสิ่งแวดล้อม มีความหมายใกล้เคียงกับการสุขาภิบาล และเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม มีหลายองค์กรสำคัญได้ให้ความหมาย ดังต่อไปนี้

- องค์การอนามัยโลกได้ให้ความหมายว่า “ความสมดุลของระบบนิเวศระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เพื่อให้มีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจ รวมทั้งการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมทุกด้านทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่มีผลหรืออาจมีผลทั้งทางตรงหรือทางอ้อมอย่างมีนัยสำคัญต่อความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ทั้งทางร่างกาย จิตใจและสังคม”
- สมาคมอนามัยสิ่งแวดล้อม (National Environmental Health Association: NEHA, 2013) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้อธิบายว่า งานอนามัยสิ่งแวดล้อมต้องใช้ทั้งองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความชำนาญจากการปฏิบัติสำหรับการป้องกันการเจ็บป่วย การเกิดโรค และการบาดเจ็บ และส่งเสริมให้ประชาชนมีสุขภาวะที่ดี โดยการ (1) การชี้บ่งและประเมินสิ่งแวดล้อมที่เป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งอันตรายต่อสุขภาพ และ (2) การจำกัดการได้รับสัมผัสสิ่งอันตรายทุกประเภททั้งกายภาพ ชีวภาพและสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ น้ำ ดิน อาหาร และตัวกลางสิ่งแวดล้อมหรือสถานที่/สภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์
- แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564 ได้ให้นิยามโดยอ้างอิงตามนิยามขององค์การอนามัยโลกว่า การจัดการกับปัจจัยเสี่ยงทางกายภาพ เคมีและชีวภาพที่อยู่นอกตัวคน และปัจจัยเกี่ยวข้องที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมอนามัยสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยการประเมินและการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยมีเป้าหมายเพื่อการป้องกันโรค และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพดี สำหรับคนรุ่นปัจจุบันและรุ่นลูกหลานในอนาคต

ดังนั้น งานอนามัยสิ่งแวดล้อมจึงหมายถึง การประเมินและควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมและคุณภาพของระบบนิเวศหรือสภาพแวดล้อมให้อยู่ในสภาพสมดุลไม่เสื่อมโทรมไม่ก่อให้เกิดสิ่งอันตราย (Hazard) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมเอื้อต่อสุขภาพดีทั้งทางร่างกาย จิตใจและสังคม และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์จากรุ่นปัจจุบันสู่รุ่นลูกหลานในอนาคต

1.2 ขอบเขตของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม

งานอนามัยสิ่งแวดล้อมเป็นงานที่มุ่งเน้นในการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมและเกื้อกูลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมทั้งการควบคุมป้องกันไม่ให้ได้รับสัมผัสเชื้อโรคหรือสารพิษเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดขอบเขตของงานอนามัยสิ่งแวดล้อมไว้ 17 ประเด็น และเนื่องจากประเทศไทยมีการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ชาติที่มุ่งสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนนั้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพได้ ดังนั้นแผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564 จึงได้กำหนดขอบเขตงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการดำเนินงานที่เชื่อมโยงระหว่างสิ่งแวดล้อมและสุขภาพเพิ่มอีก 5 ประเด็น ดังนั้นขอบเขตงานอนามัยสิ่งแวดล้อมครอบคลุม 22 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

ประเด็น	คำอธิบาย
1. การจัดหาน้ำสะอาด	การจัดหาน้ำที่มีคุณภาพดีมีปริมาณที่เพียงพอ จ่ายให้ผู้บริโภคและอุปโภคได้อย่างสะดวกสบาย งานนี้รวมถึงการวางแผนการศึกษาออกแบบระบบผลิตน้ำและจ่ายน้ำ การจัดการในการผลิตน้ำและจ่ายน้ำ และการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่ผลิตและจ่ายให้แก่ชุมชน
2. การควบคุมมลพิษทางน้ำ	การป้องกันและควบคุมรักษาคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั้งน้ำผิวดิน เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง แม่น้ำ น้ำทะเล ตลอดจนน้ำใต้ดิน ไม่ให้คุณภาพเสื่อมโทรมลง จนเป็นมลพิษทางน้ำ และเกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เป็นงานที่เกี่ยวกับการรวบรวม การบำบัดและการกำจัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด ได้แก่ แหล่งชุมชน แหล่งอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรม รวมทั้งการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ ตลอดจนการจัดการและควบคุมสารพิษในน้ำ และโรคติดต่อที่มีน้ำเป็นสื่อ
3. การจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล	การจัดการและควบคุมแหล่งเพาะพันธุ์ การแพร่กระจายของโรค รวมทั้งเหตุรำคาญและสภาพอุจาดไม่น่าดู ซึ่งเกิดจากการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่ไม่เหมาะสม เป็นงานที่เกี่ยวกับการเก็บ การขนถ่ายและการกำจัดขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลที่ถูกหลักสุขาภิบาล
4. การควบคุมสัตว์อาร์โทรพอดและสัตว์ฟันแทะ	พาหะนำโรคติดต่อที่ร้ายแรงมาสู่คน เช่น อหิวาตกโรค มาลาเรีย ไข้เลือดออก กาฬโรค โรคฉี่หนู นอกจากนี้แมลงและสัตว์แทะบางชนิดยังทำให้เกิดเหตุรำคาญและทำลายทรัพย์สินอีกด้วย งานด้านนี้ เป็นการป้องกันและควบคุมแมลงและสัตว์แทะโดยการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ แหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัยของมัน และทำลายตัวมันโดยตรง

ประเด็น	คำอธิบาย
5. การป้องกันและควบคุมมลพิษทางดิน	มลพิษทางดินมักจะเกิดขึ้นจากการทิ้งสิ่งสกปรกต่าง ๆ ลงสู่พื้นดิน เช่น ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย ของเสียอันตราย ทำให้เกิดการปนเปื้อนบนพื้นดิน เมื่อการปนเปื้อนมีมากขึ้นจะกลายเป็นมลพิษทางดิน ทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บและผลเสียต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ งานด้านการป้องกันและควบคุมมลพิษทางดินจึงเป็นการป้องกันและควบคุมสิ่งปนเปื้อนไม่ให้ลงสู่พื้นดิน
6. การสุขาภิบาลอาหาร	เชื้อโรคและสารพิษหลายชนิดสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยมีอาหารและน้ำเป็นสื่องานด้านการสุขาภิบาลอาหารจึงมีความจำเป็น โดยการควบคุมดูแลอาหารให้ถูกสุขลักษณะ และปลอดภัยสำหรับการบริโภคด้วยการดูแลตั้งแต่วัตถุดิบที่ใช้ปรุงอาหาร กระบวนการผลิต การปรุงอาหาร การเก็บรักษาอาหาร การขนส่ง การจำหน่ายอาหาร ผู้สัมผัสอาหาร รวมทั้งการให้ความรู้แก่ผู้บริโภค
7. การควบคุมมลพิษทางอากาศ	การป้องกันและควบคุมรักษาคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนจนองค์ประกอบเปลี่ยนไปจากสภาพตามธรรมชาติจนเกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต ทรัพย์สิน และสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เป็นงานที่เกี่ยวกับการรวบรวม บำบัด และกำจัดมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ
8. การป้องกันอันตรายจากรังสี	ปัจจุบันได้มีการใช้รังสีอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรม การแพทย์ การเกษตรกรรม ซึ่งถ้าไม่ได้มีการใช้และการป้องกัน ควบคุมอย่างเหมาะสมจะเกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ งานด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี จึงเป็นการใช้อย่างถูกวิธีและมีการป้องกันควบคุมไม่ให้เกิดการรั่วไหลหรือแพร่กระจายไปยังมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ
9. อาชีวอนามัย	งานเกี่ยวกับการป้องกันและควบคุมสิ่งแวดล้อมในการทำงานทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ รวมทั้งด้านการยศาสตร์ให้เหมาะสม โดยการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความปลอดภัยและเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานตลอดจนการดูแลป้องกันและรักษาสุขภาพอนามัยของผู้ประกอบอาชีพอย่างต่อเนื่อง
10. การควบคุมมลพิษทางเสียง	เสียงที่ดังมากเกินไปหรือเสียงดังรบกวนจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่ได้ยินทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ งานด้านนี้เป็นการป้องกันและควบคุมเสียงดัง โดยการจัดการที่แหล่งกำเนิดทางผ่านของเสียงและผู้ที่ได้ยินเสียง
11. การจัดการสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยและบริเวณใกล้เคียง	การจัดที่อยู่อาศัยและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงให้ถูกสุขลักษณะ ปลอดภัย และมีสุนทรียภาพน่าอยู่อาศัย ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยมีสุขภาพอนามัยดีทั้งร่างกาย ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ และดำรงชีวิตอย่างมีความสุข การจัดการสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยนี้ อาจรวมไปถึงอาคารสถานที่ที่ใช้ประกอบกิจการอื่น ๆ ด้วย เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล อาคาร ที่ทำการต่าง ๆ
12. การวางผังเมือง	การจัดให้ส่วนต่าง ๆ ของเมืองให้แยกจากกันอย่างถูกต้องเป็นสัดส่วน เช่น ย่านธุรกิจ ย่านอุตสาหกรรม ย่านที่พักอาศัย เพื่อให้เมืองมีสภาพแวดล้อมที่ดี มีความน่าอยู่ การจราจรไม่ติดขัด ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยมีสุขภาพกาย และสุขภาพจิตดี และมีความสะดวกสบาย

ประเด็น	คำอธิบาย
13. การจัดการสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคม	การจัดการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมของระบบการคมนาคมขนส่งทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศให้เหมาะสม ถูกสุขลักษณะ โดยดูแลครอบคลุมทั้งยานพาหนะและสถานีขนส่ง เพื่อไม่ให้มีการติดต่อแพร่กระจายของโรคจากการขนส่ง
14. การป้องกันอุบัติภัยและเหตุฉุกเฉิน	งานที่ดำเนินการในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ และอุบัติภัย เพื่อลดอัตราการเจ็บป่วย พิการ และตาย
15. การสุขาภิบาลของสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	การจัดการสถานที่พักผ่อน และสิ่งที่ใช้เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ให้มีลักษณะและคุณภาพที่จะส่งเสริมสุขภาพอนามัย สะอาด และปลอดภัยไม่เป็นแหล่งแพร่กระจายโรคหรือทำให้สุขภาพอนามัยเสื่อมโทรม
16. การดำเนินงานสุขาภิบาลเมื่อเกิดโรคระบาด เหตุฉุกเฉิน ภัยพิบัติ และการอพยพย้ายถิ่นของประชากร	ทำการควบคุมดูแลและเฝ้าระวังไม่ให้เกิดโรคระบาด หรือหากมีการระบาดเกิดขึ้นต้องดำเนินการควบคุมให้สงบโดยเร็วที่สุด
17. ป้องกันความเสี่ยงจากสิ่งแวดล้อม	มาตรการป้องกันเพื่อให้สิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปปราศจากความเสี่ยง หรือเกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์
18. มลพิษข้ามแดน	ปัญหามลพิษจากหมอกควัน (Smoke) ที่มีสาเหตุมาจากไฟป่าตามธรรมชาติ การเผาไหม้ที่เกิดจากการกระทำของคน มลพิษจากหมอกควันดังกล่าว ส่งผลกระทบทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศและเป็นอันตรายต่อมนุษย์
19. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ	การใช้การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อลดและป้องกันผลกระทบด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม มีการดำเนินงานร่วมกับหน่วยงานเครือข่ายทั้งในระดับกรมและระดับท้องถิ่น ให้นำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพไปใช้ในการกำหนดนโยบายสาธารณะ และใช้เป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจอนุมัติ อนุญาตการดำเนินโครงการในพื้นที่ให้มากขึ้น
20. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้น และปริมาณฝน โดยทั่วไปในพื้นที่หรือภูมิภาคหนึ่ง ๆ ซึ่งสภาพภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด หลายครั้งที่สภาพภูมิอากาศของโลกร้อนขึ้นกว่าที่เคยเป็น และหลายครั้งที่มันเย็นลง การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติระดับโลกที่ต้องการความร่วมมือระหว่างประเทศโดยจำเป็นต้องอาศัยการมีส่วนร่วมและการแก้ปัญหาร่วมกันระหว่างประเทศที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ตามหลักการความรับผิดชอบร่วมในระดับที่แตกต่าง (Common but Differentiated Responsibilities) และเป็นไปตามความสามารถและสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

ประเด็น	คำอธิบาย
21. เหตุรำคาญ	เหตุอันอาจก่อให้เกิดความเดือดร้อนของประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง หรือผู้ต้องประสบกับเหตุนั้น เช่น กลิ่น เสียงดัง เขม่า แสง ความร้อน สั่นสะเทือน
22. สารเคมีและสารอันตราย	ประเภทและแหล่งกำเนิด ความเป็นพิษ หลักในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมี ตั้งแต่แหล่งกำเนิด ทางผ่านของสารเคมีและผู้ปฏิบัติงาน

การดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศใด ๆ ครอบคลุมหรือเน้นหนักในด้านใด ด้านหนึ่งหรือทุก ๆ ด้านขึ้นกับปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศนั้น ๆ ว่าเกี่ยวข้องกับด้านใด อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปประเทศกำลังพัฒนาจะเผชิญกับปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว

1.3 ความสำคัญของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม กิจกรรมของมนุษย์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะการเกิดสารมลพิษรวมทั้งเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมล้วนแต่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยเริ่มตั้งแต่ยังเป็นทารกในครรภ์มารดาจนกระทั่งถึงวาระสุดท้ายของชีวิต หากมารดาได้รับสารมลพิษหรือเชื้อโรคจากสิ่งแวดล้อม ทารกในครรภ์จะได้รับพิษภัยที่ถ่ายทอดจากมารดาไปด้วย

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกกำลังเร่งรัดในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาเศรษฐกิจ และสร้างความก้าวหน้าในด้านอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ที่ไม่มีวันสิ้นสุด การพัฒนาดังกล่าวก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเกือบทุกประเภทขาดแคลนและเสื่อมโทรมลง นอกจากนี้ในกระบวนการของการพัฒนา และกระบวนการผลิตยังทำให้มีของเสียทิ้งออกมาทั้งในรูปของน้ำเสีย อากาศเสีย ของเสียอันตราย ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ รวมทั้งต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

อย่างไรก็ตาม การอธิบายผลจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะสุขภาพของแต่ละบุคคลนั้นทำได้ยากเพราะมีความซับซ้อนมาก ความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเส้นตรง แต่มีทั้งเกิดขึ้นโดยตรงหรือโดยทางอ้อม ในอดีตการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยมักจะมุ่งไปที่การติดเชื้อ การได้รับสารพิษบางกลุ่มหรือการแพ้สารบางประเภท ตัวอย่าง เมื่อเกิดโรคอุจจาระร่วงจะมีการเพาะหาว่าเกิดจากเชื้อโรคชนิดใด การแพ้โปรตีนในถั่ว การได้รับสารหนู ขณะที่การเจ็บป่วยด้วยภาวะจิตสังคมแทบจะไม่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะการเจ็บป่วยที่เกิดจากหลายสาเหตุร่วมกันยิ่งเป็นสิ่งที่พิสูจน์และวินิจฉัยแยกได้ลำบาก การใช้ข้อมูลทางระบาดวิทยาช่วยในการสอบสวนโรคจำเป็นต้องมีหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีคุณภาพและจำนวนเพียงพอ จึงไม่น่าแปลกใจที่การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสถานะสุขภาพ หรือการเจ็บป่วยสำหรับบางโรค อาทิ มะเร็ง ยังทำได้ค่อนข้างลำบาก

งานอนามัยสิ่งแวดล้อม เป็นงานที่ค้นหาสาเหตุของการเกิดสิ่งอันตรายต่อสุขภาพตั้งแต่แหล่งกำเนิด (Health hazard identification) การเชื่อมโยงจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลางมาที่มนุษย์ (Exposure pathway evaluation) และการประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment) ทั้งหมดนี้เป็นหัวใจของการป้องกันโรคและส่งเสริมสุขภาพและความปลอดภัยของประชาชนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการดำเนินงานอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องและเหมาะสมย่อมทำให้ประชาชนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดีอย่างยั่งยืน

งานอนามัยสิ่งแวดล้อมจึงเป็นงานด้านหนึ่งที่มีส่วนสำคัญมากในการจัดการสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นงานที่มุ่งในการรักษาคุณภาพสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และการควบคุมและป้องกันการได้รับสัมผัสสิ่งอันตรายต่อสุขภาพตั้งแต่แหล่งกำเนิดทางผ่านหรือสื่อนำเชื้อโรคและสารพิษ จนถึงตัวมนุษย์ซึ่งเป็นผู้รับสิ่งอันตราย พลเมืองที่มีร่างกายแข็งแรงจะเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าของประเทศ ในทางตรงกันข้าม หากมนุษย์มีปัญหาด้านสุขภาพอนามัย นอกจากสุขภาพอ่อนแอไม่สามารถเป็นกำลังของประเทศได้แล้ว ยังเป็นภาระของสังคมที่จะต้องให้การดูแลรักษาพยาบาล

ทั่วโลกให้ความสำคัญกับงานอนามัยสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก จากการประชุม High-level Meeting on Health and Environment in ASEAN and East Asia Countries ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 24-26 พฤศจิกายน 2547 ณ กรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งที่ประชุมเห็นควรให้มีการจัดทำ Environmental Health country Profile (EHCP) และ Environmental Health Data Sheet (EHDS) ของแต่ละประเทศและระดับภูมิภาค และมีมติเห็นควรให้จัดทำร่างกฎบัตร (Charter) เพื่อเป็นกรอบแผนความร่วมมือระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก ต่อมาการประชุมของรัฐมนตรีกระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงสิ่งแวดล้อมของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก รวม 14 ประเทศ ได้แก่ บรูไน กัมพูชา อินโดนีเซีย จีน ญี่ปุ่น ลาว มาเลเซีย มองโกเลีย พม่า เกาหลี ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ เวียดนาม และประเทศไทย ได้ประกาศ “ปฏิญญากรุงเทพว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ” หรือ *Bangkok Declaration on Environment and Health* ซึ่งเป็นกลไกการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และประสบการณ์ ในการปรับปรุงกรอบนโยบายและกฎหมายระดับประเทศและระหว่างประเทศ รวมทั้งสนับสนุนการบูรณาการ กลยุทธ์และกฎหมายด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาการสูญเสียชีวิตของคนในภูมิภาคเอเชียเนื่องจากความเสี่ยงจากมลพิษสิ่งแวดล้อม และทำให้ประเทศในภูมิภาคร่วมมือกันดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอย่างต่อเนื่อง

ในประกาศปฏิญญากรุงเทพว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ได้ให้ความเห็นชอบต่อแผนการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของภูมิภาคใน 6 สาขา คือ 1) คุณภาพอากาศ (Air quality) 2) น้ำสุขอนามัย และการสุขาภิบาล (Water supply, hygiene and sanitation) 3) ขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย (Solid and hazardous waste) 4) สารเคมีเป็นพิษและสารอันตราย (Toxic chemicals and hazardous substances) 5) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การลดลงของชั้นโอโซน และการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศ (Climate change, ozone depletion and ecosystem changes) และ 6) การวางแผนการเตรียมการและการปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉินด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม (Contingency planning, preparedness and response in environmental health emergencies)

ประเทศไทยในฐานะประเทศสมาชิกโดยการทำงานร่วมระหว่างกระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งจากภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรพัฒนาเอกชน สถาบันการศึกษา และประชาชน ในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติที่สอดคล้องกับแนวทางตามกฎบัตรความร่วมมือฯ ของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก เป็นการพิจารณาประเด็นปัญหาที่สำคัญของประเทศในด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสุขภาพประชาชน การปรับปรุงการดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาคุณภาพชีวิตควบคู่ไปกับการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยคำนึงถึงหลักการสำคัญของการดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศ ภูมิภาค และของโลก ซึ่งขณะนี้แผนยุทธศาสตร์ฯ ดังกล่าวมี 3 ฉบับ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2552-2554 ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2555-2559 และฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564 โดยฉบับล่าสุดนี้มีความสอดคล้องกับทิศทางยุทธศาสตร์ประเทศระยะ 20 ปี และทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 และบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางการดำเนินงานอนามัยสิ่งแวดล้อมอย่างมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายและทิศทางการดำเนินงานที่กำหนดร่วมกัน และส่งผลให้ประชาชนมีสุขภาวะและคุณภาพชีวิตที่ดีทัดเทียมนานาประเทศ

1.4 สาเหตุที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม

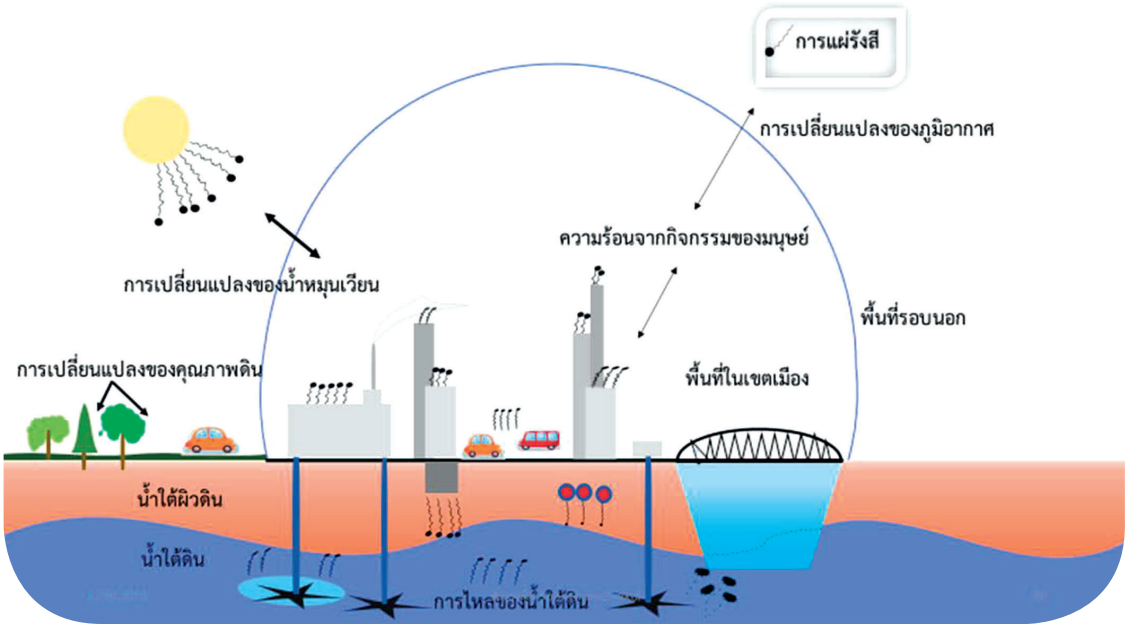
การดำรงชีวิตของมนุษย์ต้องอาศัยการบริการของระบบนิเวศซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วความต้องการทรัพยากรเพิ่มขึ้นตาม การสนองตอบต่ออุปสงค์เป็นแรงขับเคลื่อนให้สังคมโลกมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงของภาคอุตสาหกรรม เศรษฐกิจและสังคมอย่างต่อเนื่อง การพัฒนานี้มีทั้งประโยชน์และผลกระทบทางลบต่อทั้งระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและสังคม ทำให้มีการอพยพย้ายถิ่นกระจายตัวออกไปอยู่อาศัยในสถานที่ต่าง ๆ กัน พื้นที่ใดที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติมากย่อมมีประชากรอยู่อาศัยหนาแน่นกว่าพื้นที่ที่แห้งแล้ง การพัฒนาตามความต้องการของมนุษย์โดยไม่ได้คิดถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จึงกลายเป็นการทำลายระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมมาโดยตลอด การเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้ความต้องการด้านการใช้ที่ดินและทรัพยากรธรรมชาติ พื้นที่บริเวณใดก็ตามที่มีประชากรหนาแน่นมาก เช่น เขตเมือง เขตอุตสาหกรรม การใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อการอยู่อาศัย การเกษตร อุตสาหกรรม และพาณิชยกรรมเพิ่มขึ้น ทำให้มีการตัดต้นไม้ ทำลายป่า บุกรุกพื้นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า ทำลายสารอาหารบริเวณหน้าดิน ทำให้ดินเสื่อมสภาพ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม เช่น นำพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สำหรับการเกษตรไปใช้สำหรับอุตสาหกรรม และพาณิชยกรรม การสร้างอาคารที่พักอาศัยบนพื้นที่นา การสร้างโรงแรม รีสอร์ตบนพื้นที่ป่าหรือพื้นที่ต้นน้ำ นอกจากนี้เมื่อประชากรมีจำนวนมากขึ้นอาศัยกันหนาแน่นขึ้นโดยปราศจากการจัดการเมืองที่ดี มีกิจกรรมต่าง ๆ ด้านการผลิตและการบริการเพิ่มขึ้น ทำให้มีการปล่อยของเสียออกมามากขึ้น ของเสียที่ถูกปล่อยออกมาอาจอยู่ในรูปของสารมลพิษทางน้ำทางอากาศ ของเสียอันตราย ขยะมูลฝอยหรือสิ่งปฏิกูล หากการจัดการและควบคุมของเสียเหล่านี้ไม่ดีพอจะส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เช่น สารมลพิษทางน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค และเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อโรคอีกด้วย สารมลพิษทางอากาศทำให้บรรยากาศถูกทำลายเต็มไปด้วยฝุ่น ควัน ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างกว้างไกล เช่น การก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อน ฝนกรด ส่วนของเสียอันตราย ขยะมูลฝอยหรือสิ่งปฏิกูล

ที่ถูกทิ้งลงดินจะทำให้เกิดภาวะมลพิษทางดิน ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไป หรืออาจกลายเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หากถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย นอกจากนี้การเผาของเสียอันตรายและขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกวิธีอาจจะทำให้เกิดสารมลพิษร้ายแรง เช่น สารก่อมะเร็ง

1.5 ผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อม

ในโลกนี้มีระบบนิเวศมากมายหลายระบบ เช่น ระบบนิเวศในทุ่งนา ระบบนิเวศในทะเล ระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ระบบนิเวศในป่า หรือแม้แต่ระบบนิเวศในเขตเมือง ระบบนิเวศจะเชื่อมต่อกัน โดยมีการแลกเปลี่ยนสารอาหารและพลังงานระหว่างกันได้ ระบบนิเวศที่รวมกันเรียกว่าชีวาลัยดังได้กล่าวมาแล้ว เมื่อเกิดความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในระบบนิเวศใดระบบนิเวศหนึ่ง จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้นตามมา เช่น หากป่าไม้ถูกทำลายจะทำให้ระบบนิเวศของป่าแห่งนั้นเสียไป ผลกระทบที่ตามมา คือ ป่าจะหมดสภาพ สัตว์ที่อาศัยอยู่ในป่านั้นอาจขาดแคลนแหล่งอาหารหรือที่อยู่อาศัย อาจเจ็บป่วยเสียชีวิตลง หรือแยกย้ายกระจัดกระจายไปหาแหล่งที่อยู่ใหม่ หากป่าต้นน้ำลำธารถูกทำลาย อาจเกิดสภาพแห้งแล้ง ปริมาณน้ำลดลง คุณภาพของน้ำเปลี่ยนไป ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดสภาพดินเสื่อมโทรม มีภาวะดินเปรี้ยว ดินเค็ม อาจเกิดน้ำท่วมโดยฉับพลัน เนื่องจากขาดป่าไม้กันไว้ และสุดท้ายพื้นที่นั้น ๆ อาจจะกลายสภาพเป็นทะเลทรายได้ในที่สุด

สำหรับระบบนิเวศในแหล่งที่อยู่อาศัย เช่น ในเขตชุมชนหรือในเขตเมือง เมื่อสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เช่น เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำเนื่องมาจากการปล่อยทิ้งของเสียลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ อาจทำให้พืชและสัตว์บางประเภทที่อยู่ในน้ำตายได้ อาจทำให้ห่วงโซ่อาหารในน้ำเปลี่ยนแปลง ความสมดุลของระบบนิเวศเสียไป การผลิต การบริโภค และการย่อยสลายไม่ครบวงจร แหล่งน้ำจะสูญเสียศักยภาพในการใช้สำหรับอุปโภคบริโภค และอาจกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่เชื้อโรคทางน้ำ ภาพที่ 1.5 แสดงตัวอย่างผลกระทบจากความเป็นเมือง



ภาพที่ 1.5 ผลกระทบจากความเป็นเมือง

การเกิดมลพิษสิ่งแวดล้อมไม่ว่าด้านใดก็ตาม ล้วนแต่ส่งผลกระทบทำให้การดำเนินชีวิตประจำวันที่เคยสุขสบาย อาจจะเกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญหรือโรคภัยไข้เจ็บได้ เช่น น้ำหรืออาหารที่ปนเปื้อนด้วยสารมลพิษหรือเชื้อโรค หากดื่มกินเข้าไปจะเกิดการเจ็บป่วยหรือมีอันตรายถึงชีวิตได้ หากบรรยากาศถูกปนเปื้อนด้วยสารมลพิษทางอากาศ เมื่อหายใจเข้าไปจะเกิดเป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ การถ่ายทิ้งของเสีย ถ้าไม่มีระบบเก็บกำจัดที่ถูกต้อง จะเป็นที่น่ารังเกียจ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวน และเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรค ในการประกอบอาชีพต่าง ๆ หากสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสมจะเกิดโรคเกี่ยวกับการประกอบอาชีพนั้น ๆ ได้ ในยามพักผ่อนนอนหลับ ถ้ามีกลิ่นเหม็นรบกวน หรือมีเสียงดังรบกวนหรือที่เรียกว่า มลพิษทางเสียงทำให้การนอนหลับพักผ่อนได้ไม่เต็มที่จะเกิดอาการอ่อนเพลียเจ็บป่วยได้ง่าย และเหตุรำคาญต่าง ๆ เช่น กลิ่นเหม็น เสียงดัง อาจจะก่อให้เกิดความเครียดและอาจส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยทั้งทางด้านจิตใจและร่างกาย

การกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม โดยอาจเกิดจากความตั้งใจหรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็ได้ การกระทำโดยตรงที่สำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมที่เห็นอย่างชัดเจนในปัจจุบัน เช่น การปล่อยมลพิษออกสู่ชั้นบรรยากาศ การแย่งใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาซึ่งปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง การเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะอุตสาหกรรม พื้นที่ป่าลดน้อยลง เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศต่าง ๆ ที่สำคัญนำมาซึ่งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (global climate change) ดังนี้

(1) การลดลงและความเสียหายของทรัพยากรธรรมชาติ ปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติได้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ซึ่งความเสียหายเกิดขึ้นในสองลักษณะ ได้แก่ ประการแรกทรัพยากรธรรมชาติลดลงไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากถูกใช้ประโยชน์มากเกินศักยภาพทดแทนตามธรรมชาติ อีกทั้งยังใช้อย่างฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็นขาดความตระหนักว่า ทรัพยากรลดลงอย่างรวดเร็วจนส่งผลร้ายแรงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อม และประการที่สองคุณภาพของทรัพยากรลดลง เนื่องจากการนำมาใช้ประโยชน์ผิดวิธี การได้รับสารปนเปื้อนจากการกระทำของมนุษย์ หรือการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเอง

(2) สารต่าง ๆ ที่ปลดปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมของอุตสาหกรรมสามารถก่อให้เกิดมลพิษได้ประเภทมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง

(3) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและสภาวะโลกร้อน การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกอย่างรวดเร็ว การบริโภคที่เกินความจำเป็น การใช้ทรัพยากรไม่ถูกต้อง และการนำพลังงานฟอสซิลมาใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส โดยระบุว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ ยังมีการทำนายว่าอุณหภูมิโลกจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.4 ถึง 5.8 องศาเซลเซียส ในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 ซึ่งหากโลกกำลังร้อนขึ้นจริง จะเกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น ความไม่แน่นอนของฤดูกาล การลดลงของความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศเปลี่ยนไป ประชากรโลกกว่าหลายพันล้านคนต้องเผชิญกับภาวะขาดแคลนน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคบริโภคและเพื่อใช้ในการเกษตร

ปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก (climate change) เป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้น และสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่จะมีรูปแบบที่แน่นอน ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดลักษณะของภูมิอากาศ

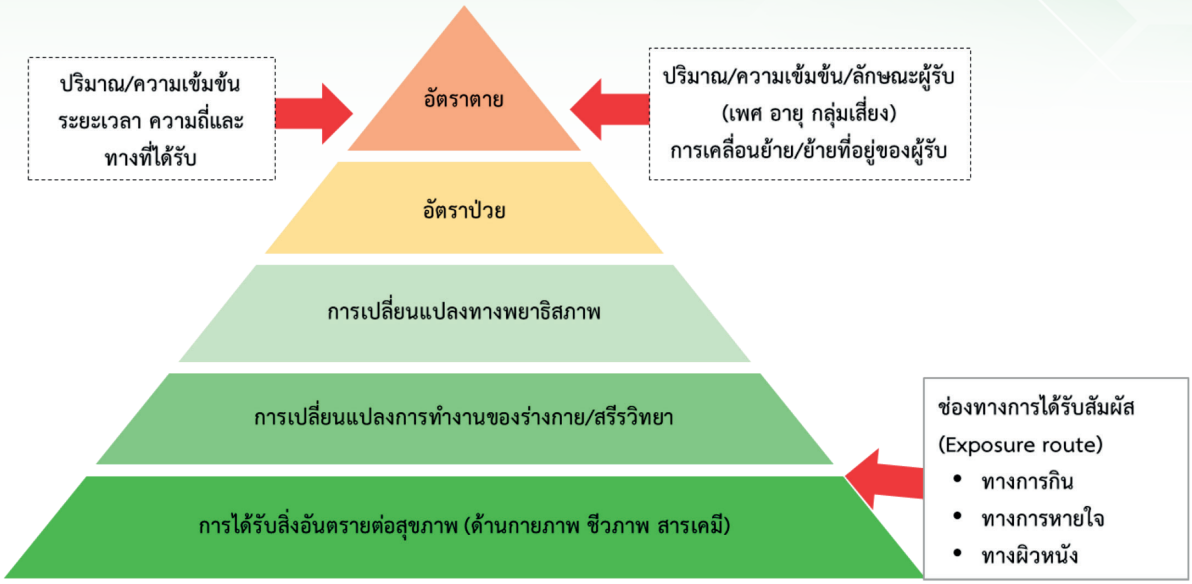
ที่แตกต่างกัน ได้แก่ เส้นรุ้ง (latitude) คุณสมบัติของพื้นดินและพื้นน้ำ (land and sea) ความกดอากาศ (atmospheric pressure) ลมและมวลอากาศ (wind and air mass) ความสูงของพื้นที่ (altitude) ภูเขา (mountain) กระแสน้ำ (current) และพายุต่าง ๆ (storm) ปัจจุบันมีสัญญาณของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศหลายประการที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิที่ร้อนขึ้น การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และเกิดภัยธรรมชาติบ่อยครั้งขึ้น เช่น ความแห้งแล้ง น้ำท่วม การเกิดคลื่นความร้อน การละลายของน้ำแข็งที่ขั้วโลก ระดับน้ำทะเลสูงเพิ่มขึ้น รูปแบบการติดเชื้อในมนุษย์เปลี่ยนแปลง

(4) การเกิดฝนกรด หมายถึง สภาวะที่ฝนมี pH ต่ำกว่า 5.6 ฝนกรดส่วนมากพบในบริเวณศูนย์กลางอุตสาหกรรม ได้แก่ ทวีปยุโรป อเมริกา ญี่ปุ่น และจีน ตะกอนกรดสามารถอยู่ในรูปของฝน หมอก หิมะ และมีผลกระทบต่อพืช สัตว์น้ำ และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ลมที่พัดแรงสามารถพัดพาอนุภาคกรดไปพื้นที่อื่นได้ไกลหลายร้อยกิโลเมตร ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของน้ำฝนเกิดจากมลพิษอากาศ 2 ประเภทหลักคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้เกิดกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ทำให้เกิดกรดไนตริก (HNO_3)

(5) ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้ประสิทธิภาพของดินต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคตลดลง รวมทั้งทำให้สูญเสียหน้าดินที่เป็นประโยชน์ และธาตุอาหาร อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร

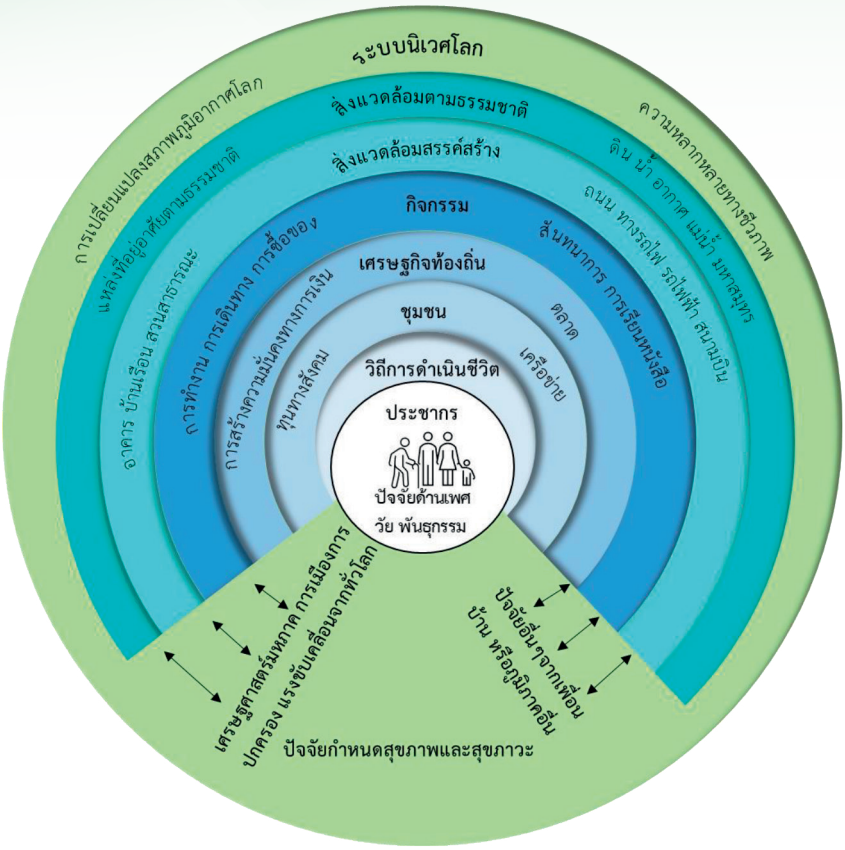
(6) การเกิดกากของเสียอุตสาหกรรม กิจกรรมต่าง ๆ ของภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือนก่อให้เกิดกากของเสียอุตสาหกรรม อาจเป็นทั้งกากอุตสาหกรรมอันตราย (hazardous waste) เช่น กรดกำมะถัน (กรดซัลฟูริก) กรดซัลฟูรัส โลหะออกไซด์ที่มีโลหะหนัก และกากอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย (non-hazardous waste) เช่น ของเสียที่มีกำมะถันเจือปน ตะกรันฟอสฟอรัส

(7) ผลกระทบทางลบต่อสุขภาพ ปัจจัยเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพ รวมสิ่งอันตรายจากภายนอกร่างกายทางกายภาพ สารเคมี ชีวภาพ และปัจจัยอันเนื่องจากพฤติกรรม ในทางทฤษฎีการอธิบายผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพสามารถทำได้ไม่ซับซ้อน อาทิ การบริโภคอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะจะทำให้เกิดอุจจาระร่วงได้ การหายใจฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีผลทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจและหลอดเลือด อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงมนุษย์เราไม่ได้รับสารชนิดเดียว หรือได้รับผ่านช่องทางเดียว ในทางกลับกันทุกวินาทีมีโอกาสได้รับสารอันตรายมากกว่าหนึ่งชนิด และในแต่ละชนิดสามารถผ่านเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าหนึ่งช่องทาง การบริโภค การหายใจ และการสัมผัสผ่านทางผิวหนัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ เกิดจากกิจกรรมมากมายของมนุษย์ อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพเป็นกระบวนการซับซ้อน อาจใช้เวลานานกว่าที่จะแสดงอาการของการเจ็บป่วย นอกจากนี้ ปลายทางของการได้รับสิ่งคุกคามสุขภาพไม่ว่าจะเป็นสารเคมี ชีวภาพ (เช่น เชื้อโรคต่าง ๆ) หรือทางกายภาพ (เช่น แสง เสียง ความร้อน รังสี) อาจจะเห็นผลชัดเจนต่อสุขภาพ (เกิดการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต) หรืออาจไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงโดยตรงก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 การตอบสนองของร่างกายต่อการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพ

ดังนั้นงานอนามัยสิ่งแวดล้อมด้านการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ จำเป็นต้องใช้ปัจจัยร่วมหลายปัจจัยในการคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ที่ไม่เฉพาะแต่อัตราป่วยและอัตราตายเท่านั้น องค์การอนามัยโลกได้อธิบายเรื่องปัจจัยที่จะใช้สำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรว่า ประกอบด้วยปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางสังคมและเศรษฐกิจ (Social and economic environment) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment) และคุณลักษณะและพฤติกรรมส่วนบุคคล (Person's individual characteristics and behaviors) โดยมีแนวคิดว่าปัจจัยกำหนดสุขภาพดังกล่าวมีความเชื่อมโยงกับการมีสุขภาพดีของพลเมือง เช่น รายได้ สถานภาพทางสังคม การศึกษา คุณภาพของสภาพแวดล้อม ที่อยู่อาศัย (เช่น มีน้ำสะอาด คุณภาพอากาศดี ที่อยู่อาศัยสะอาด ปลอดภัย เส้นทางคมนาคมในชุมชนเอื้อต่อการดำรงชีวิตที่ดี สภาพแวดล้อมที่ทำงานมีการจัดการที่ดี) ระบบสนับสนุนทางสังคมตั้งแต่ระดับครอบครัวจนถึงชุมชน วัฒนธรรมประเพณี และความเชื่อต่าง ๆ ในครอบครัวและชุมชน เอื้อต่อการมีสุขภาพที่ดี พันธุกรรมเป็นต้นทุนของมนุษย์ทุกคนทั้งในเรื่องอายุขัย ความแข็งแรง โอกาสที่จะเกิดโรคบางชนิด พฤติกรรมส่วนบุคคล บริโภคนิสัย ความสามารถในการเผชิญปัญหาและความเครียด การเข้าถึงระบบบริการสุขภาพต่าง ๆ มีผลต่อการป้องกันโรคและการรักษาความเจ็บป่วย เพศมีผลต่อสถานะสุขภาพในบางเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกับฮอร์โมนเพศ และช่วงอายุ ปัจจัยเหล่านี้รวมเรียกว่าปัจจัยกำหนดสุขภาพ (Health Determinants) ดังแสดงในภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 ปัจจัยกำหนดสุขภาพ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Whitehead and Dahlgren, 2006) และ Barton and Grant, 2006

บทที่ 2

การสุขาภิบาลน้ำดื่ม-น้ำใช้

น้ำเป็นต้นกำเนิดและมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งชีวิตไม่ว่าจะเป็น พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ โดยเฉพาะมนุษย์นั้น เราต้องใช้น้ำและมีความสัมพันธ์อยู่กับน้ำในชีวิตประจำวันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น การสุขาภิบาลน้ำดื่ม - น้ำใช้ จึงเป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

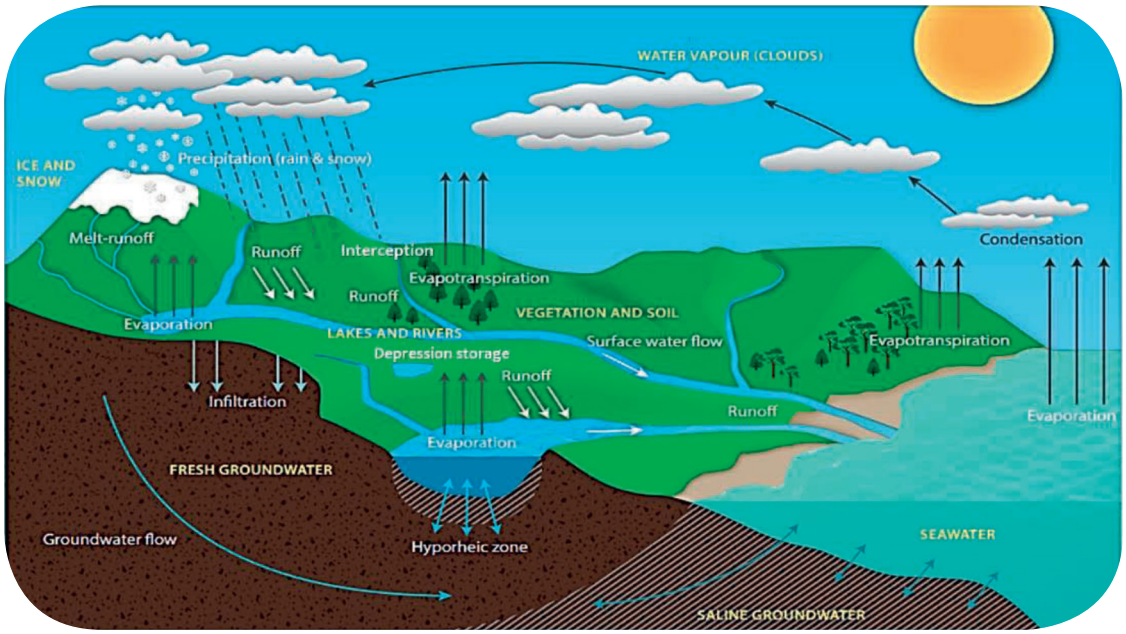
2.1 วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic Cycle)

น้ำปรากฏอยู่บนโลกใน 3 สถานะ คือ “น้ำ” ในสถานะของเหลว “น้ำแข็ง” ในสถานะของแข็ง และ “ไอน้ำ” ในสถานะก๊าซ โดยธรรมชาติแล้ว น้ำจะมีการหมุนเวียนจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในรูปแบบและสถานะต่าง ๆ กัน ซึ่งศาสตร์ที่ว่าด้วยการเกิดการเคลื่อนที่หมุนเวียน และการแผ่กระจายของน้ำบนพื้นผิวโลกและบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกคือ อุทกวิทยา (Hydrology)

วัฏจักรของน้ำเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำที่อยู่บนพื้นผิวโลกและน้ำในบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกที่เกิดขึ้นและดำเนินไปอย่างต่อเนื่องไม่จบสิ้น จากหลักการนี้น้ำในโลกจะไม่สูญหายไปไหนแต่จะหมุนเวียนอยู่ในวัฏจักร ซึ่งตามความจริงแล้ววัฏจักรของน้ำไม่มีจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดที่สิ้นสุด แต่เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงจะอธิบายวัฏจักรของน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่งจากภาพ เมื่อพิจารณาให้มีจุดเริ่มต้นที่แหล่งน้ำบนผิวโลก เช่น น้ำจากทะเล มหาสมุทร แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ เป็นต้น เมื่อน้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องกระทบผิวน้ำจะเกิดการระเหย (Evaporation) เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซคือ ไอน้ำ ลอยขึ้นสูงสู่ชั้นบรรยากาศ โดยอาจมีไอน้ำบางส่วน ซึ่งเกิดจากการคายน้ำของพืช (Transpiration) รวมอยู่ด้วย เมื่อไอน้ำเหล่านี้ลอยสู่ชั้นบรรยากาศเบื้องบนจะเย็นตัวลง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำรวมตัวกันมองเห็นเป็นกลุ่มหมอกหรือเมฆ (Condensation) และเมื่อมีการรวมตัวของเมฆใหญ่ขึ้นจนบรรยากาศรับน้ำหนักไม่ไหวจะลอยต่ำลงมาใกล้ผิวโลกมากขึ้น จึงถูกความร้อนที่ผิวโลกละลายทำให้เกิดการกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นผิวโลกในรูปแบบต่าง ๆ ของน้ำฟ้า (Precipitate) เช่น ฝน ลูกเห็บ หิมะ สำหรับประเทศในเขตโซนร้อน เช่น ประเทศไทย รูปแบบที่พบมากที่สุดของน้ำฟ้า ได้แก่ ฝน

เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดินน้ำฝนส่วนหนึ่งจะติดค้าง (Interception) อยู่ตามใบและลำต้นพืช ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณพืชปกคลุมดิน น้ำบางส่วนจะถูกขังอยู่ตามแอ่งน้ำหรือที่ลุ่ม (Depression Storage) หรือซึมอยู่ในผิวดินบริเวณที่ฝนตก (Soil Moisture) น้ำบางส่วนอาจซึมลึกลงไปในชั้นดินเบื้องล่าง (Infiltration) ทำให้เกิดการสะสมน้ำไว้ในชั้นดินหรือหินเกิดเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater Resources) ส่วนที่เหลือจะไหลอยู่บนผิวดินในรูปของน้ำท่า (Surface Runoff) ซึ่งไหลจากที่สูงลงที่ต่ำ และไหลไปรวมกันเกิดเป็น

แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water Resources) เช่น ห้วย แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล มหาสมุทร เป็นต้น โดยในที่สุดแล้ว การไหลของทั้งน้ำใต้ดินและน้ำท่าจะไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทร และเมื่อแหล่งน้ำบนผิวโลกได้รับความร้อน จะมีการเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอกลับสู่บรรยากาศอย่างเดิมอีก เกิดเป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันเช่นนี้ตลอดไป ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำเป็นทรัพยากรที่ไม่สูญหาย (Renewable)



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรของน้ำ (ดัดแปลงจาก IGRAC, 2021)

2.2 แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค

โลกมีพื้นผิวน้ำถึงร้อยละ 70 โดยที่เหลืออีกร้อยละ 30 หรือประมาณ 148 ล้านตารางกิโลเมตรเท่านั้น ที่เป็นผิวดิน แต่กระนั้นแหล่งน้ำที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภคกลับมีเป็นส่วนน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมด เนื่องจากประมาณร้อยละ 97 ของน้ำบนโลกเป็นน้ำในมหาสมุทร การนำน้ำจาก มหาสมุทรมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องกำจัดความเค็มซึ่งค่าใช้จ่ายสูง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 3 นั้น เป็นน้ำแข็งขั้วโลก ประมาณร้อยละ 2 ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีเพียงประมาณร้อยละ 0.62 เท่านั้น ที่เป็นน้ำจืดซึ่งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ประกอบด้วย น้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ และน้ำบาดาล (ร้อยละ 0.61) โดยสรุปประเภทของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค แบ่งเป็น 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำฟ้าในรูปของน้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) **น้ำฝนหรือน้ำจากบรรยากาศ (Rain Water or Precipitated Water)** หมายถึง น้ำทุกรูปแบบ ที่ตกลงจากชั้นบรรยากาศเบื้องบนสู่พื้นดิน เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ น้ำค้าง แต่ถ้าพิจารณาในด้านปริมาณน้ำ ที่ได้รับแล้ว จะพบว่ามีเพียงฝนและหิมะเท่านั้นที่มีปริมาณน้ำมากพอต่อแหล่งน้ำต่าง ๆ ประเทศไทยจะพบ เพียงฝนเท่านั้น คุณภาพของน้ำฝนโดยทั่วไปจัดว่าเป็นน้ำที่ใสสะอาดบริสุทธิ์ มีคุณภาพดีที่สุด ทั้งคุณภาพ ทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ โดยเฉพาะคุณภาพทางชีวภาพจะดีมาก กล่าวคือไม่พบจุลินทรีย์ถ้าไม่มี การปนเปื้อนจากภายนอก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกระบวนการเกิดฝนเป็นกระบวนการกลั่น (Distillation) ที่เกิดขึ้น

โดยธรรมชาตินั่นเอง น้ำฝนจึงสามารถนำมาอุปโภค บริโภคได้เลย โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำฝนจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของบรรยากาศในบริเวณที่ฝนตกด้วย เนื่องจากน้ำฝนเป็นน้ำอ่อนจึงมีคุณสมบัติในการละลายสิ่งต่าง ๆ ได้ดี อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำฝนขึ้นอยู่กับความสะอาดและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำหลังคา และภาชนะที่รองรับและเก็บกักน้ำฝนอีกด้วย

2) น้ำผิวดิน (Surface Water) หมายถึง น้ำที่ขังอยู่บนพื้นผิวโลกโดยเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำและถูกเก็บกักในส่วนของพื้นดินที่เป็นหลุมเป็นแอ่ง แหล่งน้ำผิวดินเพื่อการอุปโภค บริโภคที่สำคัญคือ แม่น้ำ ลำคลอง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบน้ำจืด สำหรับคุณภาพของน้ำผิวดิน โดยทั่วไปแล้วน้ำผิวดินจะมีคุณภาพทางกายภาพไม่ดีนัก มักจะมีความขุ่น มีรส กลิ่น และสีไม่ค่อยดี ทั้งนี้เนื่องจากน้ำผิวดินจะนำเอาอนุภาคต่าง ๆ บนพื้นดินทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ละลายเจือปนมาด้วย โดยคุณภาพทางกายภาพนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของแหล่งน้ำด้วย เช่น ในกรณีที่เป็นแหล่งน้ำเปิด (แม่น้ำ ลำคลอง) ซึ่งมีการไหลไม่อยู่นิ่ง ค่าความขุ่นของน้ำในแหล่งน้ำชนิดนี้มักจะสูงกว่าแหล่งน้ำปิด (อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ) ซึ่งแหล่งน้ำเหล่านี้จะอยู่นิ่งมากกว่า ทำให้เกิดการตกตะกอนของสารแขวนลอยบางส่วน ส่วนคุณภาพทางเคมีของน้ำผิวดินซึ่งมีผลมาจากการละลายของแร่ธาตุต่าง ๆ นั้น โดยทั่วไปจะมีปริมาณไม่สูงนัก หรือมีคุณภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำใต้ดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ซึ่งน้ำผิวดินนั้น ๆ ไหลผ่านมา สำหรับคุณภาพทางชีวภาพนั้นโดยทั่วไปแล้วน้ำผิวดินจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ค่อนข้างสูง เพราะน้ำผิวดินมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นอาหารอย่างดีของเชื้อจุลินทรีย์ จึงทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ฤดูกาลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินมากกว่าแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งตามปกติแล้วในฤดูฝนและฤดูร้อนน้ำผิวดินมักมีคุณภาพต่ำ โดยในฤดูฝนมีปริมาณน้ำมาก มีอัตราการไหลของน้ำสูง จึงเกิดการพัดพาอนุภาคต่าง ๆ ลงมาปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดินได้มาก ทำให้ความขุ่นของแหล่งน้ำสูงขึ้น สำหรับในฤดูร้อนปริมาณของน้ำผิวดินตามธรรมชาติจะลดลง ดังนั้นถ้ามีการปนเปื้อนของเสียต่าง ๆ จะทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงเนื่องจากเกิดการเจือจางน้อย

ดังนั้นการนำน้ำผิวดินมาใช้ในการอุปโภค บริโภค และใช้ในกิจการประปานั้น จำเป็นต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาด ปลอดภัยเสียก่อน แหล่งน้ำผิวดินซึ่งเป็นน้ำจืดมักนิยมใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา (โดยเฉพาะประปาขนาดใหญ่) มากกว่าแหล่งน้ำอื่น ๆ เนื่องจากมีปริมาณน้ำเพียงพอ ค่าใช้จ่ายสำหรับปรับปรุงด้านกายภาพและชีวภาพไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำทางด้านเคมี

3) น้ำใต้ดิน (Underground Water) หมายถึง น้ำที่แทรกซึมและถูกกักขังอยู่ตามช่องว่างของเม็ดดิน หิน กรวดหรือทรายซึ่งอยู่ใต้พื้นผิวโลก ต้นกำเนิดของน้ำใต้ดินคือ น้ำฝนที่ซึมลงผ่านดินและชั้นหินต่าง ๆ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำใต้ดินตามธรรมชาติสามารถแบ่งได้เป็น 2 อาณาเขต คือ เขตสัมผัสอากาศ (Zone of Aeration) และเขตที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of Saturation) โดยเขตสัมผัสอากาศ เป็นเขตที่มีปริมาณตั้งแต่ผิวดินลึกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน (Water table) น้ำในบริเวณนี้มักมีความลึกจากระดับผิวดินไม่มากนัก ปริมาณของน้ำใต้ดินในเขตนี้จะมีปริมาณไม่มากนัก และส่วนใหญ่จะแห้งในฤดูแล้ง ส่วนเขตอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นเขตที่มีบริเวณเริ่มตั้งแต่ชั้นดินต่อจากระดับน้ำใต้ดินลงไป น้ำที่อยู่ในเขตนี้ถูกเรียกว่า น้ำบาดาล (Ground Water) ซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำมากพอที่สำหรับนำไปใช้อุปโภค บริโภคในชุมชนหรือใช้ในกิจการประปา ด้วยเหตุนี้ตำราบางเล่ม เมื่อกล่าวถึงน้ำใต้ดินจึงหมายถึงน้ำบาดาลเป็นหลัก

คุณภาพของน้ำใต้ดินโดยทั่วไปจะมีคุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านชีวภาพดีกว่าแหล่งน้ำผิวดิน ทั้งนี้เนื่องจากได้ผ่านการกรองโดยชั้นตัวกลางธรรมชาติขณะที่ซึมลึกลงใต้ดิน ปริมาณสารแขวนลอยและค่าความขุ่นมักค่อนข้างต่ำ และไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคถ้าไม่มีการปนเปื้อนมาจากภายนอกในภายหลัง แต่คุณภาพทางด้านเคมีส่วนใหญ่ไม่ดีนักคือ มักมีความกระด้าง มีเหล็กและแมงกานีสสูง ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของชั้นน้ำนั้น ๆ นอกจากนี้คุณภาพของน้ำใต้ดินยังแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับว่า น้ำใต้ดินนั้นมาจากเขตสัมผัสอากาศหรือเขตอิ่มตัวด้วยน้ำ (น้ำบาดาล) กรณีที่เป็นเขตสัมผัสอากาศ คุณภาพทางด้านกายภาพและชีวภาพอาจไม่ดีนัก เนื่องจากผ่านการกรอง (Filtration) ทางธรรมชาติเป็นระยะทางน้อยกว่า ตัวอย่างของการนำน้ำใต้ดินในเขตนี้มาใช้คือ น้ำบ่อตื้น (Shallow Well) ที่นิยมขุดบ่อดังกล่าวในเขตชนบทเพื่อนำมาใช้ในครัวเรือน เนื่องจากมีปริมาณน้ำไม่มากนัก โดยทั่วไปน้ำใต้ดินซึ่งมาจากเขตอิ่มตัวด้วยน้ำ (น้ำบาดาล) มักไม่มีออกซิเจนละลายน้ำ แต่อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก และคุณภาพของน้ำดังกล่าวจะมีความแปรปรวนไปตามฤดูกาลน้อยกว่าแหล่งน้ำผิวดิน

ดังนั้นน้ำใต้ดินโดยเฉพาะน้ำบาดาล สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค และใช้ในกิจการประปา ทั้งนี้ต้องพิจารณาความเหมาะสมของการนำมาใช้ รวมทั้งความจำเป็นของการปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของน้ำบาดาลที่จะนำมาใช้ ซึ่งควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับคุณภาพทางด้านเคมี อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการนำน้ำใต้ดินมาใช้ประโยชน์นอกจากคุณภาพน้ำแล้วยังมีข้อจำกัดด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการสำรวจเพื่อให้รู้บริเวณและตำแหน่งของแหล่งน้ำใต้ดิน ความมั่นใจในปริมาณและอัตราการให้น้ำอย่างเพียงพอสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในระยะยาว งบประมาณในการพัฒนาแหล่งน้ำใต้ดิน รวมทั้งในปัจจุบันเกิดปัญหาทรุดตัวของพื้นดินขึ้นเป็นบริเวณกว้างซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการนำน้ำใต้ดินมาใช้ในปริมาณมาก ดังนั้นบางพื้นที่ทางราชการจึงมีการห้ามนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ เช่น พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

2.3 คุณภาพน้ำสำหรับอุปโภค บริโภค

การพิจารณาตัดสินใจเลือกแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภคให้เหมาะสม ปลอดภัยนั้น ขึ้นกับคุณภาพของแหล่งน้ำดิบ ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณภาพน้ำที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้ โดยจำแนกเป็น 3 ประเภทคือ คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ (Physical Quality) คุณภาพน้ำทางด้านเคมี (Chemical Quality) และคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ (Biological Quality)

1) ด้านกายภาพ คุณภาพทางกายภาพเป็นลักษณะทั่วไปของน้ำที่สามารถทราบได้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น การมองเห็นด้วยตา การดมกลิ่น และการลิ้มรส ตามความจริงแล้วคุณภาพทางด้านกายภาพของน้ำไม่ได้มีโทษโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ และสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธีที่ง่ายกว่าคุณภาพน้ำด้านอื่น ๆ แต่อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประชาชนไม่นิยมดื่มน้ำนั้น และกลับไปเลือกดื่มน้ำจากแหล่งอื่นที่มีคุณภาพทางกายภาพดีกว่า แต่อาจจะสกปรก มีเชื้อโรค หรือมีสารบางตัวที่เป็นอันตรายอยู่มากก็ได้ ดัชนีหรือพารามิเตอร์ (Parameter) ทางด้านภายภาพที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

(1) ความขุ่น (Turbidity) ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ (Suspended Mater) ไม่ว่าจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์หรือเป็นคอลลอยด์ (Colloid) เช่น พวกโคลน (Clay) ทรายแป้ง (Silt) แพลงค์ตอน (Plankton) โดยสิ่งเหล่านี้จะบดบังหรือทำให้แสงหักเห เมื่อมีแสงส่องผ่าน ทำให้มองเห็นความขุ่นในน้ำขึ้น ค่าความขุ่นของน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สังเกตเห็นได้ง่ายที่สุด จึงมีความสำคัญต่อทัศนคติในการเลือกอุปโภคบริโภคน้ำของผู้ใช้น้ำ การลดความขุ่นของน้ำจึงเป็นเป้าหมายหนึ่งของการผลิตน้ำประปา ค่าความขุ่นยังมีผลต่อปริมาณสารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำ ถ้าน้ำมีความขุ่นสูงจะทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีมากในการลดความขุ่น และทำให้เครื่องกรองอุดตันเร็ว อายุการใช้งานสั้น

(2) สี (Color) สีของน้ำตามธรรมชาติจะเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุ เช่น ต้นหญ้า พืชน้ำ หรือใบไม้ที่เน่าเปื่อยทับถมกัน จึงมีสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีชา ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นสารพวกแทนนิน (Tannin) กรดฮิวมิก (Humic Acid) นอกจากนี้ หากมีการปนเปื้อนน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสี น้ำมักจะมีสีตามน้ำทิ้งนั้น ๆ เช่น โรงงานฟอกย้อมสีผ้าต่าง ๆ ที่ปล่อยน้ำทิ้งออกมามีสีต่าง ๆ ทำให้น้ำในแหล่งน้ำมีสีเกิดขึ้น สีของน้ำแบ่งเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ สีปรากฏ (Apparent Color) คือ สีที่เกิดจากสารแขวนลอยต่าง ๆ และสีจริง (True Color) คือ สีที่เกิดจากสารละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำกำจัดออกไปได้ยาก สีชนิดนี้เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ถึงแม้ว่าสีที่เกิดโดยธรรมชาติจากการย่อยสลายของพืชต่าง ๆ จะไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ แต่มีผลต่อความรู้สึกของผู้บริโภค ซึ่งคนส่วนใหญ่จะเห็นว่าน้ำนั้นไม่บริสุทธิ์และอาจไม่ปลอดภัยจึงพยายามหาแหล่งน้ำอื่นแทน

(3) รสและกลิ่น (Taste and Odor) รสและกลิ่นของน้ำเกิดจากสารอินทรีย์วัตถุเป็นส่วนใหญ่ และอาจเกิดจากสารอนินทรีย์วัตถุบางตัวได้ กลิ่นในน้ำอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากสาหร่ายบางชนิดที่สามารถสร้างน้ำมันระเหย (Volatile Oil) ได้ เกิดจากการที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ แล้วเกิดก๊าซต่าง ๆ ซึ่งละลายในน้ำ เช่น ก๊าซไข่เน่า (H_2S) รวมทั้งอาจเกิดจากสารเคมีที่ใส่ลงไปฆ่าเชื้อโรคในระบบประปามากเกินไป เช่น กลิ่นของคลอรีนในน้ำ สำหรับรสในน้ำมักเกิดจากสารอนินทรีย์ เช่น สารประกอบพวกด่าง จะทำให้น้ำมีรสขม ในขณะที่เกลือของโลหะจะให้รสกร่อยหรือขม แล้วแต่ชนิดของโลหะกับเกลือ รสและกลิ่นในน้ำมักเป็นปัญหาโดยตรงต่อน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ทำให้น้ำนั้นไม่น่าดื่ม ไม่น่าใช้สอย

(4) อุณหภูมิ (Temperature) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ เนื่องจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิของอากาศ ปริมาณและระดับความลึกของน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำตื้นมากกว่าแหล่งน้ำที่ลึกกว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำตามแหล่งธรรมชาติอาจเกิดจากการได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าหรือโรงงานซึ่งมีการระบายน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำ อุณหภูมิของน้ำส่งผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและชีวภาพต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในน้ำ โดยทั่วไปอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ขีดความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซและเกลือแร่ มักเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก๊าซจะละลายน้ำได้น้อยลง ในขณะที่เกลือแร่ส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้มากขึ้น สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์จะเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้เมื่ออุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้มีความแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ

2) ด้านเคมี เกิดจากการละลายของสารประกอบต่าง ๆ ทั้งสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่เจือปนในน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก สารประกอบเหล่านี้สามารถทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปได้อาจทำให้น้ำนั้นไม่ปลอดภัยที่จะใช้ดื่ม เพราะสารบางชนิดอาจเป็นพิษต่อมนุษย์ได้ ดัชนีหรือพารามิเตอร์ทางด้านเคมี

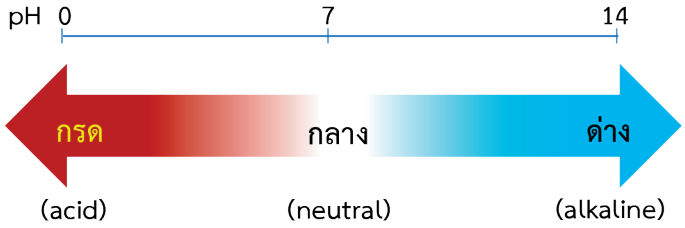
มีจำนวนพารามิเตอร์อยู่มาก ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะที่มีความสำคัญ โดยเน้นที่เกี่ยวข้องกับการสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้เป็นหลัก ดังต่อไปนี้

(1) ค่าความเป็นกรดด่างหรือค่าพีเอช (pH) ค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงระดับความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ โดยบอกเป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนในน้ำในสเกลลอกการิทึม ดังนี้

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

เมื่อ H^+ เป็นความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (โมล/ลิตร)

น้ำบริสุทธิ์จึงมีค่า pH = 7 ซึ่งเป็นกลาง (Neutral) ดังนั้น ถ้าน้ำใด ๆ มีค่า pH ต่ำกว่า 7 จะมีฤทธิ์เป็นกรด และถ้าสูงกว่า 7 จะมีฤทธิ์ เป็นด่าง ซึ่งสามารถสรุปค่า pH ได้ดังนี้



น้ำธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง คืออยู่ในช่วง 6.5-8.5 ยกเว้นน้ำที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ อาจมี pH ต่ำกว่า 5 ส่วนน้ำกระด้างที่มีคาร์บอเนตละลายอยู่อาจมี pH สูงกว่า 9 pH เป็นคุณภาพทางเคมีที่สำคัญมาก เนื่องจากค่า pH มีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและความสมดุลทางเคมีต่าง ๆ ในน้ำ ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจึงต้องมีการควบคุมค่า pH โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการที่มีการใช้สารเคมี เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมี การแก้น้ำกระด้าง การฆ่าเชื้อโรค นอกจากนี้ถ้าน้ำมีค่า pH ต่ำมากจะมีฤทธิ์ในการกัดกร่อน อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนท่อและอุปกรณ์ได้

(2) ความเป็นกรด (Acidity) หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะให้อนุมูลไฮโดรเจน (H^+) หรือคือปริมาณความต้องการด่างเข้มข้นในการทำให้น้ำเป็นกลาง ซึ่งบ่งชี้โดยใช้ค่าพีเอช จากความหมายดังกล่าวทำให้แบ่งความเป็นกรดได้ 2 ประเภท คือ

- ความเป็นกรดเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Acidity) ซึ่งพบเสมอในน้ำธรรมชาติทั่วไป เพราะเป็นผลของปฏิกิริยาระหว่าง CO_2 กับน้ำ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อน ทำให้น้ำธรรมชาติมักจะมีค่าพีเอชสูงกว่า 4.5
- ความเป็นกรดเนื่องจากกรดแร่ (Mineral Acidity) ส่วนใหญ่จะพบได้จากน้ำซึ่งมีการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้กรดแก่ต่าง ๆ เช่น กรดซัลฟุริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) ทำให้น้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.5 เสมอ

การนำน้ำที่มีความเป็นกรดจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียวมาบริโภคนั้น จะไม่เป็นอันตรายกับสุขภาพของมนุษย์แต่อย่างใด เช่น การดื่มโซดา หรือน้ำอัดลมซึ่งมีก๊าซ CO_2 อยู่มากกว่าที่มีในน้ำธรรมชาติหลายเท่า แต่ถ้าน้ำนั้นมีความเป็นกรดเนื่องจากกรดแร่ ไม่สมควรดื่มอย่างเด็ดขาด เพราะจะไปกัดทางเดินอาหารและกระเพาะทำให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ความเป็นกรดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเป็นด่างและค่าพีเอชของน้ำ และมีผลต่อกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น การตกตะกอนโดยใช้สารส้ม การแก้น้ำกระด้างโดยใช้วิธีไลม์ - โซดา

(3) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะรับอนุมูลไฮโดรเจน (H^+) หรือปริมาณความต้องการกรดเข้มข้นในการทำให้น้ำเป็นกลาง ซึ่งบ่งชี้โดยใช้ค่าพีเอช สาเหตุของความเป็นด่างของแหล่งน้ำธรรมชาติเกิดจาก

- เกลือของกรดอ่อน เช่น คาร์บอเนต (Carbonate) บอเรต (Borate) ฟอสเฟต (Phosphate) และซิลิเกต (Silicate) โดยส่วนใหญ่เกิดจากพวกไบคาร์บอเนต
- เบสแก่และเบสอ่อน ได้แก่ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ของแคลเซียม แมกนีเซียม โปแตสเซียม และโซเดียม สรุปได้ว่าความเป็นด่างของน้ำมีองค์ประกอบหลักคือ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้แปรเปลี่ยนตามค่าพีเอชของน้ำ โดยความเป็นด่างในน้ำธรรมชาติจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ความเป็นด่างในน้ำไม่มีโทษต่อสุขภาพของมนุษย์มากนัก แต่น้ำซึ่งมีค่าความเป็นด่างสูงจะมีรสชาติไม่น่าบริโภค ความเป็นด่างในน้ำเป็น Buffer ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมพีเอชของน้ำ ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้สารเคมี เช่น การตกตะกอนโดยใช้สารส้ม การแก้น้ำกระด้างโดยใช้วิธีไลม์ - โซดา

(4) ความกระด้าง (Hardness) น้ำกระด้างเป็นน้ำที่มีการละลายของอิออนของโลหะ ที่มีประจุบวกสองที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) อิออนดังกล่าวเมื่อทำปฏิกิริยากับสบู่ทำให้ฟองสบู่ที่เกิดขึ้นมีน้อยทำให้สิ้นเปลืองสบู่ ความกระด้าง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness หรือ Carbonate Hardness) ความกระด้างประเภทนี้เกิดจากเกลือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ของธาตุแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ละลายอยู่ การแก้หรือกำจัดความกระด้างชั่วคราวสามารถทำได้ด้วยการต้มน้ำ เพื่อให้เกิดตะกอนของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต
- ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness หรือ Noncarbonated Hardness) ความกระด้างประเภทนี้เกิดจากเกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) หรือเกลือคลอไรด์ (Cl^-) ของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม การแก้หรือกำจัดความกระด้างประเภทนี้ต้องใช้วิธีทางเคมีเท่านั้น เช่น กระบวนการไลม์ - โซดา

(5) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ตามปกติน้ำบริสุทธิ์ตามธรรมชาติจะมีค่า DO (ดีโอ) เท่ากับ 14.6 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 7.0 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเกิดได้จากการละลายของก๊าซออกซิเจนในอากาศหรือพืชน้ำทำการสังเคราะห์แสงให้ก๊าซออกซิเจนกับน้ำ นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำยังมีความสัมพันธ์กับความสกปรกที่เป็นอินทรีย์สารของน้ำอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าน้ำสกปรกมากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกใช้ไปทำลายสารอินทรีย์เหล่านั้นโดยแบคทีเรียซึ่งใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะลดต่ำลง หรืออาจกลายเป็นศูนย์แล้วแต่สภาพความสกปรกดังกล่าว

เนื่องจากพืชน้ำและสัตว์น้ำต่าง ๆ ต้องอาศัยออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในการดำรงชีวิต ค่า DO จึงมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตดังกล่าว นอกจากนี้ ค่า DO เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพของแหล่งน้ำต่าง ๆ เกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ แหล่งน้ำที่มีค่า DO ต่ำ หรือเป็นศูนย์ แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงหรือเป็นน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำอาจทำให้เกิดการกัดกร่อน การเกิดสนิมของเหล็กในระบบท่อน้ำหรือหม้อไอน้ำได้

(6) เหล็ก (Iron; Fe) และแมงกานีส (Manganese; Mn) เป็นแร่ธาตุที่พบได้โดยทั่วไปในดินและหินในรูปสารไม่ละลาย อย่างไรก็ตามในธรรมชาติ เหล็กและแมงกานีสสามารถเปลี่ยนเป็นรูปของสารละลายในน้ำได้ หากน้ำนั้นมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือมีสภาพเป็นกรด เหล็กเฟอร์ริก (Ferric: Fe^{3+}) ซึ่งอยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ จะถูกรีดิวส์เป็นเฟอรัส (Ferrous; Fe^{2+} ซึ่งสามารถละลายน้ำได้) ภายใต้สภาพที่ไร้อากาศ ทำนองเดียวกันแมงกานีส จะถูกรีดิวส์จากประจุ 4^{+} ซึ่งไม่ละลายน้ำเป็นประจุ 2^{+} ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายในน้ำได้ เช่นเดียวกัน รูปแบบของสารละลายเหล็กและแมงกานีสมักพบได้บ่อยในน้ำบาดาลและในน้ำชั้นล่างส่วนลึกของทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ น้ำซึ่งมีเหล็กและแมงกานีสอยู่จะไม่มีผลเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากนัก แต่จะเป็นสาเหตุของความน่ารังเกียจที่จะดื่มน้ำนั้น เช่น ทำให้น้ำมีรสขม ทำให้น้ำมีสีแดง น้ำตาลหรือดำ นอกจากนี้หากนำน้ำที่มีเหล็กและแมงกานีสมาใช้ในการซักล้างเสื้อผ้าจะทำให้เกิดรอยด่างบนเสื้อผ้า และเกิดคราบบนเครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ

(7) คลอไรด์ (Chloride; Cl) ปริมาณของคลอไรด์ในน้ำธรรมชาติมาจากหลายแหล่ง ได้แก่ คลอไรด์จากผิวดิน น้ำเสียของอาคารบ้านเรือน น้ำทะเล น้ำใต้ดินบริเวณที่มีเกลือสินเธาว์ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีคลอไรด์ เช่น โรงงานปลาป่น คลอไรด์จะส่งผลต่อความนิยมในการบริโภคน้ำ เนื่องจากน้ำที่มีคลอไรด์ประมาณ 250 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีรสกร่อยค่อนข้างเค็มซึ่งอาจทำให้ประชาชนไม่นิยมดื่ม

(8) ฟลูออไรด์ (Fluoride; F) ในธรรมชาติจะพบฟลูออไรด์ได้ในชั้นหินบางชนิด โดยทั่วไปปริมาณของฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำผิวดินมักมีค่าต่ำกว่าปริมาณความต้องการของร่างกาย แต่ในแหล่งน้ำบาดาลบางแห่งจะพบฟลูออไรด์ในปริมาณสูง ถ้าชั้นน้ำเป็นชั้นของหินชนวนหรือหินปูน ฟลูออไรด์เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการสร้างกระดูกและฟัน ดังนั้นน้ำที่มีฟลูออไรด์น้อยเกินไปอาจทำให้เกิดโรคฟันเปราะหรือหักง่าย แต่ถ้ามีฟลูออไรด์มากกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้เกิดฟันเป็นคราบหรือเป็นจุดดำ ๆ (Mottled Enamel หรือ Dental Fluorosis) โดยเฉพาะในเด็ก ปริมาณที่เหมาะสมที่ควรให้มีในน้ำดื่มคือประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตร

(9) ไนไตรท์ (Nitrite; NO_2) และไนเตรท (Nitrate; NO_3) ไนไตรท์และไนเตรทที่พบในน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ โดยไนไตรท์เกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการออกซิเดชันแอมโมเนียได้ไนไตรท์เป็นอันดับแรกก่อนที่จะกลายเป็นไนเตรท ไนเตรทจะมีผลต่อสุขภาพของเด็กอ่อนที่มีอายุต่ำกว่า 2 เดือน เพราะลำไส้เด็กในวัยนี้มีความเป็นกรดพอเหมาะกับความต้องการของแบคทีเรียประเภทไนเตรทรีดิวส์ซิ่งแบคทีเรีย (Nitrate Reducing Bacteria) ซึ่งเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ เมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดจะเข้าจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนได้สารประกอบสีน้ำเงิน อาจเกิดภาวะเด็กจะตัวเขียวคล้ำขาดอากาศหายใจและอาจตายในที่สุด เรียกกลุ่มอาการนี้ว่า โรคบลูเบบี (Blue Baby Syndrome หรือ Methemoglobinemia) นอกจากนี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติไนเตรทจะเป็นตัวกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า อัลกัลบลูมหรือสาหร่ายสะพรั่ง (Algal Bloom หรือ Eutrophication) ซึ่งมีผลเสียต่อแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

(10) โลหะหนักที่เป็นพิษ โลหะหนักบางชนิดเป็นพิษต่อมนุษย์ ที่สำคัญคือ ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม โครเมียม ซิลิเนียม ไซยาไนด์ โลหะหนักบางตัวอาจมีอยู่ได้ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดการปนเปื้อนจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และจากอุตสาหกรรม โลหะหนักเหล่านี้อาจส่งผลต่อสุขภาพ

(11) ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes; THMs) ไตรฮาโลมีเทน เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนหรือพวกฮาโลเจนอื่น ๆ เช่น โบรมีน กับกรดฮิวมิค (Humic Acid) และ กรดฟุลวิก (Fulvic Acid) หรือสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์อื่น ๆ THMs เป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ดังนั้นระบบประปาที่ใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ต้องพิจารณาให้ความสำคัญเกี่ยวกับผลของการเกิด THMs ด้วย

3) ด้านชีวภาพ สิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีผลต่อคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพที่สำคัญเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยสำหรับการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ต่อการอุปโภค บริโภค คือ กลุ่มจุลินทรีย์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

(1) จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic Microorganism) ที่สำคัญได้แก่ แบคทีเรียโปรโตซัว สาหร่ายหรือราบางชนิด นอกจากจะไม่ทำให้เกิดโรคแล้ว ยังมีส่วนช่วยย่อยสลายสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำด้วย การจัดการน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค มักไม่ต้องการให้มีจุลินทรีย์หรือให้มีจำนวนน้อยที่สุด

(2) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic Microorganism) มีอยู่หลายชนิด มีทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยจนถึงเสียชีวิต ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยแล้วจะต้องไม่มีจุลินทรีย์ประเภทนี้ในน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภค บริโภคเลย จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยมีน้ำเป็นสื่อที่สำคัญมี ดังนี้

- ไวรัส (Virus) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายพิเศษที่เรียกว่า กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope) ไวรัสที่อาจพบการแพร่กระจายในน้ำแล้วทำให้เกิดโรคในมนุษย์ เช่น ไวรัสตับอักเสบชนิดเอ (Hepatitis Virus Type A)
- แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดโตกว่าไวรัส สามารถมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา โรคที่เกิดจากแบคทีเรียที่มีน้ำเป็นสื่อที่สำคัญมีหลายโรค เช่น อหิวาตกโรค (Cholera) ซึ่งเกิดจาก *Vibrio cholerae* โรคบิด (Bacillary Dysentery) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย พวก *Shigella flexneri* หรือ *Shigella dysenteriae* (ดูเพิ่มเติมบทที่ 3)

- โปรโตซัว (Protozoa) โปรโตซัวที่ทำให้เกิดโรค เช่น Entamoeba histolytica Giardia lamblia
- หนอนพยาธิ (Helminth) เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ จัดเป็นพวกปรสิต (Parasite) เพราะต้องอาศัยอยู่บนหรือในร่างกายสิ่งมีชีวิตอื่น พยาธิที่ทำให้เกิดโรค เช่น โรคพยาธิไส้เดือนกลม (Ascariasis) ซึ่งเกิดจากพยาธิตัวกลมชนิด Ascaris lumbricoides

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะต้องสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้น ปัจจุบันมีพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพที่สำคัญและนิยมใช้อยู่ 3 พารามิเตอร์ซึ่งเป็นแบคทีเรียทั้งหมด ทำให้ตำราบางเล่มเรียกคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพนี้ว่าเป็นคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรีย ดังนี้

(1) การตรวจจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total Bacteria or Standard Plate Count) ซึ่งเป็นการตรวจวัดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นแล้วนับจำนวนกลุ่มหรือจุดเล็ก ๆ (Colony) ของแบคทีเรียที่เกิดขึ้น

(2) การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Index) ซึ่งเป็นการตรวจวัดจำนวนของแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม มีอยู่ 2 ชนิดที่สำคัญคือ *Escherichia coli (E.coli)* และ *Aerobacter aerogenes (A.aerogenes)* โดยที่ *E.coli* เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น ส่วน *A.aerogenes* นั้น มักอาศัยอยู่ในดินและพืช ดังนั้นการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ จึงไม่ได้เป็นการยืนยันได้อย่างแน่นอนว่าน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากของเสียของคนหรือสัตว์ การจะรู้ให้แน่ชัดลงไปควรทำการตรวจวิเคราะห์ Fecal Coliform หรือตรวจหา *E.Coli* โดยเฉพาะ

(3) การตรวจหาฟิคัลโคลิฟอร์ม หรืออีโคไล *E.coli* อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้น ถ้าตรวจพบ *E.coli* ในน้ำแสดงว่าน้ำนั้นมีอุจจาระปนเปื้อนอยู่อย่างแน่นอน ซึ่งอาจมีโอกาสที่จะมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดอื่นเจือปนอยู่ด้วยเช่นกัน จึงไม่ปลอดภัยต่อการนำมาอุปโภค บริโภค

2.4 น้ำสะอาดและปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำไม่สะอาด

ความหมายของคำว่า “น้ำสะอาด” จะให้ความสำคัญในด้านความปลอดภัยของสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ในการที่จะนำน้ำไปใช้อุปโภค บริโภคหรือใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะใช้ดื่ม หรือประกอบกิจกรรม เช่น ปรุงอาหาร ชำระร่างกาย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำสะอาด ในที่นี้หมายถึง น้ำดื่ม (Drinking Water or Potable Water) ซึ่งควรมีคุณภาพน้ำดังนี้ น้ำที่ปราศจากเชื้อโรค มีความใส ไม่มีความเค็ม ปราศจากส่วนประกอบซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและรส มีความเข้มข้นของสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ในระดับที่ยอมรับได้ (ทั้งในแง่ของพิษแบบเฉียบพลัน และแบบระยะยาว) ปราศจากสารเคมีซึ่งทำให้เกิดการกัดกร่อนต่อระบบประปาและสุขภัณฑ์ต่าง ๆ หรือทำให้เกิดรอยเปื้อนบนเสื้อผ้า โดยสรุปน้ำสะอาดหมายถึงน้ำที่ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสารพิษ หรือ กัมมันตรังสี ตลอดจนเชื้อโรคปะปนอยู่ หรือถ้าจะปะปนอยู่ได้ต้องไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนด

ปัญหาที่เกิดจากการใช้น้ำที่ไม่มีคุณภาพหรือใช้น้ำที่ไม่สะอาดในการอุปโภค บริโภค ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์โดยตรง ที่สำคัญคือ โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ (Water Borne Diseases) ซึ่งมีสาเหตุมาจากสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำ การแพร่ระบาดของโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อดังกล่าวข้างต้นนั้น มาจากสาเหตุ

หลายประการ เช่น การปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การเกิดอุทกภัย รวมทั้งกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบประปายังไม่ดีพอ นอกจากโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อแล้ว ยังมีโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับน้ำซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่

- โรคที่แพร่ผ่านทางสัตว์น้ำ พวกหอย ปู ปลา เช่น โรคพยาธิใบไม้ตับ โรคพยาธิใบไม้เลือด
- โรคที่แพร่ผ่านทางแมลงที่อาศัยน้ำเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ เช่น โรคไข้เลือดออก ไข้มาลาเรีย
- โรคที่แพร่ระบาดเนื่องจากการขาดแคลนน้ำสะอาด และสุขวิทยาส่วนบุคคลไม่ดีพอ เช่น โรคผิวหนัง โรคเหา

ปัญหาที่เกิดจากน้ำไม่สะอาด นอกจากส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยแล้ว ยังสร้างความเสียหายต่อผู้ใช้น้ำในแง่ของเศรษฐกิจอีกด้วย เช่น ในภาคอุตสาหกรรม การใช้น้ำที่มีความกระด้างสูงเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำสำหรับใช้กับหม้อไอน้ำ (Boiler) จะปรากฏเป็นตะกอน ตะกรัน ทำให้หม้อไอน้ำเดือดช้า สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น หรือทำให้หม้อไอน้ำอุดตันเกิดการระเบิดได้

2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

การพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ต้องเข้าใจคุณภาพน้ำทางด้านต่าง ๆ คุณลักษณะของน้ำสะอาดแล้วยังจำเป็นต้องทราบและเข้าใจถึงเรื่อง มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจด้วย มาตรฐานคุณภาพน้ำ (Water Quality Standard) หมายถึง ข้อกำหนดของคุณภาพน้ำที่ใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการใช้ต่าง ๆ โดยกำหนดเป็นกฎข้อบังคับจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะจากรัฐ ซึ่งในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดมาตรฐานของตัวเองขึ้นมา โดยทั่วไปการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำจะกำหนดไว้ดังนี้คือ มาตรฐานแหล่งน้ำ (Stream Standard) มาตรฐานน้ำทิ้ง (Effluent Standard) มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคหรือมาตรฐานน้ำดื่ม (Potable Water Standard or Drinking Water Standard) ซึ่งทั้ง 3 มาตรฐานจะมีความสัมพันธ์กัน เช่น ถ้าหากน้ำในแหล่งน้ำมีคุณภาพสะอาด ปลอดภัย แต่ไม่มีการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ลงไปในแหล่งน้ำดังกล่าว จะทำให้แหล่งน้ำนั้นสกปรก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำสะอาดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค ในเรื่องนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้ คือ มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ และที่สำคัญคือมาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค โดยจะกล่าวถึงมาตรฐานของประเทศไทยเป็นหลัก

1) มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน รวมทั้ง เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ปัจจุบันมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำของประเทศไทยกำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งออกประกาศไว้ 2 ฉบับ คือ มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญสำหรับการอุปโภคและบริโภค ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติดังกล่าวได้นิยาม คำว่า “แหล่งน้ำผิวดิน” หมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ภายในผืนแผ่นดิน ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ในผืนแผ่นดินบนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึง

น้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความถึง แหล่งน้ำที่อยู่ภายในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบ ปากแม่น้ำและปากทะเลสาบให้ถือแนวเขตตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด สำหรับวัตถุประสงค์ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน คือ

(1) เพื่อให้มีการจัดแบ่งประเภทแหล่งน้ำ โดยมาตรฐานระดับที่เหมาะสม และสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ

(2) เพื่อให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำและวิธีการตรวจสอบที่เป็นหลักสำหรับการดำเนินโครงการต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงแหล่งน้ำเป็นสำคัญ

(3) เพื่อรักษาคุณภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารให้ปราศจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น และได้แบ่งการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภท	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคและกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร
ประเภทที่ 4	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคและกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และการอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

การกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าวทั้ง 5 ประเภท และครอบคลุมทั้งคุณภาพด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านชีวภาพ รวมทั้งสิ้น 28 พารามิเตอร์ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก 1 นอกจากนี้ได้มีประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่องการกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำสายสำคัญตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย ดังนี้

ภาค	ข้อกำหนด
ภาคกลาง	การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก แม่น้ำปราจีนบุรี และแม่น้ำแม่กลอง
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำสงคราม แม่น้ำพอง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล และลำตะคอง
ภาคใต้	การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี แม่น้ำตาปี-คลองพุมดวง แม่น้ำปัตตานี และแม่น้ำปากพนัง
ภาคตะวันออก	การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำระยอง แม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด

การกำหนดประเภทของแหล่งน้ำในแม่น้ำแต่ละสาย ข้างต้นได้กำหนดเขตควบคุมคุณภาพน้ำเป็นบริเวณหรือช่วงกิโลเมตร จากปากแม่น้ำว่าแต่ละบริเวณมีคุณภาพน้ำอยู่ในประเภทของแหล่งน้ำใด ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ทางเว็บไซต์ http://www.pcd.go.th ของกรมควบคุมมลพิษ

2) มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภค

มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคหรือมาตรฐานน้ำดื่ม เป็นมาตรฐานน้ำที่สำคัญและเกี่ยวข้องโดยตรงต่อสุขภาพอนามัย ดังนั้นในการกำหนดมาตรฐานจึงต้องพิจารณาความปลอดภัยของสุขภาพอนามัยเป็นหลัก อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

(1) มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคของประเทศไทยในปัจจุบัน ถูกกำหนดออกมาจากหลายหน่วยงาน ซึ่งค่าที่กำหนดส่วนใหญ่คล้ายคลึงและใกล้เคียงกัน ในที่นี้จะนำมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทของกระทรวงสาธารณสุขมาเป็นตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 การแบ่งคุณภาพหรือคุณลักษณะของน้ำทั้งสามด้านคือ ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์หรือทางชีวภาพ ในแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำหรือพารามิเตอร์ได้กำหนดเกณฑ์อนุโลมสูงสุดหรือค่ามาตรฐานไว้ โดยหน่วยที่กำหนดความเข้มข้นสำหรับพารามิเตอร์ทางเคมีในที่นี้คือ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจพบหน่วยเป็นส่วนในล้านส่วนหรือพีพีเอ็ม (Parts Per Million: ppm) ซึ่งสำหรับดัชนีคุณภาพน้ำหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตรจะมีค่าเท่ากับ ppm

(2) มาตรฐานน้ำเพื่อการบริโภคของประเทศไทย นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีมาตรฐานอื่น ๆ เช่น มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก. 257-2549) ของกระทรวงอุตสาหกรรมซึ่งรายละเอียดของมาตรฐานดังกล่าวแสดงไว้ใน ภาคผนวกที่ 2

เกณฑ์มาตรฐานน้ำอุปโภคหรือน้ำใช้นั้น โดยทั่วไปแล้วระบบปรับปรุงคุณภาพสำหรับชุมชนหรือระบบประปามีวัตถุประสงค์หลักคือ ผลิตน้ำที่มีคุณภาพ สะอาด ปลอดภัยและเป็นการนำน้ำไปใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค โดยสรุปคือผลิตน้ำให้ได้มาตรฐานน้ำดื่ม ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพของน้ำประปาขึ้น

จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประปาที่สำคัญคือ เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ดังแสดงในตารางที่ 2.2 อย่างไรก็ตามมาตรฐานทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในอนาคตอาจมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความรู้ทางวิชาการที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งความพร้อมทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะที่บรรจุสนิท

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์อนุโลมสูงสุด)
ทางกายภาพ	1. สี (Color)	ฮาเซนยูนิต (Hazen)	20
	2. กลิ่น (Odour)	-	ไม่มีกลิ่น (ไม่รวมกลิ่นคลอรีน)
	3. ความขุ่น	ซิลิกาสเกลยูนิต (Silica Scale Unit)	5
	4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5 - 8.5
ทางเคมี	5. ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	500
	6. ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	มก./ล.	100
	7. สารหนู (As)	มก./ล.	0.05
	8. แบเรียม (Ba)	มก./ล.	1.0
	9. แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.005
	10. คลอไรด์ (Cl) (คำนวณเป็นคลอรีน)	มก./ล.	250.0
	11. โครเมียม (Cr)	มก./ล.	0.05
	12. ทองแดง (Cu)	มก./ล.	1.0
	13. เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.3
	14. ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05
	15. แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	0.05
	16. ปรอท (Pb)	มก./ล.	0.002
	17. ไนเตรท (NO_3-N) (คำนวณเป็นไนโตรเจน)	มก./ล.	4.0
	18. ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	0.001
	19. ซีลีเนียม (Se)	มก./ล.	0.01
	20. เงิน (Ag)	มก./ล.	0.05
	21. ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	250.0
	22. สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะที่บรรจุสนิท (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์อนุโลมสูงสุด)
ทางเคมี	23. ฟลูออไรด์ (F) (คำนวณเป็นฟลูออรีน)	มก./ล.	1.5
	24. อะลูมิเนียม (Al)	มก./ล.	0.2
	25. เอบีเอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มก./ล.	0.2
	26. ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	0.1
ทางชีวภาพ (จุลินทรีย์)	1. โคลิฟอร์ม (Coliform bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มล.	2.2
	2. อี.โคไล (E.Coli)	เอ็มพีเอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ
	3. จุลินทรีย์ทำให้เกิดโรค (Disease-causing bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ

ที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิทตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2524 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2534

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ด้านกายภาพ			
ความขุ่น (Turbidity)	เอ็นทียู	5.0	Nephelometry
สีปรากฏ (Apparent color)	แพลตตินัมโคบอลท์	15	Spectrophotometric-single-wavelength, visual comparison method
ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	6.5 - 8.5	Electrometric method
ด้านเคมีทั่วไป			
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids)	มก./ล.	500	TDS dried at 180°C, Gravimetric, Electrometric method
ความกระด้าง (Hardness)	มก./ล. (as $CaCO_3$)	300	EDTA titrimetric
ซัลเฟต (Sulfate)	มก./ล.	250	Turbidimetry, ion chromatography

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
คลอไรด์ (Chloride)	มก./ล.	250	Argentometry, ion chromatography
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล. (as NO_3^-)	50	Cadmium reduction, ion chromatography, spectrophotometry
ไนไตรท์ (Nitrite)	มก./ล. (as NO_2^-)	3	Cadmium reduction, ion chromatography, spectrophotometry
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	มก./ล.	0.7	on chromatography, SPADNS colorimetric method, ion-selective electrode
ด้านเคมี (โลหะหนัก)			
เหล็ก (Iron)	มก./ล.	0.3	AAS (flame), ICP, spectrophotometry
แมงกานีส (Manganese)	มก./ล.	0.3	AAS (flame), ICP, spectrophotometry
ทองแดง (Copper)	มก./ล.	1.0	AAS (flame), ICP, spectrophotometry
สังกะสี (Zinc)	มก./ล.	3.0	AAS (flame), ICP, spectrophotometry
ด้านเคมี (โลหะหนักที่เป็นพิษ)			
ตะกั่ว (Lead)	มก./ล.	0.01	AAS (graphite furnace), ICP
โครเมียมรวม (Total chromium)	มก./ล.	0.05	AAS (graphite furnace), ICP
แคดเมียม (Cadmium)	มก./ล.	0.003	AAS (graphite furnace), ICP
สารหนู (Arsenic)	มก./ล.	0.01	AAS (vapor generation technique), ICP, graphite furnace

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
ปรอท (Mercury)	มก./ล.	0.001	AAS (vapor generation technique), ICP, Automatic direct mercury analyzer
ด้านชีวภาพ			
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total coliform bacteria)	ต่อ 100 มล.	ไม่พบ	Presence-Absence Test
	เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มล.	น้อยกว่า 1.1	MPN method
อีโคไล *(Escherichia coli)*	ต่อ 100 มล.	ไม่พบ	Presence-Absence Test
	เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มล.	น้อยกว่า 1.1	MPN method

หมายเหตุ:

(1) วิธีวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์ ให้เลือกใช้อย่างใดอย่างหนึ่งในการตรวจวัด

(2) คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual Chlorine) กำหนดให้มีปลายเส้นท่อ 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

(3) วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed., 2017 APHA AWWA WEF

(4) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ (13 กรกฎาคม พ.ศ. 2563)

2.6 ปริมาณการใช้น้ำ การแปรผัน และการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน

การสุขาภิบาลน้ำดื่ม-น้ำใช้ นอกจากคำนึงถึงในเรื่องของคุณภาพน้ำคือจะต้องสะอาด ปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย และมีลักษณะที่น่าดื่มน่าใช้แล้ว ยังต้องคำนึงในเรื่องปริมาณน้ำ คือ ต้องจัดหาให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้

1) ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน

ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ชุมชนต้องการเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ภายในชุมชน ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะของกลุ่มกิจกรรมที่สำคัญได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

(1) การใช้น้ำสำหรับในที่พักอาศัย (Domestic Use) หมายถึง น้ำสำหรับการอุปโภค บริโภค หรือกิจกรรมในบ้านเรือน และอาคารที่พักอาศัย เช่น การใช้ดื่ม การหุงต้มประกอบอาหาร การใช้อาบ การใช้ซักล้าง การรดต้นไม้และผักสวนครัว การชำระและขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูล ปริมาณการใช้น้ำ หรืออัตราการใช้น้ำในที่พักอาศัยโดยเฉลี่ยจะมีความแตกต่างกันมากคือ อยู่ระหว่าง 40-300 ลิตรต่อคนต่อวัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น มาตรฐานการครองชีพ ความสะดวกในการใช้น้ำ

องค์การอนามัยโลกได้เคยทำการสำรวจหาปริมาณการใช้น้ำของประชาชนชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นค่าอัตราเฉลี่ยของการใช้น้ำไว้ดังนี้ ประชาชนในเขตชนบทใช้น้ำประมาณ 30-50 ลิตร/คน/วัน ในเขตชานเมืองใช้น้ำประมาณ 51-75 ลิตร/คน/วัน ในเขตเทศบาลใช้น้ำประมาณ 100-120 ลิตร/คน/วัน และในเขตนครหลวงใช้น้ำประมาณ 200 ลิตร/คน/วัน ขึ้นไป ในประเทศไทยอัตราที่ใช้สำหรับการคำนวณเพื่อผลิตน้ำประปา การประปาส่วนภูมิภาคใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 120 ลิตร/คน/วัน และการประปานครหลวงใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 200 ลิตร/คน/วัน

(2) การใช้น้ำสำหรับพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม (Commercial and Industrial Use) ได้แก่ การใช้น้ำสำหรับร้านค้า สำนักงาน โรงแรม ภัตตาคาร และสถานประกอบธุรกิจอื่น ๆ ซึ่งปริมาณการใช้น้ำประเภทนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและประเภทของกิจการ เช่น โรงภาพยนตร์มีอัตราการใช้เฉลี่ยประมาณ 10-20 ลิตร/คน/วัน โรงแรมมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 150-200 ลิตร/คน/วัน การใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมทุกชนิด เช่น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต น้ำหล่อเย็น น้ำล้างพื้นโรงงาน ดังนั้นปริมาณการใช้ประเภทนี้ จึงขึ้นอยู่กับประเภทหรือชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ปริมาณการผลิต รวมทั้งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิต เช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 300 ลบ.ม./ตันผลิตภัณฑ์ โรงงานผลไม้กระป๋องมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยประมาณ 12-15 ลบ.ม./ตันผลิตภัณฑ์

(3) การใช้น้ำสำหรับกิจการสาธารณะ (Public Use) หมายถึง การใช้น้ำเพื่อกิจการสาธารณะประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การล้างทำความสะอาดตลาด ส้วมสาธารณะ ถนน ท่อน้ำโสโครก การรดน้ำต้นไม้ของสวนสาธารณะและสวนหย่อม น้ำพุประดับ การดับเพลิง การใช้น้ำประเภทนี้มีปริมาณไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะขนาด และความหนาแน่นของชุมชน ชนิดและจำนวนของระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในชุมชนนั้น อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยสำหรับกิจการสาธารณะที่นิยมใช้อ้างอิงคือ อัตราเฉลี่ยที่ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เกณฑ์คือ 40 - 80 ลิตร/คน/วัน

(4) การสูญเสียน้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำที่จะต้องสูญเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น การรั่วไหลเนื่องจากท่อน้ำแตกหรืออุปกรณ์ประปาต่าง ๆ ชำรุด โดยปกติแล้วน้ำสูญเสียนี้จะมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20-30 ของปริมาณการผลิตน้ำทั้งหมด ปริมาณการใช้น้ำของแต่ละชุมชนอาจมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำที่สำคัญคือ สภาพภูมิอากาศ ฐานะทางเศรษฐกิจ และมาตรฐานการครองชีพ ราคาค่าน้ำและการติดตั้งมาตรวัดน้ำ การจัดบริการน้ำ ลักษณะและขนาดของชุมชน และประเภทของกิจกรรมในชุมชน

2) การแปรผันของปริมาณการใช้น้ำของชุมชน

ปริมาณการใช้น้ำของชุมชนโดยเฉพาะการใช้น้ำในที่พักอาศัย และได้กำหนดอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อคนต่อวัน (Daily Average; Q_{AV}) ไว้ ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยการใช้น้ำตลอดปี ทั้งนี้เนื่องมาจากตามความเป็นจริงแล้ว การใช้น้ำแต่ละวันของปีจะไม่เท่ากัน มีการแปรผันของปริมาณการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา เช่น ในฤดูหนาวประชาชนจะอาบน้ำน้อยลง อัตราการใช้น้ำจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แต่ในฤดูร้อนประชาชนจะอาบน้ำหรือใช้น้ำในการบรรเทาความร้อนมากขึ้น ทำให้อัตราการใช้น้ำสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาก

นอกจากปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันแตกต่างกันแล้ว ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละชั่วโมงของวันหนึ่ง ๆ ยังไม่เท่ากันอีกด้วย เช่น การใช้น้ำในที่พักอาศัย โดยสมาชิกในครอบครัวส่วนใหญ่จะออกจากบ้านแต่เช้าเพื่อไปทำงานหรือเรียน และกลับเข้าบ้านในตอนเย็น ดังนั้นการใช้น้ำจะมีอยู่เฉพาะในช่วงเช้าตรู่และหัวค่ำ

จากการผันแปรของปริมาณการใช้น้ำดังที่กล่าวข้างต้น ทำให้สามารถสรุปค่าประเมินการใช้น้ำที่เกี่ยวข้องกับการสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้ที่สำคัญ ดังนี้

(1) ปริมาณการใช้น้ำวันสูงสุด (Maximum Day; $Q_{max.day}$) ซึ่งหมายถึง ค่าปริมาณการใช้น้ำของวันที่มีการใช้น้ำมากที่สุด ใช้ค่านี้สำหรับการพิจารณาความเพียงพอของปริมาณน้ำของแหล่งน้ำ ซึ่งจะนำมาใช้กำหนดขนาดอัตราการผลิตของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ระบบประปา) การกำหนดขนาดของท่อส่งน้ำเข้าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำและการกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำแรงต่ำ (Low Lift Pump) ซึ่งใช้ส่งน้ำจากแหล่งน้ำดิบเข้าระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยหลักการแล้วอัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำวันสูงสุดต่อปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ($Q_{max.day}$: Q_{AV}) ของชุมชนจะอยู่ระหว่าง 1-2: 1 สำหรับการประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดค่าดังกล่าวไว้เท่ากับ 1.5: 1 สำหรับงานออกแบบประปาชนบท

(2) ปริมาณการใช้น้ำชั่วโมงสูงสุด (Maximum Hour; $Q_{max.hour}$) ซึ่งหมายถึง ค่าปริมาณการใช้น้ำของชั่วโมงที่มีการใช้น้ำมากที่สุด ใช้ค่าสำหรับการกำหนดขนาดของท่อในระบบท่อจ่ายน้ำ และขนาดเครื่องสูบน้ำแรงสูง (high Lift Pump) ซึ่งใช้ส่งน้ำเข้าระบบท่อจ่ายน้ำ อัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำชั่วโมงสูงสุดต่อปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ($Q_{max.hour}$: Q_{AV}) ของชุมชนจะอยู่ระหว่าง 2-3 : 1 โดยการประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดค่าดังกล่าวไว้เท่ากับ 2.25 : 1 สำหรับงานออกแบบประปาชนบท

3) การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน

การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชนมีความสำคัญคือ ทำให้ทราบปริมาณความต้องการใช้น้ำของชุมชนรวมทั้งหมดในอนาคต เพื่อเตรียมจัดหาน้ำสะอาดมาบริการให้เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชนเพื่อเตรียมจัดหาน้ำสะอาดหรือเตรียมกำหนดขนาดของระบบประปา โดยมีองค์ประกอบหลักซึ่งต้องนำมาพิจารณาคือ ช่วงเวลาการออกแบบ หรืออายุของระบบ (Design Period) การเพิ่มของประชากรในอนาคต (Future Population Growth) ปริมาณการใช้น้ำและการแปรผัน (Water Consumption and Variation in Water Demand) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ มีดังต่อไปนี้

(1) การคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชนในอนาคตเพื่อกำหนดขนาดของระบบประปาต้องกำหนดช่วงเวลาการออกแบบหรืออายุของระบบ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบประปาดังกล่าวสามารถรองรับความต้องการใช้น้ำได้พอดีในปีสุดท้ายของโครงการ ซึ่งการกำหนดช่วงเวลาดังกล่าว การออกแบบอาจเป็นแบบระยะสั้นหรือระยะยาว โดยพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

- อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์
- ความยากง่ายของการขยายหรือต่อเติมระบบ
- ปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นและการขยายพื้นที่บริการ
- ค่าของเงินและค่าเสื่อมราคา รวมทั้งอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (ในกรณีที่ต้องกู้เงินมาลงทุน)
- การทำงานของระบบในระยะแรก ๆ หรือในช่วงต้นของการออกแบบ ซึ่งช่วงนี้มักจะใช้งานได้ไม่เต็มกำลังความสามารถที่ได้ออกแบบไว้

ในประเทศไทยการประปาขนาดเล็กในชนบทซึ่งมีอัตราการผลิต 10-50 ลบ.ม./ชม. มักจะกำหนดช่วงเวลาการออกแบบประมาณ 10-15 ปี ส่วนการประปาของจังหวัดขนาดใหญ่และมีการขยายตัวสูง มักจะกำหนดช่วงเวลาการออกแบบเป็นแบบระยะคือประมาณ 20-30 ปี ซึ่งสามารถแบ่งช่วงงานเป็นระยะ (phase) ได้โดยอาจแบ่งเป็น 2 ระยะหรือ 3 ระยะ ก็ได้

(2) จำนวนประชากรในอนาคตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งในการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน โดยจำนวนประชากรจะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ ดังนั้นภายหลังจากการกำหนดช่วงเวลาการออกแบบแล้ว ต้องมีการคาดคะเนจำนวนประชากรในอนาคตจนถึงปีสุดท้ายของช่วงเวลาการออกแบบ การคาดคะเนประชากรนั้นนิยมใช้หลักการทางสถิติโดยอาศัยข้อมูลประกอบต่าง ๆ เช่น อัตราการเพิ่มของประชากรในอดีต ซึ่งวิธีในการคาดคะเนประชากรมีหลายวิธี เช่น แบบเลขคณิต แบบเรขาคณิต แบบอัตราเพิ่มลดลง แบบลีสสแควร์ แบบโลจิสติคเคิร์ฟ โดยในการเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้พิจารณาเป็นหลัก ในที่นี้จะขอกล่าวถึง เฉพาะแบบเลขคณิต และเรขาคณิต

- การคาดคะเนประชากรแบบเลขคณิต เป็นการคาดคะเนโดยมีสมมติฐานว่า อัตราการเพิ่มของประชากรมีค่าคงที่ หรือมีการเพิ่มของประชากรในแต่ละปีเท่ากันตลอดระยะเวลาที่คาดคะเน ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับการคาดคะเนในระยะสั้น และนิยมใช้กับชุมชนเก่าที่ผ่านการพัฒนามาแล้ว (ชุมชนที่มีการขยายตัวเต็มที่แล้ว) หรือชุมชนที่คาดการณ์ว่าจะมีการพัฒนาหรือขยายตัวไม่มากนัก การคำนวณหาจำนวนประชากรคำนวณได้จากสูตร

$$P_t = P_0 + Ka \cdot t$$

เมื่อ: P_t คือจำนวนประชากรในปีที่คาดคะเน P_0 จำนวนประชากรในปีปัจจุบัน K_a ค่าคงที่ของการขยายตัว และ t ช่วงเวลาจาก P_0 ถึง P_t

- การคาดคะเนประชากรแบบเรขาคณิต เป็นการคาดคะเนโดยมีสมมติฐานว่าอัตราการเพิ่มของประชากรสม่ำเสมอเป็นร้อยละต่อหนึ่งหน่วยเวลา วิธีนี้เหมาะสำหรับการคาดคะเนประชากรในระยะสั้นและนิยมใช้กับชุมชนใหม่ ซึ่งยังมีการพัฒนาหรือขยายตัวอีกมาก และมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตของชุมชนเป็นไปอย่างรวดเร็ว การคำนวณหาจำนวนประชากร คำนวณได้จาก สูตร

$$\ln P_t = \ln P_0 + K_g \cdot \Delta t$$
$$K_g = (\ln P_t - \ln P_0)/t$$

เมื่อ P_t คือ จำนวนประชากรในปีที่คาดคะเน P_0 จำนวนประชากรในปีปัจจุบัน K_g ค่าคงที่ของการขยายตัว และ t ช่วงเวลาจาก P_0 ถึง P_t

(3) ปริมาณการใช้น้ำและการแปรผัน สำหรับรายละเอียดขององค์ประกอบนี้ ได้กล่าวแล้วข้างต้นในการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำของชุมชน คำนวณได้จากอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อคนต่อวันคูณกับจำนวนประชากรที่คาดคะเนไว้ ดังนั้นต้องเลือกอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยให้เหมาะสำหรับแต่ละชุมชนด้วย

2.7 กระบวนการและระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

น้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาด ปลอดภัยก่อนนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการ หรือกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในงานสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำทางกายภาพ และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางเคมี จากนั้นจะกล่าวถึงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือกระบวนการทั้งหมด ในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางกายภาพ

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางกายภาพ (Physical Treatment Processes) เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยอาศัยกระบวนการทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ การต้ม การใช้ตะแกรง การเติมอากาศและการลดอากาศ การผสมเร็วและการรวมตะกอน การตกตะกอนและการกรอง ซึ่งรายละเอียดพอสังเขปในแต่ละกระบวนการ มีดังต่อไปนี้

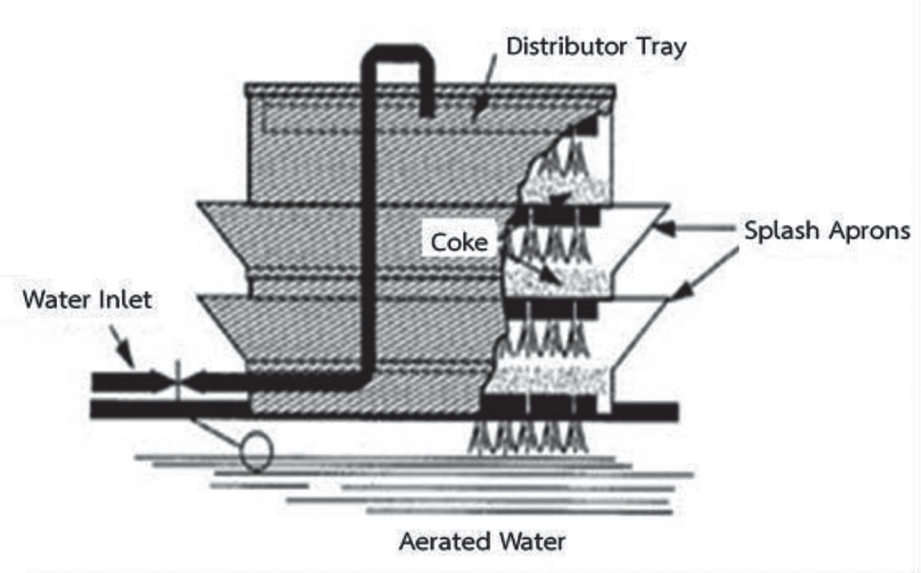
(1) การต้ม เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจมีปะปนมากับน้ำ โดยต้องต้มน้ำให้เดือดประมาณ 20 นาที จะช่วยทำลายเชื้อโรคและไข่หนอนพยาธิได้ อย่างไรก็ตามการต้มน้ำอาจเกิดผลพลอยได้ที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเคมีได้ เช่น กรณีที่น้ำที่นำมาต้มมีความกระด้างชั่วคราวอยู่ ความกระด้างในน้ำดังกล่าวจะหายไปเนื่องจากความร้อนในทางปฏิบัติการต้มน้ำให้เดือด เหมาะสมสำหรับน้ำดื่มในครัวเรือน และใช้ในยามฉุกเฉินที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดต่อทางน้ำ การต้มน้ำให้เดือดไม่เหมาะสมสำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับชุมชน เนื่องจากจะมีค่าใช้จ่ายพลังงานที่สูง

(2) การใช้ตะแกรง มักถูกใช้เป็นกระบวนการแรกของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยมักติดตั้งตะแกรงในจุดที่นำน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะจากแหล่งน้ำผิวดิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการอุดตันและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องสูบน้ำดิบ ระบบท่อ หรือระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำอื่น ๆ ที่จะตามมา ตะแกรงจะทำหน้าที่ดักของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้

(3) การเติมอากาศและการลดอากาศ การเติมอากาศเป็นกระบวนการทางกายภาพเกี่ยวกับการนำอากาศเข้าไปสู่มวลของน้ำ สำหรับการลดอากาศเป็นกระบวนการที่ตรงกันข้ามกับการเติมอากาศ หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ คือการนำอากาศออกจากมวลของน้ำ คำว่าอากาศในความหมายของการลดอากาศนี้หมายถึง ก๊าซต่าง ๆ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในกระบวนการทั้งสองแม้จะเรียกชื่อแตกต่างกัน แต่จะใช้อุปกรณ์เครื่องมือชุดเดียวกัน ซึ่งการเติมอากาศและการลดอากาศในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ ดังนี้

- กำจัดเหล็กและแมงกานีส โดยการเติมอากาศซึ่งมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบให้กับน้ำดิบ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้แม่เหล็กและแมงกานีสที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารละลายเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นของแข็งทำให้สามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย
- กำจัดก๊าซที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่เพิ่มความเป็นกรดในน้ำ ทำให้น้ำมีความกัดกร่อน นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังทำให้เหล็กอยู่ในรูปของสารละลายมากขึ้น ทำให้การกำจัดเหล็กยากมากขึ้นด้วย
- กำจัดกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำ กลิ่นและรสในน้ำเกิดจากสาเหตุหลายประการ การเติมอากาศสามารถกำจัดกลิ่นและรสได้เฉพาะที่มีสาเหตุมาจากสารระเหยได้ง่าย (สารที่สามารถระเหยเป็นไอได้ง่ายและกลายเป็นไอได้ง่ายและมีจุดเดือดต่ำ) ตัวอย่างของสารระเหยได้ง่ายนี้ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น

อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการเติมอากาศ และลดอากาศในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีอยู่หลายแบบ เช่น เครื่องเติมอากาศแบบกรวย หรือเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น (Cone Aerator or Multiple Tray Aerator) เครื่องเติมอากาศแบบไหลหลั่น (Casecade Aerator) เครื่องเติมอากาศแบบฉีดพ่นเป็นละออง (Spray Aerator) ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศขึ้นอยู่กับพื้นผิวของการสัมผัส และระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ เครื่องเติมอากาศแบบกรวยหรือเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 เครื่องเติมอากาศแบบกรวยหรือเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น (AWWA, 1984)

(4) การผสมเร็วและการรวมตะกอน (Rapid Mixing and Flocculation) เป็นกระบวนการทางกายภาพที่จำเป็นในการใช้ร่วมกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางเคมี เช่น การสร้างตะกอน (Coagulation) เพื่อกำจัดสารแขวนลอยและอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำ โดยจะมีการเติมสารเคมีเพื่อลดเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคที่แขวนลอยในน้ำ

วัตถุประสงค์ของการผสมเร็วคือ ทำให้สารเคมีที่เติมลงไปกระจายเข้ากับน้ำอย่างรวดเร็วและเป็นไปโดยทั่วถึง โดยทำการผสมหรือกวนน้ำอย่างรุนแรงเพื่อทำให้เกิดสภาพความปั่นป่วน (Turbulence) สำหรับการรวมตะกอนนี้ต้องปรับสภาพให้น้ำไหลในอัตราเร็วแตกต่างกัน เพื่อให้ตะกอนเข้าใกล้กันและกระทบกันเพื่อเกิดกลุ่มฟล็อก (Floc) ใหญ่ขึ้น จึงจำเป็นต้องกวนหรือผสมอย่างช้า ๆ ตำราบางเล่มจึงเรียกการรวมตะกอนนี้ว่า “การผสมช้า” (Slow Mixing)

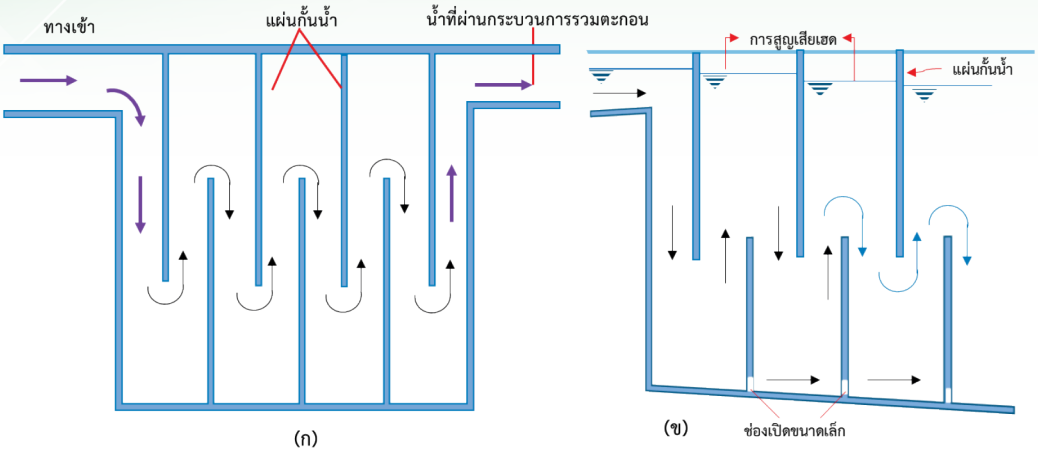
หลักการของการผสมดังกล่าว ได้ถูกนำไปปฏิบัติในครัวเรือนสำหรับชุมชนใกล้แหล่งน้ำผิวดินซึ่งมักมีความขุ่นสูงจะทำการแกว่งหรือกวนน้ำด้วยสารส้มในภาชนะบรรจุต่าง ๆ ซึ่งเป็นการผสมเร็วและการผสมช้านั่นเอง ก่อนจะปล่อยให้ตกตะกอนแล้วนำน้ำที่ใสข้างบนไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเครื่องมือที่ใช้ในการผสมทั้งการผสมเร็วและการผสมช้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชนิดใช้เครื่องจักร (Mechanical) ซึ่งต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก และชนิดใช้สภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic) ซึ่งไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก

(ก) เครื่องมือผสมเร็ว ชนิดใช้เครื่องจักรมีลักษณะเป็นมอเตอร์หมุนแกนในแนวตั้ง (Vertical Shaft) ที่ปลายแกนมีใบพัดติดอยู่เพื่อกวนน้ำ ใบพัดที่นิยมใช้ในการผสมเร็ว มีอยู่ 3 แบบ คือ แบบใบจักร (Propeller) แบบกังหัน (Turbine) และแบบใบพาย (Paddle) สำหรับเครื่องมือผสมเร็วชนิดใช้สภาพชลศาสตร์อาศัยหลักการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ ทำให้น้ำเกิดความปั่นป่วน โดยเครื่องมือที่นิยมใช้สำหรับการไหลของน้ำเป็นแบบรางเปิด (Open Channel) คือ พาร์แชลล์ฟลูม (Purshall Flume) และฝายหรือเวียร์ (Weir) เครื่องมือเหล่านี้จะทำให้เกิดน้ำกระโดด (Hydraulic Jump) สำหรับการไหลของน้ำเป็นแบบท่อปิด (Close Conduit) มักนิยมใช้การไหลผ่านรู (Orifice) หรือมาตรเวนจูรี่ (Venturi Meter) นอกจากนี้ เครื่องมือผสมเร็วโดยใช้สภาพทางชลศาสตร์ภายในท่อที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่งคือ เครื่องผสมสถิต (Static Mixer) ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียวติดอยู่ภายในท่อ ทำให้น้ำที่ไหลผ่านมีความปั่นป่วนได้เอง

(ข) เครื่องมือรวมตะกอนหรือผสมช้า ชนิดใช้เครื่องจักรมีลักษณะเช่นเดียวกับที่ใช้ในการผสมเร็ว แต่ความเร็วรอบในการหมุนของใบพัดจะต่ำกว่า แต่ที่นิยมใช้กันคือแบบใบพาย ซึ่งมีแกนหมุนตามแนวระนาบ (Horizontal) สำหรับชนิดใช้สภาพชลศาสตร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ แบบใช้แผ่นกั้นน้ำ (Baffled Channels) โดยจะบังคับน้ำให้ไหลวกวนไปมาด้วยแผ่นกั้นน้ำ มี 2 แบบด้วยกันคือ แบบไหลในแนวระนาบ (Horizontal Baffled Channels) เป็นการบังคับน้ำให้ไหลวกวนในแนวราบ และแบบไหลในแนวระดับ (Vertical Baffled Channels) เป็นการบังคับน้ำให้ไหลวกวนในแนวดิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ประสิทธิภาพของเครื่องมือเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- ความปั่นป่วนของน้ำหรือระดับของการผสม ซึ่งวัดเป็นค่าความเร็วแกนเดียนท์ (Velocity Gradient; G) โดยในการผสมเร็วจะต้องมีค่า G หรือมีระดับความปั่นป่วนสูง (มีค่า G ประมาณ 700-1,500 วินาที$^{-1}$) ส่วนการผสมช้าจะมีค่า G หรือมีระดับความปั่นป่วนต่ำกว่า การผสมเร็วมาก (มีค่า G ประมาณ 10-70 วินาที$^{-1}$)
- เวลาในการผสม การผสมเร็วจะใช้เวลาสั้นคือประมาณ 1 นาที หรือน้อยกว่านั้น สำหรับการรวมตะกอนหรือผสมช้า ระยะเวลาในการผสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 20-50 นาที



ภาพที่ 2.3 ถังผสมช้าแบบแผ่นกั้นน้ำ (ก) แนวราบ (ข) แนวดิ่ง (Ken Ives, 2021)

(5) การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นกระบวนการทางกายภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกอนุภาคของแข็งออกจากน้ำ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สำหรับในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถใช้กระบวนการนี้ได้ 2 วิธีหลัก คือ การตกตะกอนจมตัวเอง (Plain Sedimentation) และการตกตะกอนหลังการเติมสารเคมี (Sedimentation Following Chemical Addition)

การตกตะกอนจมตัวเองใช้ในการกำจัดของแข็งที่ตกตะกอนได้ง่าย โดยไม่มีการเติมสารเคมี แต่อาศัยน้ำหนักของอนุภาคของแข็ง และแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลัก การตกตะกอนจมตัวเองนี้นิยมใช้เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพขั้นเตรียมการ และเรียกว่าเป็นการตกตะกอนขั้นแรก (Pre-sedimentation) กระบวนการนี้มักถูกใช้เป็นกระบวนการเริ่มต้นเพื่อลดปริมาณของแข็งก่อนจะเข้ากระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำลำดับต่อไป การตกตะกอนจมตัวเองนี้อาจเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ เช่น ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หรืออาจสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น

การตกตะกอนหลังการเติมสารเคมี เป็นการตกตะกอนที่มีการปรับสภาพหรือการเติมสารเคมีก่อนเพื่อที่ทำให้ของแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำหนักมากขึ้น และตกตะกอนได้ง่ายขึ้น เช่น การเติมสารส้มเพื่อกำจัดความขุ่น การเติมปูนขาวและโซดาแอซในกระบวนการไลม์-โซดา เพื่อกำจัดความกระด้าง กระบวนการตกตะกอนวิธีนี้จะอยู่หลังกระบวนการผสมเร็ว ผสมช้า และอยู่ก่อนกระบวนการกรอง ถังตกตะกอนสามารถแบ่งชนิดได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับการใช้เกณฑ์ในการแบ่งชนิด ในกรณีที่ใช้รูปทรงของถังเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดซึ่งแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Tank) ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Tank) และถังกลม (Circular Tank) ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการที่สำคัญคือ

- อัตราน้ำล้นผิว (Surface Loading) ซึ่งคำนวณได้จากอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ถังตะกอน (ลบ.ม./วัน) หารด้วยพื้นที่ผิวของถังตกตะกอน (ตร.ม.) ซึ่งโดยทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 20-30 ลบ.ม./วัน - ตร.ม. สำหรับการกำจัดความขุ่นด้วยสารส้ม
- เวลากักพัก (Detention) ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่น้ำถูกกักขังในถังตกตะกอน สำหรับในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ระยะเวลากักพักของถังตกตะกอนมักนิยมใช้ในช่วง 2-4 ชั่วโมง

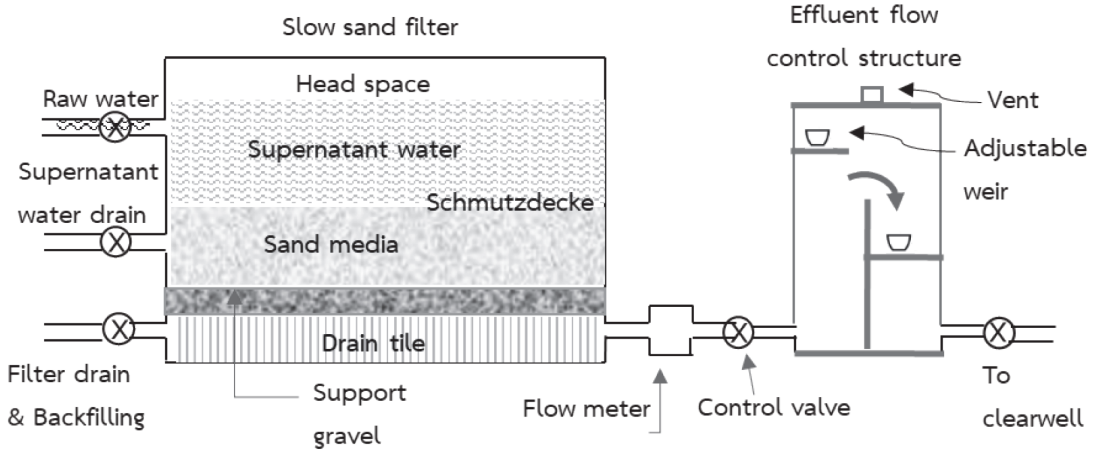
(6) การกรอง (Filtration) มีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อกำจัดสารแขวนลอยขนาดเล็กออกจากน้ำ ตัวอย่างของสารแขวนลอยเหล่านี้ เช่น อนุภาคของดินตะกอน จุลินทรีย์ ฟล็อกของอนุภาคจากกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอน หรือจากกระบวนการสร้างตะกอน รวมตะกอน และตกตะกอน (โดยภายหลังจากการตกตะกอนอาจมีฟล็อกของอนุภาคบางส่วนหลุดออกมา) การตกตะกอนผลึก (Precipitate) เช่น หินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) ที่เหลือจากกระบวนการกำจัดความกระด้างด้วยปูนขาว และตะกอนผลึกของเหล็กและแมงกานีส การพิจารณาปริมาณสารแขวนลอยในน้ำสำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะเกี่ยวกับการกรองนี้นิยมใช้การวัดค่าความขุ่น (Turbidity) เนื่องจากสามารถตรวจวัดได้สะดวก

ลักษณะของการกรองน้ำโดยทั่วไปเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ การกรองแบบติดผิวตัวกรอง (Surface Filtration) เป็นการกรองที่น้ำไหลผ่านตัวกรองและสารแขวนลอยจะถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวตัวกรอง โดยตัวกรองนี้อาจเป็นผ้า แผ่นใยสังเคราะห์ แผ่นโลหะหรือแท่งกรอง และการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง เป็นการกรองที่พบได้ทั่วไปและใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ การกรองลักษณะนี้ น้ำจะไหลผ่านเม็ดวัสดุ (Granular Material) ซึ่งเรียกว่า สารกรอง (Filter Media) ตัวอย่างของสารกรองเหล่านี้ เช่น ทราย แอนทราไซต์ ถ่าน แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ ทราย และเนื่องจากขนาดของสารกรองมักมีขนาดใหญ่กว่าช่องเปิดของการออกแบบกรองแบบติดผิวตัวกรอง ดังนั้นสารแขวนลอยหรือความขุ่นจึงมีโอกาสแทรกเข้าไปภายในชั้นกรองได้ ในที่นี้จะขอกล่าวเน้นเฉพาะการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง เนื่องจากการกรองชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

เครื่องกรองน้ำ สามารถแบ่งได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับการใช้เกณฑ์ในการแบ่งประเภท เช่น ใช้ชนิดของสารกรองเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง สามารถแบ่งประเภทได้ ดังนี้ เครื่องกรองทราย (Sand Filter) เครื่องกรองแอนทราไซต์ (Anthracite Filter) เครื่องกรองถ่าน (Carbon Filter) เครื่องกรองแบบสองชั้น (Dual Media Filter) เครื่องกรองแบบสามชั้นหรือกรองมากกว่า (Mixed Media Filter) หรือถ้าใช้อัตราการกรองเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ เครื่องกรองช้า (Slow Filter) เครื่องกรองเร็ว (Rapid Filter) เครื่องกรองอัตราการกรองสูง (High Rate Filter) หรือถ้าใช้ทิศทางการไหลของน้ำผ่านชั้นสารกรองเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ แบบไหลลง (Downflow Filter) แบบไหลขึ้น (Upflow Filter) แบบไหลสองทาง (Biflow Filter) หรือถ้าใช้แรงดันของน้ำที่ไหลผ่านชั้นกรองเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งประเภทแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity filter) และแบบใช้ความดัน (Pressure Filter)

ตัวอย่างการแบ่งประเภทดังกล่าวข้างต้นนั้น ไม่ใช่การแบ่งที่แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด เครื่องกรองประเภทหนึ่งอาจแบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์ ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องทรายกรองช้าถ้าใช้ชนิดของสารกรองเป็นเกณฑ์จะถูกแบ่งเป็นประเภทเครื่องกรองทราย ถ้าใช้อัตราการกรองเป็นเกณฑ์จะถูกแบ่งเป็นประเภทเครื่องกรองช้า ถ้าใช้ทิศทางการไหลของน้ำผ่านชั้นสารกรองเป็นเกณฑ์จะถูกแบ่งเป็นแบบไหลลง และถ้าใช้แรงดันน้ำที่ไหลผ่านชั้นสารกรองเป็นเกณฑ์จะถูกแบ่งเป็นแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลก เนื่องจากเครื่องกรองมีใช้กันอยู่หลายประเภท ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของเครื่องกรองที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องทรายกรองช้า (Slow Sand Filter) เครื่องทรายกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) และเครื่องทรายกรองภายใต้ความดัน (Pressure Sand Filter) ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

(ก) เครื่องทรายกรองช้า เป็นเครื่องกรองทรายที่มีการใช้งานในยุคแรก เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ประกอบด้วย ชั้นทรายกรองละเอียดหนาประมาณ 1 เมตร โดยขนาดของทรายกรองมีขนาดสัมฤทธิ์ (Effective Size) ประมาณ 0.25-0.3 มิลลิเมตร และค่าสัมฤทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) ประมาณ 2-3 รองรับชั้นทรายกรองด้วยชั้นกรวดหนาประมาณ 30 เซนติเมตร น้ำจะไหลผ่านชั้นทรายในอัตราการกรองที่ต่ำคือ อยู่ในช่วงประมาณ 0.04-0.4 ลบ.ม/ชม.-ตร.ม. กลไกการทำงานของเครื่องทรายกรองช้า จะเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าทราย ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ขนาดของทรายที่ละเอียด ซึ่งทำให้สารแขวนลอย เช่น ดินเหนียว สารคอลลอยด์อินทรีย์ถูกกักอยู่บนผิวทราย รวมทั้งแบคทีเรีย หรือจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้เจริญเติบโตแพร่กระจายหนาแน่นอยู่บนผิวหน้าทราย เป็นชั้นเมือกชีวภาพบาง ๆ เรียกว่า สมูทซ์เด็คเค (Schmutzdecke) โดยชั้นเมือกชีวภาพนี้จะทำหน้าที่เป็นกลไกที่สำคัญในการกรอง การใช้เครื่องทรายกรองช้าให้มีประสิทธิภาพ จึงมีช่วงระยะเวลาที่ต้องรอให้เกิดชั้นเมือกชีวภาพซึ่งต้องใช้เวลา 6 ชั่วโมง ถึง 2 สัปดาห์ แต่โดยทั่วไปประมาณ 2 วัน อัตราการกรองต่ำด้วยกลไกการกรองที่ต้องอาศัยชั้นเมือกชีวภาพที่ผิวหน้าทราย ทำให้ตำราบางเล่ม ได้จัดให้เครื่องทรายกรองช้าเป็นเครื่องกรองที่มีลักษณะการกรองแบบติดผิวตัวกรองชนิดหนึ่ง แม้ว่าจะใช้ชั้นสารกรองเป็นชั้นทรายก็ตาม เครื่องทรายกรองช้าไม่ต้องมีกระบวนการสร้างตะกอน การรวมตะกอนและการตกตะกอน และไม่ต้องมีระบบล้างย้อน (Back Wash) เพื่อล้างชั้นทรายสกปรกมากแล้ว การทำความสะอาดชั้นทรายจะนำทรายที่สกปรก ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวหน้าด้านบนมาล้างนอกเครื่องกรอง ความหนาของชั้นทรายที่ตักออกมาล้างแต่ละครั้งจะอยู่ระหว่าง ครึ่งนิ้ว - 2 นิ้ว จากผิวบนแล้วเติมทรายที่สะอาดลงไปแทนในเครื่องกรอง



ภาพที่ 2.4 รูปตัดของเครื่องทรายกรองช้า

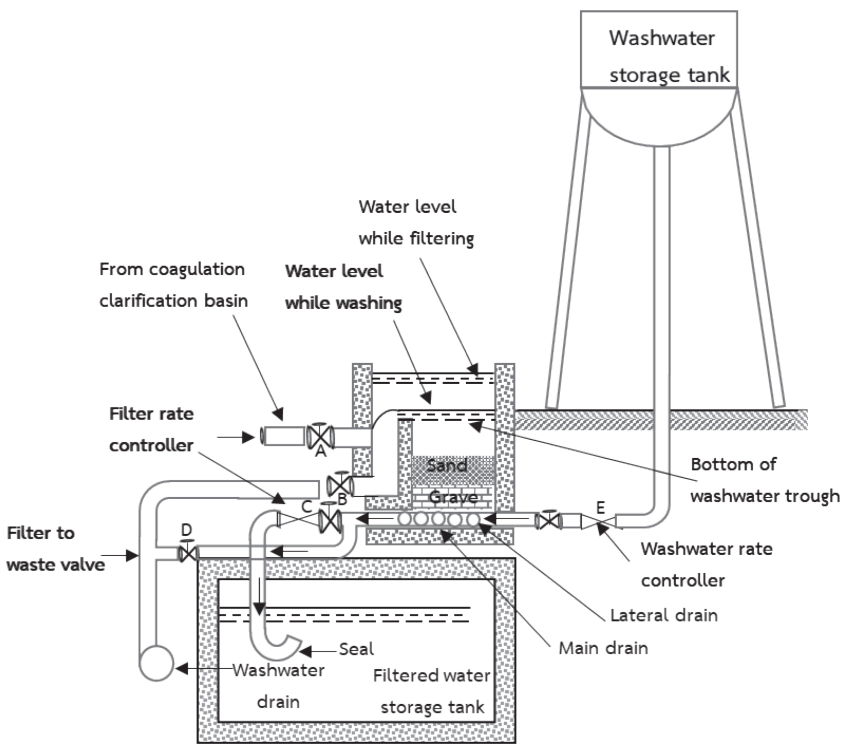
ที่มา : American Water Works Association (2011)

ข้อได้เปรียบของเครื่องทรายกรองช้าคือ เป็นเครื่องกรองที่ใช้เครื่องจักรกลน้อย ทำให้การออกแบบก่อสร้างไม่ยุ่งยากไม่ต้องใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างและรวมตะกอน การควบคุมเครื่องกรองกระทำได้ง่ายโดยไม่ต้องการผู้มีความรู้และทักษะมากนัก จึงเหมาะสำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในชนบท นอกจากนี้ข้อได้เปรียบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของเครื่องทรายกรองช้าคือ มีประสิทธิภาพในการกรองทั้งสารแขวนลอยและจุลินทรีย์ได้ประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 อีกด้วย

อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของเครื่องทรายกรองช้ามีอยู่หลายประการด้วยกัน คือ ความขุ่นของน้ำที่เข้าเครื่องกรองต้องต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมใช้กับน้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 50 หน่วย มิเช่นนั้นการอุดตันของเครื่องกรองจะมากทำให้ช่วงเวลาการทำงานของเครื่องกรองสั้น พื้นที่ใช้ในการก่อสร้างเครื่องกรองต้องใช้พื้นที่มาก จึงเหมาะสำหรับในพื้นที่ที่ราคาที่ดินไม่สูง การนำทรายมาล้างนอกเครื่องกรองทำให้ต้องหยุดเครื่องกรองนาน (สร้างชั้นเมือกชีวภาพค่อนข้างนาน) เครื่องทรายกรองช้านอกจากจะใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับชุมชนแล้ว ยังอาศัยหลักดังกล่าวโดยย่อส่วนให้มีขนาดเล็กสำหรับใช้เป็นที่กรองน้ำระดับครัวเรือนในชนบทได้

(ข) เครื่องทรายกรองเร็ว เป็นเครื่องกรองที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมาก โดยเฉพาะในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับชุมชนที่ใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยปกติเครื่องทรายกรองเร็วจะถูกใช้ร่วมในกระบวนการที่สร้างตะกอน การรวมตะกอน และการตกตะกอนก่อน ที่เรียกว่า ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป ภาพที่ 2.5 แสดงรูปตัดเครื่องทรายกรองเร็ว ซึ่งประกอบด้วยชั้นทรายกรองหนาประมาณ 60-80 เซนติเมตร (โดยทั่วไปใช้ทรายขนาดสัมฤทธิ์ ประมาณ 0.5-0.7 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอประมาณ 1.5) ต่อจากชั้นทรายกรองรองรับด้วยชั้นกรวดหนาประมาณ 15-45 เซนติเมตร และระบบท่อรับน้ำกรอง นอกจากนี้จะมีรางระบายน้ำล้างอีกด้วย

โดยทั่วไปเครื่องทรายกรองเร็วจะมีอัตราการกรองในช่วง 5-10 ลบ.ม./ชม.-ตร.ม. จะเห็นได้ว่าเป็นอัตราการกรองที่สูงกว่าเครื่องทรายกรองช้าหลายสิบเท่า ขณะทำการกรองน้ำจะไหลจากบนลงล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อทำการกรองจนกระทั่งเกิดการอุดตันของชั้นกรองระดับหนึ่งหรือคุณภาพน้ำไม่ดี ควรล้างย้อนเพื่อทำความสะอาดชั้นทรายกรอง การล้างย้อนจะกระทำในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการกรอง คือ ปล่อยน้ำให้ไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนทำให้สารกรองเกิดการขยายตัวทำให้มีช่องว่างเพิ่มขึ้น เพื่อให้ความขุ่นหรือสารแขวนลอยที่ติดค้างอยู่ภายในชั้นกรอง สามารถหลุดออกไปกับน้ำล้างย้อน

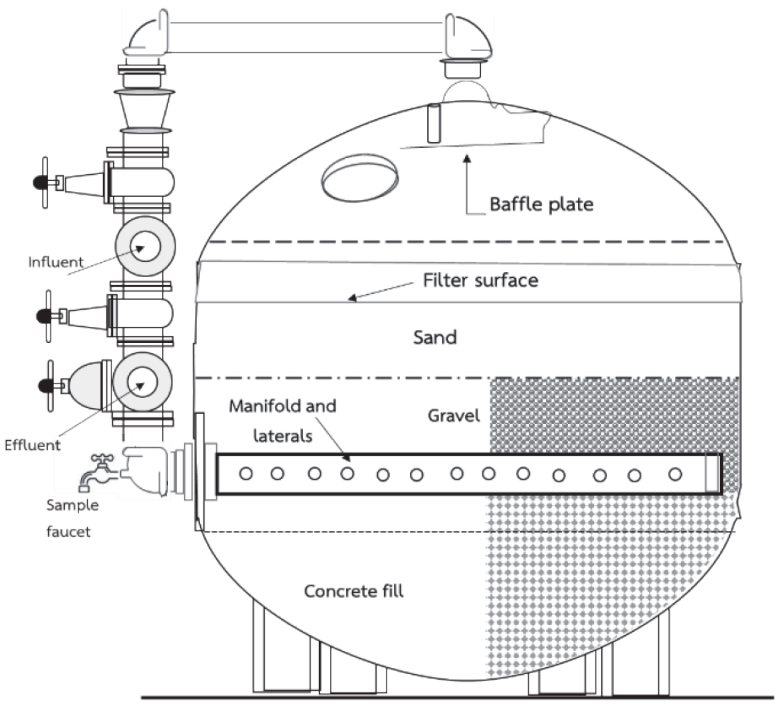


ภาพที่ 2.5 รูปตัดเครื่องทรายกรองเร็ว (Davis, 2010)

ข้อได้เปรียบของเครื่องทรายกรองเร็วเมื่อเทียบกับเครื่องทรายกรองช้าคือใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่า เนื่องจากมีอัตราการกรองที่สูงกว่า กลไกการกรองไม่ต้องอาศัยชั้นเมือกชีวภาพทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการปรับสภาพตอนเริ่มต้น การล้างทรายกรองกระทำได้เร็วเนื่องจากมีระบบการล้างย้อนไม่ต้องนำชั้นทรายมาล้างนอกเครื่องกรอง และเนื่องจากมีกระบวนการสร้างตะกอน รวมตะกอน และตกตะกอนก่อนจึงไม่จำกัดค่าความขุ่นของน้ำดิบที่เข้าระบบ

ข้อจำกัดของเครื่องทรายกรองเร็วมีหลายประการคือ เป็นระบบที่ซับซ้อนกว่าเครื่องทรายกรองช้า มีเครื่องจักรกลมากกว่า การออกแบบและก่อสร้างจึงยากกว่า และต้องใช้ผู้มีความรู้และทักษะในการเดินระบบ รวมทั้งเป็นระบบที่ต้องใช้สารเคมีในกระบวนการสร้างตะกอนและรวมตะกอนทำให้สิ้นเปลืองสารเคมี

(ค) เครื่องทรายกรองภายใต้แรงดัน เป็นเครื่องกรองซึ่งอาศัยหลักการกรองคล้ายกับเครื่องทรายกรองเร็ว แต่เครื่องทรายกรองเร็วใช้แรงขับน้ำผ่านชั้นสารกรองด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันจะใช้แรงขับน้ำผ่านชั้นสารกรองด้วยแรงดันที่เพิ่มเข้าไปในเครื่องกรอง ดังนั้นเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันจึงถูกออกแบบให้เป็นถังเหล็กปิด รูปทรงกระบอก มักนิยมใช้เป็นแบบแนวตั้งแสดงในภาพที่ 2.6 อัตราการกรองโดยทั่วไปใช้ 7.5 ลบ.ม./ชม.-ตร.ม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังในแนวตั้งประมาณ 0.3 ถึง 3 เมตร การทำงานของเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันมีลักษณะเช่นเดียวกันกับเครื่องทรายกรองเร็ว กล่าวคือ เมื่อเกิดการอุดตันของชั้นกรองระดับหนึ่งจะต้องทำการล้างย้อน โดยใช้น้ำไหลย้อนจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน เพื่อทำการล้างหรือทำความสะอาดชั้นกรองทำให้สามารถทำการกรองได้อีก การใช้งานของเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันมักถูกใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็ก



ภาพที่ 2.6 เครื่องทรายกรองภายใต้แรงดัน

ที่มา : American Water Works Association (2011)

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทรายกรองเร็ว คือ เครื่องทรายกรองภายใต้แรงดัน ไม่จำเป็นต้องมีความสูงของเครื่องกรองมากเหมือนเครื่องทรายกรองเร็ว เนื่องจากเป็นการทำงานภายใต้แรงดัน นอกจากนี้ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งคือ การสูบน้ำที่มีแรงดันสูงผ่านเครื่องกรองนั้นสามารถใช้แรงดันที่เหลือหลังจากผ่านเครื่องกรองไปเข้าหน่วยปรับปรุงคุณภาพถัดไป หรือขึ้นหอถังสูงได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำอีกครั้ง

ข้อจำกัดที่สำคัญของเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดันคือ ไม่สามารถสังเกตเห็นว่าการทำงานของเครื่องกรองระหว่างการกรองและการล้างย้อนเนื่องจากอยู่ในภาชนะที่ปิด ถ้าเกิดความผิดปกติของชั้นสารกรอง เช่น การแตกแยกของชั้นกรองจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

2) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางเคมี

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางเคมี (Chemical Treatment Processes) เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยอาศัยกระบวนการทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ การสร้างตะกอน การแก้น้ำกระด้าง การดูดซับ และการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีน ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขปในแต่ละกระบวนการ ดังต่อไปนี้

(1) การสร้างตะกอน (Coagulation) คือ การเติมและผสมสารเคมีที่ช่วยในการสร้างตะกอน (Coagulant) ลงไปในน้ำดิบเพื่อให้ของแข็งที่จมตัวไม่ได้ (Nonsetleable Solids) หรือของแข็งที่มีอนุภาคขนาดเล็ก ๆ (พวกสารคอลลอยด์) รวมตัวกันเป็นของแข็งที่มีขนาดใหญ่ และหนักขึ้น ทำให้จมตัวง่ายขึ้น สามารถถูกกำจัดโดยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต่อไป เช่น การตกตะกอน การกรอง การสร้างตะกอนดังกล่าวต้องอาศัยกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การผสมเร็ว และการผสมช้าร่วมด้วย

ของแข็งที่มีอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถจมตัวลงได้ในเวลาที่จำกัดเนื่องมาจากความเสถียร ซึ่งเกิดขึ้นจากขนาดของอนุภาคที่เล็กมาก ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวมากทำให้เกิดแรงต่อต้านในการจมตัวของอนุภาคขึ้น ดังนั้นจึงต้องเติมสารสร้างตะกอนลงไปเพื่อลดเสถียรภาพ สารสร้างตะกอนที่ใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีอยู่หลายชนิด เช่น สารส้ม หรือเรียกเป็นชื่อทางเคมีว่า อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เฟอริกซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) โซเดียมอลูมิเนต ($NaAlO_2$)

สารส้มเป็นสารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายและสร้างตะกอนได้ดี ในการทำปฏิกิริยาของสารส้มจำเป็นต้องอาศัยความเป็นด่างของน้ำร่วมด้วย ซึ่งความเป็นด่างอาจมาจากน้ำดิบตามธรรมชาติ หรือในกรณีน้ำดิบตามธรรมชาติมีค่าความเป็นด่างไม่เพียงพอจึงต้องเติมปูนขาว (Lime; $Ca(OH)_2$) หรือโซดาแอช (Na_2CO_3) ลงไปเพื่อช่วยให้กระบวนการสร้างตะกอนโดยสารส้มมีประสิทธิภาพ ในทางปฏิบัติมักควบคุมค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วง 5.5 ถึง 8.0

(2) การแก้น้ำกระด้างหรือการทำน้ำอ่อน น้ำกระด้างเป็นน้ำที่มีการละลายของอิออนโลหะบวกสอง (Divalent Metallic Cations) ที่สำคัญได้แก่ แคลเซียม ($Ca2^+$) และ แมกนีเซียม ($Mg2^+$) การแก้น้ำกระด้างคือ การลดปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำ โดยวิธีในการแก้น้ำกระด้าง นอกจากการต้มซึ่งแก้ได้เฉพาะน้ำกระด้างชั่วคราวเท่านั้นแล้ว ยังมีอีก 2 วิธี คือ การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) และการตกตะกอนผลึกทางเคมี ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะการตกตะกอนผลึกทางเคมี เนื่องจากนิยมใช้กันแพร่หลายในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับชุมชน การแก้น้ำกระด้างด้วยการตกตะกอนผลึกทางเคมี เป็นการแก้น้ำกระด้างด้วยการเติมสารเคมีคือ ปูนขาว (Lime; $Ca(OH)_2$) และโซดาแอช (Soda Ash; Na_2CO_3) ดังนั้นจึงอาจเรียกว่ากระบวนการไลม์-โซดา (Lime-Soda Ash Process) ผลของการเติมปูนขาวและโซดาแอชนี้

จะทำให้เกิดการตกตะกอนผลึก ซึ่งสามารถกำจัดออกจากน้ำได้ด้วยกระบวนการตกตะกอนหรือการกรอง แต่เนื่องจากการตกผลึกตะกอนดังกล่าวสามารถละลายได้บางส่วน ในการแก้น้ำกระด้างด้วยวิธีนี้ จึงยังคงมีความกระด้างเหลืออยู่ประมาณ 50-85 มก./ลิตร ของ $CaCO_3$ ความกระด้างระดับนี้จะมีข้อได้เปรียบคือ สามารถป้องกันปัญหาการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นได้ หากน้ำไม่มีความกระด้างหรือมีความกระด้างน้อยมาก

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการไลม์-โซดา จะทำให้น้ำมีความเป็นด่างสูง pH ประมาณ 11 มีความเข้มข้นของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปสารละลายสูง ซึ่งจะสามารถเกิดการตกตะกอนผลึกได้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต่อไป เช่น ในเครื่องกรองหรือระบบท่อต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้ น้ำที่ผ่านกระบวนการไลม์-โซดา จึงต้องนำไปลดค่า pH ก่อนเพื่อทำให้เกิดความเสถียร และป้องกันการตกตะกอนผลึก ซึ่งนิยมใช้มากที่สุดคือ การเติมคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเรียกว่า กระบวนการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ซ้ำ

สำหรับส่วนประกอบของกระบวนการไลม์-โซดา จะประกอบด้วยกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การผสมเร็ว ผสมช้า และการตกตะกอน ซึ่งอุปกรณ์และหลักการที่ใช้จะเหมือนกับกระบวนการกำจัดความขุ่น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปูนมีอัตราเร็วของการละลายต่ำ ดังนั้นในการผสมเร็วจึงควรมีระยะเวลากักพักมากขึ้น คือประมาณ 5-10 นาที และในการผสมช้าควรมีระยะเวลากักพักประมาณ 40-60 นาที นอกจากกระบวนการดังกล่าวแล้ว จำเป็นต้องมีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ซ้ำเพื่อปรับ pH ของน้ำให้ได้ประมาณ 8.6 ซึ่งจะทำให้น้ำมีความเสถียร อุปกรณ์ที่ใช้คือถังพักน้ำซึ่งมีระยะเวลากักพักประมาณ 15-30 นาที เพื่อให้น้ำได้สัมผัสกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเพียงพอ สำหรับแหล่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ถ้าเป็นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็กอาจจัดซื้อจากบริษัทผู้ผลิต ส่วนระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่อาจจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(3) การดูดซับ (Adsorption) เป็นกระบวนการเกาะติดของก๊าซหรือสารละลายบนพื้นผิวของแข็งที่เราเรียกว่าโมเลกุลต่าง ๆ ซึ่งมาสะสมหรือดูดซับติดที่พื้นผิวว่า สารที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) และเรียกของแข็งที่ทำการดูดซับว่าตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยการเกาะยึดติดกันระหว่างสารที่ถูกดูดซับและตัวดูดซับจะมีลักษณะการดูดซับที่อาศัยทั้งแรงทางกายภาพและแรงทางเคมี ในตำราบางเล่ม จึงเรียกกระบวนการดูดซับว่าเป็นกระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physico-chemical)

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการดูดซับในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำคือ การกำจัดสารละลายอินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่น สี และรสในน้ำ รวมทั้งช่วยกำจัดสารประกอบอินทรีย์บางชนิด ซึ่งหากได้รับในระยะยาวจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง เช่น ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethane) สารปราบศัตรูพืช ชนิดของสารดูดซับที่ใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมีอยู่หลายชนิด เช่น อะลูมินากัมมันต์ (Activated Alumina) สารสังเคราะห์โพลิเมอร์ (Synthetic Polymers) ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) โดยประสิทธิภาพของการดูดซับจะขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ผิวของสารดูดซับเป็นสำคัญ สารดูดซับที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้อยู่มี 2 ชนิด คือ ถ่านกัมมันต์ผง (Powder Activated Carbon; PAC) และถ่านกัมมันต์เม็ดหรือเกล็ด (Granular Activated Carbon; GAC) ถ่านกัมมันต์เม็ดหรือเกล็ดจะมีขนาดของอนุภาคใหญ่และมีพื้นที่ผิวมากกว่าแบบผง ถ่านกัมมันต์แบบเม็ดจะถูกใช้เมื่อต้องการกำจัดสารอินทรีย์แบบต่อเนื่อง โดยจะใช้ GAC เหมือนชั้นกรองซึ่งสามารถใช้ได้หลายรูปแบบ คือ อาจใช้แทนสารกรองบางส่วนหรือใช้แทนสารกรองทั้งหมด นอกจากนี้อาจบรรจุอยู่ในถังปิดภายใต้แรงดันก็ได้ เมื่อ GAC ถูกใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง รูพรุนของถ่านกัมมันต์จะอุดตันด้วยโมเลกุลของสารดูดซับทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับน้อยลง ดังนั้นเมื่อการดูดซับถึงระดับหนึ่งต้องเปลี่ยน GAC และนำ GAC ที่มีประสิทธิภาพน้อยลงไปทำการ

ฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) ซึ่งทำได้โดยการเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง และควบคุมปริมาณออกซิเจนและความชื้น การเผานี้จะทำลายสารถูกดูดซับที่ผิว และทำให้ GAC ถูกทำลายไปประมาณร้อยละ 5-10

ถ่านกัมมันต์แบบผงมักใช้เมื่อต้องการกำจัดสารอินทรีย์เป็นครั้งคราว โดยสามารถเติมลงไปในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ทั้งแบบแห้ง (Dry Feed) หรือแบบเปียก (Slurry) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็กนิยมใช้การเติมแบบแห้ง เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อนมากนัก และในการเติมดังกล่าวสามารถเติมได้เกือบทุกจุดของระบบก่อนกระบวนการกรอง ซึ่งจุดที่นิยมเติมถ่านกัมมันต์แบบผง ได้แก่ ส่วนชักน้ำดิบ (Intake) ถังผสมเร็ว (Rapid Mix) ส่วนรับน้ำเข้าเครื่องกรอง (Filter Inlet) และถังสัมผัสก่อนเข้าถังผสมเร็ว โดย PAC ที่ใช้งานแล้วไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำการฟื้นฟูสภาพ

(4) การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีน (Chlorination) การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ (Disinfection) สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกันที่สำคัญ ได้แก่ การใช้ความร้อนหรือการต้มให้เดือด การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต และการใช้สารเคมีต่าง ๆ เช่น โบรมีน ไอโอดีน คลอรีน แต่โดยทั่วไปแล้วในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ นิยมใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด ดังนั้นในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีนเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

(ก) คลอรีนและสารประกอบคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ในการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนสำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำมักนิยมใช้คลอรีนและสารประกอบคลอรีน ดังต่อไปนี้

สาร	คำอธิบาย
คลอรีน (Chlorine; Cl_2)	ที่นิยมใช้ทั่วไปในรูปก๊าซเหลว (Liquefied Gaseous Chlorine) ซึ่งทำได้โดยการอัดก๊าซคลอรีนลงในภาชนะความดันเพื่อความสะดวกในการขนส่ง การใช้คลอรีนชนิดนี้ นิยมใช้สำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ เพราะมีราคาสูง และต้องระมัดระวังในการใช้สูง เนื่องจากก๊าซคลอรีนเป็นก๊าซพิษ
แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium Hypochlorite; $Ca(OCl)_2$)	ส่วนมากจะผลิตออกมาเป็นชนิดผงนิยมใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็ก เพราะสามารถควบคุมได้ง่าย
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite; NaOCl)	การผลิตสารประกอบคลอรีน ชนิดนี้จะผลิตในรูปสารละลาย นิยมใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดเล็กหรือสระว่ายน้ำ โซเดียมไฮโปคลอไรท์จะมีความเสถียรต่ำกว่าแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ทำให้เสื่อมคุณภาพเร็ว อายุในการเก็บไม่ควรเกิน 80-90 วัน

(ข) เคมีของการเติมคลอรีนในน้ำ (Chemistry of Chlorination) เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีของคลอรีนในน้ำธรรมชาติให้พิจารณาการเติมก๊าซคลอรีนในน้ำกลั่นบริสุทธิ์ดังแสดงในภาพที่ 2.7 จะเห็นว่าปริมาณของคลอรีนคงเหลืออิสระ (Free Chlorine Residual) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณคลอรีน

ที่เติมลงไปในน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ตัวอย่างเช่น เมื่อเติมคลอรีน 2 มก./ลิตร จะมีคลอรีนคงเหลืออิสระ 2 มก./ลิตร เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นมี ดังต่อไปนี้

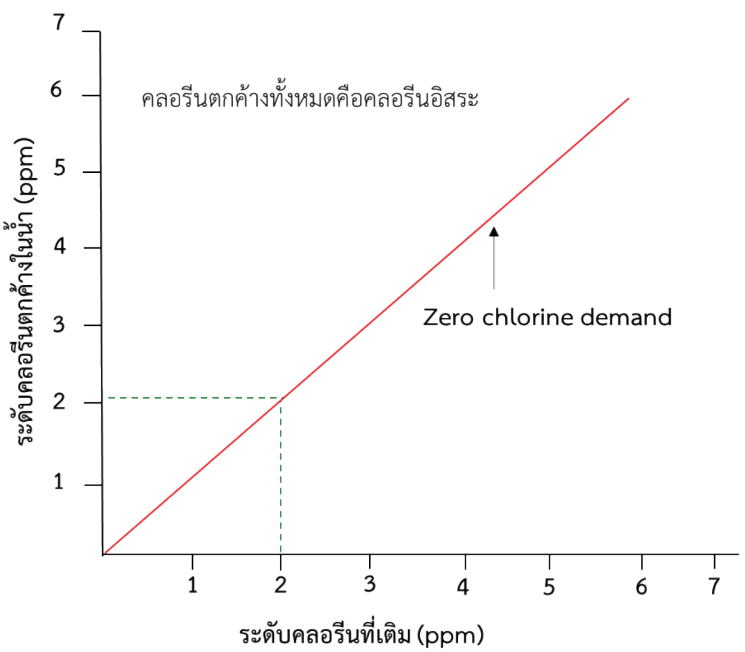
$$\underset{\text{คลอรีน}}{Cl_2} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{กรดไฮโปรคลอรัส}}{HOCl} + \underset{\text{กรดไฮโดรคลอริก}}{HCl}$$

- ซึ่งกรดไฮโดรคลอริกสามารถแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์ ดังสมการ

$$\underset{\text{กรดไฮโดรคลอริก}}{HCl} \longrightarrow \underset{\text{ไฮโดรเจนอิออน}}{H^+} + \underset{\text{คลอไรด์อิออน}}{Cl}$$

- ส่วนกรดไฮโปรคลอรัส ซึ่งเป็นกรดอ่อนจะแตกตัวได้บางส่วนดังสมการ

$$\underset{\text{กรดไฮโดรคลอริก}}{HCl} \longrightarrow \underset{\text{ไฮโดรเจนอิออน}}{H^+} + \underset{\text{คลอไรด์อิออน}}{OCl}$$



ภาพที่ 2.7 ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำกลั่นบริสุทธิ์

ที่มา: ดัดแปลงจาก American Water Works Association (1984) และ SUEZ (2011)

ทั้งกรดไฮโปรคลอรัส และไฮโปรคลอไรท์อิออน ถูกเรียกว่าเป็นคลอรีนคงเหลืออิสระ (Free Chlorine Residual) โดยที่กรดไฮโปรคลอรัส (HOCl) จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคมากกว่าไฮโปรคลอไรท์อิออน (OCl-) ประมาณ 100 เท่า เนื่องจาก HOCl เป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงและมีประจุไฟฟ้าเป็นกลาง จึงสามารถเจาะเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว

น้ำตามธรรมชาติจะไม่บริสุทธิ์เช่นเดียวกับน้ำกลั่น ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างคลอรีนกับสารเจือปนเหล่านั้นจะรบกวนการเกิดคลอรีนคงเหลืออิสระ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำตามธรรมชาติมีสารอินทรีย์ ไนไตรท์ เหล็ก แมงกานีส และแอมโมเนีย คลอรีนที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยาดังแสดงในภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 คลอรีนที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับเหล็ก แมงกานีส และไนไตรท์ ซึ่งเรียกสารเหล่านี้ว่า รีดิวซิ่งเอเจนท์ (Reducing Agent) จึงไม่มีคลอรีนคงเหลืออิสระเกิดขึ้นจนกระทั่งรีดิวซิ่งเอเจนท์เหล่านั้นถูกทำลายจนหมดด้วยคลอรีน ถ้ายังมีการเติมคลอรีนเพิ่มลงไปจะเห็นได้ว่าจากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 คลอรีนจะเริ่มทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียและสารอินทรีย์ เกิดเป็นสารประกอบคลอรามีน (Chloramines) และสารประกอบคลอโรออแกนิก (Cloro Organic Compound) เราเรียกสารประกอบคลอรามีนที่เกิดขึ้นว่าเป็นคลอรีนรวมคงเหลือ (Combined Chlorine Residual) ซึ่งคลอรีนรวมคงเหลือเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคน้อยกว่าคลอรีนคงเหลืออิสระ แต่มีข้อดีคือสามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้นานกว่าคลอรีนคงเหลืออิสระ ทำให้มีอำนาจฆ่าเชื้อโรคอยู่ได้นาน เหมาะสำหรับใช้ในระบบท่อจ่ายน้ำที่มีความยาวมาก ๆ โดยระหว่างจุดที่ 2 และ 3 นี้ คลอรีนคงเหลือจะเป็นโมโนคลอรามีน ดังสมการ

$$\underset{\text{แอมโมเนีย}}{NH_3} + \underset{\text{กรดไฮโปรคลอรัส}}{HOCl} \longrightarrow \underset{\text{โมโนคลอรามีน}}{NH_2Cl} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O}$$

ถ้ายังมีการเติมคลอรีนเพิ่มลงไปในน้ำ คลอรีนคงเหลือจะลดลงดังแสดงในภาพที่ 2.8 การลดลงที่เกิดจากจุดที่ 3 มาจุดที่ 4 เป็นผลมาจากคลอรีนที่เติมลงไปจะออกซิไดซ์สารประกอบคลอโรออแกนิกแอมโมเนียและเปลี่ยนโมโนคลอรามีนเป็นไดคลอรามีน และไตรคลอรามีน ดังสมการ

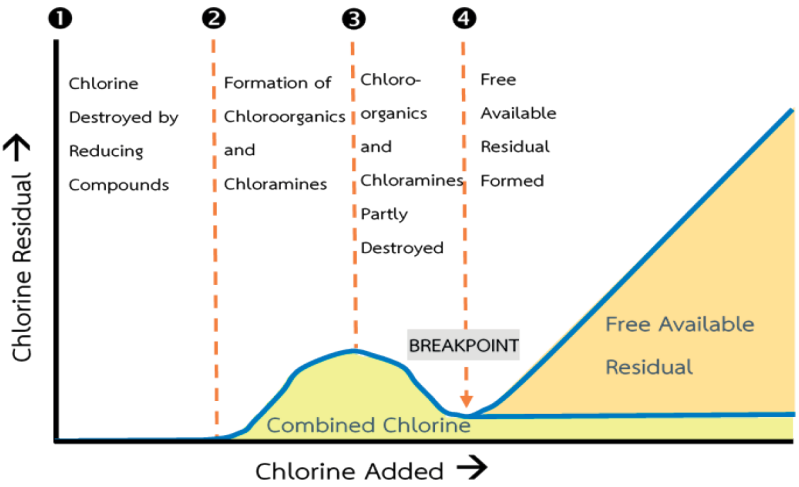
$$\underset{\text{โมโนคลอรามีน}}{NH_2Cl} + \underset{\text{กรดไฮโปรคลอรัส}}{HOCl} \longrightarrow \underset{\text{ไดคลอรามีน}}{NH_2Cl} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{โมโนคลอรามีน}}{NHCl_2} + \underset{\text{กรดไฮโปรคลอรัส}}{HOCl} \longrightarrow \underset{\text{ไดคลอรามีน}}{NCl_3} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O}$$

ถ้าเติมคลอรีนเพิ่มลงไปอีก หลังจากจุดที่ 4 คลอรีนที่เติมไปทั้งหมดจะเป็นคลอรีนคงเหลืออิสระ ดังแสดงในภาพที่ 2.8 เรียกจุดที่ 4 ว่า จุดเบรกพอยท์ (Break Point) เป็นจุดที่คลอรีนทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในน้ำถึงที่สุดแล้ว จากนี้ไปคลอรีนคงเหลือจะอยู่ในรูปของคลอรีนอิสระ ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีนจะได้ผลอย่างแน่นอนก็ต่อเมื่อมีการเติมคลอรีนเกินจุดเบรกพอยท์จนกระทั่งมีคลอรีนคงเหลืออิสระ การคำนวณปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปในน้ำจนถึงจุดเบรกพอยท์จากสมการ

ปริมาณคลอรีนที่เติม (Chlorine Dosage)	+	ปริมาณความต้องการคลอรีน (Chlorine Demand)	+	ปริมาณคลอรีนคงเหลือ (Chlorine Residual)

ปริมาณความต้องการคลอรีนหมายถึง ปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในน้ำหรือ จากภาพที่ 2.8 คือปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปทำปฏิกิริยาจากจุดที่ 1 ถึง 4 โดยที่ปริมาณความต้องการคลอรีนขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำ



ภาพที่ 2.8 คลอรีนเบรกพอยท์

ที่มา: ดัดแปลงจาก American Water Works Association (1984) และ American Water College (2021)

(ค) ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยเบื้องต้น 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้น (Concentration; C) และระยะเวลาในการสัมผัส (Contact Time; T) การทำลายจุลินทรีย์หรือเรียกง่าย ๆ ว่าการฆ่า (kill) จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันโดยตรงกับปัจจัยทั้งสอง ถ้าความเข้มข้นของคลอรีนลดลงแล้ว ระยะเวลาในการสัมผัสคลอรีนจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำนองเดียวกัน ถ้าความเข้มข้นของคลอรีนเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการสัมผัสสามารถลดลงได้ โดยทั่วไปค่าที่แนะนำสำหรับการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนให้มีประสิทธิภาพ คือระยะเวลาสัมผัสไม่ควรน้อยกว่า 30 นาที และให้มีคลอรีนคงเหลือไม่น้อยกว่า 0.2 มก./ลิตร โดยวัดที่จุดปลายสุดของระบบท่อจ่ายน้ำ

(ง) จุดที่เติมคลอรีน (Point of Chlorination) การเติมคลอรีนเพื่อวัตถุประสงค์ในการฆ่าเชื้อโรคดังที่กล่าวข้างต้น จุดที่เติมคลอรีนโดยทั่วไปจะเติมคลอรีนหลังจากกระบวนการกรองก่อนที่จะเข้าสู่ถังเก็บน้ำใส เพื่อให้มีระยะเวลาในการสัมผัสเพียงพอ ซึ่งการเติมคลอรีนลักษณะนี้เรียกว่า การเติมคลอรีนทีหลัง (Post-chlorination) นอกจากนี้ยังมีการเติมคลอรีนในจุดเริ่มต้น ก่อนกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่า การเติมคลอรีนก่อน (Pre-chlorination) การเติมคลอรีนในลักษณะนี้จะมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างไปจากการฆ่าเชื้อโรคหรือการเติมคลอรีนทีหลัง คือเติมเพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการสร้างตะกอนให้ดีขึ้น และอาจช่วยลดกลิ่นและรสในน้ำ โดยคลอรีนจะช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย ตะไคร่น้ำ และจุลินทรีย์ต่าง ๆ

(จ) การเกิดไตรฮาโลมีเทนจากการเติมคลอรีน ถึงแม้ว่าการฆ่าเชื้อโรคด้วยการใช้คลอรีนจะเป็นวิธีที่ง่าย ราคาถูก และยังมีฤทธิ์คงเหลือตกค้างสามารถช่วยฆ่าเชื้อโรคในระบบท่อจ่ายน้ำ แต่ข้อจำกัดที่สำคัญของการใช้คลอรีนนอกเหนือจากการมีกลิ่นของคลอรีนแล้วคือ การเกิดไตรฮาโลมีเทน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง THMs เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารคลอรีน สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้มักพบได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ กรดฮิวมิกและฟัลวิก (Humic acid Fulvic Acid) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายพวกพืชต่าง ๆ ดังนั้นในการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค ต้องคำนึงถึงการเกิด THMs ด้วย

3) ระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ หรือกระบวนการทั้งหมดในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นการนำหรือเลือกใช้กระบวนการในแต่ละหน่วยมาจัดเรียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ เนื่องจากแต่ละหน่วย (Unit) ของกระบวนการมีวัตถุประสงค์หลักที่แตกต่างกันไป

(1) ปัจจัยในการเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ การเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำนั้นต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

(ก) คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบในการเลือกแหล่งน้ำดิบนั้น ต้องพิจารณาในด้านปริมาณของน้ำต้องเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ และคุณภาพของน้ำ เนื่องจากจะเป็นปัจจัยซึ่งกำหนดระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำว่าจะต้องใช้กระบวนการใดบ้าง และมีจำนวนมากน้อยเพียงใด ดังนั้นโดยทั่วไปจึงต้องมีการเก็บน้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำดิบนั้นไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ก่อนตัดสินใจเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ และถ้าเป็นไปได้ควรพยายามเลือกแหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพดีหรือสะอาดมากที่สุดเพราะจะใช้กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำน้อยที่สุด ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

(ข) ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปต้องการคุณภาพน้ำที่สะอาด ปลอดภัย และมีลักษณะเหมาะสมใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของประชาชน หรือกล่าวได้ว่ามีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานน้ำดื่ม ดังนั้นต้องทราบคุณภาพของแหล่งน้ำดิบ และคุณภาพน้ำด้านใด หรือพารามิเตอร์ใดไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำดื่ม และต้องใช้กระบวนการใดมาปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวให้ได้ตามมาตรฐานน้ำดื่ม

ปัจจัยอื่น ๆ ที่ควรนำมาร่วมพิจารณาในการเลือกระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือและความยืดหยุ่นของระบบที่เลือกใช้ ความต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างระบบ ทักษะและประสบการณ์ของผู้ควบคุม รวมทั้งค่าลงทุนในการก่อสร้าง ค่าบำรุงรักษา และเดินระบบด้วย แหล่งน้ำดิบตามธรรมชาติที่สำคัญ ซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในสถานประกอบการ มีอยู่ 2 แหล่งคือ แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน ระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแต่ละแหล่งจะมีความเฉพาะ ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบนั้น ๆ ดังที่กล่าวในเรื่องที่แล้ว ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถแบ่งตามประเภทแหล่งน้ำดิบได้เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน

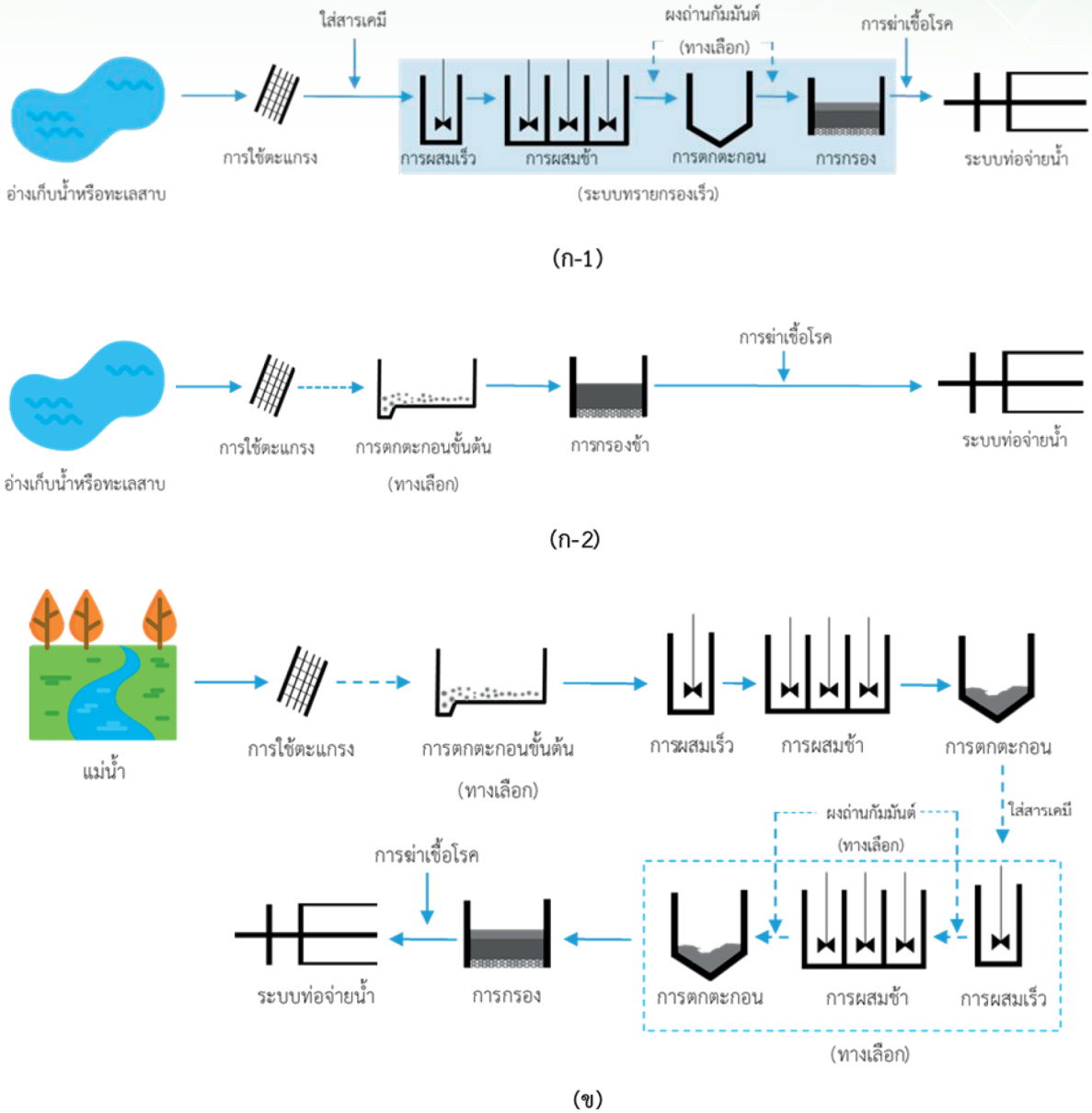
- ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำผิวดินที่นิยมใช้เป็นแหล่งน้ำดิบ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากมีปริมาณน้ำค่อนข้างสูง เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ ลักษณะคุณภาพของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและหินที่น้ำไหลผ่าน ส่วนมากจะมีคุณภาพทางกายภาพไม่ดีนัก คือมักจะมีความขุ่น มีรส กลิ่น สีไม่ค่อยดี เนื่องจากน้ำผิวดินจะพาเอาอนุภาคของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดินซึ่งเป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ละลายเจือปนมาด้วย ตามธรรมชาติแล้วแหล่งน้ำผิวดิน

มักมีแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไปตามฤดูกาล เช่น ในฤดูฝนปริมาณน้ำมาก อัตราการไหลของน้ำสูง เกิดการพัดพาเอาอนุภาคสิ่งต่าง ๆ ลงมาปนเปื้อนในแหล่งน้ำผิวดินมาก ทำให้ความขุ่นของแหล่งน้ำสูงกว่าในฤดูร้อน

ดังนั้นการกำหนดกระบวนการ หรือระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินตามที่แสดงในภาพที่ 2.9 มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความขุ่น สารแขวนลอย สี กลิ่น และจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเป็นสำคัญ กรณีที่แหล่งน้ำดิบเป็นทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำโดยทั่วไปมักมีความขุ่นไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับแม่น้ำ ลำคลอง กระบวนการจะประกอบด้วยการใช้ตะแกรง การสร้างตะกอน หรือการผสมเร็ว การรวมตะกอนหรือการผสมช้า การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรคตามลำดับ ซึ่งระบบหรือการจัดเรียงกระบวนการเช่นนี้ถูกเรียกว่า ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไป บางกรณีคุณภาพน้ำดิบมีสี กลิ่น และรสอาจจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผง เติมก่อนการตกตะกอนหรือการกรอง ดังแสดงในภาพที่ 2.9 (ก-1)

ในกรณีที่มีพื้นที่เพียงพอต่อการก่อสร้างอาจใช้ระบบทรายกรองช้าได้ โดยอาจเพิ่มเติมกระบวนการตกตะกอนขั้นต้นเพื่อลดค่าความขุ่นให้น้อยลงก่อนเข้าระบบทรายกรองช้า ดังแสดงในภาพที่ 2.9 (ก-2) กรณีที่เลือกใช้น้ำดิบจากแม่น้ำ ลำคลอง ซึ่งมักมีความขุ่นสูง และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามฤดูกาลมากกว่าน้ำจากทะเลสาบ หรืออ่างเก็บน้ำ จึงนิยมให้มีการตกตะกอนขั้นต้น เพื่อลดอนุภาคตะกอนดินและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ง่ายลงระดับหนึ่งก่อนเข้ากระบวนการต่อไป นอกจากนี้หากจำเป็นอาจเพิ่มเติมกระบวนการสร้างตะกอน การรวมตะกอน และการตกตะกอนขึ้นอีกเพื่อให้ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีความยืดหยุ่นและมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.9 (ข)

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำใต้ดินที่นิยมใช้เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อชุมชนที่สำคัญคือ น้ำบาดาล เพราะส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำค่อนข้างสูง ลักษณะโดยทั่วไปของคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินจะมีคุณภาพทางกายภาพที่ดี คือมีความขุ่นน้อยมาก และมีคุณภาพทางชีวภาพดีมาก คือไม่พบเชื้อโรคถ้าไม่มีการปนเปื้อนมาจากภายนอก แต่คุณภาพทางเคมีส่วนใหญ่ไม่ดีนัก คือ มักมีความกระด้าง เหล็กและแมงกานีสสูง คุณภาพของน้ำใต้ดินค่อนข้างจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมากนัก อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำใต้ดินในแต่ละบ่อมักมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของชั้นน้ำนั้น ๆ



ภาพที่ 2.9 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน

หมายเหตุ (ทางเลือก) หมายถึง กระบวนการที่อาจมีการเพิ่มเติมเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.10 โดยแบ่งเป็น 4 กรณี กรณีแรกถ้าสามารถจัดหาแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณน้ำเพียงพอ และมีคุณภาพน้ำดีเทียบเท่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้ การปรับปรุงคุณภาพน้ำจะทำได้ง่าย เพียงแต่ทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน เพราะแม้ว่าน้ำบาดาลโดยทั่วไปจะปราศจากเชื้อโรค แต่ยังคงต้องการคลอรีนตกค้าง (Residual Chlorine) เพื่อไปฆ่าเชื้อโรคที่อาจมีการปนเปื้อนในระบบท่อ ดังแสดงในภาพที่ 2.10 (ก.)

ถ้าคุณภาพของน้ำบาดาลมีเหล็ก แมงกานีส คาร์บอนไดออกไซด์หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ ละลายปนอยู่ในน้ำเนื่องจากอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทำได้โดยนำน้ำมาผ่านการเติมอากาศเพื่อให้ก๊าซที่ละลายปนอยู่ในน้ำดิบระเหยไป ส่วนเหล็กและแมงกานีสจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดการเปลี่ยนรูปจากสารละลายกลายเป็นตะกอนของแข็ง ถ้ามีแมงกานีสค่อนข้างสูง อาจจำเป็นต้องเติมคลอรีน หรือโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อทำปฏิกิริยากับแมงกานีสเพิ่มขึ้น จากนั้นอาจจะเข้าสู่การตกตะกอน เพื่อเพิ่มเวลาสัมผัสและให้เหล็กและแมงกานีสที่เป็นของแข็งตกตะกอน และ/หรือเข้าสู่การกรอง และการฆ่าเชื้อโรคต่อไป ดังแสดงในภาพ 2.10 (ข.)

ถ้าน้ำมีความกระด้างสูงจำเป็นต้องมีการแก้น้ำกระด้างโดยกระบวนการปูนขาวและโซดาแอซ โดยน้ำดิบจะเข้ากระบวนการเติมอากาศก่อน เพื่อขับไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำออกเพื่อลดปริมาณปูนขาวที่ต้องใช้ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการไลม์-โซดา โดยการเติมปูนขาวและโซดาแอซในถังกวนเร็ว และรวมตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ก่อนปล่อยให้ตกตะกอน ซึ่งคุณภาพน้ำที่ได้จะมี pH ค่อนข้างสูง จำเป็นต้องทำการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ซ้ำ โดยการผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป เพื่อปรับ pH ของน้ำก่อนที่จะทำการกรองและการฆ่าเชื้อโรคต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.10 (ค.)

นอกจากนี้กรณีที่น้ำมีความกระด้างสูง อาจเลือกใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) แทนกระบวนการไลม์-โซดา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะประกอบด้วยการกรอง การแลกเปลี่ยนประจุ และการฆ่าเชื้อโรคตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2.10 (ง.) กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นกระบวนการที่สามารถกำจัดของแข็งละลายน้ำที่มีประจุ หรือไอออน (Ion) ออกจากน้ำโดยใช้สารเรซินแลกเปลี่ยนประจุ (Resinous Ion Exchanger) เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุ โดยสารเรซินดังกล่าวจะบรรจุในถังปิด ซึ่งคล้ายกับเครื่องทรายกรองภายใต้แรงดัน สำหรับการทำน้ำอ่อนหรือการแก้น้ำกระด้าง นิยมใช้เรซินประจุบวก-กรดแก่ (Strong Acid Cationic Resin; SAC) แบบโซเดียม ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน เป็นวัฏจักร (Cycle) ดังนี้

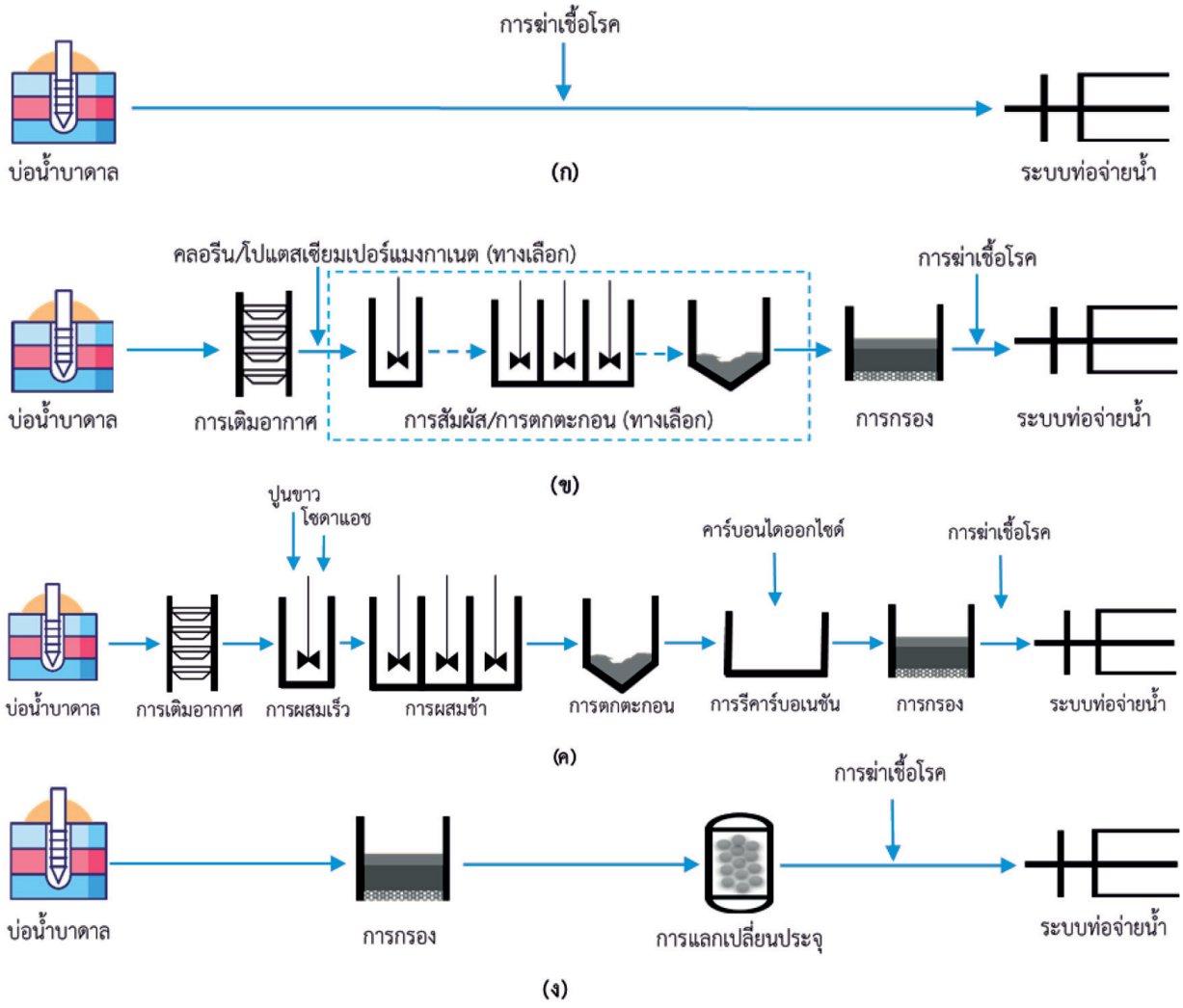
(ก) การแลกเปลี่ยนประจุ (Service) เป็นขั้นตอนซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่หลักของระบบ กล่าวคือเป็นขั้นตอนซึ่งให้น้ำที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพไหลผ่านชั้นเรซิน และเกิดการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างประจุอิสระในเรซินกับประจุที่ต้องการกำจัดในน้ำนั้น ทำให้ได้น้ำที่มีคุณภาพตามต้องการ

(ข) การล้างย้อน (Back Wash) แม้ว่าชั้นเรซินจะถูกออกแบบมาเพื่อกำจัดสารละลายที่อยู่ในรูปประจุแต่ชั้นเรซินก็มีความสามารถในการกรองสารแขวนลอยด้วย ดังนั้นเมื่อการแลกเปลี่ยนประจุดำเนินการแลกเปลี่ยนประจุไปช่วงเวลาหนึ่ง อาจเกิดการอุดตันขึ้นที่ชั้นเรซินหรือกรณีที่ชั้นเรซินหมดอำนาจแล้วจำเป็นต้องทำการฟื้นฟูสภาพ โดยขั้นตอนก่อนการฟื้นฟูสภาพดังกล่าว จำเป็นต้องทำการล้างย้อนก่อน ทั้งนี้เพื่อกำจัดความขุ่นหรือสารแขวนลอยที่ติดอยู่ในชั้นเรซิน เพื่อกำจัดฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้นและตกค้างอยู่ในชั้นเรซิน เพื่อทำลายการจับตัวเป็นก้อนของเรซิน รวมทั้งทำให้เกิดการเรียงชั้นใหม่ของเรซิน ทำให้การกระจายน้ำผ่านชั้นเรซินเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การล้างย้อนนี้จะมีการติดตั้งระบบและมีลักษณะการล้างย้อนคล้ายกับการล้างย้อนในเครื่องทรายกรองเร็ว

(ค) การฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) เมื่อเรซินมีการแลกเปลี่ยนประจุจนกระทั่งประจุอิสระที่ใช้แลกเปลี่ยนถูกใช้หมดไป ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนประจุสิ้นสุดลงหรือเรซินหมดอำนาจชั่วคราว จำเป็นต้องทำการฟื้นฟูสภาพ หรือเติมประจุให้กับเรซินดังกล่าว โดยสารฟื้นฟูสภาพจะไหลอย่างช้า ๆ จากด้านบนลงล่าง

ชนิดของสารฟื้นฟูสภาพจะขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินที่ใช้ ถ้าเรซินที่ใช้เป็น SAC แบบโซเดียม จะใช้น้ำเกลือหรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในการฟื้นฟูสภาพ

(ง) การชะล้างสารเคมี (Rinse) หลังจากการฟื้นฟูสภาพแล้ว ต้องมีการล้างสารฟื้นฟูสภาพออกจากชั้นเรซิน โดยใช้น้ำสะอาดไหลจากด้านบนสู่ด้านล่าง



ภาพที่ 2.10 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน

หมายเหตุ (ทางเลือก) หมายถึง กระบวนการที่อาจมีการเพิ่มเติมเพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบเป็นสำคัญ

2.8 ระบบการจ่ายน้ำ

งานสุขาภิบาลน้ำดื่ม-น้ำใช้ สำหรับชุมชนโดยเฉพาะชุมชนเมืองซึ่งมีการจัดตั้งระบบประปา (Water Supply) นั้น เพื่อจัดหาน้ำสะอาดให้ประชาชนในชุมชนให้มีปริมาณเพียงพอและทั่วทั้งชุมชน และต้องบริการน้ำสะอาดให้กับชุมชนได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบการจ่ายน้ำเข้าชุมชนโดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ 1) ต้องสามารถจ่ายหรือให้ปริมาณและแรงดันน้ำเพียงพอแก่ความต้องการของผู้ใช้ และ 2) ต้องคงสภาพหรือรักษาคุณภาพน้ำสะอาดให้เหมือนกับที่ผลิตได้จากระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ รายละเอียดพอสังเขปของระบบการจ่ายน้ำมี ดังต่อไปนี้

1) ประเภทของระบบการจ่ายน้ำ (Types of Water Distribution Systems)

ประเภทของระบบการจ่ายน้ำ หรือวิธีการจ่ายน้ำให้กับชุมชนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ประเภทการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Supply) การจ่ายน้ำประเภทนี้จะใช้ได้สำหรับชุมชนที่มีแหล่งจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าจุดจ่ายน้ำ โดยอาศัยความต่างระดับระหว่างทั้งสองจุดดังกล่าว ทำให้สามารถจ่ายน้ำสู่ผู้ใช้น้ำโดยอาศัยการไหลของน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก ตัวอย่างของการจ่ายน้ำประเภทนี้ เช่น ในกรณีที่เป็นพื้นที่ภูเขาสูง และใช้แหล่งน้ำจากบนยอดเขา โดยมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำอยู่บนยอดเขาดังกล่าวด้วย การจ่ายน้ำสามารถกระทำได้โดยส่งตรงลงมาสู่ชุมชนในพื้นราบ เป็นต้น ข้อได้เปรียบของการจ่ายน้ำประเภทนี้ คือลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องสูบน้ำ รวมทั้งปัญหาในการซ่อมบำรุงเครื่องสูบน้ำดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การจ่ายน้ำประเภทนี้ต้องพิจารณาระดับความแตกต่างของระดับความสูงดังกล่าว ถ้ามีความแตกต่างมาก ๆ ต้องเลือกใช้ท่อชนิดที่สามารถทนแรงดันสูงได้หรืออาจจำเป็นต้องติดอุปกรณ์เพื่อช่วยลดความดันและป้องกันการแตกหรือระเบิดของท่อ

(2) ประเภทใช้เครื่องสูบน้ำเพียงอย่างเดียว (Pumped Supply) การจ่ายน้ำประเภทนี้เป็นการจ่ายน้ำที่ใช้การสูบน้ำจากถังน้ำใสบนดินแล้วอัดหรือสูบส่งเข้าท่อจ่ายน้ำโดยตรง การจ่ายน้ำประเภทนี้เหมาะกับระบบประปาชุมชนขนาดใหญ่ซึ่งมีระบบท่อจ่ายน้ำยาวมาก ๆ การใช้หอถังสูงส่งน้ำจะไม่มีความดันเพียงพอในการจ่ายน้ำ ตัวอย่างของการจ่ายน้ำประเภทนี้ เช่น การประปานครหลวงซึ่งจ่ายน้ำในกรุงเทพฯ และปริมณฑล การจ่ายน้ำประเภทนี้มีข้อจำกัดคือถ้าหากเครื่องสูบน้ำเสียหรือไฟฟ้าดับจะทำให้ชุมชนไม่มีน้ำใช้ และเนื่องจากอัตราการใช้น้ำของชุมชนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา จึงต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำหลายตัว เพื่อสูบน้ำให้มีปริมาณน้ำเหมาะสมกับความต้องการใช้ในชั่วโมงต่าง ๆ ซึ่งต้องมีผู้ควบคุมดูแลอยู่ตลอด อย่างไรก็ตามข้อดีของการจ่ายน้ำประเภทนี้คือ สามารถเพิ่มกำลังการจ่ายน้ำได้ทันที เช่นในกรณีที่ต้องการน้ำเพื่อการดับเพลิง

(3) ประเภทใช้เครื่องสูบน้ำโดยมีถังเก็บน้ำช่วยจ่าย (Pumped-storage Supply) การจ่ายน้ำประเภทนี้จะใช้เครื่องสูบน้ำร่วมกับถังเก็บน้ำชนิดยกระดับหรือที่เรียกว่า หอถังสูงโดยทำการสูบน้ำเข้าเส้นท่อร่วมกับการสูบขึ้นหอถังสูง ซึ่งในช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำน้อยกว่าปกติ น้ำส่วนที่เหลือจะถูกส่งขึ้นไปเก็บไว้ในหอถังสูง ในทางตรงกันข้ามในช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำสูงสุดในรอบวัน น้ำในหอถังสูงจะเป็นตัวช่วยจ่ายน้ำให้กับชุมชนควบคู่กับเครื่องสูบน้ำที่ทำงานไปด้วยกัน ซึ่งข้อดีของการจ่ายน้ำประเภทนี้คือ เครื่องสูบน้ำสามารถจ่ายน้ำในอัตราค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอ และการทำงานของเครื่องสูบน้ำค่อนข้างเต็มประสิทธิภาพของเครื่อง นอกจากนี้จะไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำเวลาไฟฟ้าดับหรือเครื่องสูบน้ำขัดข้อง การจ่ายน้ำประเภทนี้เหมาะกับการประปาขนาดเล็ก ซึ่งมีกำลังผลิตไม่มาก และมีท่อจ่ายน้ำไม่ยาวมากนัก รวมทั้งมีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบตลอดทั้งพื้นที่ ส่วนประกอบหลักของระบบการจ่ายน้ำ (Major Components of Distribution System)

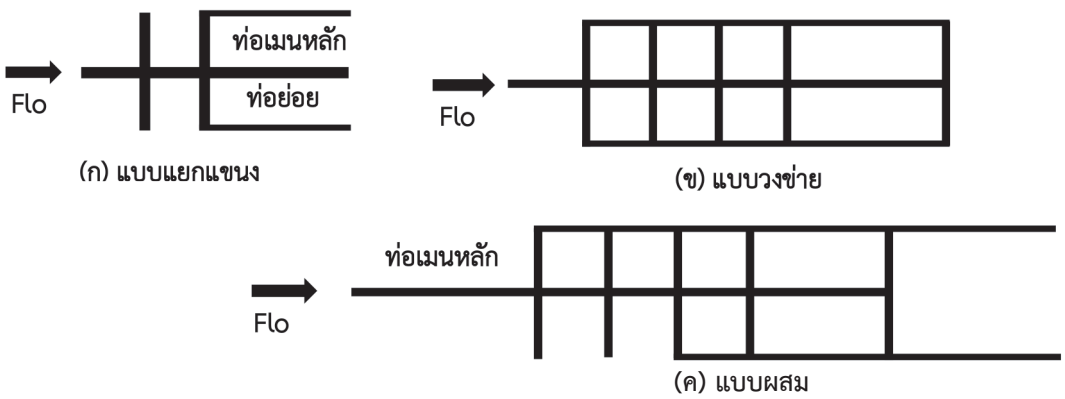
ส่วนประกอบหลักโดยทั่วไปของระบบการจ่ายน้ำ ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ท่อ (Pipe) วาล์วต่าง ๆ (Valve) หัวต่อท่อดับเพลิง (Fire Hydrant) เครื่องสูบน้ำ (Pump) และถังเก็บน้ำต่าง ๆ (Storage Facilities) รายละเอียดของแต่ละส่วนประกอบ มีดังนี้

(1) ท่อ (Pipe) ในระบบการจ่ายน้ำสะอาดหรือน้ำประปานั้น จะใช้ท่อในการจ่ายน้ำ ซึ่งเป็นการไหลภายใต้ความดัน โดยกำหนดให้แรงดันในระบบท่อจ่ายน้ำไม่ต่ำกว่า 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือเท่ากับความดันโดยคิดเป็นค่าความสูงของน้ำไม่ต่ำกว่า 10 เมตร สำหรับชนิดของท่อจ่าย แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำท่อได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pive) ท่อเหล็ก (Iron Pipe) ท่อพลาสติก (Plastic Pipe) และมีรูปแบบของการวางระบบท่อจ่ายน้ำ (Piping System) โดยทั่วไป 3 ระบบคือ

(ก) ระบบแบบแยกแขนง (Branching or Dead End System) เป็นลักษณะการวางท่อซึ่งจะมีท่อใหญ่สุดเป็นท่อหลักในการจ่ายน้ำ จากนั้นจะต่อท่อแขนงหรือท่อสายรองแยกออกไปตามแนวที่ต้องการ โดยปลายท่อทั้งหลายจะมีลักษณะเป็นปลายตัน ดังแสดงใน ภาพที่ 2.11 (ก.) การวางท่อจ่ายน้ำแบบนี้ง่ายในการออกแบบและวางท่อ แต่มีข้อจำกัดอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น เมื่อเกิดชำรุดที่จุดใดจุดหนึ่ง ต้องทำการซ่อมแซมโดยต้องปิดประตูน้ำระหว่างซ่อม ชุมชนที่อยู่ด้านปลายหรือหลังจุดที่ท่อแตกจะไม่มีน้ำใช้จนกว่าจะซ่อมเสร็จ นอกจากนี้น้ำบริเวณปลายท่อจะอยู่ในลักษณะนิ่ง หรือไม่มีการหมุนเวียนถ่ายเท ทำให้อาจมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเกิดปัญหาเรื่องกลิ่นและรสของน้ำได้

(ข) ระบบแบบวงข่าย (Grid System) เป็นลักษณะการวางท่อที่ท่อทุกเส้นจะบรรจบกันเป็นวงข่ายไม่มีปลายท่อตัน (No Dead End) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 (ข.) การวางท่อแบบนี้สามารถแก้ไขข้อจำกัดของระบบแบบแยกแขนงได้ แต่ระบบนี้การออกแบบขนาดท่อให้ได้ถูกต้องเหมาะสมต้องใช้สมการในการคำนวณค่อนข้างยุ่งยาก และจะสิ้นเปลืองค่าลงทุนในการวางท่อมากกว่าระบบแรก

(ค) ระบบแบบผสม (Combination system) เป็นลักษณะการวางท่อซึ่งผสมผสานกันระหว่างแบบแยกแขนงและแบบวงข่าย ดังแสดงในภาพที่ 2.11 (ค.) การวางท่อแบบนี้มักถูกนำมาใช้โดยพิจารณาจากสภาพของชุมชน การวางผังเมืองหรือผังถนนของชุมชน โดยทั่วไปชุมชนใจกลางเมืองมักมีประชาชนอยู่หนาแน่นและเป็นย่านธุรกิจการค้า แต่เขตที่ห่างออกไปรอบนอกอาจเป็นย่านที่พักอาศัย และความหนาแน่นของประชากรต่ำกว่ารวมทั้งถนนอาจเป็นทางตันด้วย ดังนั้นในการวางท่อจึงต้องใช้ระบบแบบผสม โดยในเขตชุมชนใจกลางเมืองจะวางท่อแบบวงข่าย ส่วนเขตรอบนอกอาจวางท่อแบบแยกแขนง



ภาพที่ 2.11 ระบบวางท่อจ่ายน้ำ

(2) วาล์ว (Valve) ในระบบท่อจ่ายน้ำจะมีการติดตั้งวาล์วอยู่หลายชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวาล์วที่นิยมใช้กันในระบบท่อจ่ายน้ำ ดังนี้

(ก) วาล์วประตู (Gate Valve) จะเป็นวาล์วที่พบได้มากในระบบท่อจ่ายน้ำ เพื่อประโยชน์ในการปิด-เปิด หรือควบคุมทิศทางการไหลของน้ำในเส้นท่อ เช่น ในกรณีท่อแตก เมื่อมีการซ่อมท่อเกิดขึ้น จะปิดวาล์วประตูบางตัว ทำให้น้ำหยุดไหลเพียงในเส้นท่อนั้น ๆ แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ยังสามารถใช้น้ำได้

(ข) วาล์วไหลทางเดียว (Check Valve) เป็นวาล์วที่ทำงานกึ่งอัตโนมัติเพื่อป้องกันการไหลกลับของน้ำ เช่น ติดตั้งไว้ที่ท่อด้านจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนกลับมาทำความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ในเวลาที่เครื่องสูบน้ำหยุดทำงานกระทันหัน นอกจากนี้ถ้านำวาล์วไหลทางเดียวไปติดตั้งไว้ที่ปลายท่อดูดเพื่อให้มีน้ำหล่ออยู่ในเครื่องสูบน้ำและเต็มท่อดูดอยู่ตลอดเวลา จะเรียกวาล์วนั้นว่า หัวกะโหลก (Foot Valve)

(ค) วาล์วคลายอากาศ (Air Relief Valve) เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ระบายอากาศออกจากท่อโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้มีอากาศอุดตันการไหลของน้ำในท่อ ตำแหน่งที่ติดตั้งวาล์วมักติดตั้งอยู่ ณ จุดสูงของท่อ เช่น เวลายกท่อข้ามคลองจะมีการติดตั้งวาล์วดังกล่าวกับท่อในส่วนที่ยกข้ามคลอง

(ง) วาล์วโบลว ออฟ (Blow Off Valve) เป็นวาล์วที่ติดตั้งในระบบท่อจ่ายน้ำไว้เพื่อระบายตะกอนที่อาจมีและตกค้างในเส้นท่อจ่ายน้ำ ทำให้กีดขวางการไหลของน้ำในท่อ ตำแหน่งที่ติดตั้งวาล์วชนิดนี้จะติดตั้งในจุดที่ต่ำของท่อ เช่น ท่อที่ฝังลอดคลอง

(จ) วาล์วคลายความดัน (Pressure Relief Valve) เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ลดความดันในเส้นท่อจ่ายน้ำด้านหลังตำแหน่งติดตั้งวาล์วโดยอัตโนมัติ มักจะนำมาใช้ในกรณีที่วางท่อส่งน้ำในพื้นที่จ่ายน้ำซึ่งมีความต่างของระดับมาก หากไม่ติดตั้งวาล์วชนิดนี้ ความดันในเส้นท่ออาจจะมากเกินไป ทำให้เส้นท่อทนความดันไม่ไหวอาจแตกหรือระเบิดขึ้นได้

(3) หัวต่อท่อดับเพลิง (Fire Hydrant) หัวต่อท่อดับเพลิงที่ติดตั้งไว้ในระบบท่อจ่ายน้ำจะมีวัตถุประสงค์หลักคือไว้เพื่อป้องกันเพลิงไหม้ นอกจากนี้อาจใช้ล้างผิวถนน และเป็นจุดระบายน้ำล้างท่อหลักได้อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วหัวต่อท่อดับเพลิงจะต่อโดยตรงจากท่อหลักและมีวาล์วประตู ซึ่งฝังอยู่ใต้ดินไว้เปิด-ปิดน้ำ ตำแหน่งที่ตั้งของหัวต่อท่อดับเพลิงมักอยู่ริมถนนและนิยมทาสีแดงเพื่อให้เห็นได้อย่างชัดเจน การติดตั้งหัวต่อท่อดับเพลิงในเขตชุมชนหนาแน่นคือไม่ควรห่างกันเกิน 200 เมตร สำหรับเขตชุมชนหนาแน่นน้อยหรือปานกลางควรติดตั้งหัวดับเพลิงทุกช่วงระยะ 200-500 เมตร

(4) เครื่องสูบน้ำ (Pump) เครื่องสูบน้ำคือ เครื่องกลสำหรับใช้สูบน้ำให้เคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนระดับจากจุดหนึ่งตามความต้องการ ก่อนที่จะกล่าวถึงเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในระบบการจ่ายน้ำ จะกล่าวถึงเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในระบบประปาทั้งหมด โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องสูบน้ำแรงต่ำ และเครื่องสูบน้ำแรงสูง เครื่องสูบน้ำแรงต่ำจะมีวัตถุประสงค์เพื่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่วนเครื่องสูบน้ำแรงสูงจะทำหน้าที่ผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพแล้วเข้าสู่ระบบท่อจ่ายน้ำ เครื่องสูบน้ำมีอยู่หลายชนิด เครื่องสูบน้ำแรงต่ำที่นิยมใช้กับแหล่งน้ำใต้ดินหรือบ่อบาดาลมีอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์แนวดิ่ง (Vertical Turbine) และเครื่องสูบน้ำแบบแช่น้ำหรือแบบซับเมิสซิเบิล (Submersible) สำหรับเครื่องสูบน้ำแรงต่ำที่นิยมใช้สำหรับแหล่งน้ำผิวดิน และเครื่องสูบน้ำแรงสูงหรือเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในระบบการจ่ายน้ำคือ เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pumps) ดังแสดงในภาพที่ 2.12 ซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำชนิดที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง (Centrifugal Forces) บังคับให้น้ำไหลหรือเปลี่ยนระดับความสูง เครื่องสูบน้ำถือได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญในระบบ

การจ่ายน้ำควบคู่กับระบบท่อ ดังนั้นโดยทั่วไปมักติดตั้งเครื่องสูบน้ำสำรองเผื่อไว้อย่างน้อย 1 ชุด และในบางพื้นที่ซึ่งระบบไฟฟ้าไม่มีความแน่นอนอาจติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมเครื่องยนต์ดีเซลเพิ่มอีก 1 ชุด



ภาพที่ 2.12 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
ที่มา: https://www.spxflow.com

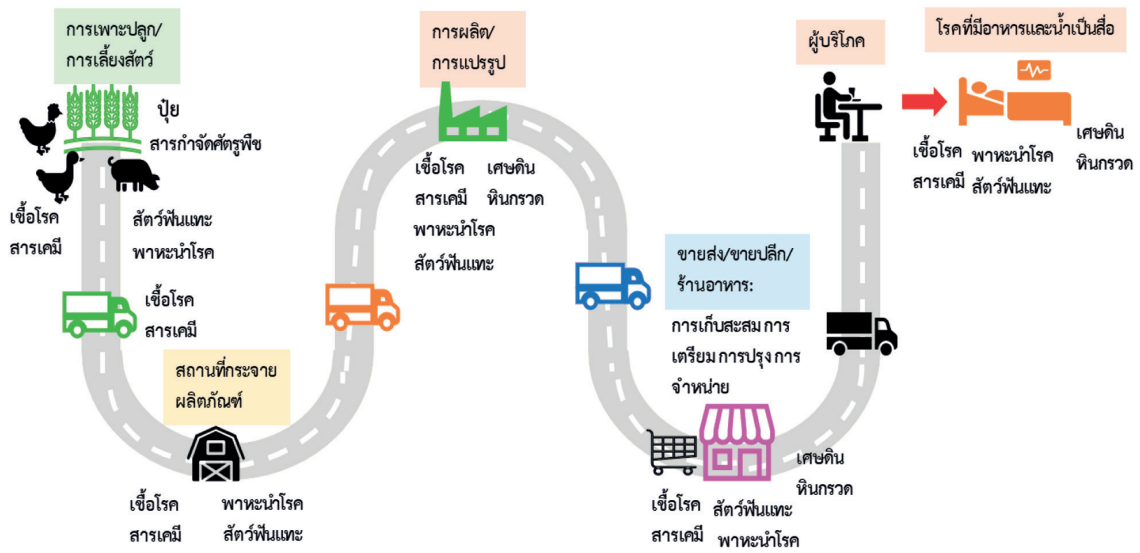
(5) ถังเก็บน้ำต่าง ๆ ถังเก็บน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับเก็บน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเอาไว้จ่ายให้กับชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ 1) ช่วยปรับความสมดุลของปริมาณน้ำที่ผลิตได้กับปริมาณน้ำที่ต้องการของชุมชน 2) เก็บสำรองไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉินต่าง ๆ เช่น ใช้ในการดับเพลิง 3) ช่วยควบคุมหรือเพิ่มแรงดันในท่อจ่ายน้ำให้สม่ำเสมอ และ 4) ช่วยเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสของคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ถังเก็บน้ำสำหรับระบบการจ่ายน้ำที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 แบบคือ 1) แบบที่ก่อสร้างบนดินหรือใต้ดิน (Ground or Underground Storage) ซึ่งมักเรียกกันว่า ถังน้ำใส (Clear Well) และ 2) แบบที่ก่อสร้างยกระดับขึ้นซึ่งมักเรียกกันว่า หอถังสูง (Elevated Storage)

ถังน้ำใสใช้เป็นถังเก็บน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว จากนั้นจะมีการสูบน้ำโดยเครื่องสูบน้ำเพื่อขึ้นหอถังสูง และเข้าระบบท่อจ่ายน้ำ วัสดุที่ใช้ทำถังเก็บน้ำโดยทั่วไปจะใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก แต่อาจใช้วัสดุอื่นก็ได้ เช่น เหล็ก หรือไฟเบอร์กลาส ถังเก็บน้ำจะต้องปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ ภายนอกอาคาร สำหรับขนาดความจุของถังเก็บน้ำใสโดยทั่วไปกำหนดไว้ประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณการใช้น้ำวันสูงสุด ส่วนความจุของหอถังสูงโดยทั่วไปกำหนดประมาณร้อยละ 15-30 ของปริมาณการใช้น้ำวันสูงสุด

บทที่ 3

การสุขาภิบาลอาหาร

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญของการมีสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตที่ดี เนื่องจากร่างกายจำเป็นต้องใช้สารอาหารในการสร้างพลังงานและสารจำเป็นต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโต การซ่อมแซมและการทำงานของเซลล์ รวมทั้งโครงสร้างย่อยภายในเซลล์ที่มีหน้าที่เฉพาะ จึงต้องบริโภคอาหารที่ครบถ้วนทั้งปริมาณและคุณภาพ กระบวนการผลิตอาหารในปัจจุบันตั้งแต่ผู้ผลิตถึงผู้บริโภค สามารถเกิดการปนเปื้อนจากสิ่งอันตรายต่าง ๆ ทั้งในรูปของจุลินทรีย์ก่อโรค สารเคมี และทางภายภาพ เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ก่อให้เกิดโรคจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ (Foodborne disease) ในบทนี้พิจารณาเฉพาะการปนเปื้อนหลังการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ จนถึงผู้บริโภคซึ่งเกิดได้ในทุกขั้นตอนตั้งแต่การขนส่ง การเตรียม การปรุง การเก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร เมื่อบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนเข้าไป ผู้บริโภคอาจเกิดการเจ็บป่วยและเป็นอันตรายถึงชีวิตจากเชื้อโรค พยาธิ สารเคมี หรือสิ่งอันตรายอื่น ๆ ได้ ภาพที่ 3.1 อธิบายเส้นทางและปัจจัยที่ทำให้อาหารเกิดการปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคตั้งแต่การผลิตจนถึงผู้บริโภค



ภาพที่ 3.1 ปัจจัยที่ทำให้อาหารเกิดการปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตั้งแต่การผลิตจนถึงผู้บริโภค

3.1 ความหมายของการสุขาภิบาลอาหาร

การสุขาภิบาลอาหาร (Food Sanitation) หมายถึง การใช้หลักและกระบวนการสุขาภิบาลในการจัดการและควบคุมการปนเปื้อนด้วยสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตั้งแต่ภาชนะอุปกรณ์ ผู้สัมผัสอาหาร จนถึงสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในทุกกิจกรรม ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ การขนส่ง การปรุง การเก็บรักษา การถนอมอาหาร และการจำหน่ายอาหาร เพื่อทำให้อาหารสะอาด ปลอดภัยจากเชื้อโรค หนอนพยาธิ สารเคมีต่าง ๆ และสิ่งที่เป็นอันตรายอื่น ๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย และการดำรงชีวิตของผู้บริโภค

3.2 ความสำคัญของการสุขาภิบาลอาหาร

ปัจจุบันหลักการของความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety) ทำให้การจัดการสุขาภิบาลอาหารไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการจัดการภายในสถานที่จำหน่ายอาหารหรือครัวเรือนเท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นถึงการป้องกันการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตและสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมสุขภาพอนามัย การป้องกันการเกิดโรคติดต่อทางอาหารและน้ำ การส่งเสริมให้มีการผลิตและจำหน่ายอาหารที่สะอาด ปลอดภัย และมีคุณภาพโดยมีขอบเขตการดำเนินงานค่อนข้างกว้างขวางและอาจมีชื่อเรียกเฉพาะตามประเภทของอาหารหรือสถานที่ที่ดำเนินการ เช่น การสุขาภิบาลการผลิตน้ำแข็ง การสุขาภิบาลอาหารนมและผลิตภัณฑ์นม การสุขาภิบาลสถานที่จำหน่ายอาหาร การสุขาภิบาลตลาดสด และการสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นการสุขาภิบาลอาหารมีความสำคัญโดยสรุป ดังนี้

- รักษาคุณค่า ความสะอาด และความปลอดภัยของอาหาร
- ป้องกันและควบคุมการเกิดโรคที่มีอาหารและน้ำเป็นสื่อ (Foodborne disease)
- ส่งเสริมให้มีการผลิตอาหารที่มีคุณภาพและมาตรฐาน
- ส่งเสริมให้มีร้านจำหน่ายอาหารที่สะอาด ปลอดภัยและมีมาตรฐานสำหรับผู้บริโภค
- คุ้มครองผู้บริโภค

3.3 อันตรายและโรคที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ

โรคที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อเกิดจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสิ่งที่เป็นอันตราย (Food Hazards) เช่น เชื้อโรค พยาธิ สารเคมี และสิ่งปลอมปนต่าง ๆ เข้าไปในร่างกาย อาจจะก่อให้เกิดการเจ็บป่วย หรือเป็นพิษภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ โดยจะมีระดับความรุนแรงมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสิ่งอันตรายในอาหาร สิ่งอันตรายที่ปนเปื้อนหรือที่พบในอาหารหมายถึงสิ่งอันตรายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่สามารถก่อให้ผู้ที่บริโภคเกิดการเจ็บป่วยหรือบาดเจ็บได้ ลักษณะและความเป็นอันตรายของสิ่งอันตรายแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) สิ่งอันตรายทางกายภาพ (Physical Hazards)

สิ่งอันตรายทางกายภาพ หมายถึง วัตถุ สิ่งปลอมปน หรือสิ่งแปลกปลอมซึ่งไม่ควรพบในอาหารที่ก่อให้เกิดบาดเจ็บ สำลัก หรือผลเสียอื่น ๆ ต่อสุขภาพ เช่น เศษไม้ กระดาษ แก้ว กรวด ทราย โลหะ พลาสติก และเศษวัสดุอื่น ๆ การปนเปื้อนของเศษวัสดุเหล่านี้เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ติดมากับวัตถุดิบ การชำรุดแตกหักของภาชนะบรรจุและวัสดุห่อหุ้มอาหาร อุปกรณ์เครื่องมือและวิธีการผลิตไม่เหมาะสม และการปฏิบัติที่ไม่ถูกสุขลักษณะของผู้สัมผัสอาหาร

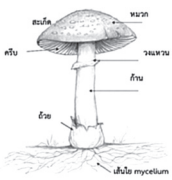
การควบคุมการปนเปื้อนหรือลดอันตรายทางกายภาพ อาจกระทำได้หลายวิธี เริ่มจากการคัดเลือกวัตถุดิบ การจัดให้มีมาตรการตรวจสอบและคัดแยกสิ่งแปลกปลอม เช่น เครื่องตรวจโลหะ การปรับเปลี่ยนวิธีการที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสูง หรือการฝึกอบรมผู้สัมผัสอาหาร

2) สิ่งอันตรายทางเคมี (Chemical Hazards)

สิ่งอันตรายทางเคมี หมายถึง อันตรายที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารเคมี ที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การขนส่งและการเก็บสะสม สารปนเปื้อนนี้มีที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ พิษที่มีอยู่ในพืช และสัตว์ตามธรรมชาติ สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร และสารเคมีที่เจตนาเติมลงไปเพื่อปรุงแต่งหรือถนอมอาหาร

(ก) พิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ (Naturally occurring chemicals) รวมทั้งสารก่อภูมิแพ้ พืชและสัตว์บางชนิดอาจมีส่วนประกอบที่มีพิษอยู่ในตัวของมันเองโดยธรรมชาติ บางชนิดได้รับพิษสะสมอยู่ในตัวเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม ที่อยู่หรืออาหารที่กินเข้าไป ถ้าคนนำพืชและสัตว์ไปกินก็จะได้รับอันตรายจากพิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์เหล่านั้น โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ได้ พืชและสัตว์ตามธรรมชาติที่มีพิษมีหลายชนิด ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ

ชนิด	สารพิษ	ความเป็นอันตราย
เห็ดพิษ 	Mono-methylhydrazine, Indoles, muscarine, cyclopeptides, Ibotenic acid, muscimol, bipyridyl, coprine,	ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทอัตโนมัติ ตับ ไต ระบบทางเดินอาหาร
กลอยดิบ 	Dioscorine Diosgenine	ระคายเคือง คัน คลื่นไส้อาเจียน วิงเวียน ใจสั่น เหงื่อออก ตาพร่า ชีพจรเต้นเบาและเร็ว อาจหมดสติได้
มันสำปะหลังดิบ 	Cyanide	คลื่นไส้อาเจียน ปวดท้องรุนแรง ชาตามปลายมือปลายเท้า แขนขาไม่มีแรง อาจชัก หมดสติ หายใจล้มเหลว อาจตายได้
เนียง 	Djenkolic acid	ปวดท้องและหลัง มีกลิ่นของเนียงจากลมหายใจและปัสสาวะ อาจพบผลึกเป็นรูปเข็มปนออกมาในปัสสาวะ ปัสสาวะขุ่นเป็นสีน้ำนมหรือปัสสาวะเป็นเลือด คลื่นไส้ ท้องเดินหรือท้องผูก มีอาการโลหิตเป็นพิษ จำนวนเม็ดเลือดขาวสูง

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ (ต่อ)

ชนิด	สารพิษ	ความเป็นอันตราย
ละหุ่ง 	Ricin Ricinus communis agglutinin (RCA)	คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสียอย่างรุนแรง มีไข้ กระหายน้ำ ปวดศีรษะ เจ็บคอ ม่านตาขยาย การไหลเวียนโลหิตล้มเหลว
แมงดาทะเล ปลาปักเป้า  	Tetrodotoxin (TTX)	อาการชาที่ริมฝีปาก ปลายนิ้วมือ นิ้วเท้า และรู้สึกเสียวแปลบเกิดขึ้น เวียนศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน เดินโซเซ กล้ามเนื้อเป็นอัมพาต ถ้ามีอาการช็อค จะทำให้ถึงตายได้
ปลาปักเป้าน้ำจืด 	Saxitoxin	ชาบริเวณปาก ลิ้น รู้สึกปวดแสบร้อนที่ลิ้น และตามแขนขา ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน และท้องร่วง หายใจลำบาก พูดไม่ชัด กลืนลำบาก เดินโซเซ กล้ามเนื้อสั่นกระตุก และชัก อาจตายได้จากกล้ามเนื้อหายใจเป็นอัมพาต
คางคก 	Digitalis	คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ วิงเวียน ท้องเสีย ใจสั่น หมดสติ อาจถึงตายได้
ปลาน้ำดอกไม้ ปลากะพง ปลานกแก้ว  	Ciguatoxin (CTX)	ปวดท้องเกร็ง คลื่นไส้ ท้องร่วงเป็นน้ำ เหงื่อแตก ปวดศีรษะ ปวดฟัน ปวดตามข้อ ปวดกล้ามเนื้อ วิงเวียน มีความรู้สึกผิดปกติตามบริเวณปาก ลิ้น ลำคอ การรับรู้อุณหภูมิผิดไป การมองเห็นผิดปกติ จนกระทั่งถึงชัก อาจตายได้จากกล้ามเนื้อหายใจเป็นอัมพาต

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างพิษที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ (ต่อ)

ชนิด	สารพิษ	ความเป็นอันตราย
ธัญพืช อาหารแห้ง 	Aflatoxin	หากได้รับสารพิษชนิดนี้เข้าไปเป็นจำนวนมาก อาจเกิดการสะสมจนทำให้เกิดอาการชัก หายใจลำบาก ทำลายตับ หัวใจและสมองบวม หากได้รับต่อเนื่องระยะยาวอาจเกิดมะเร็งตับ

(ข) สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารโดยไม่เจตนา อาจมีสาเหตุจากการปนเปื้อนสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม การใช้ภาชนะสัมผัสอาหารไม่เหมาะสม หรือสารก่อมะเร็งที่เกิดจากการปรุงหรือแปรรูปด้วยความร้อนที่ไม่เหมาะสม สารเคมีเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกาย อาจถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทางชีวเคมีทำให้เกิดเป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลงได้ บางส่วนจะถูกขับออกจากร่างกาย แต่มีส่วนหนึ่งที่เข้าไปสะสมอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย ดังนั้นการเกิดอันตรายต่อสุขภาพเกิดขึ้นได้ทั้งแบบเฉียบพลัน และกรณีได้รับในปริมาณน้อย ๆ เป็นระยะยาวอาจเกิดอาการแบบเรื้อรัง โดยเฉพาะการเกิดมะเร็ง สารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม อาจเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช สารกระตุ้นการเจริญเติบโต รวมทั้งการทิ้งของเสียจากภาคอุตสาหกรรม สารเคมีเหล่านี้มีโอกาสเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและสะสมในพืชและสัตว์ทั้งในแบบการสะสมทางชีวภาพ (Bioaccumulation) และการขยายทางชีวภาพ (Biomagnification) เมื่อคนกินพืชและสัตว์เป็นอาหารอาจได้รับอันตรายต่อสุขภาพได้ ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังขึ้นกับปริมาณและระยะเวลา การใช้ภาชนะสัมผัสอาหารไม่เหมาะสม อาจทำให้สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบ หรือติดมากับภาชนะนั้น ๆ ปนเปื้อนในอาหารได้ เช่น การละลายของหมึกพิมพ์หรือสีจากถุงใส่อาหาร เมื่อนำมาใส่อาหารที่ร้อนและมีน้ำมัน การละลายของโลหะหนักจากภาชนะเมื่อนำไปใส่อาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด (ส้มตำถาด) การละลายของส่วนผสมในภาชนะพลาสติกเมื่อนำไปใส่อาหารร้อน อาหารที่มีรสจัด อาหารที่เป็นกรดหรือด่าง ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารโดยไม่เจตนา ดังนี้

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร

ประเภท	แหล่งที่มา	ความเป็นอันตราย
โลหะหนักและสารประกอบที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม เบนซีน polycyclic aromatic	• องค์ประกอบของวัสดุบรรจุภัณฑ์ภาชนะ สี สารเคลือบผิว • โลหะผสมที่ใช้ทำภาชนะ หรือการใช้ตะกั่วเชื่อมต่อภายในภาชนะใส่อาหาร • การปนเปื้อนของเสียจากบ้านเรือน ชุมชน และอุตสาหกรรรม	ความเป็นอันตรายเกิดขึ้นทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง มีผลต่ออวัยวะเป้าหมายตามคุณสมบัติของสารพิษนั้น ๆ เช่น ระบบทางเดินอาหาร ตับ ไต กระดูก ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบสืบพันธุ์

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร (ต่อ)

ประเภท	แหล่งที่มา	ความเป็นอันตราย
hydrocarbons (PAH), dioxin, acrylamide	• กรรมวิธีในการปรุงที่ต้องอาศัยกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม • การย่าง และการอบที่อุณหภูมิสูงประกอบกับวัตถุดิบและเครื่องปรุงที่ใช้อาจเป็นสารต้นตอ	สำหรับที่เป็นสารก่อมะเร็ง การได้รับต่อเนื่องระยะยาวนาน อาจเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ เช่น PAH ทำให้เกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร
สารเคมีที่ใช้ในภาคการเกษตร เช่น ปุ๋ย สารปรับสภาพน้ำหรือดิน สารกำจัดศัตรูพืช สารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์	• สารพิษตกค้างในดินและน้ำ • สารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร (พืชและสัตว์)	ผลต่อสุขภาพขึ้นกับชนิด ความเป็นพิษ ความเข้มข้น และระยะเวลาที่ได้รับสาร ที่ไม่ก่อมะเร็ง ทำให้เกิดเจ็บป่วยต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย หรือเกิดอาการไม่สบาย เช่น ปวดเวียนศีรษะ ชา กล้ามเนื้ออ่อนแรงส่วนสารก่อมะเร็งทำให้เกิดมะเร็ง เช่น สารกลุ่มออร์แกโนคลอรีน ไกลโฟเสต

(ค) สารเคมีที่เจตนาเติมลงไป สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ (1) ถ้าใช้สารชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในปริมาณที่กฎหมายกำหนดเรียกว่า วัตถุเจือปนอาหาร ใส่ในอาหารเพื่อปรุงแต่งหรือถนอมอาหาร สารปรุงรส หรือวัตถุเจือปนอาหาร ที่นำมาใช้เพื่อ ปรุงแต่งสี กลิ่น รส และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ทำให้อาหารน่ารับประทานยิ่งขึ้น รวมทั้งช่วยลดการเสื่อมคุณภาพของอาหาร แต่หากใช้ในปริมาณเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดจะเป็นอันตรายและผิดกฎหมายทันที และ (2) ใช้สารเคมีชนิดที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร ดังนั้น จึงต้องรู้ถึงชนิด และปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ รวมทั้งอันตรายที่อาจเกิดขึ้นถ้าใช้ผิดชนิด หรือใช้เกินมาตรฐานที่กำหนด ตัวอย่างของสารเคมีที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สารเคมีที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร

สาร	วัตถุประสงค์ของการใช้	ความเป็นอันตราย
สารบอแรกซ์ (Borax) หรือโซเดียมโบเรท (Sodium borate) หรือผงกรอบ น้ำประสานทอง เพ่งแซ	ทำให้อาหารมีความหยุ่นกรอบ คงตัวได้นาน ไม่บูดเสียง่าย อาหารที่มักพบว่ามีสารบอแรกซ์ ได้แก่ หมูบด ลูกชิ้น ทอดมัน หมูสด เนื้อสด ไส้กรอก ผลไม้ดอง ทับทิมกรอบ ลอดช่อง	อันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร สมอง ซึ่งอาจทำให้มีอาการคล้ายเยื่อหุ้มสมองอักเสบและที่รุนแรงมาก เป็นอันตรายต่อไตทำให้เกิดไตพิการและตายได้ถ้าได้รับสารนี้ในปริมาณมากและเป็นเวลานาน
โซเดียมเมตาฟอสเฟต	เป็นผลึกแท่งเหลี่ยมยาว คล้ายผงชูรสมาก จึงมักปนปลอมในผงชูรส	ท้องร่วงอย่างรุนแรง

ตารางที่ 3.3 สารเคมีที่ไม่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร (ต่อ)

สาร	วัตถุประสงค์ของการใช้	ความเป็นอันตราย
สีย้อมผ้า	ทำให้สีสวยสด น่ารับประทาน และลดต้นทุน	โรคกระเพาะอาหารและลำไส้ อาจเป็นสาเหตุการเกิดโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งตับ มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ ขึ้นกับสารพิษหรือโลหะหนักที่เป็นส่วนผสม
กรดซาลิไซลิค (สารกันบูด)	กันเสีย กันราใส่ในน้ำดองผัก ผลไม้ เพื่อให้น้ำดองผักผลไม้ ดูใสเหมือนใหม่อยู่เสมอ	ถ้าได้รับกรดซาลิไซลิคจนมีความเข้มข้นในเลือด 25-35 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร จะมีอาการอาเจียน หูอื้อ มีไข้ และอาจตายได้
โซเดียมคาร์บอเนต (โซดาซักผ้า)	หมักเนื้อสัตว์ให้นุ่ม	กัดเยื่อบุอ่อนของระบบทางเดินอาหาร เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง อาจรุนแรงถึงตายได้
สารฟอกขาว (Sodium hydrosulfite)	ใช้ฟอกสีอาหารให้ดูขาว น่ารับประทาน และไม่ดำคล้ำง่าย มักพบในถั่วงอก ขิงฝอย ข่าฝอย ผักดอง ผลไม้ดองน้ำตาลปี๊บ	ทำให้เกิดการอักเสบบริเวณอวัยวะที่สัมผัสอาหาร ปวดท้อง อาเจียน เวียนศีรษะ แน่นหน้าอก หรืออาจเสียชีวิตได้
ดินประสิว (โพแทสเซียมไนเตรต)	ใส่ในอาหารประเภทเนื้อหมู เนื้อปลา เนื้อวัว ทำเนื้อเปื่อย สีสวย รสดีและเก็บไว้ได้นาน	เป็นสารที่ก่อให้เกิดสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง
ฟอร์มาลินในอาหาร (น้ำยาดองศพ)	ทำให้อาหาร เนื้อสัตว์สด ผักสด ดูสดอยู่เสมอ	อาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง ปวดท้อง ในปากและคอแห้ง หัวใจเต้นเร็ว แน่นหน้าอก อาจมีการถ่ายท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปัสสาวะ-ไม่ออก หรือปัสสาวะเป็นเลือด

ที่มา: https://www.si.mahidol.ac.th/th/division/ophs/admin/news_files/141_34_1.pdf

3) สิ่งอันตรายทางชีวภาพ (Biological Hazards)

สิ่งอันตรายทางชีวภาพ หมายถึง อันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรค ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ อาหารเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ง่าย (ดิน น้ำ อากาศ ฝุ่นละออง เครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหาร) จากตัววัตถุดิบ เช่น พืช ผัก ผลไม้ สัตว์ และบุคคลที่สัมผัสกับอาหาร ดินเป็นแหล่งของจุลินทรีย์หลายชนิด ปริมาณของจุลินทรีย์แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง

เช่น ความชื้นในดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ชนิดและปริมาณของสารอาหารในดิน อุณหภูมิ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบมากคือ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ เช่น Bacillus, Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, Enterobacter, Enterococcus, Pseudomonas, Proteus, Micrococcus ส่วนราพบมากที่บริเวณผิวดิน เช่น Aspergillus, Fusarium และ Penicillium การปนเปื้อนจากน้ำตามธรรมชาติที่ใช้เพื่อการผลิตวัตถุดิบการเกษตรกรรม ปศุสัตว์ น้ำที่เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์น้ำซึ่งมักเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำทะเลเป็นแหล่งที่อยู่ของ Acinetobacter, Flavobacterium, Pseudomonas, Staphylococcus, Vibrio แหล่งน้ำจืด อาจพบแบคทีเรีย Aeromonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Pseudomonas น้ำใช้ในโรงงานที่สัมผัสกับอาหารโดยตรง น้ำล้างวัตถุดิบ หรือล้างพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหาร เช่น น้ำล้างเครื่องจักรอุปกรณ์การแปรรูป น้ำล้างบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งน้ำที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ น้ำเคลือบผลิตภัณฑ์ (ice glazing) น้ำที่ใช้เพื่อสนับสนุนการผลิต เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำที่ใช้ป้อนเข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ อาการแสดงและความรุนแรงที่เกิดจากจุลินทรีย์แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่ผู้บริโภคได้รับ โดยอันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์นี้แบ่งได้เป็นอันตรายที่เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในอาหาร (Food Intoxication) และอันตรายที่เกิดจากการติดเชื้อ (Infection) (ตารางที่ 3.4) หรือได้รับเซลล์จุลินทรีย์เข้าไปในร่างกายในปริมาณที่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย ซึ่งสามารถแพร่กระจายไปสู่ผู้อื่นได้ หรือเรียกว่า โรคที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ (Food Borne Disease) (ตารางที่ 3.5)

(ก) อันตรายที่เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น จุลินทรีย์กลุ่มที่ปนเปื้อนในอาหารและสามารถสร้างสารพิษ (Toxin) ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ มี 2 กลุ่มที่สำคัญ คือ แบคทีเรียและเชื้อรา ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 อันตรายที่เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในอาหาร

สารพิษ	เชื้อที่สร้างสารพิษ	แหล่งที่พบ	อาการ
Food-borne botulism	*Clostridium botulinum*	อาหารกระป๋อง	อาการอ่อนแรง หนังตาตก เสียงขึ้นจมูก พูดไม่ชัด กลืนลำบาก หายใจลำบาก มองเห็นภาพซ้อน ในระยะเริ่มแรกมีอาการ ปากแห้ง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย และเวียนศีรษะ กล้ามเนื้อแขนขาอ่อนแรง เป็นอัมพาต
Staphylococcal enterotoxins	*Staphylococcus aureus*	ผู้สัมผัสอาหารมีแผล ฝีหนอง เสมหะ	คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องและท้องเสียรุนแรง
Shiga-like toxin I	*Escherichia coli 0157:H7 Escherichiacoli O104:H4*	อาหารที่ปนเปื้อนอุจจาระของคนและสัตว์	อาการปวดท้อง ถ่ายเหลว ถ่ายเป็นเลือด อาจมีไข้ อาจเกิดอาการแทรกซ้อนเม็ดเลือดแดงแตกและไตวาย

ตารางที่ 3.4 อันตรายที่เกิดจากสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในอาหาร (ต่อ)

สารพิษ	เชื้อที่สร้างสารพิษ	แหล่งที่พบ	อาการ
Aflatoxin	*Aspergillus flavus* *A. parasiticus* *A. nomius* *Penicillium*	ธัญพืช น้ำมันพืช มะพร้าว	ผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน ตับ ไต และอาจก่อให้เกิดมะเร็ง
Fumonisin	*Fusarium verticilli-oides* *F. culmorum*	ธัญพืช ข้าวโพด	ผลต่อระบบประสาท ตับ และอาจก่อให้เกิดมะเร็งหลอดอาหาร
Ochratoxin OTA	*Aspergillus Penicillium* *A. ochraceus* *P. nordicum* *P. verrucosum*	ธัญพืช ข้าวโพด สมุนไพร ผลไม้แห้ง ไวน์	คลื่นไส้ อาเจียน เบื่ออาหาร ทำลายตับและไต และอาจก่อให้เกิดมะเร็ง
Patulin	*Aspergillus terreus* *A. clavatus Penicillium* *Penicillium carneum* *P. clavigerum* *P. griseofulvum*	ข้าวสาลี ผลไม้แห้ง เช่น แอปเปิ้ล องุ่น แอปริคอท มะกอก ลูกแพร์	การเสื่อมและบวมของปอด เกิดแผลหลุมและการขยายตัวของท่อทางเดินอาหาร
Zearalenone	*Fusarium* *F. graminearum*	ธัญพืช อาหารสัตว์	พิษต่อระบบสืบพันธุ์

ตารางที่ 3.5 โรคติดต่อที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ

ชื่อโรค	เชื้อที่เป็นสาเหตุ	แหล่งที่พบ	อาการ
เชื้อแบคทีเรีย			
Salmonellosis หรือไข้ไทฟอยด์	*Salmonella typhi*	เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ไข่ และนมดิบ	ไข้ขึ้นสูง ท้องเสีย และอาเจียน อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต
อหิวาตกโรค (Cholera)	*Vibrio cholera*	อาหารทะเลดิบ หรือกึ่งสุกกึ่งดิบ โดยเฉพาะหอยที่อาศัยบริเวณปากแม่น้ำ เช่น หอยนางรม ปู	อาการท้องร่วงอย่างรุนแรง อาเจียน ปวดขา เกิดภาวะขาดน้ำและอาจช็อคได้
โรคติดเชื้อ Vibrio	*Vibrio parahemolyticus*	พบตามชายฝั่งทะเลโซนร้อน น้ำกร่อย อาศัยอยู่กับสัตว์น้ำทะเล จำพวกสัตว์น้ำมีเปลือก เช่น กุ้ง กั้ง ปู และหอย	ท้องเสีย ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ไข้ และอาจถ่ายเป็นเลือด

ตารางที่ 3.5 โรคติดต่อที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ (ต่อ)

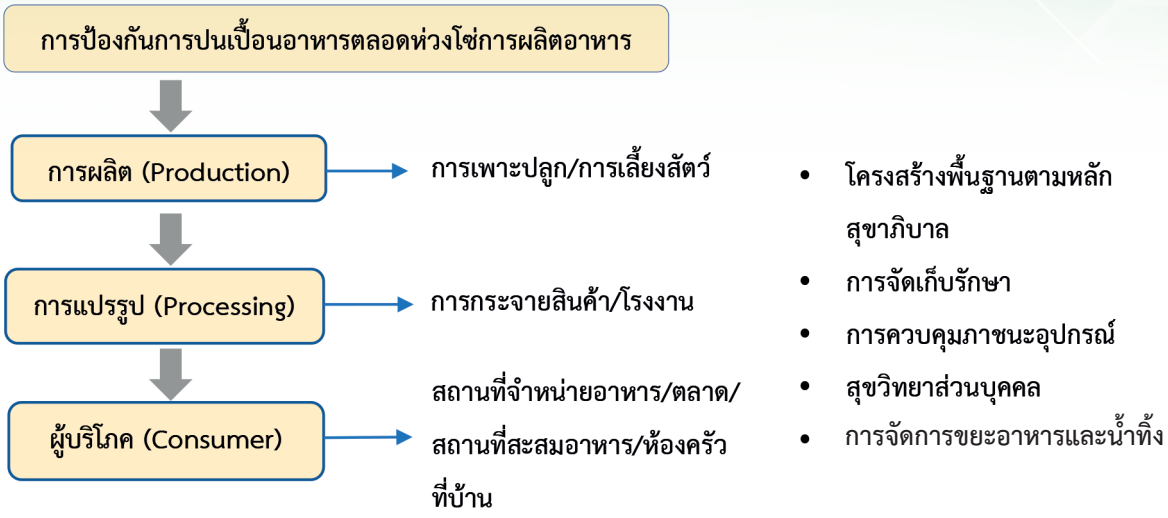
ชื่อโรค	เชื้อที่เป็นสาเหตุ	แหล่งที่พบ	อาการ
เชื้อแบคทีเรีย			
โรคบิดชนิดไม่มีตัว (Bacillary Dysentery) หรือ Shigellosis	กลุ่ม Shigella	พบได้ทั่วไปในพื้นที่ที่มีสุขอนามัยไม่ดี อาหาร น้ำดื่ม นม และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่ปนเปื้อนเชื้อ	มีไข้สูง ปวดท้องมาก อุจจาระร่วง มีกลิ่นคาว อาจมีมูกเลือดปนในอุจจาระ
โรคกระเพาะอาหารอักเสบ	*Clostridium perfringens*	อาหารเนื้อสัตว์ อาหารแห้ง สมุนไพร เครื่องเทศมักพบก่อปัญหากับการบริการอาหารที่ต้องเตรียมอาหารจำนวนมากล่วงหน้าเป็นเวลานาน เช่น โรงเรียน ร้านอาหาร	ปวดท้องอย่างรุนแรง ท้องเสีย มีก๊าซ คลื่นไส้ อาเจียน และเชื้อจะปล่อยสารพิษในลำไส้ระหว่างเซลล์ที่กำลังสร้างสปอร์ เป็นผลทำให้เกิดการติดการตายของเนื้อเยื่อ
ไวรัส			
โรคตับอักเสบ เอ	*Hepatitis A virus*	อาหาร ผักสด ผลไม้ น้ำดื่มที่ปนเปื้อนเชื้อนี้ ทำไม่สุก ไม่สะอาด ไม่ต้มเดือด	ปวดหัว มีไข้ตัวร้อน รู้สึกเหนื่อยล้า ไม่สบายตัว ไม่อยากอาหาร มีผดผื่นคัน ปวดท้อง ท้องร่วง ท้องผูก ปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่อ คันตามผิวหนัง ปัสสาวะมีสีเข้ม อุจจาระมีสีซีด มีภาวะดีซ่าน อาจเกิดตับวายได้
การติดเชื้อท้องเสียโนโรไวรัส	*Norovirus* หรือ *Norwalk virus*	อาหารและน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อ (fecal-oral route) เช่น จากคนปรุงอาหารที่ติดเชื้อไม่ระมัดระวังสุขอนามัย จะเป็นแหล่งแพร่เชื้อไปกับอาหาร โดยเฉพาะพวกสลัด แซนวิช	คลื่นไส้ อาเจียน ถ่ายเหลวเป็นน้ำ ปวดท้อง ปวดศีรษะ มีไข้
ปรสิต			
โรคบิดชนิดมีตัว (Amoebic Dysentery) หรือ Amoebiasis	*Entamoeba histolytica*	อาหาร น้ำ หรือมือที่ปนเปื้อนเชื้อ	มีอาการปวดเบ่ง อุจจาระเป็นมูกเลือด มีกลิ่นเหม็นเหมือนกุ้งเน่า มีไข้ต่ำ ถ้าเชื้อกระจายไปในอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตับ หัวใจ สมอง ทำให้มีอาการผิดปกติของอวัยวะนั้น ๆ
พยาธิไส้เดือน	พยาธิตัวกลม *Ascaris lumbricoides*	สถานที่ที่ปราศจากสุขอนามัย ผู้คนได้รับปรสิตจากอาหารหรือน้ำที่ไม่สะอาด	วิงเวียนศีรษะ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย ลำไส้อุดตัน ซึ่งทำให้เกิดอาการปวดอย่างรุนแรง น้ำหนักลด

ตารางที่ 3.5 โรคติดต่อที่เกิดจากอาหารเป็นสื่อ (ต่อ)

ชื่อโรค	เชื้อที่เป็นสาเหตุ	แหล่งที่พบ	อาการ
ปรสิต			
โรคพยาธิใบไม้ในลำไส้	*Fasciolopsis buski*	หอยและปลาน้ำจืด และพืชบางชนิด	ปวดท้องเป็นครั้งคราว เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน มีน้ำในช่องท้อง ผอมลง อาจมีอาการบวมบริเวณใบหน้า การเจริญเติบโตหยุดชะงักหรือช้าลง หมดกำลัง ตับโต
โรคพยาธิใบไม้ตับ (Liver fluke)	*Opisthorchis viverini*	อาหารทะเล หรือปลาที่ปรุงสุก ๆ ดิบ ๆ ปลาน้ำจืด เช่น ปลาซิว ปลาสร้อย ปลาแก้มช้ำ ปลาขาว และปลาที่นำมาแปรรูปที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการที่ปรุงสุกและสะอาด เช่น ปลาร้า	อาการจุกและแน่นบริเวณท้องใต้ชายโครงด้านขวา และลิ้นปี่ มีอาการท้องอืด ตับโตระยะสุดท้ายจะทำให้ตัวเหลือง เกิดโรคดีซ่าน
โรคพยาธิตัวจี๊ด	*Ganathostoma spinigerum*	อาหารกึ่งสุกกึ่งดิบ เช่น หมู ไก่ กุ้ง	อาการผื่น ลมพิษ ครั่นเนื้อครั่นตัว คลื่นไส้ อาเจียน มีไข้
โรคพยาธิตืด (Tapeworms)	• โรคพยาธิตืดวัว (Taenia Saginata) • โรคพยาธิตืดหมู (Taenia Solium)	เนื้อหมู เนื้อวัว และเนื้อควายที่ปรุงไม่สุก เช่น ลาบ แหนม	มีตั้งแต่ไม่มีอาการ หากมีพยาธิตัวแก่ในลำไส้จะแย่งอาหาร ทำให้รับประทานอาหารเก่ง หิวบ่อยแต่ผอมลง น้ำหนักลด อาจมีอาการปวดท้อง ท้องอืด คลื่นไส้อาเจียน หรืออุจาระบ่อย

3.4 การป้องกันการปนเปื้อนของอาหาร

การป้องกันการปนเปื้อนอาหารขึ้นกับการบริหารจัดการ การควบคุมสิ่งแวดล้อมและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับอาหารในทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิต การขนส่ง จนถึงผู้บริโภค การปรุง การประกอบ การจำหน่ายอาหาร การควบคุมสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ โรงงานแปรรูป นอกจากนี้ต้องมีการกำกับดูแลคุณภาพวัตถุดิบ การจัดเก็บและรักษาอาหาร การบรรจุ สุขวิทยาส่วนบุคคลของผู้สัมผัสอาหาร การควบคุมภาชนะอุปกรณ์สัมผัสอาหาร และการกำจัดเศษอาหาร น้ำทิ้ง และอื่น ๆ ภาพที่ 3.2 แสดงขอบเขตการป้องกันการปนเปื้อนสิ่งอันตรายในอาหารตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง ในที่นี้อธิบายเฉพาะส่วนของสถานที่จำหน่ายอาหาร สถานที่สะสมอาหาร ตลาดสด ร้านจำหน่ายอาหาร



ภาพที่ 3.2 ขอบเขตการป้องกันการปนเปื้อนสิ่งอันตรายในอาหาร

1) โครงสร้างพื้นฐานตามหลักสุขาภิบาล

สถานที่จำหน่าย สถานที่สะสมอาหาร และตลาดเป็นสถานประกอบกิจการประเภทหนึ่งที่มีอยู่ในชุมชนมากมายตามวิถีการดำเนินชีวิตของคนไทย สถานที่เหล่านี้เป็นสถานที่ที่อุดมด้วยเนื้อสัตว์ ผักสด ผลไม้ อาหารแห้ง อาหารกระป๋อง เครื่องปรุง จึงเป็นจุดที่จะเกิดการปนเปื้อน หรือโอกาสการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคที่มีอาหารและน้ำเป็นสื่อ ดังนั้นการจัดสถานที่ให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล จึงมีความสำคัญมาก สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย ได้กำหนดมาตรฐานด้านสุขาภิบาลอาหาร สำหรับร้านอาหาร แผงลอยจำหน่ายอาหาร รถเร่จำหน่ายอาหาร โรงอาหาร ตลาดสด มินิมาร์ท และซุปเปอร์มาร์เก็ต โดยสามารถจัดกลุ่มของเกณฑ์มาตรฐานสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน ดังนี้

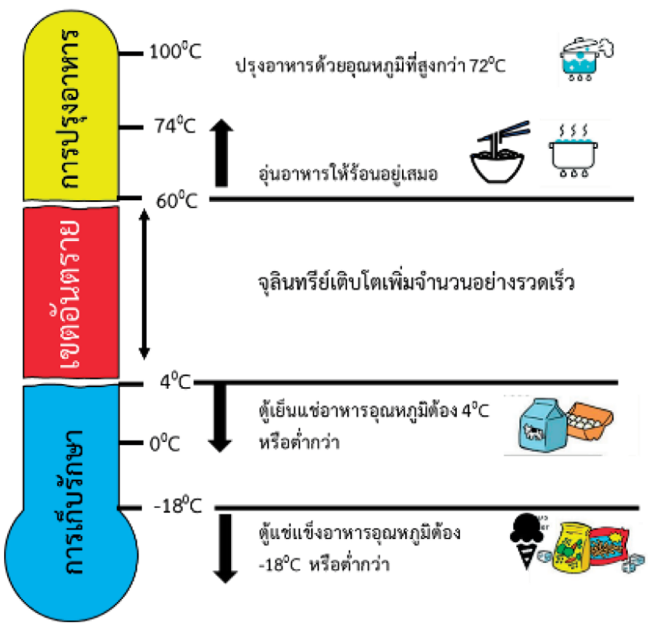
หัวข้อ	ข้อปฏิบัติ
1. ที่ตั้ง	ต้องอยู่ห่างไม่ต่ำกว่า 100 เมตร จากแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษ ของเสีย โรงเลี้ยงสัตว์ แหล่งโสโครก ที่กำจัดมูลฝอย อันอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย
2. พื้น	ผนังทำด้วยวัสดุแข็งแรงทนทาน เรียบเสมอกันไม่มีรอยแตก หรือร่องที่ทำให้น้ำขัง ทำความสะอาดง่าย
3. โต๊ะหรือเก้าอี้	สำหรับที่ใช้เตรียม ประกอบ ปรุงอาหาร หรือบริโภคอาหาร สะอาด ไม่ชำรุดและไม่มีคราบสกปรก ต้องสูงจากพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร ไม่มีจุดอับที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์/แมลงนำโรค
4. การระบายอากาศ	มีเพียงพอ เช่น มีปล่องระบายควัน และหรือพัดลมดูดอากาศ หรือเครื่องปรับอากาศ ควรมีพื้นที่ของประตูหน้าต่าง ประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่ห้องครัว ประตูควรเป็นชนิดเปิดออกด้านนอกและปิดได้เอง

หัวข้อ	ข้อปฏิบัติ
5. ถังรองรับมูลฝอย	สภาพดี ไม่รั่วซึม และมีฝาปิดมิดชิด และมีการแยกเศษอาหารออกจากมูลฝอยประเภทอื่น
6 ระบบดักไขมัน	สำหรับบำบัดน้ำเสียก่อนระบายทิ้งสู่สาธารณะ ทั้งนี้ท่อหรือรางระบายน้ำ สามารถระบายน้ำได้ดี ไม่มีเศษอาหารตกค้าง
7. ห้องส้วม	แยกเป็นสัดส่วน และประตูต้องปิดตลอดเวลา มีอ่างล้างมือ สะอาด ไม่มีคราบสกปรก ใช้การได้ดี มีสบู่ใช้ตลอดเวลา ต้องมีจำนวนเพียงพอ มีสภาพที่พร้อมใช้งาน (ตามกฎกระทรวงฯ กำหนดส้วมที่ต้องด้วยสุขลักษณะในร้านจำหน่ายอาหารฯ พ.ศ. 2555)
8. อุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย	หากร้านอาหารเป็นห้องแถว ตึกแถว บ้านแถวและบ้านแฝด ที่มีความสูงไม่เกิน 2 ชั้น ต้องติดตั้งเครื่องดับเพลิงมือถือคูหาละ 1 เครื่อง อาคารอื่น ๆ เช่น ภัตตาคาร หรือร้านอาหารที่ตั้งอยู่ในโรงแรม หรืออาคารที่สูงเกิน 2 ชั้น ต้องติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถือชั้นละ 1 เครื่องต่อพื้นที่
9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหุงต้ม	ควรมีการจัดการด้านความปลอดภัยให้ถูกต้อง พื้นที่รองรับถังก๊าซต้องแข็งแรง เพียงพอที่จะรับน้ำหนักถังก๊าซได้ ไม่ทำให้ถังเอียง ไม่ใช้เมทานอล/เมทิลแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิง กรณีใช้แอลกอฮอล์แข็งเป็นเชื้อเพลิง ต้องได้มาตรฐาน มอก.
10. ความเข้มของแสงสว่าง	ในบริเวณต่าง ๆ เพียงพอ โดยบริเวณที่จำหน่ายอาหาร/ให้บริการอาหารแบบบริการตนเอง ใช้หลอดไฟเป็นแบบแสงธรรมชาติกลางวัน (Day light) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดค่าความเข้มของแสงสว่างในสถานที่จำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561)
11. ตลาดสด มีข้อเพิ่มเติมดังนี้	• ทางเดินภายในอาคารตลาดมีความกว้างไม่น้อยกว่า 2 เมตร • น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดต้องได้มาตรฐาน (สำหรับพื้นที่ตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป) • แผงขายสินค้ามีความเข้มแสงสว่างไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์ • มีที่ล้างสินค้า อาหารสดอย่างน้อย 1 จุดต่อแผง อาหารสด 30 แผง โดยแต่ละจุดต้องมีก๊อกน้ำอย่างน้อย 3 ก๊อก สำหรับแผงขายอาหารประเภทเนื้อสัตว์ชำแหละหรือ แผงจำหน่ายอาหารประเภทปรุงสำเร็จต้องติดตั้งก๊อกน้ำประจำแผง • มีที่เก็บสำรองน้ำในปริมาณเพียงพอและสะดวกต่อการใช้ กรณีที่มีแผงจำหน่ายอาหารสดตั้งแต่ 50 แผงขึ้นไป ต้องจัดให้มีน้ำสำรองอย่างน้อย 5 ลูกบาศก์เมตรต่อจำนวนแผงจำหน่ายอาหารสดทุก 100 แผง เศษของ 100 แผง ถ้าเกิน 50 แผง ให้ถือเป็น 100 แผง • ตลาดสดประเภทที่ 1 มีถนนรอบอาคารตลาดกว้างไม่น้อยกว่า 4 เมตร และมีทางเข้าออกบริเวณกว้างไม่น้อยกว่า 4 เมตร อย่างน้อยหนึ่งทาง ต้องจัดให้มีที่ขนถ่ายสินค้าตั้งอยู่ในบริเวณหนึ่งบริเวณใดโดยเฉพาะ มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการขนถ่ายสินค้าในแต่ละวัน และสะดวกต่อการขนถ่ายสินค้าและการรักษาความสะอาด

หัวข้อ	ข้อปฏิบัติ
12. ซุปเปอร์มาร์เก็ตและมินิมาร์ทมีข้อเพิ่มเติมดังนี้	• โครงสร้างภายในของชั้นวางสินค้า ต้องทำด้วยวัสดุเรียบ ทำความสะอาดง่าย มีสภาพดี ชั้นล่างสุดต้องสูงจากพื้นอย่างน้อย 15 ซม. แข็งแรงไม่ชำรุด ไม่เป็นที่สะสมของสัตว์แมลงนำโรค • ตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งต้องทำด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบ มีสภาพดี ไม่ดูดซึมน้ำ สะอาด สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ ตู้แช่แข็งต้องไม่มีน้ำแข็งเกาะหนาเกิน 1 นิ้ว • มีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในบริเวณที่สามารถอ่านอุณหภูมิได้สะดวกจากภายนอก • วัสดุและอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ ประเภท มีด เขียง เครื่องบด/หั่น เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จะต้องมีสภาพดีไม่เป็นพิษ ทำความสะอาดง่าย แยกใช้ระหว่างอาหารดิบและอาหารปรุงสุก

2) การจัดเก็บรักษาอาหาร

อาหารที่จะนำมาปรุง ประกอบไม่ว่าจะเป็นอาหารสด อาหารแห้ง หรืออาหารกระป๋อง จะต้องเลือกอาหารที่ใหม่ สด สะอาด และปลอดภัย ผลิตจากแหล่งผลิตที่เชื่อถือได้ เลือกใช้วัตถุปรุงแต่ง อาหารที่ถูกต้องมีหน่วยงานรับรองความปลอดภัย เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม นอกจากนี้การปรุงและการเก็บอาหารอย่างถูกวิธีต้องใช้อุณหภูมิในการปรุงและเก็บที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพอาหารให้สะอาดปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดเวลา อาหารทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นอาหารสด อาหารแห้ง หรืออาหารที่ปรุงเสร็จแล้ว ควรต้องเก็บรักษาให้ถูกวิธี เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารไว้ ไม่ให้บูดเน่าเสีย หรือเสื่อมคุณค่าได้ง่าย ในการเก็บรักษา อาหารจะต้องควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค และการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหาร โดยทั่วไปการควบคุมอุณหภูมิเพื่อการเก็บรักษาอาหารจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร ดังนี้



- อุณหภูมิสำหรับปรุงอาหารตั้งแต่ 72˚C ขึ้นไป
- อุณหภูมิสำหรับอุ่นอาหารตั้งแต่ 60˚C ขึ้นไป
- อุณหภูมิสำหรับตู้เย็นแช่อาหารต่ำกว่า 5˚C
- อุณหภูมิสำหรับตู้แช่แข็งอาหารต่ำกว่า -18˚C
- อุณหภูมิที่เป็นจุดอันตรายที่จุลินทรีย์เติบโตได้อย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ 4˚C ถึง 60˚C

นอกจากนี้มีข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดเก็บรักษาอาหาร ดังนี้

(1) เนื้อสัตว์สด เก็บในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสเก็บในภาชนะสะอาด และวางสูงจากพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร (ตามประกาศกระทรวงฯ เรื่อง หลักเกณฑ์ และวิธีกำหนดอุณหภูมิในการเก็บรักษาอาหารสดในสถานที่จำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561)

(2) อาหารปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค เก็บในภาชนะที่สะอาด มีการปกปิดด้วยวิธีที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนได้ เช่น ตู้ ภาชนะที่มีฝาปิด (ตามประกาศกระทรวงฯ เรื่อง หลักเกณฑ์เกี่ยวกับสุขลักษณะของการจำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561)

(3) น้ำดื่ม เครื่องดื่ม และน้ำแข็งมีพื้นผิวภายนอกของภาชนะ สะอาด ไม่มีคราบสกปรก เก็บสูงจากพื้นอย่างน้อย 15 เซนติเมตร

(4) ไม่นำอาหารหรือสิ่งของ ไปแช่รวมในถังน้ำแข็งสำหรับบริโภค

(5) ภาชนะบรรจุ สะอาด มีฝาปิด มีก๊อกหรือทางเทรินน้ำ หรือมีอุปกรณ์ที่มีด้ามสำหรับตักโดยเฉพาะ และเก็บสูงจากพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร

(6) น้ำที่ใช้สำหรับปรุง ประกอบอาหาร หรือเครื่องดื่ม สะอาดได้มาตรฐานตามที่หน่วยงานราชการรับรอง

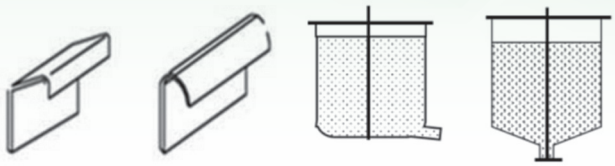
(7) ใช้สารปรุงแต่งอาหารที่มีความปลอดภัย มีเครื่องหมายรับรองอาหารของทางราชการ เช่น เลขสารบบอาหาร เครื่องหมายรับรองมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.)

3) การเลือก การล้าง และการเก็บภาชนะอุปกรณ์สัมผัสอาหาร

ภาชนะและอุปกรณ์สัมผัสอาหารที่ใช้ในการเตรียม การปรุง การเก็บ และการรับประทานอาหาร จะต้องเลือกใช้ภาชนะอุปกรณ์ให้ถูกต้องเหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด มีการล้างทำความสะอาด และการเก็บรักษาที่ดี เพื่อควบคุมและป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรค สารเคมี และสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

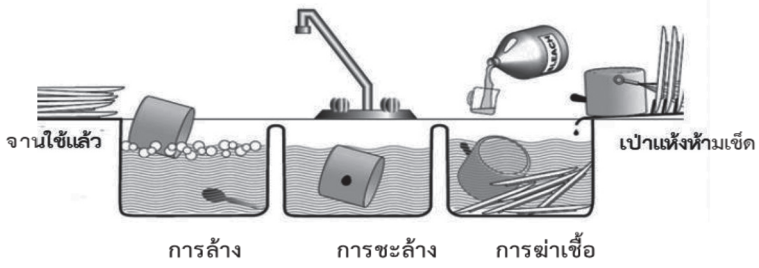
(1) การเลือกใช้ภาชนะอุปกรณ์ การเลือกภาชนะอุปกรณ์ที่เหมาะสม สะดวก และปลอดภัย เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับแรก โดยทั่วไปมีหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้อุปกรณ์สัมผัสอาหาร ดังนี้

- ชนิดของวัสดุ ควรเลือกภาชนะอุปกรณ์ที่ทำด้วยวัสดุหรือส่วนประกอบของวัสดุที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นอันตราย เช่น สแตนเลส กระเบื้องเคลือบขาว แก้ว อลูมิเนียม เมลามีนสีขาวหรือสีอ่อน สังกะสีเคลือบขาว สำหรับตะเกียบต้องเป็นไม้ไม่ตกแต่งสี หรือพลาสติกสีขาว มีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่แตกร้าว กะเทาะ หรือหลุดลอกได้ง่าย ไม่มีสีเจือปนหรือตกแต่งสี ในบริเวณที่สัมผัสอาหารโดยตรง
- ภาชนะใส่น้ำส้มสายชู น้ำปลา และน้ำจิ้ม ต้องทำด้วยแก้ว กระเบื้องเคลือบขาว มีฝาปิด และช้อนตักทำด้วยกระเบื้องเคลือบขาว หรือสแตนเลส สำหรับเครื่องปรุงรสอื่น ๆ ต้องใส่ในภาชนะที่ทำความสะอาดง่าย มีฝาปิด
- การออกแบบ เพื่อมิให้มีเศษอาหารตกค้างจนกลายเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค จะต้องเลือกภาชนะ อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ล้างทำความสะอาดง่าย ปากไม่แคบ ก้นไม่ลึก มีผิวเรียบ ไม่มีลวดลาย ไม่เป็นร่องหรือซอก ไม่เป็นมุมแหลมคม (ภาพที่ 3.3)
- การใช้งาน ภาชนะอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้สัมผัสอาหาร ต้องอยู่ในสภาพที่ สะอาดปราศจากการปนเปื้อน ไม่เคยใช้บรรจุสิ่งของอื่นใดที่เป็นพาหะหรืออาจเป็นอันตรายมาก่อน เช่น สารเคมี ปุ๋ย สารกำจัดแมลง



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างการออกแบบมุมภาชนะ อุปกรณ์ หรือโต๊ะที่ถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary design)

(2) การล้างภาชนะอุปกรณ์ การล้างภาชนะอุปกรณ์เป็นการกำจัดคราบสิ่งสกปรก ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะตามความสามารถในการละลายน้ำ (พวกแป้ง) สารที่มีฤทธิ์เป็นเบส (โปรตีน) สารที่มีฤทธิ์เป็นกรด (เกลือน้ำกระด้าง ตะกรัน) และสารลดแรงตึงผิว เช่น ไขมัน เศษอาหาร ทุกครั้งหลังการใช้งานจะต้องล้างภาชนะอุปกรณ์ให้เรียบร้อยก่อนที่จะนำไปเก็บ ถ้าภาชนะอุปกรณ์ที่เก็บไว้นานมีฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกติดค้างอยู่ ควรล้างทำความสะอาดใหม่อีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำมาใช้งาน ใช้อ่างล้างภาชนะอุปกรณ์ที่มีท่อระบายน้ำที่ใช้การได้ดี อย่างน้อย 2 อ่าง การทำความสะอาดมี 3 ขั้นตอน ดังนี้ (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการทำความสะอาดตามหลักสุขาภิบาล

- การล้าง (Washing) เป็นการขจัดสิ่งสกปรกที่มองเห็นให้หมดไป อาจใช้สารทำความสะอาด (โดยการแช่ การฉีดพ่น) การใช้โฟม เจล หรือการขัด
- การชะล้าง (Rinsing) การกำจัดสารทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด
- การฆ่าเชื้อ (sanitizing) การทำลายจุลินทรีย์ที่หลงเหลือบนภาชนะ อุปกรณ์ด้วยความร้อนหรือสารเคมี

❍ การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อควรใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 82°C ขึ้นไป เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีขึ้นไป

❍ สารเคมีที่ใช้ เช่น คลอรีน ควอเตอนารีแอมโมเนีย ไอโอโดฟอร์ ทั้งนี้ประสิทธิภาพขึ้นกับการสัมผัสกับสารฆ่าเชื้อ ความไว ความเข้มข้น เวลา อุณหภูมิ และความเป็นกรดด่างของสารละลาย

- ก่อนการล้างภาชนะอุปกรณ์ควรกวาดเศษอาหารที่ติดอยู่กับภาชนะใส่ลงในถังใส่เศษอาหารที่ไม่รั่วซึมและมีฝาปิดมิดชิด และควรแยกภาชนะอุปกรณ์ที่จะล้างออกเป็นกลุ่ม ๆ และแยกกันล้าง ไม่ปะปนกัน โดยเลือกล้างแก้วน้ำ หรือภาชนะอุปกรณ์กลุ่มที่สะอาดมากกว่าก่อน

- ภาชนะที่ล้างเสร็จแล้ว ควรจะนำไปฝังบนตะแกรง หรือตะกร้า ซึ่งวางสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ในลักษณะคว่ำไว้ เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและแมลงมาไต่ตอม ไม่ควรใช้ผ้าที่ไม่สะอาดเช็ด เพราะอาจทำให้ภาชนะเกิดการปนเปื้อนจากผ้าและมือที่เช็ดได้

(3) การเก็บภาชนะอุปกรณ์ ภาชนะอุปกรณ์ที่ล้างและผึ่งให้แห้งแล้วต้องนำไปเก็บไว้ในที่ที่สะอาดมีการปกปิดป้องกันแมลงและสัตว์นำโรคมารบกวน และเก็บไว้ในที่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร และต้องเก็บวางในลักษณะที่ง่ายต่อการหยิบจับโดยมิให้มือไปจับส่วนที่จะสัมผัสกับอาหาร เช่น การเก็บช้อนส้อม ตะเกียบ ควรเก็บในแนวนอน หรือวางตั้งโดยเอาด้ามจับขึ้น

4) สุขวิทยาส่วนบุคคลของผู้สัมผัสอาหาร

ผู้สัมผัสอาหาร หมายถึง บุคคลที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับอาหารในร้านจำหน่ายอาหาร ตลาดสด ซุปเปอร์มาร์เก็ต และมินิมาร์ท ซึ่งหากบุคคลเหล่านี้มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคของระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ หรือผิวหนังเป็นแผล ฝี หนอง สามารถแพร่กระจายเชื้อโรคนั้นไปสู่ผู้บริโภค หรือทำให้เชื้อโรคปนเปื้อนลงไปในอาหารได้ โดยเชื้อโรคที่ติดไปกับมือของผู้สัมผัสอาหารอาจปนเปื้อนลงสู่อาหารจากการสัมผัสกับอาหารและภาชนะอุปกรณ์โดยตรง หรือเชื้อโรคที่แพร่กระจายจากการไอและจามตกลงสู่อาหารในระหว่างการเตรียมการปรุง และการเสิร์ฟอาหาร หรือสุขลักษณะการใช้ห้องน้ำไม่ถูกต้อง การควบคุมการปนเปื้อนของอาหารในส่วนของผู้สัมผัสอาหาร กระทำได้ ดังนี้

(1) มีทะเบียน หรือหลักฐานผ่านการอบรมตามหลักสูตรสุขาภิบาลอาหารจากหน่วยงานจัดการอบรมที่กำหนด

(2) การดูแลสุขวิทยาส่วนบุคคล ผู้สัมผัสอาหารต้องดูแล และส่งเสริมสุขภาพร่างกายให้สมบูรณ์แข็งแรง ไม่เป็นพาหะนำโรค และมีการปฏิบัติตนให้อยู่ในสภาวะที่สะอาด ปลอดภัย รวมทั้งไม่แพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้อื่น ผู้สัมผัสอาหารควรได้รับการตรวจสุขภาพร่างกายเป็นประจำ หากเกิดการเจ็บป่วยขึ้น ควรจะต้องหยุดพักไม่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสอาหารและรีบไปรักษาให้หายก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงานต่อไป (ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขหลักเกณฑ์การอบรมผู้ประกอบกิจการและผู้สัมผัสอาหาร พ.ศ. 2561)

(3) ผู้สัมผัสอาหาร จะต้องสวมเสื้อผ้าที่สะอาด เปลี่ยนใหม่ทุกวัน ผู้ปรุงอาหาร ผู้ประกอบอาหาร และผู้เสิร์ฟอาหารควรมีผ้ากันเปื้อน สำหรับสุภาพสตรี ควรมีผ้าคลุมผมให้มิดชิด

(4) มีสุขนิสัยที่ดี เช่น ตัดเล็บสั้น ไม่ทาสีเล็บ ไม่สูบบุหรี่ หรือกระทำใด ๆ ที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนในอาหารในขณะปฏิบัติงาน

(5) พฤติกรรมการปฏิบัติงาน ผู้สัมผัสอาหารควรมีการปฏิบัติงานที่ถูกสุขลักษณะ ดังนี้ เช่น

- ล้างมือด้วยสบู่และน้ำสะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานหรือหยิบจับอาหาร
- ใช้ช้อนหรืออุปกรณ์หยิบตักอาหารที่ปรุงเสร็จแล้ว ไม่ใช้มือหยิบจับอาหารโดยตรง หลีกเลี่ยงการหยิบจับภาชนะอุปกรณ์บริเวณที่สัมผัสอาหารโดยตรง
- ไม่ควรพูดคุยหยอกล้อในขณะปฏิบัติงาน เพราะน้ำลายอาจกระเด็นและปนเปื้อนลงไปในอาหาร
- ใช้ผ้าปิดปากทุกครั้งที่ไอหรือจาม ระมัดระวังอย่าให้น้ำมูก น้ำลายกระเด็นลงไปในอาหาร
- ไม่ควรสูบบุหรี่ในขณะปฏิบัติงาน
- หากมีบาดแผลที่มือต้องปกปิดแผลให้มิดชิด

5) การจัดการขยะอาหารและน้ำทิ้ง

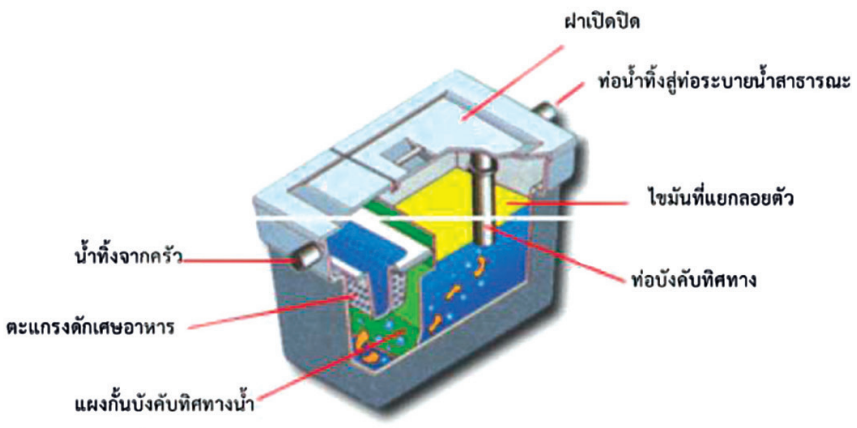
ขยะอาหารและน้ำเสียเป็นปัญหาสำคัญของสถานที่จำหน่ายอาหารและตลาดประเภทต่าง ๆ โดยขยะอาหารมาจากการเน่าเสียหรือเสียหายของวัตถุดิบ การทิ้งอาหารที่เกิดในขั้นตอนของการประกอบอาหารในครัว การทิ้งอาหารที่เหลือจากบุฟเฟต์ที่ต้องเติมให้เต็มอยู่เสมอ และการทิ้งอาหารที่รับประทานไม่หมดในจานอาหารของลูกค้า ส่วนน้ำเสียมีปริมาณน้ำมันและไขมันปนเปื้อนส่วนใหญ่ ซึ่งมาจากการประกอบอาหาร ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันในบ่อดักไขมันสำหรับร้านอาหารขนาดเล็ก(น้อยกว่า 100 ตารางเมตร) ขนาดกลาง (100-200 ตารางเมตร) และขนาดใหญ่ (มากกว่า 200 ตารางเมตร) เท่ากับ 1,300 2,400 และ 6,400 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ดังนั้นกฎกระทรวงว่าด้วยสุขลักษณะของสถานที่จำหน่ายอาหาร พ.ศ. 2561 ได้กำหนดให้สถานที่จำหน่ายอาหารต้องมีการจัดการเกี่ยวกับน้ำเสีย ดังต่อไปนี้

(1) ต้องมีการระบายน้ำได้ดี ไม่มีน้ำขัง และไม่มีเศษอาหารตกค้างในบริเวณจำหน่ายอาหาร

(2) ต้องมีการแยกเศษอาหาร ออกจากภาชนะ อุปกรณ์ และเครื่องใช้ก่อนการทำความสะอาด

(3) ต้องมีการแยกไขมัน ไปกำจัดก่อนระบายน้ำทิ้งออกสู่ระบบระบายน้ำ โดยใช้ถังดักไขมัน หรือบ่อดักไขมัน หรือการบำบัดด้วยวิธีการอื่นที่มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าการบำบัดด้วยถังดักไขมันหรือบ่อดักไขมัน และน้ำทิ้งต้องได้มาตรฐานตามกฎหมาย ทั้งนี้รูปแบบบ่อดักไขมันสำหรับร้านอาหารที่นิยมใช้กัน มี 3 แบบ ได้แก่ 1) บ่อดักไขมันสำเร็จรูป 2) บ่อดักไขมันแบบวงขอบซีเมนต์และ 3) บ่อดักไขมันแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก หลักการทำงานของบ่อดักไขมัน แสดงในภาพที่ 3.5 นอกจากนี้การดูแลรักษาบ่อดักไขมันเป็นเรื่องสำคัญต้องปฏิบัติดังนี้

- ต้องติดตะแกรงดักขยะและเศษผงก่อนเข้าบ่อดักไขมัน
- ต้องไม่ทะลวง หรือแทงผลักให้เศษขยะไหลผ่านตะแกรงไปเข้าบ่อดักไขมัน
- ต้องไม่เอาตะแกรงดักขยะออก แล้วปล่อยให้เศษขยะเข้าไปในบ่อดักไขมัน
- ต้องหมั่นโกยเศษขยะที่ดักไว้หน้าตะแกรงออกอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยทุกวัน
- ห้ามเอาน้ำจากส่วนอื่น ๆ เช่น น้ำล้างมือ น้ำอาบ น้ำซักเสื้อผ้า น้ำฝน เข้ามาในบ่อดักไขมัน
- ต้องหมั่นตักไขมันออกจากบ่อดักไขมันอย่างน้อยทุกสัปดาห์ และนำไขมันที่ตักได้ใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิด เพื่อให้เทศบาลนำไปกำจัดหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ
- ล้างถังดักไขมันอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยทุก 6 เดือน

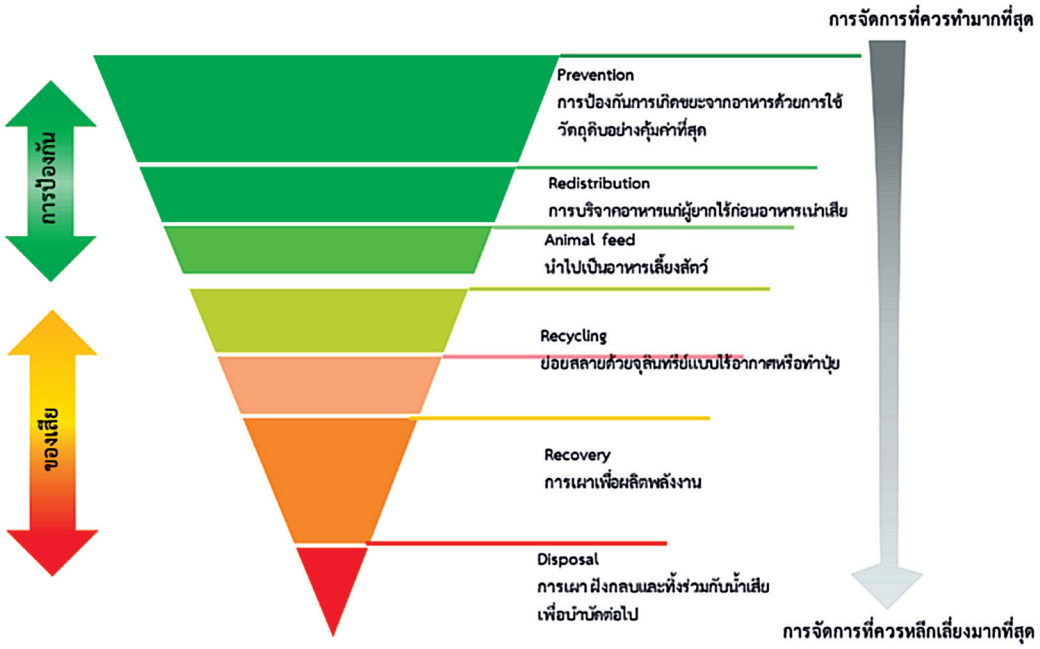


ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างหลักการทำงานของถังดักไขมัน

ที่มา: https://www.phuketcity.go.th/_old/knowledge/detail/10/data.html

สถานการณ์ปัญหาขยะอาหารและอาหารส่วนเกินในเขตกรุงเทพมหานครและชุมชนในเมืองใหญ่ในแต่ละภูมิภาค อยู่ในภาวะวิกฤติ ดังนั้นทั้งภาครัฐ และผู้ประกอบการผลิตและจำหน่ายอาหารต้องบริหารจัดการขยะตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยการป้องกันและการลดขยะอาหารและเครื่องดื่มจากธุรกิจอาหารและบ้านเรือน ดังแสดงในภาพที่ 3.6 โดยเริ่มตั้งแต่

- การป้องกันการเกิดขยะจากอาหารด้วยการใช้วัตถุดิบอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สุด
- การบริจาคอาหารแก่ผู้ยากไร้ก่อนอาหารเน่าเสีย หรือหมดอายุ
- การจำหน่ายหรือส่งไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์
- ย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพหรือทำปุ๋ยอินทรีย์
- การเผาเพื่อผลิตพลังงาน
- การเผา ฝังกลบและทิ้งร่วมกับน้ำเสียเพื่อบำบัดต่อไป



ภาพที่ 3.6 การจัดการขยะจากอาหารและเครื่องดื่มตามลำดับขั้น

ที่มา: ดัดแปลงจาก UNEP (2014)

6) ข้อควรปฏิบัติทั่วไป

การปนเปื้อนอาหารด้วยสิ่งอันตรายต่าง ๆ เกิดขึ้นได้ตลอดทุกขั้นตอนและตลอดเวลา ดังนั้นนอกจากมาตรฐานการปฏิบัติงานหลักดังที่กล่าวมาแล้ว สถานที่จำหน่ายอาหาร ตลาดและสถานที่สะสมอาหารควรปฏิบัติตามข้อแนะนำ ดังต่อไปนี้

(1) **สารปรุงแต่งอาหาร** ต้องมีเลขสารบบบนภาชนะบรรจุอาหาร

(2) **น้ำดื่ม** ต้องเป็นน้ำสะอาดใส่ในภาชนะที่สะอาด มีการปกปิด มีก๊อกหรือทางเทรินน้ำ

(3) **เครื่องดื่ม** ต้องใส่ภาชนะที่สะอาด มีการปกปิด และมีที่ตักที่มีด้ามยาวหรือมีก๊อก หรือทางเทรินน้ำ

(4) **น้ำแข็งที่ใช้บริโภค** ต้องสะอาด เก็บในภาชนะที่สะอาด มีฝาปิด อยู่สูงจากพื้นอย่างน้อย 60 ซม. ที่ตักน้ำแข็งมีด้ามยาว และต้องไม่นำอาหาร หรือสิ่งของอย่างอื่นไปแช่ไว้ในน้ำแข็ง

(5) **ใช้อุปกรณ์หยิบจับอาหาร** ที่ปรุงสำเร็จแล้ว

(6) **สถานที่รับประทานอาหาร** และบริเวณทั่วไปต้องสะอาด เป็นระเบียบ

(7) **มีตู้สำหรับปกปิดอาหาร** ที่ปรุงสำเร็จแล้ว และด้านหน้าของตู้ต้องเป็นกระจก

(8) **เขียงต้องมีสภาพดี** ไม่แตกร้าวหรือเป็นร่อง ต้องแยกเขียงสำหรับอาหารสุกและอาหารดิบ มีฝาชีครอบ

(9) **การจัดวางสินค้าในตลาด** ต้องจัดให้เป็นหมวดหมู่และไม่ปะปนกัน เพื่อสะดวกในการดูแลความสะอาดและป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร

(10) **บำรุงรักษาโครงสร้างต่าง ๆ** ภายในตลาดให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตลอดเวลา

3.5 หลักปฏิบัติสากลสำหรับสุขาภิบาลอาหารและความปลอดภัยด้านอาหาร

นานาประเทศและองค์กรระดับสากลที่เกี่ยวกับคุณภาพและความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety and quality) เห็นความสำคัญของการบริหารจัดการความปลอดภัยด้านอาหารให้ไปในทิศทางเดียวกัน และมีมาตรฐานเพื่อป้องกันการเกิดโรคที่มีอาหารและน้ำเป็นสื่อ Codex หน่วยงานร่วมระหว่างองค์การอนามัยโลกและองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้กำหนดระบบการประกันให้ผู้บริโภคได้บริโภคอาหารที่มีคุณภาพและปลอดภัยจากสิ่งอันตรายที่ปนเปื้อน ระบบดังกล่าวสำหรับกำกับและควบคุมระบบการผลิตตลอดห่วงโซ่อาหาร ดังนี้

(1) **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี** หรือ Good Agricultural Practices (GAP)

(2) **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหารสัตว์** หรือ Good Practices on Animal Feeding

(3) **หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีสำหรับการผลิต** หรือ Good Manufacturing Practices (GMPs)

(4) **หลักสุขอนามัยที่ดีในการผลิตอาหาร** หรือ Good Hygiene Practices (GHPs)

(5) **การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม** หรือ Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system

1) การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP)

Good Agriculture Practices (GAP) หมายถึง แนวทางในการทำการเกษตรเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ได้ผลผลิตสูงคุ้มค่าการลงทุนและกระบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีการใช้ทรัพยากรที่เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตรและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยหลักการกำหนดโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) สำหรับประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการตรวจรับรองระบบการจัดการคุณภาพการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช โดยได้กำหนดข้อกำหนดกฎเกณฑ์และวิธีการ

ตรวจประเมินซึ่งเป็นไปตามหลักการที่สอดคล้องกับ GAP ตามหลักการสากล ข้อกำหนด 8 ประการของ GAP สำหรับพืช มีดังนี้

หมวด	ข้อปฏิบัติ
1. น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต	ต้องมาจากแหล่งที่ไม่มีสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อผลผลิต
2. พื้นที่ปลูก	ไม่อยู่ในสภาพแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนวัตถุหรือสิ่งที่เป็นอันตรายต่อผลผลิตและสุขภาพ
3. วัตถุอันตรายทางการเกษตร	จัดเก็บเป็นหมวดหมู่ในสถานที่เก็บที่มิดชิดและใช้ตามคำแนะนำของกรมวิชาการ
4. การจัดการคุณภาพในกระบวนการเก็บเกี่ยว	มีแผนควบคุมการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพ โดยใช้หลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี
5. การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว	เก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีอายุเหมาะสม ผลผลิตมีคุณภาพตามความต้องการของตลาดและข้อตกลงของประเทศคู่ค้า
6. การพักผลิตผล	การขนย้ายในแปลงปลูก และการเก็บรักษาผลผลิต มีการจัดการด้านสุขลักษณะเพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่มีผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค
7. สุขลักษณะส่วนบุคคล	ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้ ความเข้าใจในสุขลักษณะส่วนบุคคล เพื่อสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกสุขลักษณะ
8. การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ	มีการบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานการใช้สารเคมี ข้อมูลผู้รับซื้อและปริมาณผลผลิตเพื่อประโยชน์ต่อการตามสอบ

2) หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP)

หน่วยงานมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ หรือ โคเด็กซ์ (CODEX) ได้ให้ความสำคัญของความปลอดภัยของอาหาร จึงได้จัดทำหลักเกณฑ์ จีเอ็มพี (GMP-Good Manufacturing Practice) ขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคทั่วโลก หลักเกณฑ์นี้เป็นวิธีการผลิตที่ดีในการผลิตอาหาร ปัจจุบันบางประเทศเปลี่ยนเป็น General Principles of Food Hygiene ซึ่งเป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิต และควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามและทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัยและเป็นที่เชื่อถือยอมรับจากผู้บริโภค

สำหรับประเทศไทย ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขได้นำหลักเกณฑ์ GMP ว่าด้วยสุขลักษณะทั่วไปมาประกาศบังคับใช้เป็นกฎหมาย โดยกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 (พ.ศ. 2543) เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือ เครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหารให้ผู้ผลิตปฏิบัติตาม เพื่อประกันความปลอดภัยของอาหารที่ผลิตขึ้นทุกสถานที่ผลิตในประเทศ ข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 (พ.ศ. 2543) เรื่องวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต

และการเก็บรักษาอาหาร ประยุกต์มาจากหลักการปฏิบัติทั่วไปด้านสุขลักษณะอาหารของหน่วยงานมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex General Principle of Food Hygiene) เพื่อให้สอดคล้องตามแนวทางของหน่วยงานมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ ข้อกำหนดดังกล่าวมีเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่ที่ตั้งอาคารสถานที่ผลิตเครื่องมืออุปกรณ์การผลิต การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และทำความสะอาด ตลอดจนบุคลากร ดังนี้

(1) สถานที่ตั้งและอาคารผลิต เป็นข้อกำหนดที่ควบคุมดูแลสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในการผลิต ทั้งภายในและภายนอกอาคาร รวมถึงการวางผังโครงสร้างภายในอาคารให้ถูกสุขลักษณะ ประกอบด้วย

- ที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม จะต้องอยู่ในที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดยสถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบจะต้องสะอาด หลีกเลี่ยงสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสก่อให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหาร เช่น แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ แมลง กองขยะ คอกปศุสัตว์ บริเวณที่มีฝุ่นมาก บริเวณน้ำท่วมถึง หรือน้ำขัง แฉะ สกปรก หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ผู้ผลิตต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอกเข้าสู่บริเวณผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
- อาคารผลิต มีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงสภาพรักษาความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน ประกอบด้วยข้อกำหนดที่สำคัญ ดังนี้

พื้นที่	ข้อปฏิบัติ
บริเวณผลิต	• ต้องแยกบริเวณผลิตออกเป็นสัดส่วน ไม่ปะปนกับที่อยู่อาศัย หรือที่ผลิตยา เครื่องสำอางและวัตถุมีพิษ • จัดให้มีพื้นที่เพียงพอที่จะติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการผลิต และแบ่งแยกพื้นที่ให้เป็นสัดส่วน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามจากวัตถุดิบสู่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว • ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ในบริเวณผลิต • บริเวณเก็บวัตถุดิบ ภาชนะบรรจุและสารเคมีต้องเป็นสัดส่วนไม่ปะปนกัน มีชั้น หรือยกพื้นสูง เพื่อจัดวางอย่างเพียงพอ และไม่วางชิดผนัง ฝาผนัง และเพดาน ต้องทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ไม่ชำรุด ผิวเรียบ ไม่ดูดซับน้ำ พื้นมีความลาดเอียงสู่ทางระบายน้ำ และมีการระบายน้ำได้ดี
ระบบระบายอากาศและแสงสว่าง	• ควรมีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากความชื้น หรือฝุ่นละอองจากการผลิต • ควรจัดการให้มีแสงสว่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน การติดตั้งหลอดไฟควรมีฝาครอบใต้หลอดไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษแก้วจากหลอดไฟตกลงสู่อาหารที่กำลังผลิตหรือขนส่ง
ระบบการป้องกันสัตว์และแมลง	• ควรมีการติดตั้งมุ่งลวดหรือตาข่าย ที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย บริเวณช่องเปิดเข้าสู่อาคาร เช่น หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ • ทางเข้าออกอาคารควรมีประตูหรือม่านพลาสติกที่ปิดสนิท ไม่มีช่องว่างที่ขอบประตูทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าสู่อาคารผลิต

(2) เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต เป็นข้อกำหนดที่กล่าวถึงการจัดเตรียมภาชนะบรรจุหรืออุปกรณ์ในการผลิตที่สะอาด ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค รวมทั้งมีความเหมาะสมกับการใช้งานและง่ายต่อการดูแลรักษา

หมวด	ข้อปฏิบัติ
เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่สัมผัสอาหาร	• ทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร ไม่เป็นพิษ ไม่เป็นสนิม แข็งแรงทนทาน มีผิวสัมผัสและรอยเชื่อมเรียบเพื่อง่ายในการทำความสะอาด ไม่กัดกร่อน และไม่ควรทำจากไม้
การออกแบบและการติดตั้ง	• ต้องคำนึงถึงการป้องกันการปนเปื้อนและใช้งานได้สะดวก
จำนวนเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์	• ต้องมีอย่างเพียงพอ และเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานในแต่ละประเภท เพื่อไม่ให้เกิดการล่าช้าในกระบวนการผลิตอันอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโต จนทำให้อาหารเน่าเสียได้
การแบ่งประเภทของภาชนะที่ใช้	• ควรแยกภาชนะสำหรับใส่อาหาร ใส่ขยะ หรือ ของเสีย สารเคมี และสิ่งที่ไม่ใช่อาหารออกจากกันอย่างชัดเจน
การจัดเก็บ	• อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว ควรแยกเก็บเป็นสัดส่วนอยู่ในสภาพที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้มีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกอื่น ๆ

(3) การควบคุมกระบวนการผลิต คือ การควบคุมความปลอดภัยของอาหารทั้งในด้านวัตถุดิบส่วนผสมและภาชนะบรรจุ น้ำ น้ำแข็งและไอน้ำที่สัมผัสกับอาหาร ตลอดจนขั้นตอนการผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง การควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการผลิตอาหาร และการบันทึกและรายงานผล

หมวด	ข้อปฏิบัติ
วัตถุดิบ ส่วนผสมและภาชนะบรรจุ	• ต้องมีการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดตามความจำเป็น และเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่ป้องกันการปนเปื้อนได้ • ควรจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อสามารถนำวัตถุดิบไปใช้ได้ตามลำดับก่อนหลัง • หากจำเป็นต้องเก็บวัตถุดิบที่เน่าเสียง่าย เป็นเวลานานเกิน 4 ชั่วโมง ควรเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อป้องกันการเน่าเสีย
น้ำ น้ำแข็ง และไอน้ำที่สัมผัสกับอาหาร	• ต้องมีคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และควรนำไปใช้ในสภาพที่ถูกสุขลักษณะ • หากมีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ควรมีมาตรการควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ เช่น มีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ หรือ ล้างวัตถุดิบตามความเหมาะสมหรือไม่เกิน 4 ชั่วโมง

หมวด	ข้อปฏิบัติ
การผลิต การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหาร	• ต้องดำเนินการภายใต้การควบคุมสภาวะที่ป้องกันการเสื่อมสลายของอาหารและภาชนะบรรจุอย่างเหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น และต้องถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน • หากมีการใช้สารเคมีเติมลงไปในอาหาร จะต้องควบคุมปริมาณสารเคมีไม่ให้เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด
การควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการผลิตอาหาร	• เนื่องจากอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารทั้งที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเสีย ดังนั้นจึงต้องพิจารณาทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการฆ่าเชื้อ การทำให้เย็น การแปรรูปในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา เช่น น้ำมะพร้าวในภาชนะปิดสนิท ต้องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที และเก็บในที่เย็น 5 องศาเซลเซียส
การบันทึกและรายงานผล	• ผลการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ชนิดและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวัน เดือน ปี ที่ผลิต โดยให้เก็บบันทึกและรายงานไว้อย่างน้อย 2 ปี เพื่อเป็นข้อมูลตรวจสอบย้อนกลับได้ในกรณีที่เกิดปัญหา

(4) การสุขาภิบาล เป็นข้อกำหนดที่กล่าวถึงการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อน โดยมุ่งเน้นให้ดำเนินการจัดเตรียม และออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ภายในสถานประกอบการให้เป็นไปตามสุขลักษณะที่ดี

หมวด	ข้อปฏิบัติ
น้ำที่ใช้ภายในกิจการ	• ต้องเป็นน้ำสะอาด มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำตามความจำเป็น น้ำที่ใช้ล้างพื้นโต๊ะ หรือเครื่องมือควรมีการฆ่าเชื้อด้วยการเติมคลอรีน
อ่างล้างมือหน้าทางเข้าบริเวณผลิต	• ต้องมีจำนวนเพียงพอ มีสบู่เหลวสำหรับล้างมือ และน้ำยาฆ่าเชื้อกรณีจำเป็น รวมทั้งมีอุปกรณ์ทำให้มือแห้งอย่างถูกสุขลักษณะ เช่น กระดาษที่เป่าลมร้อน และจัดให้มีอ่างล้างมือในบริเวณผลิตตามความเหมาะสม
ห้องน้ำ ห้องส้วม และอ่างล้างมือหน้าห้องส้วม	• ต้องสะอาดถูกสุขลักษณะ มีการติดตั้งอ่างล้างมือ สบู่เหลว อุปกรณ์ทำให้มือแห้งต้องแยกจากบริเวณที่ผลิต หรือไม่เปิดสู่บริเวณผลิตโดยตรง และต้องมีจำนวนเพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงานการป้องกันและกำจัดสัตว์และแมลงนำโรค
การป้องกันและกำจัดสัตว์ และแมลง	• มีมาตรการป้องกันกำจัดหนู แมลงและสัตว์พาหะอื่น ๆ เช่น การวางกับดักหรือกาวดักหนู แมลงสาบ เป็นต้น นอกจากนี้หากมีการใช้สารฆ่าแมลงในบริเวณผลิตจะต้องคำนึงถึงโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนในอาหารด้วย

หมวด	ข้อปฏิบัติ
ระบบกำจัดขยะมูลฝอย	• จัดให้มีภาชนะรองรับขยะมูลฝอยที่มีฝาปิดในจำนวนที่เพียงพอ และเหมาะสม และมีระบบกำจัดขยะออกจากสถานที่ผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต
ทางระบายน้ำทิ้ง	• ต้องมีอุปกรณ์ดักเศษอาหารอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการอุดตันและปนเปื้อนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอาหาร หรือดักสัตว์พาหะที่อาจเข้าสู่บริเวณผลิต

(5) การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด เป็นข้อกำหนดที่กล่าวถึงการจัดการดูแลรักษาอาคาร เครื่องมือ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่สะอาด ถูกสุขลักษณะ รวมทั้งการบำรุงรักษาปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

(6) บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน เป็นข้อกำหนดที่กล่าวถึงการป้องกันการปนเปื้อนจากพนักงานที่สัมผัสกับอาหารระหว่างกระบวนการผลิต โดยครอบคลุมถึงสุขภาพ การแต่งกาย ตลอดจนพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหาร รวมถึงการจัดการฝึกอบรมพนักงานทุกระดับให้มีความรู้ ความสามารถ และความเข้าใจเกี่ยวกับสุขลักษณะที่ดีในการผลิตอาหาร

บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งจะทำให้การผลิตเป็นไปได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอนและวิธีปฏิบัติงาน รวมทั้งสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากการปฏิบัติงานและตัวบุคลากรเอง เนื่องจากร่างกายเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อาจปนเปื้อนสู่อาหารได้ การปฏิบัติงานอย่างไม่ถูกต้องหรือถูกสุขลักษณะอาจเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของอันตรายทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยต่อผู้บริโภคได้

3) หลักสุขอนามัยที่ดีในการผลิตอาหาร (GHPs)

GHPs (Good Hygiene Practices) หมายถึง หลักสุขอนามัยที่ดีในการผลิตอาหารสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจอาหาร (FBO-Food Business Operator) เป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตาม และทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยเน้นการป้องกันและขจัดความเสี่ยงที่อาจทำให้อาหารเป็นอันตราย เป็นพิษ หรือเกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งเป็นการนำหลักการ 5 Keys-Who มาประยุกต์ใช้ การประยุกต์ใช้หลักการของ GHP จะครอบคลุมตั้งแต่สถานที่ประกอบการ โครงสร้างอาคาร กระบวนการผลิตที่ดีมีความปลอดภัย และมีคุณภาพได้มาตรฐานทุกขั้นตอน นับตั้งแต่การเริ่มต้นวางแผนการผลิต ระบบควบคุมวัตถุดิบ การปฏิบัติระหว่างการผลิต ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การจัดเก็บ การควบคุมคุณภาพ และการขนส่งจนถึงผู้บริโภค โดยอาศัยการติดตามผ่านระบบการบันทึกข้อมูล ตรวจสอบและติดตามผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมถึงระบบการจัดการที่ดีในเรื่องสุขอนามัย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายมีความปลอดภัย ได้คุณภาพเป็นที่มั่นใจเมื่อถึงมือผู้บริโภค หลักการและวิธีปฏิบัติคล้าย GMPs ต่างกันที่ GHPs มุ่งเน้นเฉพาะเรื่องอาหารเท่านั้น และ GHPs ยังเป็นระบบประกันคุณภาพพื้นฐานก่อนที่จะนำไปสู่ระบบประกันคุณภาพอื่น ๆ ที่สูงกว่าต่อไป เช่น ISO 9000 และ HACCP (Hazards Analysis and Critical Points)

4) ระบบ HACCP

ระบบ HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) หรือระบบการวิเคราะห์หาอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องทำการควบคุมในการผลิตอาหาร เป็นระบบที่ใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารในด้านคุณภาพและความปลอดภัย ซึ่งเป็นที่ยอมรับของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เนื่องจากเป็นระบบที่ ป้องกันมิให้เกิดอันตรายขึ้น โดยสามารถคาดคะเนอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเพื่อเตรียมการจัดหามาตรการป้องกัน พร้อมทั้งมีวิธีการติดตามตรวจสอบที่รวดเร็ว ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันที การใช้ระบบ HACCP ในการควบคุมคุณภาพจะช่วยให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยของอาหารที่ผลิตขึ้น หลายประเทศได้ใช้ระบบ HACCP เป็นกฎข้อบังคับสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งสินค้าที่นำเข้าและส่งออก สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปที่ส่งอาหารไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศทั่วโลก ทำรายได้ให้แก่ประเทศ เป็นจำนวนมาก จึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร มีระบบควบคุมการผลิตและคุณภาพอาหาร ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ประเทศผู้นำเข้ากำหนด จึงจำเป็นต้องนำระบบ HACCP มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะการผลิตอาหารเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยสรุป HACCP มีประโยชน์ ดังนี้

(1) **เป็นระบบที่ให้ความปลอดภัยกับอาหาร** โดยครอบคลุมทุกขั้นตอน
(2) **ระบบ HACCP** เป็นระบบที่สามารถใช้ควบคุมอันตรายจากจุลินทรีย์ สารเคมี และสิ่งแปลกปลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่สิ้นเปลือง
(3) **ช่วยป้องกันการสูญเสีย** จากการที่ผลิตภัณฑ์เกิดการปนเปื้อน
(4) **เป็นระบบที่สามารถใช้ร่วมกับระบบคุณภาพอื่น**

หลักการเบื้องต้นของระบบ HACCP

ระบบ HACCP ประกอบด้วย หลักการดำเนินงาน 7 ประการ ซึ่งกำหนดแนวทางในการจัดทำการนำไปใช้ และการควบคุมการปฏิบัติตามแผน ดังนี้

ขั้นตอน	วิธีปฏิบัติ
1. **ทำการวิเคราะห์อันตราย (Conduct a hazard analysis)**	ระบุอันตรายที่อาจเกิดทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต และหามาตรการป้องกัน การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ ควรจัดทำแผนภูมิของกระบวนการผลิตแล้วจึงจำแนกหาอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละขั้นตอน พร้อมทั้งเสนอมาตรการป้องกัน และควบคุมอันตรายเหล่านั้น
2. **พิจารณาหาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Determine the Critical Control Points: CCPs)**	ทำการกำหนดจุดวิกฤต วิธีการปฏิบัติงาน หรือขั้นตอนการทำงานซึ่งสามารถจะทำการควบคุมเพื่อกำจัดอันตราย หรือลดโอกาสการเกิดอันตรายที่เกิดขึ้น
3. **กำหนดค่าวิกฤต (Establish critical limits)**	กำหนดค่าวิกฤต ซึ่งต้องควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อมั่นใจว่าจุด CCPs อยู่ภายใต้การควบคุม
4. **กำหนดระบบเพื่อเฝ้าระวังจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Establish a system to monitor control of the CCPs)**	กำหนดระบบในการเฝ้าระวังจุดวิกฤต (CCPs) โดยการกำหนดแผนการทดสอบหรือการเฝ้าสังเกต

ขั้นตอน	วิธีปฏิบัติ
5. **กำหนดวิธีการแก้ไข (Corrective actions)**	เมื่อตรวจพบว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม เฉพาะจุดใดจุดหนึ่งไม่อยู่ภายใต้การควบคุม
6. **กำหนดวิธีการทวนสอบ (Verification)**	เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการดำเนินงาน ของระบบ HACCP
7. **กำหนดเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติ (Record keeping procedure)**	วิธีการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามหลักการเหล่านี้และการประยุกต์ใช้

ขั้นตอนการจัดทำระบบ HACCP

การจัดทำ HACPP มี 12 ขั้นตอน ดังนี้

1) การจัดเตรียมทีม การคัดเลือกบุคคลเข้าร่วมในทีม ผู้จัดเตรียมระบบ HACCP ควรคัดเลือกโดยคำนึงถึงสัดส่วนกลุ่มผู้มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ และกลุ่มผู้มีประสบการณ์ด้านอุตสาหกรรม มีการระบุหัวหน้าโครงการ และกลุ่มผู้ปฏิบัติการที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้บริหาร และควรเป็นบุคคลที่มาจากฝ่ายต่าง ๆ ซึ่งมีความคุ้นเคย กับระบบและสามารถชี้นำในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- การระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
- การกำหนดระดับความร้ายแรงและความเสี่ยงของอันตรายที่อาจเกิดขึ้น
- การให้คำแนะนำ วิธีการควบคุม ค่าวิกฤต และการเฝ้าระวังปัญหาและทวนสอบ
- การให้คำแนะนำ วิธีการแก้ไข เมื่อค่าวิกฤตที่ตรวจได้ เบี่ยงเบนออกจากมาตรฐาน
- การให้คำแนะนำในการทำการวิจัยเพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดเตรียมระบบ HACCP

พร้อมกันนี้ ควรกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของทีมให้ชัดเจน เช่น หัวหน้าทีม ต้องทำหน้าที่ควบคุม ขอบข่าย และการใช้ระบบ HACCP ให้บรรลุผลในทางปฏิบัติ ทำหน้าที่ประธานที่ประชุมกลุ่ม ตรวจสอบติดตามระบบเอกสาร การบันทึกผล และโปรแกรมการตรวจประเมินระบบคุณภาพภายใน และสมาชิกกลุ่ม มีหน้าที่จัดทำเอกสารระบบ HACCP ตรวจประเมินระบบคุณภาพภายใน ประสานงานการดำเนินกิจกรรมระบบ HACCP

2) การอธิบายรายละเอียดผลิตภัณฑ์ (Describe the product) การระบุรายละเอียดส่วนประกอบวัตถุดิบ วิธีการแปรรูป ชื่อผลิตภัณฑ์ คุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์วิธีการใช้ภาชนะบรรจุหีบห่ออายุผลิตภัณฑ์ การระบุฉลาก และการควบคุมการกระจายสินค้า

3) การบ่งชี้วัตถุประสงค์ในการใช้ผลิตภัณฑ์ ระบุกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ เพื่อมั่นใจว่า กลุ่มผู้บริโภคไม่มีปัญหาที่เกิดจากการแพ้สารใด ๆ ในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องดูแลเป็นพิเศษ เช่น กลุ่มผู้บริโภคตามสถาบันหรือสถานพยาบาล กลุ่มผู้มีความต้านทานน้อย หรือแพ้สารอาหารบางประเภท

4) การจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิต มีรายละเอียดอย่างเพียงพอเกี่ยวกับการเตรียมแผนภูมิการผลิต (Diagram Process Flow) ที่แสดงส่วนผสม วัตถุดิบ และภาชนะบรรจุทุกชนิด เขียนตามลำดับผลิตจริง มีรายละเอียดสำคัญเท่าที่จำเป็น เช่น เวลา/อุณหภูมิในการแปรรูป อธิบายเส้นทางการนำผลิตภัณฑ์ไปแปรรูปหรือนำกลับไปผลิตใหม่ และตรวจสอบให้ตรงกับการปฏิบัติจริง (ภาพที่ 3.7)



ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างแผนภูมิการผลิต

การทำงานโดยมีการกำหนดแผนภูมิการผลิตมีประโยชน์ดังนี้ ทำให้ทราบขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิต สามารถวิเคราะห์จุดที่เป็นอุปสรรคในกระบวนการผลิตได้ สามารถวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตได้ชัดเจน สามารถใช้พื้นที่เครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

5) **การตรวจสอบความถูกต้องของแผนภูมิการผลิต** ให้ทวนสอบเพื่อยืนยันว่าการผลิตเป็นไปตามแผนภูมิที่เขียนขึ้นจริง ทั้งนี้อาจทำการปรับเปลี่ยนแผนภูมิการผลิต ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิต

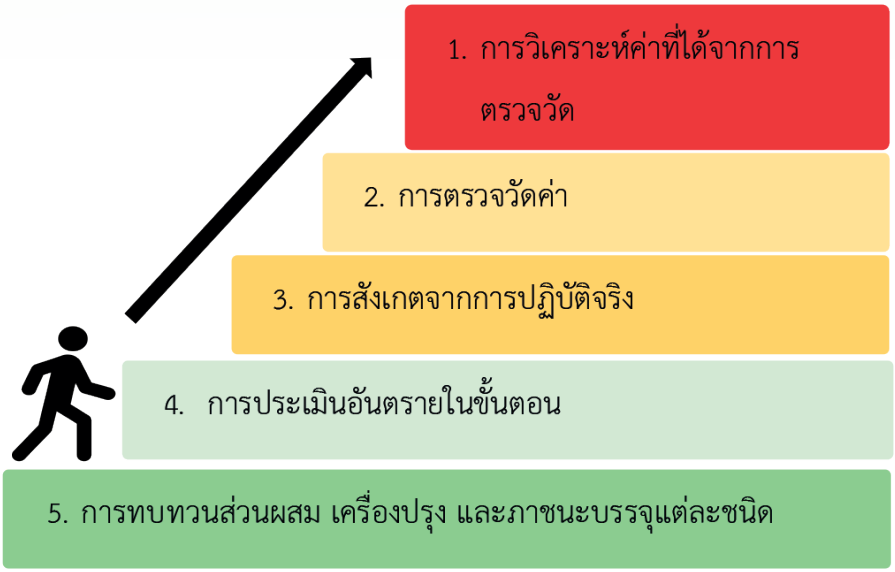
6) **ระบุอันตรายทุกชนิดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนและพิจารณาหามาตรการ** ในการควบคุมอันตรายที่ตรวจพบ ดังนี้

การวิเคราะห์อันตราย (Hazard) คือ การระบุอันตรายที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในแต่ละการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงขั้นตอนสุดท้าย และทำการพิจารณาให้ครอบคลุมอันตรายทั้ง 3 กลุ่ม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์สิ่งอันตรายและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

สิ่งอันตราย	ปัจจัยพิจารณา
กลุ่มชีวภาพ	• การเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม • การให้ความร้อนไม่เพียงพอ • สุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงานไม่ดี • การปนเปื้อนข้าม (Cross contamination) • การเก็บรักษาอาหารผิดวิธี (Poor Storage Practice)
กลุ่มสารเคมี	• สารเคมีที่ใช้ในการเกษตร : ฮอร์โมน ยาปฏิชีวนะ ยาฆ่าสัตว์ ยาฆ่าแมลง เป็นต้น • สารเคมีหรือสารพิษที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ: Histamine, Ciguatoxin เป็นต้น • สารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร: Preservatives กรด สีผสมอาหาร เป็นต้น • สารเคมีที่ใช้ในโรงงาน: น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเครื่อง จาระบี เป็นต้น • สารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ : น้ำยาทำความสะอาด คลอรีน
กลุ่มกายภาพ	• ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ • ผู้ปฏิบัติงาน
สุขลักษณะโรงงาน	• ขาดแผนการซ่อมบำรุง รวมถึงการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไม่ถูกวิธี • ขาดการตรวจสอบสุขลักษณะโรงงาน • โปรแกรมการทำความสะอาดไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์อันตราย สามารถทำได้หลายวิธีตามลำดับ ดังนี้



การพิจารณามาตรการควบคุม (Control Measure)

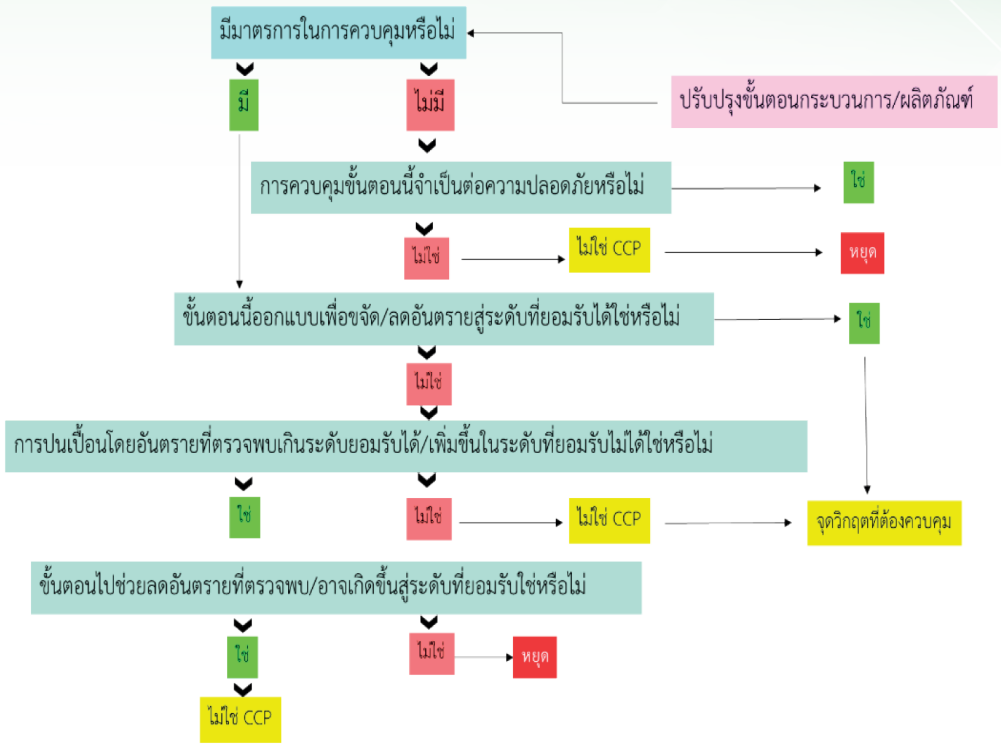
มาตรการควบคุม (Control Measure) หมายถึง การปฏิบัติหรือกิจกรรมใด ๆ ซึ่งสามารถใช้ป้องกันหรือขจัดอันตรายต่อความปลอดภัยของอาหาร หรือลดอันตรายลงจนถึงระดับที่ยอมรับได้

การประเมินอันตราย (Hazard Assessment) ข้อมูลที่ได้จากการประเมินอันตรายคือ ชนิดของอันตรายแต่ละประเภท ในแต่ละขั้นตอน และมาตรการควบคุมของแต่ละอันตรายจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ว่าอันตรายในแต่ละขั้นตอนนั้น ๆ เป็นอันตรายที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร หรือมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยอาศัยหลักการพิจารณาความร้ายแรง (Severity) และความเสี่ยง (Risk)

7) การหาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม การตัดสินใจว่าขั้นตอนใดในกระบวนการผลิตเป็นจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม อาจทำได้โดยการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ (Professional judgment) และ CCPs decision tree (ภาพที่ 3.8)

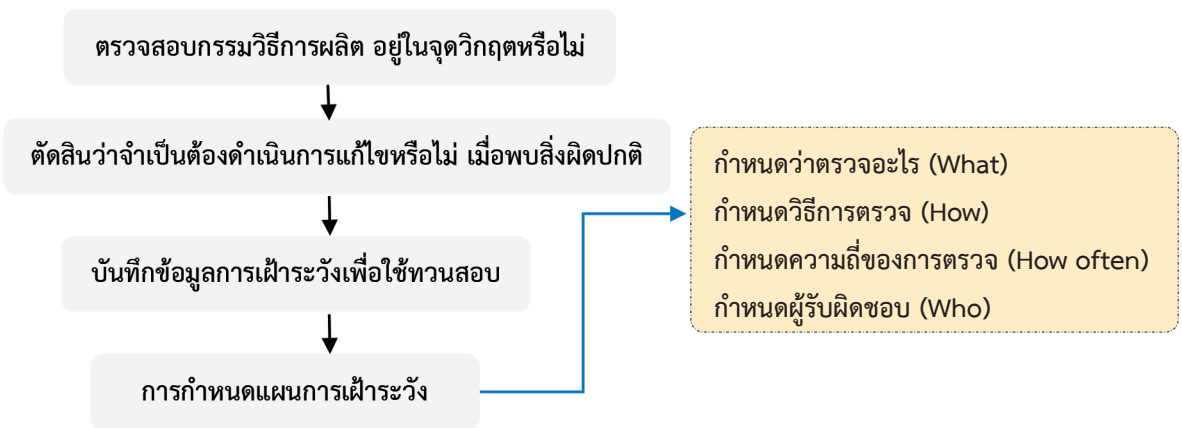
8) การกำหนดค่าวิกฤตของแต่ละจุดวิกฤต ค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้แยกระหว่างการยอมรับกับการไม่ยอมรับในเรื่องการผลิตอาหารให้ปลอดภัย โดยมีข้อแนะนำ ดังนี้

- ทุก ๆ CCPs ต้องมีค่าวิกฤต โดยอาจมีมากกว่า 1 ค่าก็ได้ แต่ต้องกำหนดโดยหลักวิชาการ
- การกำหนดค่า Operating Limits ซึ่งใช้ในการเฝ้าระวังในแต่ละจุดวิกฤตแทน



ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างการใช้ CCPs decision tree ในการหาจุดที่ต้องควบคุม

9) **การกำหนดการเฝ้าระวัง** การเฝ้าระวัง (Monitor) หมายถึง การดำเนินกิจกรรมตามลำดับของแผนที่ได้จัดทำไว้ เพื่อสังเกตหรือตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่ต้องควบคุม เพื่อประเมินว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมนั้น ๆ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม



ภาพที่ 3.9 การกำหนดการเฝ้าระวัง (Monitor)

10) การกำหนดวิธีการแก้ไข

การตรวจสอบการเบี่ยงเบน (Deviation) หรือข้อผิดพลาดที่ไม่เป็นไปตามค่าวิกฤต การควบคุมการเบี่ยงเบนทำได้โดย ระบุสาเหตุการเบี่ยงเบน จัดแยกสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และประเมินสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด การกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- สามารถสืบค้นสาเหตุของปัญหาการเบี่ยงเบน
- หามาตรการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดซ้ำอีก
- ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีแก้ไขที่กำหนด

11) การกำหนดวิธีการทดสอบ กิจกรรมการทดสอบ แบ่งเป็น

- การตรวจสอบความถูกต้องของแผน HACCP (Validation)
- การตรวจประเมินระบบ HACCP (Audit)
- การสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration)
- การสุ่มตัวอย่างและทดสอบ (Sampling collection and Testing)

12) การกำหนดวิธีการจัดทำเอกสาร และการจัดเก็บบันทึกข้อมูล

เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ HACCP ควรจะได้มีระบบการจัดทำและการจัดเก็บเอกสาร โดยการกำหนดอำนาจหน้าที่ ผู้จัดทำเอกสารและผู้รับรองเอกสารที่ใช้ในระบบ HACCP เอกสารที่เกี่ยวข้องในระบบ HACCP ได้แก่ เอกสารสนับสนุน เอกสารบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ในระบบคู่มือการปฏิบัติงานและวิธีการที่ใช้ และเอกสารบันทึกผลการฝึกอบรม

3.6 ระบบ ISO 22000 ระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร

ระบบ ISO 22000 เป็นระบบคุณภาพที่ต่อยอดในเรื่องความปลอดภัยอาหาร เป็นการรวมเอาระบบ GMP ซึ่งเป็นระบบพื้นฐานของอุตสาหกรรมอาหารกับระบบ HACCP ซึ่งเป็นระบบวิเคราะห์จุดอันตรายแต่ละขั้นตอนการผลิตและมีการผนวก ISO 9001 เข้าไปเสริมในเรื่องการจัดการและระบบเอกสารทำให้ระบบนี้เหมาะกับอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้เพื่อให้อาหารที่ผลิตมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ข้อกำหนดของระบบมาตรฐานนี้ใช้สำหรับระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารสำหรับองค์กรต่าง ๆ ในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งต้องจัดให้มีกลไกสามารถควบคุมอันตรายที่เกิดขึ้น เพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ข้อกำหนดนี้สามารถประยุกต์ใช้กับทุกองค์กร โดยไม่จำกัดขนาด ซึ่งองค์กรนั้นจะเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อาหาร และการนำไปใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย เช่น โรงงานที่ผลิตภาชนะบรรจุ สารเคมี ผู้ขนส่ง ผู้ให้บริการจัดเก็บและการกระจายสินค้า

1) ข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 22000

(1) ระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร (Food Safety Management System: FSMS)

(2) องค์กรต้องจัดทำเอกสาร ซึ่งประกอบด้วยนโยบายและวัตถุประสงค์ด้านความปลอดภัยอาหาร ขั้นตอนการทำ (Procedure) บันทึก (Record) และเอกสารอื่น ๆ

(3) ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหาร (Management Responsibility) ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรต้องมีความมุ่งมั่นในการสนับสนุนด้านความปลอดภัยอาหาร โดยการกำหนดนโยบายที่เหมาะสมกับบทบาทขององค์กรในห่วงโซ่อาหารและสอดคล้องกับกฎหมาย รวมถึงสื่อสารภายในองค์กรให้รับทราบ นอกจากนี้ต้องแต่งตั้งบุคคลมาทำหน้าที่เป็นหัวหน้าทีมความปลอดภัยอาหาร เพื่อจัดทำระบบความปลอดภัยอาหาร รายงานประสิทธิผลของระบบ รวมทั้งประสานกับหน่วยงานภายนอก

(4) การจัดการทรัพยากร องค์กรต้องจัดหาทรัพยากรให้เพียงพอทั้งวัสดุ สิ่งก่อสร้าง สิ่งแวดล้อม รวมทั้งบุคลากรที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้การดำเนินการทางด้านความปลอดภัยอาหารเป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดสอดคล้องกับมาตรฐาน

(5) การวางแผนและการจัดทำผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย (Planning and realization of safe products) องค์กรต้องมีโปรแกรมพื้นฐานด้านสุขลักษณะ (Pre-requisite programs) (PRPs) เช่น GAP, GHP และ GMP ขึ้นอยู่กับประเภทผู้ประกอบการในห่วงโซ่อาหาร และต้องจัดทำเป็นเอกสาร องค์กรต้องนำหลักการของระบบ HACCP มาประยุกต์ใช้ เพื่อควบคุมอันตรายในผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ก่อนการจัดส่งไปยังขั้นต่อไปในห่วงโซ่อาหาร

(6) การรับรองผลการทวนสอบ และการปรับปรุงระบบความปลอดภัยอาหาร (Validation Verification and Improvement of FSMS) องค์กรต้องทำการรับรอง (Validate) เพื่อให้แสดงว่า มาตรการนั้น ๆ สามารถให้ผลค่าที่ตั้งไว้ในการควบคุมอันตรายมีประสิทธิภาพและมีความสามารถเพื่อให้ผลิตภัณฑ์บรรลุตามที่กำหนด หากไม่เป็นไปตามที่คาดหมายต้องได้รับการปรับเปลี่ยนและประเมินใหม่ ก่อนการประยุกต์ใช้มาตรการควบคุมใน PRPs และแผน HACCP หรือการเปลี่ยนแปลงใด ๆ องค์กรต้องแสดงหลักฐานเพื่อยืนยันว่าวิธีการเฝ้าระวัง การตรวจวัด และอุปกรณ์มีความเหมาะสมที่สามารถให้ผลการตรวจสอบที่น่าเชื่อถือ เครื่องมืออุปกรณ์ ต้องมีการสอบเทียบ มีการจัดเก็บและรักษาบันทึกผลการสอบเทียบและทวนสอบระบบการจัดการด้านความปลอดภัยอาหาร เช่น ตรวจประเมินภายใน (Internal audit) หากพบว่าการทวนสอบให้ผลไม่สอดคล้องตามแผน ต้องลงมือดำเนินการแก้ไขและต้องมีการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากกิจกรรมการทวนสอบ และรายงานผู้บริหารเพื่อนำเข้าสู่การประชุมทบทวนฝ่ายบริหาร และใช้เป็นข้อมูลปรับระบบให้ทันสมัย

2) แนวทางปฏิบัติของ ISO 22000

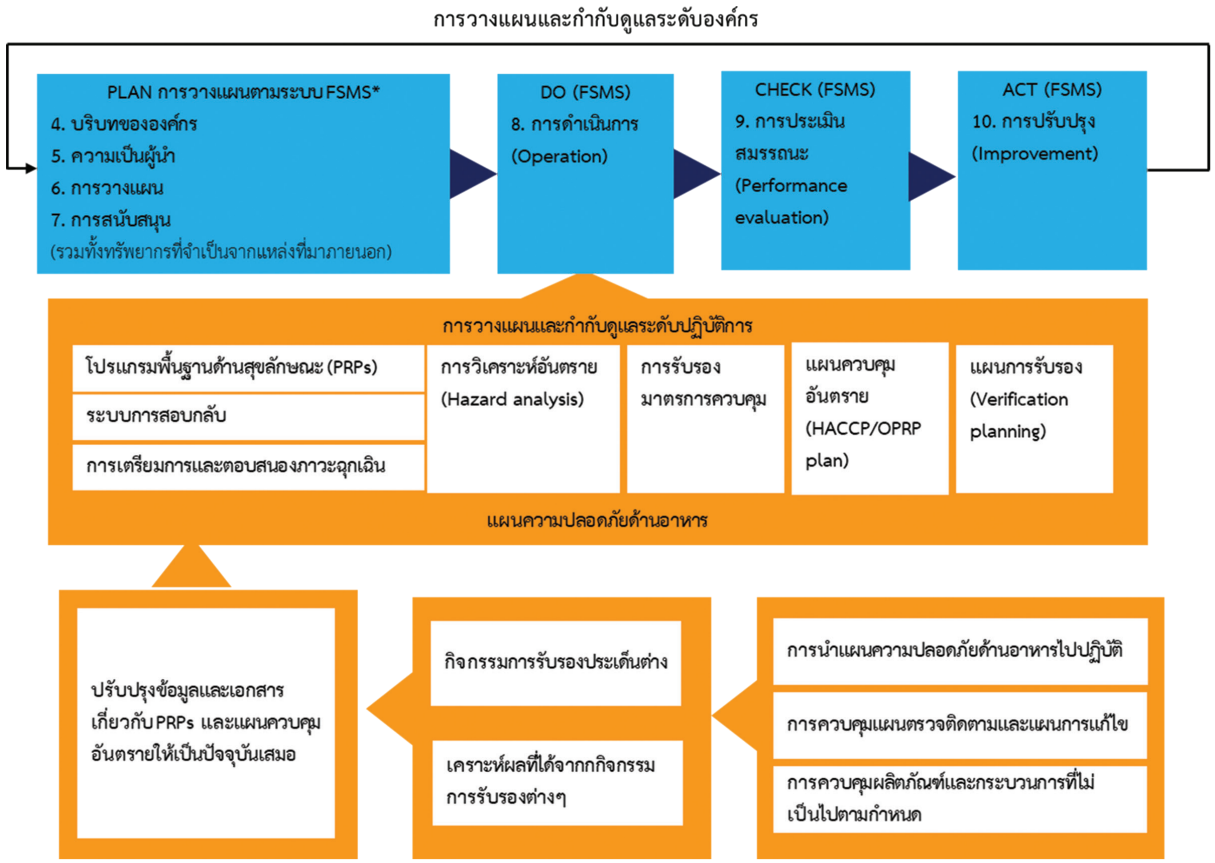
มาตรฐาน ISO มักจะมีการปรับปรุงอยู่เสมอ ISO 22000 ก็เช่นเดียวกันโดยการประกาศใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 2005 (ISO 22000: 2005) ปัจจุบันได้ปรับปรุงเป็นฉบับ ISO 22000: 2018 ทั้งนี้ยังคงข้อกำหนดเดิมที่ปรากฏในฉบับ 2005 แต่ได้มีการเพิ่มเติมข้อกำหนดระบบบริหารจัดการตามรูปแบบปกติของ ISO รวมทั้งการเตือนความปลอดภัยล่วงหน้าด้วยการระบุการป้องกันและการลดอันตรายที่มาพร้อมกับอาหารและในห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งการควบคุมอันตรายร่วมกับองค์ประกอบหลักที่เป็นที่ยอมรับ เช่น การสื่อสารแบบมีปฏิสัมพันธ์ การบริหารจัดการระบบ โปรแกรมพื้นฐานด้านสุขลักษณะและหลักการของการวิเคราะห์อันตรายและวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร โดยสรุปแนวทางปฏิบัติของ ISO 22000:2018 นั้นอยู่บนหลักการของวงจรการบริหารงานคุณภาพ PDCA (Plan : วางแผน, Do : ปฏิบัติ, Check : ตรวจสอบ และ Act: การดำเนินการ) ดังที่แสดงในภาพ 3.10 โดยข้อกำหนด 3 ข้อแรกยังปฏิบัติตามฉบับ 2005 ได้แก่ (1) การกำหนดขอบเขต (2) เอกสารอ้างอิง และ (3) คำนิยามศัพท์ สำหรับข้อกำหนดข้อ 4-10 ได้จัดวางให้สอดคล้องกับ PDCA

ข้อกำหนด ISO 22000: 2018

ข้อกำหนด 3 ข้อแรกยังปฏิบัติตามฉบับ 2005

1. การกำหนดขอบเขต 2. เอกสารอ้างอิง 3. คำนิยามศัพท์

สำหรับข้อกำหนดข้อ 4 - 10 จัดวางให้สอดคล้องกับ PDCA



ภาพที่ 3.10 ข้อกำหนด ISO 22000: 2018

บทที่ 4

การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

4.1 ความหมายของสิ่งปฏิกูล

คำว่า **“สิ่งปฏิกูล”** มีความหมายตามพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 หมายถึง สิ่งสกปรกน่ารังเกียจ ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ได้นิยามความหมายของคำว่า สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 หมายความว่า สิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน รวมถึงของเสียจากวัตถุดิบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพและน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบหรือมีคุณลักษณะที่เป็นอันตราย โดยไม่รวมถึงสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายจากสำนักงาน บ้านพักอาศัยและโรงอาหารในบริเวณโรงงาน รวมทั้งกากกัมมันตรังสีและมูลฝอยตามพระราชบัญญัติสาธารณสุข และน้ำเสียที่ส่งไปบำบัดนอกโรงงานทางท่อส่ง

ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้นิยามความหมายของคำว่า สิ่งปฏิกูลไว้ในมาตรา 4 หมายถึง อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความรวมถึงสิ่งอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งโสโครกหรือมีกลิ่นเหม็น

จะเห็นได้ว่า คำว่า **“สิ่งปฏิกูล”** ในความหมายตามพจนานุกรมไทย เป็นความหมายที่ค่อนข้างกว้างมากคือเป็นสิ่งสกปรก ของสกปรกที่น่ารังเกียจ เมื่อพิจารณาความหมายตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 พบว่า คำว่าสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วมีความหมายเน้นไปที่สิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงานโดยยกเว้นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตราย จากสำนักงาน บ้านพักอาศัยและโรงอาหารในบริเวณโรงงาน แต่เมื่อพิจารณาความหมายตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พบว่า คำว่า สิ่งปฏิกูลจะเน้นที่อุจจาระหรือปัสสาวะเป็นหลัก อย่างไรก็ตามยังให้หมายความรวมถึงสิ่งโสโครกหรือมีกลิ่นเหม็นด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติความหมายดังกล่าวจะครอบคลุมถึงน้ำโสโครก น้ำเสียจากอาคารต่าง ๆ ด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในปัจจุบันส่วนใหญ่แล้วการขับถ่ายอุจจาระ ปัสสาวะ จะใช้น้ำในการชำระทำความสะอาด หรือขับเคลื่อนอุจจาระและปัสสาวะ ทำให้น้ำโสโครกหรือน้ำเสียจากชุมชนที่เกิดขึ้นนั้นมีส่วนหนึ่งเป็นน้ำเสียที่ประกอบไปด้วยอุจจาระและปัสสาวะ

ในที่นี้ให้ความหมายของคำว่า สิ่งปฏิกูลตามแนวทางของการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Human Waste” หรือ “Human Excreta” ซึ่งหมายถึง ของเสียที่ปล่อยหรือขับถ่ายออกจากร่างกายมนุษย์ ที่สำคัญได้แก่ อุจจาระ (Feces) และปัสสาวะ (Urine)

4.2 ความสำคัญของการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

สิ่งปฏิกูล เป็นสิ่งที่ใกล้ตัวมนุษย์และเกิดจากชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน เนื่องจากมนุษย์จำเป็นต้องรับประทานอาหาร เพื่อนำไปเลี้ยงร่างกายให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยร่างกายจะดูดซึมเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหาร เกลือแร่ และวิตามินต่าง ๆ เข้าไปตามกระแสเลือด ส่วนที่เหลือคือกากอาหาร และส่วนที่ร่างกายไม่ต้องการจะถูกขับออกมาเป็นอุจจาระและปัสสาวะ

สิ่งปฏิกูลเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อโรคติดต่อในระบบทางเดินอาหารและโรคหนอนพยาธิที่สำคัญ ซึ่งมีอยู่หลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยเชื้อโรคต่าง ๆ เหล่านี้อาศัยอยู่ในทางเดินอาหารของคนและถูกขับถ่ายออกมาพร้อมอุจจาระ ปัสสาวะ ซึ่งถ้าไม่มีการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลอย่างถูกสุขลักษณะแล้ว เชื้อโรคเหล่านี้จะแพร่กระจายไปยังบุคคลอื่น ๆ ส่งผลให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดต่อขึ้นได้ การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่พบในสิ่งปฏิกูลสามารถแพร่กระจายได้หลายทาง ดังแสดงในภาพที่ 4.1 การแพร่กระจายอาจเกิดขึ้นได้โดยตรง เนื่องจากสุขวิทยาส่วนบุคคลไม่ดี เช่น เข้าห้องส้วมแล้ว ไม่ล้างมือให้สะอาดก่อนที่จะไปจับต้องอาหารให้ตัวเองหรือผู้อื่นรับประทาน หรือใช้มือสกปรกนั้นเข้าปาก เช่น กรณีของเด็กที่อมมือ เป็นต้น หรือการแพร่กระจายอาจเกิดขึ้นโดยทางอ้อมจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำ อาหาร ดิน แมลงวัน และสัตว์อื่น ๆ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความสำคัญของการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ประการหลักคือ เพื่อผลทางด้านสุขภาพอนามัยของประชาชนในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคต่าง ๆ ที่มาจากสิ่งปฏิกูล

ตารางที่ 4.1 เชื้อโรคต่าง ๆ ที่พบในสิ่งปฏิกูล

เชื้อโรค	โรค	ปัสสาวะ	อุจจาระ
แบคทีเรีย			
Escherichia coli	อุจจาระร่วง	✓	✓
Leptospira interrogans	เลปโตสไปโรซิส	✓	-
Salmonella typhi	ไทฟอยด์	✓	✓
Shigella spp.	ชิเกลโลซิส	-	✓
Vibrio cholerae	อหิวาตกโรค	-	✓
ไวรัส			
Poliovirus	โปลิโอ	✓	-
Rotaviruses	เอ็นเทอไรทิส	-	✓
โปรโตซัว			
Entamoeba histolytica	บิดมีตัว	-	✓
Giardia intestinalis	จิอาดิเอวิส	-	✓

ตารางที่ 4.1 เชื้อโรคต่าง ๆ ที่พบในสิ่งปฏิกูล (ต่อ)

เชื้อโรค	โรค	ปัสสาวะ	อุจจาระ
ไข่และตัวอ่อนของหนอนพยาธิ			
Ascaris lumbricoides	พยาธิไส้เดือน	-	-
Fasciola hepatica	พยาธิใบไม้ในตับ	-	-
Ancylostima duodenale	พยาธิปากขอ	-	-
Necator americanas	พยาธิปากขอ	✓	-
Schistosoma spp.	พยาธิใบไม้เลือด	✓	-
Taenia spp.	พยาธิตัวตืด	✓	-
Trichuris trichiura	พยาธิแส้ม้า	-	✓

หมายเหตุ การพบเชื้อในปัสสาวะอาจมาจากการปนเปื้อนของอุจจาระหรือบุคคลนั้นมีการติดเชื้อ *Salmonella typhi,* Schistosoma haematobium หรือ Laptospira. * หมายถึง การตรวจพบ

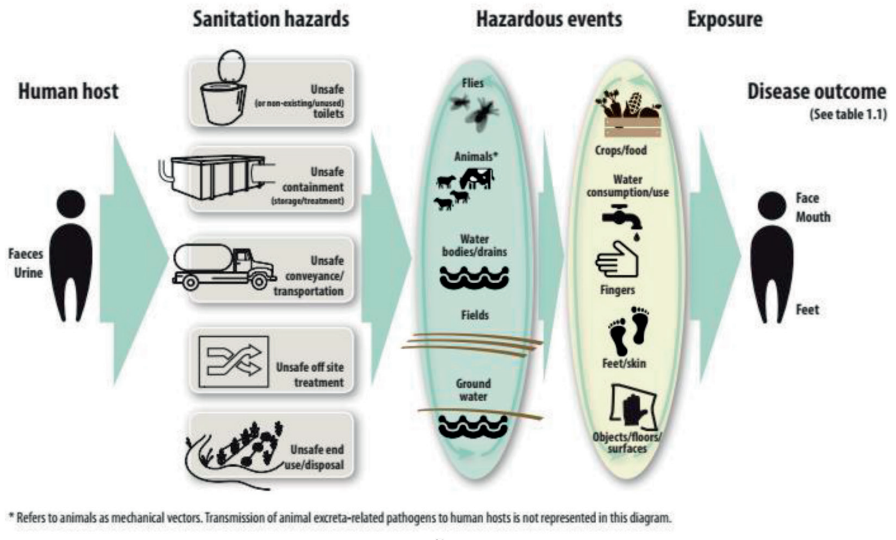
นอกจากนี้การจัดการสิ่งปฏิกูลที่ถูกสุขลักษณะจะช่วยไม่ให้เกิดปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน เป็นต้น รวมทั้งยังช่วยป้องกันเหตุเดือดร้อนรำคาญ และสภาพความไม่น่าดูต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นด้วย

4.3 ปริมาณและองค์ประกอบของสิ่งปฏิกูล

ปริมาณของสิ่งปฏิกูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวันของแต่ละบุคคล มีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารการกิน การดื่มน้ำ สภาพภูมิอากาศ และการประกอบอาชีพ ซึ่งจากรายงานการศึกษาต่าง ๆ พบว่า ประชากรในกลุ่มประเทศที่มีรายได้สูง ถ่ายอุจจาระ ประมาณวันละ 51 ถึง 796 กรัมต่อคน (น้ำหนักเปียก) หรือโดยประมาณ 12 ถึง 81 กรัมต่อคน (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ประชากรในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำ ถ่ายอุจจาระประมาณวันละ 75 ถึง 520 กรัมต่อคน (น้ำหนักเปียก) หรือโดยประมาณ 18 ถึง 62 กรัมต่อคน (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังพบว่า คนในประเทศที่กำลังพัฒนาถ่ายอุจจาระประมาณวันละ 200 ถึง 600 กรัม (น้ำหนักเปียก) คนยุโรป และคนอเมริกันถ่ายอุจจาระประมาณวันละ 100 ถึง 200 กรัม (น้ำหนักเปียก) สำหรับการขับถ่ายปัสสาวะ พบว่า โดยเฉลี่ยมนุษย์จะขับถ่ายปัสสาวะ ประมาณวันละ 1.4 ลิตรต่อคนต่อวัน (หรืออยู่ในช่วงระหว่าง 0.6 ถึง 2.6 ลิตรต่อคนต่อวัน) (C. Rose et al., 2015) ทั้งนี้องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่าเฉลี่ยปริมาณของสิ่งปฏิกูล ไว้ดังนี้

- บุคคลที่นิยมรับประทานอาหารซึ่งมีโปรตีนสูง และอาศัยอยู่ในเขตเมืองหนาว จะขับถ่ายอุจจาระประมาณ 120 กรัมต่อคนต่อวัน และขับถ่ายปัสสาวะประมาณ 1.2 ลิตรต่อคนต่อวัน

- บุคคลที่นิยมรับประทานอาหารพวกพืช ผัก และอาศัยอยู่ในเขตเมืองร้อนจะขับถ่ายอุจจาระประมาณ 400 กรัมต่อคนต่อวัน และขับถ่ายปัสสาวะ 1.0 ลิตรต่อคนต่อวัน
- สำหรับองค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำ และสารอินทรีย์เป็นหลัก โดยจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียมและสารอนินทรีย์อื่น ๆ ประกอบอยู่เล็กน้อย รายละเอียดขององค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลแสดงไว้ในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่พบในสิ่งปฏิกูล (WHO, 2018)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลที่มนุษย์ปล่อยออกมาจากร่างกายในแต่ละวัน

ส่วนประกอบโดยประมาณ (%)	อุจจาระ	ปัสสาวะ
พีเอช	5.0-8.0	5.5-7.0
ความชื้น	66-80	91-96
สารอินทรีย์	84-93	65-85
ไนโตรเจน	5-7	15-19
ฟอสฟอรัส (as P_2O_5)	3-5.4	2.5-5.0
โพแทสเซียม (as K_2O)	1-2.5	3.0-4.5
แคลเซียม (as CaO)	4-5	4.5-6.0
คาร์บอน	44-55	11-17

ที่มา: (Rose, C et al., 2015) และ World Bank. Night-Soil Composting (1981)
จาก https://documents1.worldbank.org/curated/en/145651468764132414/pdf/multi-page.pdf.

นอกจากนี้ในกรณีที่การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลเป็นระบบซึ่งใช้น้ำในการขับเคลื่อน ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมดังกล่าวจะมีประมาณ 20-80 ลิตรต่อคนต่อวัน ขึ้นอยู่กับชนิดของโถส้วมที่ใช้ และมีคุณลักษณะของน้ำเสียสอดคล้องกับองค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลคือมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดีค่อนข้างสูง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของน้ำเสียจากส้วมจากบ้านพักอาศัย

คุณลักษณะ	ค่าพิสัย[a]	ค่าเฉลี่ย[b]
pH	7.00-8.09[c]	7.7
BOD (มก./ลิตร)	1,100-3,400	700
COD (มก./ลิตร)	1,500-5,500	1,500
SS (มก./ลิตร)	100-1,202[c]	560
TKN (มก./ลิตร)	270-800	300
PO_4^{3}-P (มก./ลิตร)	20-80	24
FOG (มก./ลิตร)	430-860[c]	540

ที่มา: [a] Jiawkok, S. & Koottatep, T. 2006 [b] Sinsupan, T. 2004 [c] ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ (2530)

4.4 การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

การบำบัดสิ่งปฏิกูล (Excreta Treatment) เป็นการเปลี่ยนสภาพของของเสียในสิ่งปฏิกูลโดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ เพื่อทำลาย ลด หรือควบคุมป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่ปนมากับสิ่งปฏิกูล และเพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสิ่งปฏิกูล หรือลดค่าบีโอดีของสิ่งปฏิกูลเพื่อป้องกันการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน เป็นต้น

สำหรับการกำจัดสิ่งปฏิกูล เป็นการนำสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการบำบัดหรือผลผลิตที่เกิดจากการบำบัดต่าง ๆ ไปกำจัดทิ้ง หรืออาจนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลในบางระบบจะต่อเนื่องเป็นระบบเดียวกัน ทำให้ตำราบางเล่มเรียกการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลนี้โดยรวมว่า การกำจัดสิ่งปฏิกูล

1) หลักการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

องค์ประกอบของสิ่งปฏิกูลส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ ดังนั้นหลักการในการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลจึงมีหลักการเหมือนกับการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการที่สำคัญตามชนิดของจุลินทรีย์ ได้แก่

(1) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์

(2) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์

2) เกณฑ์สำคัญในการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

องค์การอนามัยโลก ได้แนะนำสิ่งที่ต้องคำนึงถึงหรือเกณฑ์ในการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาไว้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

วัตถุประสงค์	เกณฑ์การเลือก
การป้องกันปัญหาด้านสุขภาพอนามัยและปัญหาสิ่งแวดล้อม	• สิ่งปฏิกูลต้องไม่เกิดการปนเปื้อนกับผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน • ต้องไม่เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงและสัตว์ต่าง ๆ • ต้องไม่มีการขนถ่ายอุจจาระสด หรือหากจำเป็นต้องขนถ่ายให้ทำการขนถ่ายน้อยที่สุด และต้องปราศจากกลิ่นเหม็นรบกวนหรือสภาพที่น่ารังเกียจ
การกำหนดในด้านราคาค่าใช้จ่าย การใช้งานและการบำรุงรักษาตามความเหมาะสม	• การใช้งานประจำวันจะต้องง่าย สะดวก และปลอดภัย • ราคาค่าก่อสร้างจะต้องไม่สูงเกินกว่าร้อยละ 10 ของราคาก่อสร้างบ้าน • วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นวัสดุที่หาได้หรือผลิตได้ในท้องถิ่น และต้องการการบำรุงรักษาน้อย ใช้งานได้ในพื้นที่ ซึ่งมีชุมชนอยู่อย่างหนาแน่น และถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำในการทำให้เจือจางหรือเคลื่อนย้ายสิ่งปฏิกูล

3) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

เมื่อกล่าวถึงระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล หลายคนจะนึกถึง “ส้วม” (Privy, Latrine, Toilet) เนื่องจากส้วมเป็นที่สำหรับถ่ายอุจจาระและปัสสาวะ อย่างไรก็ตาม ส้วมมีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน ส้วมบางชนิดเป็นเพียงที่เก็บกักสิ่งปฏิกูลเท่านั้น ไม่มีการบำบัดหรือกำจัดสิ่งปฏิกูลอยู่บริเวณที่ตั้งส้วม หรือที่แหล่งกำเนิด แต่บางชนิดมีระบบบำบัดอยู่บริเวณที่ตั้งส้วม และบางชนิดมีทั้งระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลอยู่บริเวณที่ตั้งส้วม ในที่นี้ได้รวบรวมรูปแบบของส้วมต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่และจัดประเภทของส้วม เป็นกลุ่มโดยแบ่งตามระบบการขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูล การบำบัดและการกำจัด เป็น 4 ประเภท ดังนี้

(1) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิด แบบไม่ใช้น้ำ (Dry System, Off-site Treatment and Disposal)

(2) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิด แบบไม่ใช้น้ำ (Dry System, On-site Treatment and Disposal)

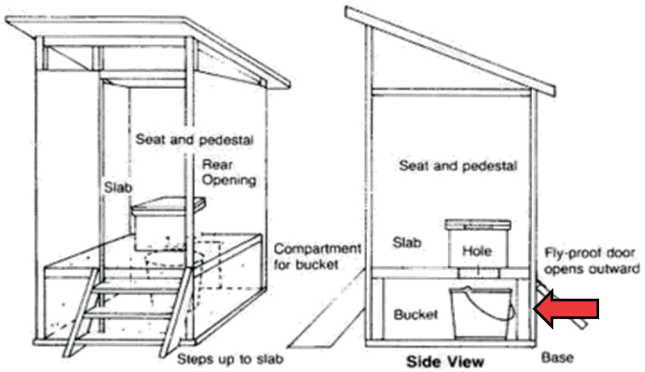
(3) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิด แบบใช้น้ำ (Wet System, Off-site Treatment and Disposal)

(4) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิด แบบใช้น้ำ (Wet System, On-site Treatment and Disposal)

(1) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิดแบบไม่ใช้น้ำ

ระบบไม่ใช้น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลลงสู่ที่เก็บกักหรือไม่ใช้น้ำในการชำระสิ่งปฏิกูล และสิ่งปฏิกูลจะต้องถูกนำไปบำบัดและกำจัดภายนอกแหล่งกำเนิดหรือภายนอกบริเวณที่ตั้งส้วม โดยสิ่งปฏิกูลอาจถูกนำไปยังระบบบำบัดหรือกำจัดรวมของท้องถิ่นหรือชุมชนนั้น ๆ การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลในระบบนี้เป็นระบบที่เสี่ยงต่อการก่อให้เกิดการปนเปื้อนและการแพร่ระบาดของเชื้อโรค หากขนถ่ายไม่ถูกต้อง เพราะมีการขนถ่ายสิ่งปฏิกูลที่ยังคงสภาพสดอยู่หรืออาจย่อยสลายยังไม่สมบูรณ์ หากเกิดการปนเปื้อนระหว่างการขนถ่ายจะส่งผลให้ไม่ปลอดภัยต่อผู้ที่ทำการขนถ่าย และปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้ ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลประเภทนี้ ที่สำคัญ ได้แก่ ส้วมถังเท ส้วมหลุมตัน และส้วมเคมี

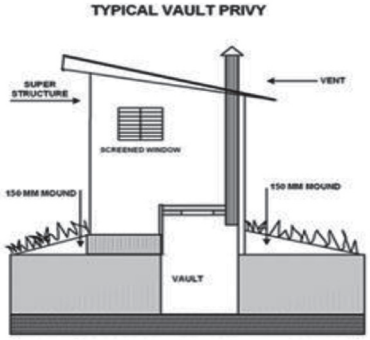
(ก) ส้วมถังเท (Box/Can/Bucket Latrine) เป็นส้วมที่ใช้ถังหรือภาชนะคล้ายถังเป็นสิ่งรองรับสิ่งปฏิกูลแทนหลุมส้วมเพื่อที่จะนำสิ่งปฏิกูลออกไปกำจัดด้วยวิธีเปลี่ยนถังใหม่มาแทน ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ส้วมถังเท

ที่มา: http://www.clean-water-for-laymen.com/best-sanitation.html

(ข) ส้วมหลุมตัน (Vault Privy) เป็นส้วมที่เป็นหลุมเก็บกักสิ่งปฏิกูล ซึ่งสร้างหรือทำด้วยวัสดุที่ป้องกันไม่ให้น้ำซึมเข้าออกได้ เช่น คอนกรีต พลาสติก ไฟเบอร์กลาส ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ส้วมประเภทนี้เหมาะสมกับบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ริมน้ำหรือใกล้แหล่งน้ำมากจนไม่สามารถจะทำส้วมแบบอื่นได้ เนื่องจากเป็นส้วมที่ป้องกันสิ่งแวดล้อมปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลได้ดี



ภาพที่ 4.3 ส้วมหลุมตัน

ที่มา: https://www.algomapublichealth.com/environment-inspections/ sewage-system-buildingpermits/class-1-privy/

(ค) ส้วมเคมี (Chemical Toilet) เป็นส้วมที่ประกอบด้วย ถังซึ่งทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น พลาสติก ไฟเบอร์กลาส หรือโลหะที่ไม่เป็นสนิม เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ภายในถังจะบรรจุน้ำยาเคมี ที่นิยมใช้คือ โซดาไฟ เพื่อทำลายเชื้อโรคและไข่พยาธิต่าง ๆ ส้วมชนิดนี้นิยมใช้ในยานพาหนะต่าง ๆ เช่น เครื่องบิน รถยนต์โดยสาร เป็นต้น



ภาพที่ 4.4 ส้วมเคมี

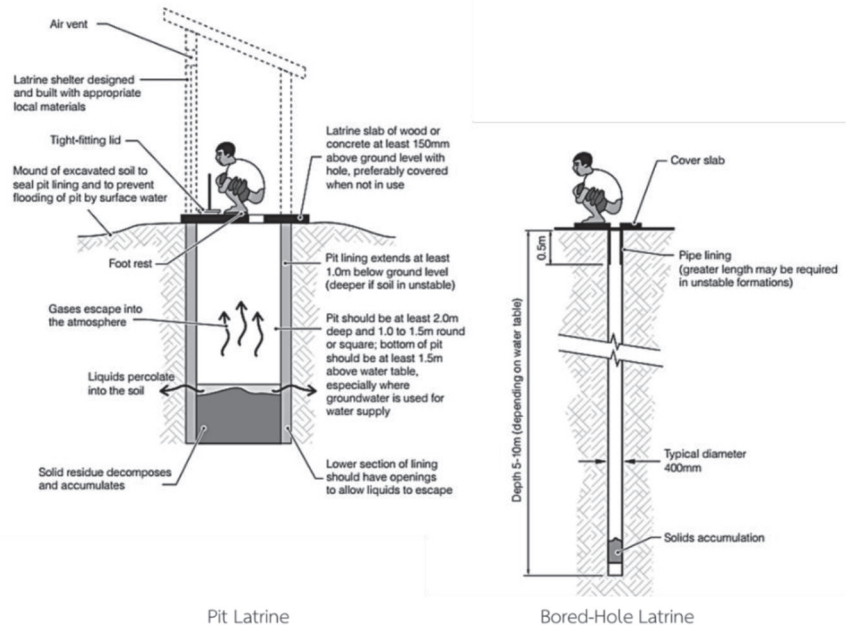
ที่มา: https://www.aliexpress.com/i/32972143115.html

(2) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิดแบบไม่ใช้น้ำ

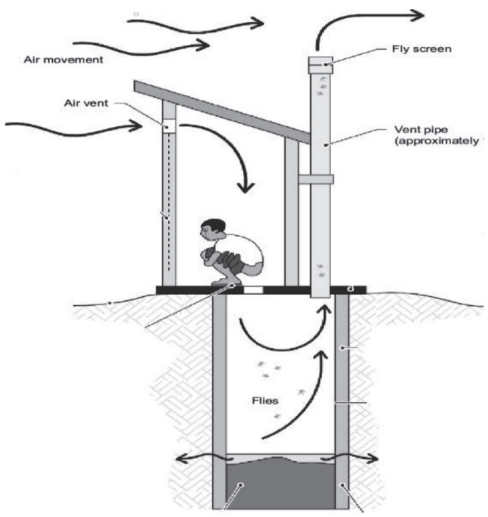
ระบบประเภทนี้จะไม่ใช้น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลเช่นเดียวกับระบบแรก แต่แตกต่างจากระบบแรกคือ ระบบบำบัดและกำจัดอยู่ภายในที่เก็บกักจนกว่าจะเกิดการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลอย่างสมบูรณ์และมีความปลอดภัยแล้วจึงนำกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้วไปกำจัดให้เหมาะสม เช่น นำไปถมที่ ปรับสภาพดิน หรือนำไปทำปุ๋ย ระบบบำบัดประเภทนี้ถือว่าเป็นระบบที่ถูกสุขลักษณะมากกว่าระบบแรก อย่างไรก็ตาม ยังมีปัญหาทางด้านกลิ่นและแมลงรบกวนอยู่ จึงมักนิยมใช้ในชุมชนชนบทที่ขาดแคลนน้ำและมีบ้านเรือนอยู่ไม่หนาแน่นนัก ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลประเภทนี้ที่สำคัญ ได้แก่ ส้วมหลุม และส้วมหลุมแบบ VIP

(ก) ส้วมหลุม (Pit Privy or Pit Latrine) เป็นส้วมที่มีหลักการสร้างง่าย ๆ ประกอบด้วยส้วมและพื้นส้วมซึ่งเจาะเป็นร่องสำหรับถ่ายลงหลุมส้วมโดยตรง ในการขุดหลุมส้วมประเภทนี้ ทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกอาจทำโดยการขุดดินด้วยแรงงานคนเป็นหลุมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 80-120 ซม. หรือขุดเป็นหลุมสี่เหลี่ยมขนาด 100 x 100 ซม. ความลึกประมาณ 2-3 เมตร โดยขนาด หรือปริมาตรของหลุมต้องพิจารณาถึงเรื่องจำนวนคนที่ใช้ส้วม โดยทั่วไปต้องมีปริมาตรหรือความจุที่สามารถใช้งานได้นานกว่า 1 ปีขึ้นไป วิธีที่สองอาจทำได้โดยใช้เครื่องมือเจาะ ซึ่งสามารถเจาะให้ลึกลงไปได้มากกว่าส้วมหลุมขุด เส้นผ่าศูนย์กลางของส้วมหลุมเจาะจะมีขนาดเล็กคือประมาณ 40 ซม. ส้วมหลุมที่ใช้วิธีการเจาะนี้ถูกเรียกว่า ส้วมหลุมเจาะ (Bored-Hole Latrine) ส้วมหลุมทั้ง 2 วิธีการ ดังแสดงในภาพที่ 4.5 เมื่อใช้ส้วมหลุมจนเกือบเต็ม หรือใช้จนเหลืออีกประมาณ 50 ซม. จะถึงปากหลุมต้องหยุดการใช้งานและกลบด้วยดินอัดแน่นเพื่อป้องกันการขุดคุ้ยของสัตว์และแมลง แล้วปล่อยให้มีการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลภายในหลุม ไม่น้อยกว่า 1 ปี หลังจากนั้นจึงนำไปใช้ประโยชน์หรือทิ้งต่อไป จะเห็นได้ว่าเมื่อส้วมหลุมเต็มแล้วจำเป็นต้องมีการย้ายและสร้างหลุมใหม่ โดยทั่วไปนิยมย้ายตัวเรือนส้วมเดิมไปตามหลุมเก็บกักสิ่งปฏิกูลใหม่ด้วย ดังนั้น ตัวเรือนส้วมประเภทนี้จึงมักไม่สร้างแบบมั่นคงถาวร

(ข) ส้วมหลุมแบบ VIP (Ventilated Improved Pit Latrine) ส้วมหลุมแบบนี้เป็นส้วมหลุมที่ถูกดัดแปลงขึ้นมาจากส้วมหลุมธรรมดา ขุดด้วยแรงงานคนดังที่กล่าวข้างต้น ทั้งนี้ เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่อง กลิ่นเหม็น และแมลงวันรบกวน โดยการสร้างส้วมหลุมประเภทนี้กำหนดให้มีส่วนหนึ่งของหลุมส้วมยื่นพ้นตัวเรือนส้วมออกมาและต่อท่อระบายอากาศ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7.5-15 ซม. ทาด้วยสีดำเพื่อให้ดูดซับความร้อน โดยที่ปลายท่อมีการติดตั้งตะแกรงลวดเพื่อป้องกันแมลง ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ซึ่งจะทำให้เกิดการระบายอากาศจากหลุมส้วมออกทางท่อระบายอากาศ ทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นและแมลงวันรบกวนได้ สำหรับการใช้งานส้วมหลุมแบบ VIP นี้ลักษณะเช่นเดียวกับส้วมหลุมทุกประการ



ภาพที่ 4.5 ส้วมหลุม (HARVEY, P.A., 2007)



ภาพที่ 4.6 ส้วมหลุมแบบ VIP (HARVEY, P.A., 2007)

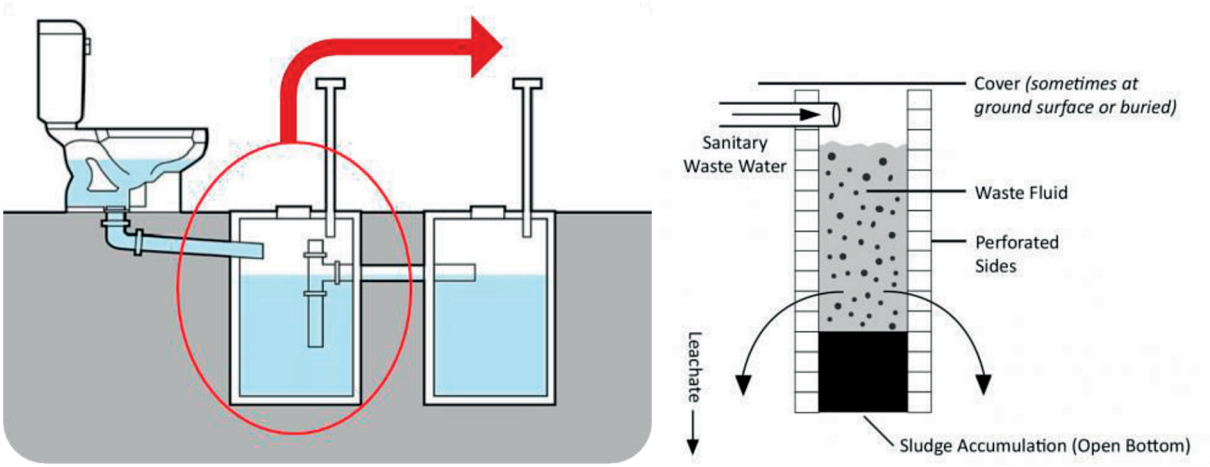
(3) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ

ระบบประเภทนี้จะใช้น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลไปสู่ที่เก็บกัก ซึ่งจะมีการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลเกิดขึ้นภายในที่เก็บกักบริเวณที่ตั้งของส้วมหรือ ณ แหล่งกำเนิด เนื่องจากระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลประเภทนี้ใช้น้ำในการขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลจึงมีการผสมกันระหว่างสิ่งปฏิกูลและน้ำที่ใช้ในการขับเคลื่อน ดังนั้นหลุมหรือถังที่เก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลจึงเหมือนกับระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่หรือระบบบำบัดน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิด (On-site Wastewater Treatment System) โดยทั่วไประบบประเภทนี้เป็นระบบที่บำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ถูกหลักสุขาภิบาล และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะชุมชนเมืองและชนบทที่ไม่ขาดแคลนน้ำ ระบบนี้จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโถส้วมและแผ่นส้วม ส่วนที่เป็นหลุมหรือถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูล ส่วนกำจัดน้ำเสียซึ่งออกมาจากถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูล

(ก) ส่วนที่เป็นโถส้วมและแผ่นส้วม ส่วนที่เป็นโถส้วม (Privy Bowl) และแผ่นส้วม (Privy Slab) จะเป็นส่วนที่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากอยู่เหนือพื้นดิน ส่วนที่เป็นโถส้วมจะประกอบไปด้วยส่วนที่มีคอห่านหรือข้องอสำหรับทำให้เกิดน้ำขัง (Water Sealing) เพื่อใช้ในการป้องกันกลิ่นและแมลง โดยจะมีทั้งแบบนั่งยอง ๆ (Squatting Plate) หรือแบบยกพื้นแล้วนั่ง (Riser and Seat) และ มีทั้งแบบราดน้ำด้วยมือ (Hand-Flushed Type) หรือแบบชักโครก (Cistern - Flushed Type) แล้วแต่จะเลือกใช้

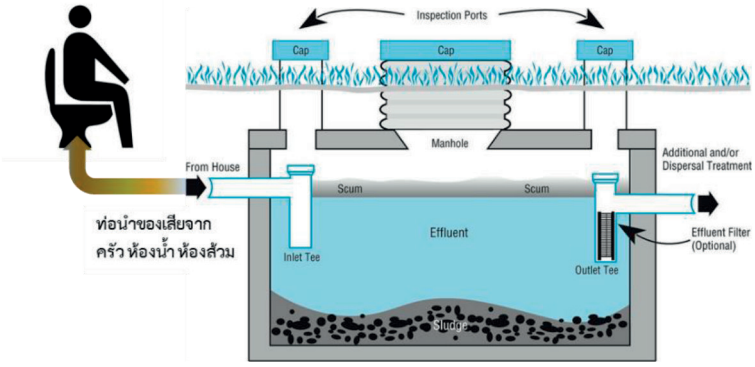
(ข) ส่วนที่เป็นหลุมหรือถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูล ส่วนนี้โดยมากจะเป็น ส่วนที่ฝังอยู่ใต้ดินส่วนที่เป็นหลุมหรือถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลที่ใช้ในระบบนี้มีอยู่หลายชนิด ที่สำคัญคือ หลุมซึมหรือบ่อซึม ถังเกรอะ ถังบำบัดสำเร็จรูป ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- หลุมซึมหรือบ่อซึม (Cesspool) เป็นหลุมหรือบ่อซึ่งขุดเป็นรูปทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยม ในกรณีที่ดินข้างหลุมพังทลายง่ายจำเป็นต้องกรุผนังหลุมด้วยวัสดุแข็งแรงต่าง ๆ เช่น อิฐ ไม้ไผ่ หรือไม้เนื้อแข็ง เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 4.7 สำหรับในประเทศไทยเรานิยมใช้วงขอบซีเมนต์ (Cement Casing) ที่มีความพรุนให้น้ำซึมออกได้วางต่อกันภายในหลุม หลุมซึมแบบนี้จะรับสิ่งปฏิกูล และน้ำที่ใช้ในการขับเคลื่อนโดยตรง สิ่งปฏิกูลที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนก้นหลุมและเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ระดับหนึ่ง สำหรับส่วนที่เป็นของเหลวจะซึมผ่านดินบริเวณรอบ ๆ หลุม ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันบริเวณรอบ ๆ ภายนอกหลุมจะต้องกรุด้วยหินหรืออิฐหัก กว้างประมาณ 15 ซม.



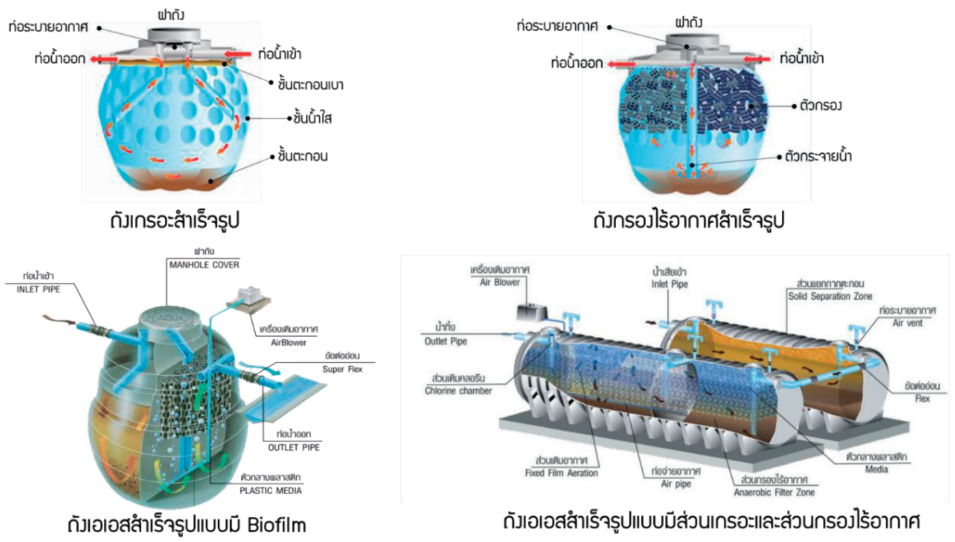
ภาพที่ 4.7 หลุมซึมหรือบ่อซึม

- ถังเกรอะ (Septic Tank) ถังเกรอะเป็นถังหรือบ่อปิดที่ไม่รั่วซึม ส่วนใหญ่ฝังอยู่ใต้ดิน ทำหน้าที่แยกของแข็งออกจากของเหลวและเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ระดับหนึ่ง โดยกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ถังเกรอะมักถูกออกแบบให้สามารถเก็บกักสิ่งปฏิกูลและน้ำเสียไว้ในถังประมาณ 1-3 วัน ส่วนรูปร่างของถังมีได้หลายรูปแบบ แต่นิยมทำเป็นถังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างถังเกรอะ

- ถังบำบัดสำเร็จรูป (Package Treatment) เป็นถังบำบัดซึ่งสร้างหรือผลิตขึ้นจากโรงงานเพื่อใช้ประโยชน์ในการบำบัดสิ่งปฏิกูลและน้ำเสียแบบสำเร็จรูป โดยในการใช้งานจะค่อนข้างสะดวก คือสามารถนำไปติดตั้งและใช้งานได้เลย โครงสร้างของถังมักทำด้วยพลาสติกหรือไฟเบอร์กลาส และมีให้เลือกใช้หลายระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบที่มีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน หรือระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น ถังเกรอะสำเร็จรูป ถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูป ถังเอเอสสำเร็จรูป และถังเอเอสสำเร็จรูปแบบมีส่วนเกรอะและส่วนกรองไร้อากาศ ซึ่งตัวอย่างของถังบำบัดสำเร็จรูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.9

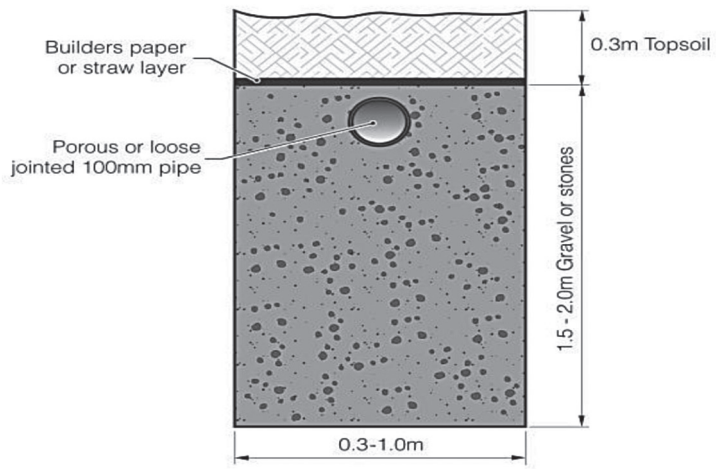


ภาพที่ 4.9 ถังบำบัดสำเร็จรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา: ปรับปรุงจาก https://www.aqua.co.th/product-category และ https://www.dos.co.th/products/

(ค) ส่วนกำจัดน้ำเสียที่ออกมาจากถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูล ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้กำจัดน้ำเสียซึ่งผ่านการบำบัดมาจากส่วนที่สองหรือกล่าวได้ว่าเป็นน้ำเสีย (Effluent) จากถังเกรอะหรือถังบำบัดสำเร็จรูป ซึ่งมีวิธีการกำจัดที่สำคัญอยู่ 2 วิธีการคือ หลุมซึมหรือบ่อซึม และระบบรางซึม

- หลุมซึมหรือบ่อซึม (Seepage Pit or Soakpit) หลุมซึมหรือบ่อซึมในส่วนนี้จะมีรูปร่างและวิธีการสร้างและใช้งานเช่นเดียวกับหลุมซึมหรือบ่อซึม (Cesspool) ในส่วนที่สองทุกประการ แต่ที่แตกต่างคือ หลุมซึมประเภทนี้จะรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาระดับหนึ่งแล้ว แต่หลุมซึมในส่วนที่สองจะรับสิ่งปฏิกูลและน้ำใช้ในการขับเคลื่อนซึ่งยังไม่ได้ผ่านการบำบัดโดยตรง
- ระบบรางซึม (Trenches) ประกอบด้วยหลุมตื้น ขุดลึกลงไปประมาณ 45-60 ซม. กว้างประมาณ 30-90 ซม. เรียงขนานกันหลายร่อง ดังแสดงในภาพที่ 4.10 ที่ก้นหลุมกรุด้วยกรวดหรือหินบดหนาไม่น้อยกว่า 15 ซม. บนชั้นกรวดมีท่อซึ่งเจาะรูพรุน (Perforate Pipe) วางอยู่เพื่อทำหน้าที่จ่ายน้ำเสียบนท่อพรุนกลบด้วยกรวดหรือหินบด บนชั้นกรวดใช้แผ่นวัสดุ เช่น ฟางหรือกระดาษแข็ง ปิดทับก่อนกลบทับด้วยดินที่ด้านบนสุด น้ำเสียจะไหลซึมตามชั้นของดินรอบท่อ



ภาพที่ 4.10 ระบบรางซึม (HARVEY, P.A., 2007)

(ง) รูปแบบของระบบการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิด แบบใช้น้ำมีผู้ที่นำมาใช้อยู่หลายรูปแบบ โดยมีส่วนแรกหรือส่วนที่เป็นโถส้วมและแผ่นส้วมเป็นส่วนประกอบหลักของทุกรูปแบบ และทำการเปลี่ยนแปลงในส่วนของถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลและส่วนกำจัดน้ำเสีย ทำให้มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันไป ดังสรุปในภาพที่ 4.11 ดังนี้

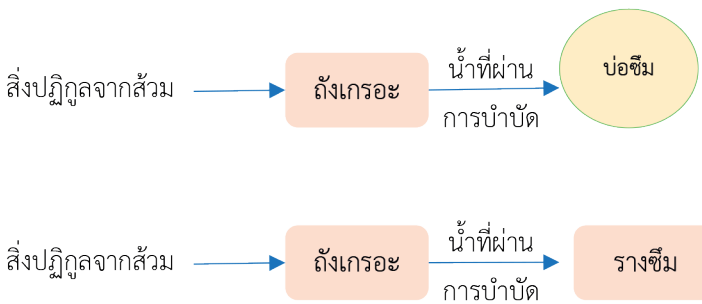
- ส้วมซึม เป็นส้วมซึ่งมีส่วนที่เป็นถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลเป็นหลุมซึมหรือบ่อซึม
- ส้วมถังเกรอะ-บ่อซึม หรือส้วมถังเกรอะ-รางซึม เป็นส้วมซึ่งมีส่วนที่เป็นถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลเป็นถังเกรอะ และมีส่วนกำจัดน้ำเสียเป็นบ่อซึมหรือรางซึม
- ส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป-บ่อซึม หรือส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป-รางซึม เป็นส้วมซึ่งมีส่วนที่เป็นถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลเป็นถังบำบัดสำเร็จรูปและมีส่วนกำจัดน้ำเสียเป็นบ่อซึมหรือรางซึม

- ส้วมถังเกรอะหรือส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป เป็นส้วมซึ่งมีส่วนที่เป็นถังเก็บกักและบำบัดสิ่งปฏิกูลเป็นถังเกรอะหรือถังบำบัดสำเร็จรูปและไม่มีส่วนกำจัดน้ำเสีย แต่จะปล่อยน้ำทิ้งที่ออกจากส่วนเก็บกักและบำบัดปฏิกูลออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยตรง

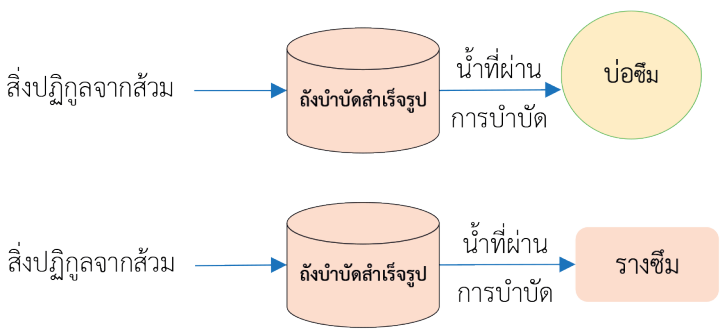
ก. ส้วมซึม



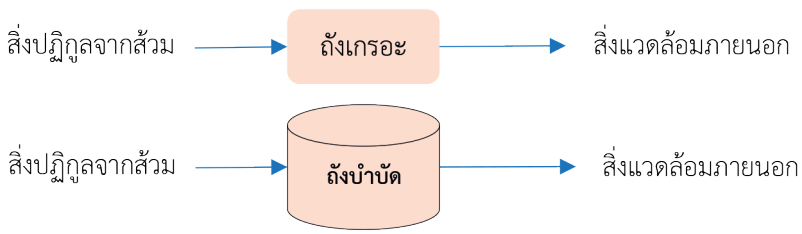
ข. ส้วมถังเกรอะ-บ่อซึม หรือส้วมถังเกรอะ-รางซึม



ค. ส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป-บ่อซึม หรือส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป-รางซึม



ง. ส้วมถังเกรอะหรือส้วมถังบำบัดสำเร็จรูป



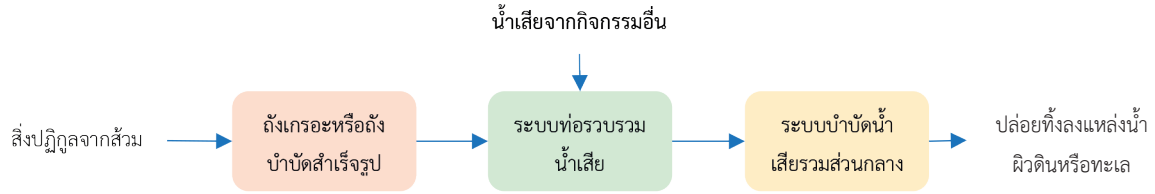
ภาพที่ 4.11 รูปแบบของระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ณ แหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ 4 ลักษณะ

(4) ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิด แบบใช้น้ำ

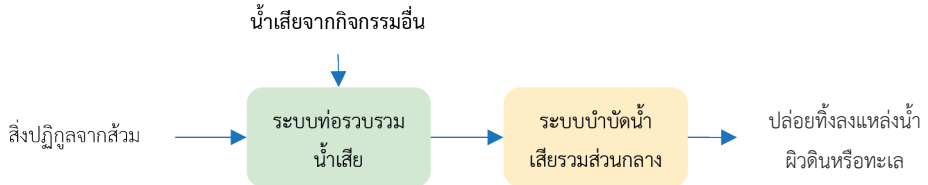
ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลประเภทนี้จะใช้น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลเช่นเดียวกับประเภทที่สาม แต่แตกต่างกันที่การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลประเภทนี้จะอยู่ภายนอกแหล่งกำเนิดหรือภายนอกบริเวณที่ตั้งส้วม หรือส่งไปบำบัดและกำจัดที่ระบบบำบัดส่วนกลางหรือศูนย์กลาง ระบบนี้สามารถกระทำได้ 2 รูปแบบ ดังสรุปในภาพที่ 4.12 ดังนี้

(ก) แบบใช้น้ำโดยมีการบำบัดขั้นต้นก่อน ภาพที่ 4.12 (ก.) ระบบนี้สิ่งปฏิกูลและน้ำเสียจากส้วมจะมีการบำบัดขั้นต้นด้วยถังเกรอะหรือถังบำบัดสำเร็จรูป ก่อนที่จะปล่อยส่วนที่เป็นของเหลวไหลลงสู่ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย รวมกับน้ำเสียจากกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อไปกำจัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมส่วนกลาง ระบบนี้เป็นระบบที่ถูกหลักสุขาภิบาลและนิยมใช้กันมากในประเทศไทย โดยเฉพาะชุมชนเมืองใหญ่ ๆ ที่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวม เช่น โรงงานกำจัดสิ่งปฏิกูลหนองแขม หรือระบบบำบัดสิ่งปฏิกูลน้อมนำพระราชดำริ เทศบาลนครนนทบุรี เป็นต้น

(ข) แบบใช้น้ำโดยไม่มีการบำบัดขั้นต้นก่อน ภาพที่ 4.12 (ข.) ระบบนี้สิ่งปฏิกูลที่ออกจากส้วมจะถูกระบายลงสู่ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียโดยตรง รวมกับน้ำเสียจากกิจกรรมอื่น เพื่อไปกำจัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมส่วนกลาง ระบบนี้นิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งในยุโรปและอเมริกา สำหรับประเทศไทยมีใช้เฉพาะในกลุ่มกิจกรรมบางกลุ่ม เช่น อาคารสงเคราะห์ หรืออาคารชุดบางแห่ง สนามบิน ฐานทัพ เป็นต้น แต่ในระดับเมือง หรือระดับเทศบาลในประเทศไทยยังไม่มีการนำมาใช้



ก. ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ โดยมีการบำบัดขั้นต้นก่อน



ข. ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ โดยไม่มีการบำบัดขั้นต้นก่อน

ภาพที่ 4.12 รูปแบบของระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลภายนอกแหล่งกำเนิดแบบใช้น้ำ 2 ลักษณะ

4.5 ข้อมูลที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล

เนื่องจากระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลมีอยู่หลายประเภท ในการเลือกใช้ประเภทใดนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลที่นำมาพิจารณาประกอบการเลือกใช้ให้เหมาะสมในแต่ละท้องถิ่น โดยข้อมูลที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูล ดังนี้

1) **ข้อมูลด้านสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของท้องถิ่น** สภาพภูมิประเทศ รวมหมายถึง ลักษณะของดินในท้องถิ่น สภาพอุทกวิทยา ระดับของน้ำใต้ดิน ส่วนสภาพภูมิอากาศ มีดังนี้ เช่น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่ตก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ระบบ เช่น พิจารณาที่ข้อมูลลักษณะของดินว่ามีความซึมน้ำได้ดีเพียงใด มีความเหมาะสมที่จะทำส้วมซึมหรือระบบซึมหรือไม่ พิจารณาที่ข้อมูลระดับของน้ำใต้ดินว่าอยู่สูงแค่ไหน พิจารณาบริเวณที่ตั้งของระบบว่าอยู่ใกล้ ไกลจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือน้ำใช้ในการอุปโภคบริโภคมากน้อยเพียงใด เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วก้นหลุมของส้วมที่มีการซึมของน้ำออกได้ควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินอย่างน้อย 3 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินและควรอยู่ห่างจากแหล่งน้ำ หรือบ่อน้ำอย่างน้อย 30 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ หรือบ่อน้ำ

2) **ข้อมูลด้านประชากร** เช่น จำนวนของประชากร ความหนาแน่นของประชากร ลักษณะของบ้านที่อยู่อาศัย สุขภาพอนามัยของประชากรในทุกกลุ่มอายุ ระดับรายได้เศรษฐกิจของประชากร การศึกษาของประชากร เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาประกอบในการพิจารณาเลือกใช้ระบบ เช่น ถ้าประชากรอยู่กันอย่างหนาแน่น การเลือกใช้ระบบที่มีกลิ่นรบกวนอาจไม่เหมาะสม หรือถ้าประชากรมีรายได้น้อย การเลือกใช้ระบบต้องพิจารณาเลือกระบบที่มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ไม่แพงเกินไป เป็นต้น

3) **ข้อมูลด้านระบบสาธารณูปโภคและการอนามัยสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น**

4) **ข้อมูลด้านระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานของท้องถิ่น** เช่น มีระบบประปาหรือไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนหรือไม่ ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ใช้อยู่เป็นเช่นไร มีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาประกอบในการพิจารณาเลือกใช้ระบบ เช่น ถ้าในท้องถิ่นมีระบบประปาอาจพิจารณาเลือกใช้ระบบบำบัดกำจัดสิ่งปฏิกูลที่เป็นระบบใช้น้ำ หรือถ้าในท้องถิ่นมีระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนรวมอยู่ด้วย อาจเลือกใช้ระบบบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลที่เป็นระบบใช้น้ำ การบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลอยู่ภายนอกแหล่งกำเนิดก็ได้ เป็นต้น

5) **ข้อมูลด้านองค์ประกอบทางสังคมและวัฒนธรรมของท้องถิ่น** เช่น ความสนใจในเรื่องสุขภาพอนามัยของประชาชนมีการรวมตัวเป็นกลุ่มองค์กรในสังคมอะไรบ้าง ศาสนา และวัฒนธรรมของท้องถิ่นเป็นเช่นไร เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ระบบในด้านการยอมรับของสังคมเป็นสำคัญ

4.6 การใช้ประโยชน์จากสิ่งปฏิกูล

1) สิ่งปฏิกูลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์

โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติมักนำเฉพาะสิ่งปฏิกูลส่วนที่อยู่ในรูปของแข็ง หรือกึ่งของแข็งจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ แหล่งต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

(ก) สิ่งปฏิกูลที่เก็บกักไว้ในถังหรือหลุมส้วมต่าง ๆ (Night Soil) เช่น จากส้วมถังเท เป็นต้น

(ข) สิ่งปฏิกูลที่เป็นของแข็งจากสวมหลุม (Pit Privy)

(ค) สิ่งปฏิกูลในรูปตะกอนของแข็ง (Sludge) และฝ้า (Scum) รวมทั้งของเหลว (Liquor) จากถังเกรอะ ส้วมหลุมตัน ส้วมซึม และถังบำบัดสำเร็จรูป

2) แนวทางการใช้ประโยชน์จากสิ่งปฏิกูล

โดยทั่วไปแล้วสิ่งปฏิกูลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 2 แนวทางคือ ใช้ในการเพาะปลูกพืช (Use in Agriculture) และใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Use in Aquaculture)

(ก) ใช้ในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากสิ่งปฏิกูลมีองค์ประกอบที่สำคัญเป็นสารอินทรีย์ และแร่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญแก่การเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถนำสิ่งปฏิกูลมาใช้บำรุงดินในการเพาะปลูกพืชได้ อย่างไรก็ตามการใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกพืชควรให้ความสนใจและระมัดระวังในเรื่องการแพร่กระจายของเชื้อโรคและหนอนพยาธิต่าง ๆ เนื่องจากเชื้อโรคและหนอนพยาธิสามารถมีชีวิตอยู่รอดในน้ำเสีย ดินและพืชผักต่าง ๆ ได้เป็นเวลานาน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งระยะเวลาการรอดชีวิตดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น สภาพความชื้น อุณหภูมิ จำนวนของเชื้อโรคต่าง ๆ

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของเชื้อโรคและหนอนพยาธิบางชนิด

เชื้อโรคและหนอนพยาธิ	ระยะเวลาการมีชีวิต (วัน)			
	น้ำผิวดิน	น้ำทะเล น้ำเค็ม	ดิน	พืชผัก
ไวรัส	11 - 304	11 - 871	6 - 180	0.4 - 25
Entero viruses	180		<90	<60
แบคทีเรีย				
Salmonellae	<10	<10	15 - 100	5 - 50
Cholera	30	+285	<20	<5
Faecal coliform	<10	<6	<100	<50
โปรโตซัว				
Protozoan cysts	176	1 ปี	+75	ND
Entamoeba spp.	25		<21	<10

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของเชื้อโรคและหนอนพยาธิบางชนิด (ต่อ)

เชื้อโรคและหนอนพยาธิ	ระยะเวลาการมีชีวิต (วัน)			
	น้ำผิวดิน	น้ำทะเล น้ำเค็ม	ดิน	พืชผัก
ไข่และตัวอ่อนของหนอนพยาธิ				
Ascaris eggs	1.5 ปี	2	1 - 2 ปี	<60
Tapeworm eggs	63	168	7 เดือน	<60
Trematodes	30-180	<2	<1	130
Ancylostoma spp.	90		<90	<30

ที่มา: WHO, 2001, ND ไม่มีข้อมูล

การใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกพืชจึงไม่แนะนำให้ใช้สิ่งปฏิกูลสด (Raw or Fresh Excreta) เนื่องจากจะเป็นการแพร่เชื้อโรคต่าง ๆ รวมทั้งไม่มีความปลอดภัยกับเกษตรกรผู้ใช้ โดยทั่วไปในทางปฏิบัติแนะนำให้นำสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการบำบัดหรือผ่านการย่อยสลายมาแล้ว ประมาณ 1 ปี มาใช้ (กรณีที่ผ่านการบำบัดหรือการย่อยสลายที่อุณหภูมิปกติของบรรยากาศ) ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเชื้อโรคต่าง ๆ (ที่สำคัญคือ ไข่ และตัวอ่อนของพยาธิ) ได้ถูกทำลายหมดแล้ว รวมทั้ง ได้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์และธาตุสารอาหารอื่น ๆ ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายด้วย

การนำสิ่งปฏิกูลมาใช้ในการเพาะปลูกพืช สามารถนำสิ่งปฏิกูลไปหมัก (Composting) รวมกับขยะอินทรีย์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณสารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมให้กับผลผลิตที่ได้จากการหมัก การหมักโดยใช้สิ่งปฏิกูลเพียงอย่างเดียวนั้นไม่มีความเหมาะสมเนื่องจากอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของสิ่งปฏิกูลมีค่าประมาณ 8:1 (สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักค่า C/N ควรเป็น 30:1) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่มีค่าคาร์บอนต่ำ ดังนั้นจึงควรนำไปหมักผสมรวมกับขยะมูลฝอยอินทรีย์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มค่าคาร์บอน ในกระบวนการหมักนี้สามารถทำลายเชื้อโรคและหนอนพยาธิต่าง ๆ ได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2 เดือน เนื่องจากอุณหภูมิในการหมักจะสูง รวมทั้งช่วยให้การเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ต่าง ๆ เร็วขึ้น

การใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกพืชนอกจากต้องใช้เฉพาะสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการบำบัดหรือผ่านการย่อยสลายดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว เพื่อความปลอดภัยมากขึ้นควรต้องคำนึงถึงชนิดของพืชที่ใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกด้วย โดยไม่ควรใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะปลูกพืชที่สามารถนำมาบริโภคสดหรือมักนิยมบริโภคสด ๆ เช่น ผักที่นำมาทำสลัด

(ข) ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สิ่งปฏิกูลสามารถนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ เนื่องจากมีสารอาหารที่สำคัญคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งช่วยให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Algae) และพืชน้ำต่าง ๆ ทำให้เป็นแหล่งอาหารของปลาหรือสัตว์น้ำต่าง ๆ ในบ่อเลี้ยง การใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรให้ความสนใจและระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งในเรื่องการแพร่กระจายเชื้อโรคและหนอนพยาธิต่าง ๆ เช่นเดียวกับใช้ในการเพาะปลูกพืช

นอกจากนี้ได้มีข้อแนะนำสำหรับการจับปลาที่เลี้ยงในบ่อ ซึ่งมีการใช้สิ่งปฏิกูลในการเพาะเลี้ยงว่าควรจับปลามาพักไว้ในบ่อซึ่งมีน้ำสะอาดอย่างน้อย 2-3 สัปดาห์ ก่อนนำไปบริโภค เพื่อกำจัดสิ่งตกค้างและกลิ่นต่าง ๆ รวมทั้งลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ จากสิ่งปฏิกูล อย่างไรก็ตามวิธีที่แนะนำนี้ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะกำจัดเชื้อโรคต่าง ๆ จากตัวปลาได้อย่างสมบูรณ์

บทที่ 5

การบำบัดน้ำเสีย

5.1 ความหมายของน้ำเสีย และวัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น นอกจากนี้ น้ำเสียยังหมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น น้ำที่ใช้ชำระล้างทำความสะอาดและการขับถ่ายของเสียภายในอาคารที่พักอาศัย น้ำใช้ในกระบวนการผลิต น้ำล้างเครื่องจักร และการหล่อเย็นในโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรและกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งมีผลทำให้น้ำได้รับการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลายและของแข็งแขวนลอย จนไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก

น้ำเสียเหล่านี้ถ้าไม่มีการบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดแล้ว จะเกิดปัญหามลพิษขึ้นกับแหล่งน้ำนั้น ๆ จนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้ดังเดิม ก่อให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำที่จะนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและส่งผลกระทบอื่น ๆ ตามมาอีกมาก วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย มีดังนี้

1) **เพื่อทำลายสารพิษและจุลินทรีย์** ที่ทำให้เกิดโรคหรือส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การปนเปื้อนสารพิษบางชนิดแม้เพียงปริมาณเล็กน้อยหรือได้รับสะสมเป็นเวลานาน ๆ จะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งผู้ที่นำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการกำจัดสารพิษ และจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายในน้ำเสีย ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยก่อนที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

2) **เพื่อป้องกันการก่อเหตุเดือดร้อนรำคาญ** สารแขวนลอยต่าง ๆ เช่น น้ำมัน มูลฝอย หรือสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ อาจทำให้น้ำเสียมีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม และการที่น้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์ละลายหรือแขวนลอยอยู่มากมีผลทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกใช้ไปในการย่อยสลายจนหมด เมื่ออยู่ในภาวะขาดออกซิเจน การย่อยสลายที่จะเกิดขึ้นต่อไปในสภาวะดังกล่าว อาจทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีกลิ่นเหม็นรบกวนได้ นอกจากนี้สารมลพิษในน้ำเสียยังอาจเป็นแหล่งอาหาร และแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและสัตว์นำโรคได้ด้วย

3) **เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะมลพิษ** สารมลพิษในน้ำเสียจะทำให้แหล่งน้ำเกิดภาวะมลพิษและส่งผลต่อการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการอุปโภค บริโภคในบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม อาจทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำ และทำลายระบบนิเวศในแหล่งน้ำ

4) **เพื่อเปลี่ยนสภาพของเสียในน้ำเสีย** ให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนบางอย่างในน้ำเสีย ถ้าได้รับการบำบัดและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมก็สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ในขณะเดียวกันน้ำเสียจากกิจกรรมบางอย่างที่มีความสกปรกไม่มาก เช่น น้ำจากระบบหล่อเย็น เมื่อนำมาบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการน้ำที่มีคุณภาพสูงมากนัก เช่น การล้างทำความสะอาดพื้น การรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

5.2 ลักษณะของน้ำเสีย

ลักษณะของน้ำเสียจำแนกได้เป็น 3 ประเภทเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการสุขาภิบาลน้ำดื่ม น้ำใช้ คือ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และลักษณะทางชีวภาพ ซึ่งในบางพารามิเตอร์อาจเหมือนกับดัชนีคุณภาพน้ำที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

1) ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ของแข็ง อุณหภูมิ สีและกลิ่น ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะของแข็ง เนื่องจากอุณหภูมิ สีและกลิ่นได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ของแข็ง หมายถึง ปริมาณสารต่าง ๆ ในน้ำที่เหลืออยู่ภายหลังจากการนำน้ำออกหรือเมื่อระเหยน้ำออกจนหมด กล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ของแข็ง หมายถึง สารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ปริมาณของแข็งในน้ำสามารถแบ่งย่อยได้หลายพารามิเตอร์ ดังนี้

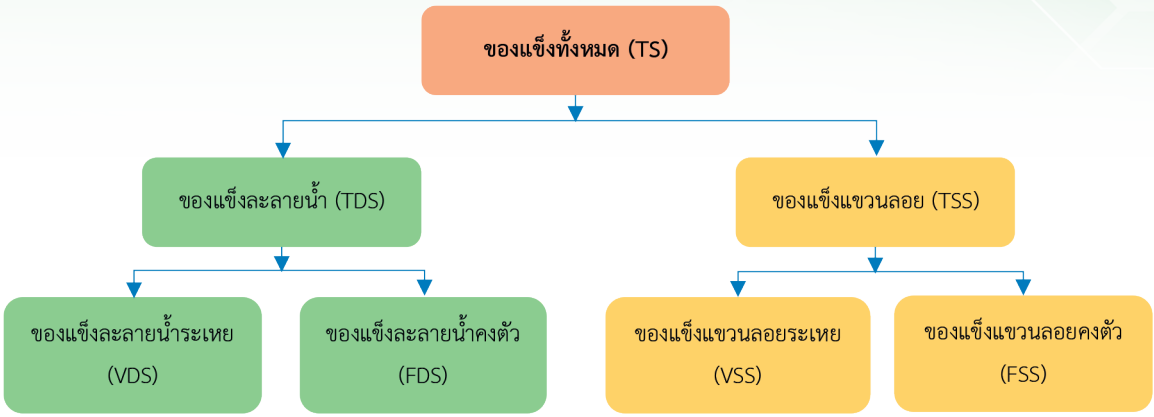
(1) ของแข็งทั้งหมด (Total Solids; TS) หมายถึง ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมดที่อยู่ในน้ำซึ่งคงเหลืออยู่ภายหลังจากผ่านการระเหยออกของน้ำจนหมดที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

(2) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS หรือ Total Suspended Solids; TSS) หมายถึง ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ แต่แขวนลอยอยู่ในน้ำสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว ที่มีขนาดรูกรองประมาณ 1.2 ไมครอน แล้วนำของแข็งดังกล่าวที่ติดค้างบนกระดาษกรองไปผ่านการระเหยน้ำออกจนหมดที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

(3) ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids; DS หรือ Total Dissolved Solids; TDS) หมายถึง ของแข็งที่ละลายน้ำได้และสามารถลอดผ่านกระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดรูกรองประมาณ 1.2 ไมครอน ประกอบด้วยอนุภาคของคอลลอยด์ (ขนาดเล็กกว่ารูกระดาษกรอง) สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ ซึ่งเหลืออยู่หลังจากน้ำระเหยไปแล้ว อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

(4) ของแข็งระเหยและของแข็งคงตัว (Volatile Solids; VS and Fixed Solids; FS) ของแข็งระเหย หมายถึง ของแข็งที่ระเหยออกไปเมื่อนำน้ำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยออกไปและของแข็งส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ติดค้างอยู่ในรูปของขี้เถ้าที่เรียกว่า ของแข็งคงตัว (FS)

ภาพที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของของแข็งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำ จะเห็นได้ว่าของแข็งทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นของแข็งละลายน้ำและของแข็งแขวนลอย โดยพิจารณาการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วแล้วนำไประเหยน้ำออกที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ทั้งของแข็งละลายน้ำ และของแข็งแขวนลอย สามารถแบ่งเป็นของแข็งระเหย และของแข็งคงตัวได้เป็นของแข็งละลายน้ำระเหย (VDS) และของแข็งละลายน้ำคงตัว (FDS) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) และของแข็งแขวนลอยคงตัว (FSS)



ภาพที่ 5.1 ความสัมพันธ์ของของแข็งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำ

การวัดปริมาณของแข็งในน้ำนอกจากวัดเป็นพารามิเตอร์ทั้งสี่ดังกล่าวมาแล้วยังมีอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่นิยมใช้ คือ ของแข็งตกตะกอนได้ (Settleable Solids) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและสามารถตกตะกอนได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกภายใต้สภาวะสงบนิ่ง ซึ่งของแข็งประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะมีขนาดอนุภาคใหญ่และมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ หรืออาจหมายถึงปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนอยู่ที่ก้นภาชนะรูปทรงกรวย ที่เรียกว่า Imhoff cone ภายในเวลา 1 ชั่วโมง แสดงหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อลิตร (ml/L) ความสำคัญของปริมาณของแข็งในน้ำ โดยภาพรวมแล้วปริมาณของแข็งจะเป็นตัวบ่งบอกปริมาณสารต่าง ๆ โดยรวมที่อยู่ในน้ำ ทำให้ทราบว่าน้ำนั้นบริสุทธิ์หรือมีการปนเปื้อนจากสารต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด

2) ลักษณะทางเคมี

ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันย่อมทำให้ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียนั้นมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของแหล่งกำเนิด หรือแม้แต่ในแหล่งกำเนิดเดียวกันในแต่ละเวลายังมีความแตกต่างกันมากบ้างน้อยบ้าง ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในเรื่องนี้จะแบ่งประเภทของลักษณะทางเคมีของน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภทคือ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีรายละเอียด ดังนี้

(1) สารอินทรีย์ (Organic Mater) หมายถึง สารที่โดยทั่วไปประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นหลัก และอาจมีธาตุอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เป็นต้น สารอินทรีย์ส่วนใหญ่มาจากสิ่งมีชีวิต และอาจจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ สารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสียมีหลายประเภท เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต น้ำมัน และไขมัน (Fat Oil and Grease: FOG) การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยหลายพารามิเตอร์ เช่น บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) ทีโอซี (Total Organic Carbon: TOC) และทีเอชโอดี (Theoretical Oxygen Demand: ThOD) เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ ค่าบีโอดี (BOD) และซีโอดี (COD) ในที่นี้จึงขอกล่าวถึงเฉพาะบีโอดีและซีโอดี ดังนี้

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
บีโอดี	การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดยใช้ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เป็นตัวบ่งชี้แทนปริมาณสารอินทรีย์ หากในน้ำเสียนั้นมีปริมาณสารอินทรีย์สูง ค่าบีโอดีที่วิเคราะห์ได้จะมีค่าสูงด้วย ค่าบีโอดีเป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมากซึ่งใช้ในการตรวจสอบปริมาณความสกปรกหรือการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำต่าง ๆ รวมทั้งใช้ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เช่น ใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ใช้บ่งบอกถึงค่าภาระอินทรีย์ (Organic Loading) เป็นต้น
ซีโอดี	การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำด้วยปฏิกิริยาเคมีให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นตัวบ่งชี้แทนปริมาณสารอินทรีย์ ทั้งนี้อาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถที่จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด โดยทั่วไปค่าซีโอดีที่ได้จะมีค่าสูงกว่าค่าบีโอดี เนื่องจากสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายโดยวิธีชีวภาพจะถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วด้วยปฏิกิริยาเคมีทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายทางชีวภาพ และสารที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพได้ ข้อดีของการตรวจหาค่าซีโอดีจะกระทำได้รวดเร็วในเวลา 3 ชั่วโมง ในขณะที่การหาค่าบีโอดีต้องใช้เวลานาน 5 วันจึงจะทราบผลการตรวจวัด ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงอาจจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดี เพื่อใช้ในการประมาณค่าบีโอดีที่ควรจะมีในน้ำจากค่าซีโอดีที่ตรวจพบ แต่วิธีนี้จะใช้ได้ในกรณีที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณเดียวกันมาตรวจเป็นประจำเท่านั้น เพราะความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีกับค่าซีโอดีของน้ำแต่ละแหล่งจะไม่เหมือนกัน และค่าที่ได้เป็นการประมาณค่าบีโอดีเท่านั้นไม่ใช่ค่าบีโอดีที่แท้จริง ค่าซีโอดีมีความสำคัญเช่นเดียวกับค่าบีโอดี

(2) สารอนินทรีย์ (Inorganic Matter) สารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียมีอยู่หลากหลายชนิด ทั้งที่เป็นส่วนช่วยในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย และ/หรือช่วยให้คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำมีคุณภาพที่ดี ในขณะที่บางชนิดอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สารอนินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ พีเอช ความเป็นด่าง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนัก และก๊าซละลายน้ำ

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
พีเอช (pH)	ค่าพีเอชแสดงถึงความเป็นกรดด่างของน้ำเสียนั้น ๆ และเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ทั้งทางชีวภาพและทางเคมี เช่น การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ น้ำเสีย ควรมีค่าพีเอชเป็นกลางหรือเท่ากับ 7 การบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักโดยการตกตะกอนทางเคมี (Precipitation) ต้องปรับค่าพีเอชให้เหมาะสมกับโลหะหนักที่จะทำการตกตะกอน เป็นต้น
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	ความเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช และทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมพีเอช (Buffer) ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
ไนโตรเจน (Nitrogen)	ไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียอาจอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen: Org-N) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ไนไตรท์ไนโตรเจน (NO_2--N) ไนเตรทไนโตรเจน (NO_3--N) ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน สามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมากันได้โดยปฏิกิริยาชีวเคมีของแบคทีเรีย เช่น ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยแบคทีเรียชนิด Nitrosomonas และ Nitrobacter ไนโตรเจนเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่บ่งชี้ความสะอาดของแหล่งน้ำต่าง ๆ รวมทั้งเป็นปัจจัยเสริมปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะพวกสาหร่ายในแหล่งน้ำต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ไนโตรเจนจะถูกใช้ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน จึงกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของ BOD:N เท่ากับ 100:5
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะพวกพืชและจุลินทรีย์ ฟอสฟอรัสในน้ำเสียจะอยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ความสำคัญของฟอสฟอรัสสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ฟอสฟอรัสจะถูกใช้ในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเช่นเดียวกับไนโตรเจน ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน จึงกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของ BOD:P เท่ากับ 100:1 นอกจากนี้การปล่อยน้ำทิ้งที่มีฟอสฟอรัสลงแหล่งน้ำมากเกินไปจะส่งผลเช่นเดียวกันกับไนโตรเจนคือทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชอย่างรวดเร็วผิดปกติ ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication หรือ Algae Bloom) ก่อให้เกิดปัญหาในแหล่งน้ำนั้นได้ อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสจัดเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากกว่าไนโตรเจน
ซัลเฟอร์ (Sulfur)	เป็นธาตุที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของสิ่งมีชีวิต เมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายจะปล่อยซัลเฟอร์ออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปไอออนของซัลเฟตในสภาวะขาดออกซิเจน ซัลเฟตจะถูกเปลี่ยนเป็นซัลไฟด์แล้วรวมตัวกับไฮโดรเจนกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า ก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบโลหะที่ละลายอยู่ในน้ำกลายเป็นโลหะซัลไฟด์ที่ไม่ละลายน้ำ และทำให้น้ำมีสีดำ นอกจากนี้

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
ซัลเฟอร์ (Sulfur)	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวภาพ กลายเป็นกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนท่อและเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
โลหะหนัก (Heavy Metal)	โลหะหนักที่พบในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิด เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม เป็นต้น โลหะบางชนิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม เป็นต้น โลหะบางชนิดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต หากอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ เช่น ทองแดง เหล็ก สังกะสี หากมีปริมาณมากเกินไปก็อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น แบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ รวมทั้งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ หากนำน้ำนั้นมาอุปโภคบริโภค
ก๊าซละลายน้ำ	ก๊าซที่พบในน้ำเสีย ได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) ออกซิเจน (O_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และมีเทน (CH_4) ก๊าซ 3 ชนิดแรกเป็นก๊าซ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอากาศโดยทั่วไป แต่ก๊าซ 2 ชนิดหลัง เป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ในบรรดาก๊าซต่าง ๆ เหล่านี้ ก๊าซออกซิเจน เป็นก๊าซที่สำคัญที่สุดในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน แบคทีเรียจะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสิ่งสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้หมดไป ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยปกติการละลายของก๊าซออกซิเจนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดันความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศ และความเข้มข้นของเกลือหรือแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำด้วย ส่วนไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไวไฟ กลิ่นคล้ายไข่เน่า มีความเป็นพิษ สำหรับมีเทน (Methane, CH_4) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะไร้ออกซิเจน มีเทนเป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสันดาปได้ดีมาก และมีอันตรายจากการเกิดระเบิดสูง ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น โดยอาจจะต้องทำท่อระบายก๊าซที่อาจจะเกิดขึ้นของระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสีย

3) ลักษณะทางชีวภาพ

ในน้ำเสียสามารถพบจุลินทรีย์ได้มากมาย ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคดังที่กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 2 เรื่องการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถย่อยสลายสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำได้ จุลินทรีย์มีอยู่ทั่วไป ไม่ว่าในน้ำเสีย หรือตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ในอดีตแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ จะไม่เกิดปัญหามลพิษมากนัก เนื่องจากมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำไม่มาก จุลินทรีย์ตามธรรมชาติสามารถบำบัดหรือฟอกตัวเอง (Selfpurification) ให้น้ำตามแหล่งน้ำต่าง ๆ มีคุณภาพดีได้จากธรรมชาติเอง แต่เมื่อมีการเพิ่มประชากร รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ทำให้มีของเสียลงสู่แหล่งน้ำจำนวนมากจนเกินขีดความสามารถของธรรมชาติ จึงเกิดปัญหามลพิษทางน้ำขึ้น ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย และโปรโตซัว พอสังเขป ดังนี้

ประเภทจุลินทรีย์	คำอธิบาย
แบคทีเรีย (Bacteria)	พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม มีรูปร่างได้หลายแบบ ได้แก่ รูปแท่ง รูปทรงกลม รูปขดเป็นวง การดำรงชีพของแบคทีเรียต้องใช้พลังงานและสารประกอบต่างๆ ทั้งในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ แบคทีเรียสามารถแบ่งประเภทได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับการใช้เกณฑ์ในการแบ่งประเภท ในกรณีที่แบ่งตามแหล่งคาร์บอนที่ได้มาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ออโทโทรฟิกแบคทีเรีย (Autotrophic Bacteria หรือ Autotroph) เป็นแบคทีเรียสร้างอาหารเองได้ โดยได้แหล่งคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ 2. เฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Heterotrophic Bacteria หรือ Heterotroph) เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องอาศัยได้แหล่งคาร์บอนมาจากสารอินทรีย์ เป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญที่สุดในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ และสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามความต้องการออกซิเจน คือ 2.1 แอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต 2.2 แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต แต่จะใช้ออกซิเจนที่อยู่ในสารประกอบอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ เช่น NO_{3}^{-} SO_{2}^{-} 2.3 ฟาคัลเททีฟแบคทีเรีย (Facultative Bacteria) คือ แบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่
รา (Fungi)	ราสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียในสภาวะที่พีเอชต่ำ หรือมีปริมาณไนโตรเจนน้อย สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตได้ดี และยังสามารถย่อยสลายสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดีกว่าแบคทีเรีย ราสืบพันธุ์โดยการสร้างสปอร์ รามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพบางระบบ เช่น ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter)
สาหร่าย (Algae)	มีเซลล์เดียว มีนิวเคลียสเห็นได้ชัด มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย มีคลอโรฟิลล์และมีรงควัตถุ พบได้ทั่วไปตามบริเวณที่มีความชื้นสูง น้ำทิ้ง น้ำจืด และน้ำเค็ม สาหร่ายมีบทบาทในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพบางระบบ เช่น ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond) เป็นต้น
โปรโตซัว (Protozoa)	โปรโตซัวที่พบในน้ำเสีย ส่วนมากจะพบในกลุ่มของ Flagellates Ciliates และ amoebae ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพนั้นโปรโตซัวมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทำความสะอาดน้ำเสีย (Wastewater Purification) โดยจะกินแบคทีเรียทั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว ทำให้ระบบเกิดความสมดุลและน้ำทิ้งมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น

5.3 แหล่งที่มา ปริมาณ และลักษณะน้ำเสีย

แหล่งที่มาของน้ำเสีย (Source of Wastewater) มีที่มาจากแหล่งกำเนิดที่สำคัญ 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) และน้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) ในที่นี้จะเป็นน้ำเสียจากชุมชนเป็นหลัก

น้ำเสียจากแหล่งชุมชนเป็นน้ำเสียเกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวัน หรือกิจกรรมประจำวันของชุมชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรวมถึงกิจกรรมที่เป็นอาชีพของประชาชนในชุมชน สามารถสรุปกลุ่มกิจกรรมที่ทำให้เกิดน้ำเสียจากชุมชนได้ ดังนี้

(1) น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น การอาบน้ำ การขับถ่ายสิ่งปฏิกูล การประกอบอาหาร การซักล้างต่าง ๆ

(2) น้ำเสียจากสถานที่ทำการ เป็นน้ำเสียที่เกิดจากสถานที่ทำการต่าง ๆ เช่น โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล สถานที่ราชการ สำนักงานต่าง ๆ

(3) น้ำเสียจากสถานประกอบธุรกิจการค้า เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการประกอบธุรกิจการค้าในชุมชน ตลาด โรงภาพยนตร์ ร้านค้า ห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร ภัตตาคาร

ปริมาณน้ำเสียจากชุมชนสามารถประเมินได้จากข้อมูลปริมาณน้ำใช้ของชุมชนนั้น ๆ โดยทั่วไปปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากรคูณด้วยอัตราการเกิดน้ำเสีย ดังแสดงในตารางที่ 5.1 นอกจากนี้อาจประเมินจากพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละประเภท ดังในตารางที่ 5.2

ลักษณะน้ำเสียจากชุมชน ความสกปรกในน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์ ดังนั้นพารามิเตอร์ที่ควรให้ความสำคัญคือ ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าของแข็ง ค่าไนโตรเจน ค่าฟอสฟอรัส ค่าน้ำมันและไขมัน รวมทั้งค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งลักษณะน้ำเสียจากชุมชน ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)					
	พ.ศ. 2536	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2560
กลาง	160-214	165-242	170-342	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา: โครงการพัฒนาและปรับปรุงข้อมูลอัตราการเกิดน้ำเสียและปริมาณความสกปรกของแหล่งกำเนิดประเภทชุมชน กรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 5.2 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทแหล่งกำเนิด	หน่วย	อัตราใช้น้ำ (ลิตร/หน่วย/วัน)	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/หน่วย/วัน)
1) บ้านพักอาศัย	คน	200	150
2) อาคารชุด	ห้อง	480	385
3) โรงแรม	ห้อง	660	525
4) โรงพยาบาล	เตียง	1,700	1,360
5) ร้านอาหาร	ตร.ม.*	35	27
	ที่นั่ง	140	115
6) ห้างสรรพสินค้า	ตร.ม.*	6	5
7) อาคารสำนักงาน	ตร.ม.*	4	3
8) โรงเรียน	คน	30	25

หมายเหตุ * เฉพาะพื้นที่ใช้สอย
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ 2557

ตารางที่ 5.3 ลักษณะน้ำเสียจากชุมชน

พารามิเตอร์		หน่วย	ความเข้มข้น		
			น้อย	ปานกลาง	มาก
1.	ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1,200
	ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
	ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.	ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	5	10	20
3.	ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.	ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD)	มก./ล.	250	500	1,000
5.	ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as Nitrogen)	มก./ล.	20	40	85
	อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
	แอมโมเนีย (Free Ammonia)	มก./ล.	12	25	50
	ไนไตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
	ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0

ตารางที่ 5.3 ลักษณะน้ำเสียจากชุมชน (ต่อ)

พารามิเตอร์		หน่วย	ความเข้มข้น		
			น้อย	ปานกลาง	มาก
6.	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as Phosphorus)	มก./ล.	4	8	15
	สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
	สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7.	คลอไรด์ (Chloride)	มก./ล.	30	50	100
8.	ซัลเฟต (Sulfate)	มก./ล.	20	30	50
9.	สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10.	ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.	โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform)	MPN/100 ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

5.4 ภาระบรรทุกและค่าสมมูลประชากร

1) ภาระบรรทุก (Loading)

ปริมาณ (Quantity) และลักษณะ (Characteristic) ของน้ำเสียเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากต่อการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งองค์ประกอบทั้งสองนี้ต้องนำมาพิจารณาประกอบกันในรูปของภาระบรรทุก ซึ่งหมายถึง ปริมาณ (น้ำหนัก) ของความสกปรกของสารที่ปล่อยออกต่อหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการ

ภาระบรรทุก (กรัม/วัน) = ความเข้มข้นของสารมลพิษ (กรัม/ลูกบาศก์เมตร) x อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน)

จะเห็นได้ว่าภาระบรรทุกจะพิจารณาองค์ประกอบทั้งทางด้านปริมาณ (คืออัตราการไหลของน้ำเสียในสมการ) และทางด้านลักษณะของน้ำเสีย (คือความเข้มข้นของสารมลพิษในสมการ) ร่วมกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าน้ำเสียที่มีความสกปรกมากแต่มีปริมาณน้อย อาจก่อให้เกิดปัญหาหรือคิดเป็นความสกปรกรวมเท่ากับหรือใกล้เคียงกับน้ำเสียที่มีความสกปรกน้อยแต่มีปริมาณมาก

2) ค่าสมมูลประชากร (Population Equivalence)

ค่าสมมูลประชากร คือ ปริมาณมลสารที่วัดต่อหนึ่งหน่วยของแหล่งกำเนิด ในกรณีที่เป็นน้ำเสียจากชุมชน หมายถึง ค่าความสกปรกหรือมลสารในรูปสารอินทรีย์ที่วัดได้โดยหน่วยวัดบีโอดีอันเกิดจากการดำเนินชีวิตของคน ๆ หนึ่งและสามารถหาได้จากสูตร

สมมูลประชากร = บีโอดีน้ำเสีย (กรัม/ลิตร) x ปริมาณน้ำเสียที่คน ๆ หนึ่งผลิตออกมาต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร/วัน)

= บีโอดี (เป็นกรัม/คน-วัน)

ค่าสมมูลประชากรของชุมชนในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาคต่าง ๆ

ภาค	ค่าสมมูลประชากร (กรัม บีโอดี/คน-วัน)				
	พ.ศ. 2540	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2560
กลาง	30	34	36	38	40
เหนือ	30	34	36	38	40
ตะวันออกเฉียงเหนือ	35	40	43	47	50
ใต้	35	38	42	46	50

ที่มา : โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

5.5 มาตรฐานน้ำทิ้ง

มาตรฐานน้ำทิ้ง (Effluent Standards) เป็นมาตรฐานที่กำหนดลักษณะของน้ำเสีย หรือปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่สำคัญต่าง ๆ ก่อนจะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่าง ๆ หรือกล่าวได้ว่าเป็นข้อกำหนดหรือเกณฑ์ที่กำหนดให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลตามที่ระบุไว้ต้องทำการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมภายใต้การดูแลให้ได้ตามมาตรฐานก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้น้ำเสียหรือน้ำทิ้งเหล่านั้นส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ

สำหรับประเทศไทยได้มีหน่วยงานซึ่งกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งหลายหน่วยงาน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียชุมชนโดยตรงคือ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภายใต้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ได้มีการออกกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานน้ำทิ้งอยู่หลายฉบับที่สำคัญคือ

1) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 และฉบับที่ 2 ลงวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548

กฎหมายนี้มีการแบ่งประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งเป็น 5 ประเภท คือ ก ถึง จ ซึ่งประเภท ก จะเป็นมาตรฐานที่เข้มงวดที่สุด (อนุญาตให้ปล่อยมลพิษน้อยที่สุด) โดยมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ควบคุมทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรดและด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็ง (ทั้งในรูปของสารแขวนลอย สารที่ละลายได้ทั้งหมดและตะกอนหนัก) ซัลไฟด์ ไนโตรเจน ในรูปทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน สำหรับการจัดประเภทนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารและขนาดของอาคาร เป็นเกณฑ์ในการจัดประเภทมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง โดยสรุปดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.5 และ 5.6

ตารางที่ 5.5 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง					วิธีวิเคราะห์
		ก	ข	ค	ง	จ	
1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)		-	5-9	5-9	5-9	5-9	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 200	ใช้วิธีการAzide Modification ที่อุณหภูมิ 20°c เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ
3. ปริมาณของแข็ง							
• ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 60	ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
• ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	-	ใช้วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง
• ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*	-	ใช้วิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ 103°c ถึงอุณหภูมิ 105°c ในเวลา 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.5 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง					วิธีวิเคราะห์
		ก	ข	ค	ง	จ	
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 3.0	ไม่เกิน 4.0	-	ใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูปทีเคเอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 40	-	ใช้วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl)
6. น้ำมันและไขมัน (Fat, oil and grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 100	ใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

หมายเหตุ * เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารสะลายในน้ำตามปกติ

ตารางที่ 5.6 ประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทอาคาร	ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง				
	ก	ข	ค	ง	จ
1. อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด	ตั้งแต่ 500 ห้องนอน	100- ไม่ถึง 500 ห้องนอน	ไม่ถึง 100 ห้องนอน	-	-
2. โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม	ตั้งแต่ 200 ห้อง	60- ไม่ถึง 200 ห้อง	ไม่ถึง 60 ห้อง	-	-
3. หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก	-	ตั้งแต่ 250 ห้อง	50- ไม่ถึง 250 ห้อง	10 ห้อง - ไม่ถึง 50 ห้อง	-
4. สถานบริการประเภทสถานอาบน้ำ นวด หรืออบตัว ซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ	-	ตั้งแต่ 5,000 ม.^{2}	1,000– ไม่ถึง 5,000 ม.^{2}	-	-
5. โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล	ตั้งแต่ 30 เตียง	10- ไม่ถึง 30 เตียง	-	-	-

ตารางที่ 5.6 ประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ประเภทอาคาร	ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง				
	ก	ข	ค	ง	จ
6. อาคารโรงเรียนเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ อาคารสถาบันอุดมศึกษาของเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนและสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ	ตั้งแต่ 25,000 ม.^{2}	5,000- ไม่ถึง 25,000 ม.^{2}	-	-	-
7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือองค์การระหว่างประเทศและของเอกชน	ตั้งแต่ 55,000 ม.^{2}	10,000- ไม่ถึง 55,000 ม.^{2}	5,000- ไม่ถึง 10,000 ม.^{2}	-	-
8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า	ตั้งแต่ 25,000 ม.^{2}	5,000- ไม่ถึง 25,000 ม.^{2}		-	-
9. ตลาด ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข แต่ไม่รวมถึง ท่าเทียบเรือประมง สะพานปลา หรือกิจการแพปลา	ตั้งแต่ 2,500 ม.^{2}	1,500- ไม่ถึง 2,500 ม.^{2}	1,000- ไม่ถึง 1,500 ม.^{2}	500- ไม่ถึง 1,000 ม.^{2}	-
10. ภัตตาคารหรือร้านอาหาร	ตั้งแต่ 2,500 ม.^{2}	500- ไม่ถึง 2,500 ม.^{2}	250- ไม่ถึง 500 ม.^{2}	100- ไม่ถึง 250 ม.^{2}	ไม่ถึง 100 ม.^{2}

2) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 และประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรตามกฎหมายว่าด้วยการจัดสรรที่ดิน โดยมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ควบคุม ทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรดและด่าง บีโอดี ปริมาณของแข็ง (ทั้งในรูปของสารแขวนลอย สารที่ละลายได้ทั้งหมดและตะกอนหนัก) ซัลไฟด์ ไนโตรเจน ในรูปทีเคเอ็น น้ำมันและไขมัน โดยสรุปดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร (ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ดินจัดสรร)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง		วิธีวิเคราะห์
		ที่ดินจัดสรรที่รังวัดแบ่งเป็นแปลงย่อยเพื่อจำหน่ายเกินกว่า 100 แปลง แต่ไม่เกิน 500 แปลง	ที่ดินจัดสรรที่รังวัดแบ่งเป็นแปลงย่อยเพื่อจำหน่ายเกินกว่า 500 แปลงขึ้นไป	
1. ความเป็นกรดด่าง	-	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	ใช้เครื่อง PH Meter
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 20	วิธี Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20˚C เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ
3. ปริมาณของแข็ง				
• ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 30	การกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Fiber Filter Disc)
• ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก/ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	การตกตะกอนด้วยกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง
• ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด* (Total Dissolved Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	การระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ 103˚C - 105˚C ในเวลา 1 ชั่วโมง
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0	การไตเตรท (Titrate)
5. ไนโตรเจน(Nitrogen) ในรูปทีเคเอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	การเจลดาห์ล (Kjeldahl)
6. น้ำมันและไขมัน (Fat, oil and grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	การสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

หมายเหตุ: 1. * เป็นค่าที่เพิ่มจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติ
2. วิธีการตรวจมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรให้เป็นไปตามวิธีการวิเคราะห์น้ำเสียใน Standard methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้

ที่มา: 1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร
2. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ ที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

3) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก และประเภท ข ตามกฎหมายว่าด้วยควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ควบคุมทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรดและด่าง ซีโอดี สารแขวนลอย น้ำมันและไขมัน โดยสรุปรายละเอียดของกฎหมายฉบับนี้ ดังแสดงในตารางที่ 5.8 นอกจากนี้ ยังพบว่าสาเหตุของความเสื่อมโทรมในลำน้ำสายหลักของประเทศ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการระบายทิ้งสิ่งปฏิกูล จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงลงสู่ลำน้ำ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2554 กรมเจ้าท่า จึงได้นำประกาศฉบับนี้มาบังคับใช้ (ประกาศไว้ลงวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554)

นอกเหนือจากกฎหมายที่กล่าวถึงข้างต้นแล้ว กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมยังได้มีการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ อีกหลายประเภท เช่น กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร พ.ศ. 2564 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากท่าเทียบเรือประมง สะพานปลา และกิจการแพปลากำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย พ.ศ. 2550 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พ.ศ. 2551 และมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน พ.ศ. 2553 กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดค่ามาตรฐานและกฎหมายสำหรับการจัดการน้ำเสียในภาคอุตสาหกรรม เช่น กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.pcd.go.th และเว็บไซต์ของราชกิจจานุเบกษา http://www. mratchakitcha.soc.go.th/index.html

ตารางที่ 5.8 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	5.5-9.0	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (PH Meter)
2. ซีโอดี (COD)	ไม่เกิน 200 มก./ล.	ใช้วิธีย่อยสลายโดยโปแตสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion)
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 60 มก./ล.	ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 15 มก./ล.	ใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

หมายเหตุ: การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยกำหนดไว้หรือตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) ที่ American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนดไว้

5.6 ระบบระบายน้ำเสีย

ระบบระบายน้ำเสีย (Sewerage Systems) หมายถึง ระบบท่อและส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการรวบรวมและนำน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง การระบายน้ำเสียเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการป้องกันมิให้มีการปล่อยน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดออกไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง โดยเฉพาะในการรวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากอาคารที่พักอาศัย สถานประกอบการ และกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียที่แหล่งกำเนิด (ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่) ให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำเสียในการรวบรวมน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่งไปบำบัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม หากระบบระบายน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้หมด อาจมีน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดหลุดลอดออกไปปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในชุมชนนั้น และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรวมได้

1) องค์ประกอบของระบบระบายน้ำเสีย

โครงสร้างของระบบระบายน้ำเสียโดยทั่วไปประกอบด้วย ระบบท่อชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ลำเลียงน้ำเสีย โครงสร้างและอุปกรณ์เครื่องจักรที่ช่วยในการส่งน้ำเสียให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังปลายทาง และโครงสร้างที่ช่วยในการบำรุงรักษาระบบระบายน้ำเสีย เพื่อป้องกันการอุดตันและซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบท่อระบาย ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะบางประเด็นที่สำคัญพอสังเขป ดังนี้

(1) ท่อระบายน้ำเสีย (Drainage Pipe) ท่อระบายน้ำเสียที่ใช้ในการลำเลียงน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดไปยังระบบบำบัดหรือแหล่งรองรับน้ำทิ้งมีองค์ประกอบย่อยหลายส่วน เช่น ท่อระบายจากอาคาร (Building sewer) ท่อระบายแขนง (Lateral sewer) ท่อระบายหลัก (Main sewer) ท่อดักน้ำเสีย (Intercepting sewer) เป็นต้น ทั้งนี้จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับรูปแบบการระบายน้ำ สภาพพื้นที่งบประมาณ ปริมาณและลักษณะของน้ำเสีย โดยสรุปลักษณะและประเด็นสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการเดินท่อระบายน้ำเสียทั่วไปได้ ดังนี้

เรื่อง	ข้อแนะนำ
วัสดุที่ใช้ทำท่อ	แข็งแรง ทนทาน รับน้ำหนักได้ดี ไม่แตกหัก ทนการกัดกร่อนของกรดด่างได้ดี มีความต้านทานการไหลน้อย สะดวกในการติดตั้ง ท่อระบายน้ำเสียที่ใช้กันทั่วไปทำมาจากวัสดุหลายชนิด ดังนี้ เช่น ท่อคอนกรีต (ขนาดท่อ 100 - 300 มม.) ท่อคอนกรีตอัดแรง (ขนาดท่อ 400-3,600 มม.) ท่อคอนกรีตเสริมใยเหล็ก (ขนาดท่อ 300-3,600 มม.) ท่อเหล็กหล่อ (ขนาดท่อ 100-300 มม.) ท่อพีวีซี (ขนาดท่อ 100-400 มม.) ท่อพีอี (ขนาดท่อ 100-1,600 มม.)
การวางท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewer)	ท่อที่รองรับน้ำเสียที่มีการไหลของน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลกนั้น ควรมีความลาดเอียงอยู่ในช่วง 1:2,000 (ร้อยละ 0.05) ถึง 1:200 (ร้อยละ 0.5) หรือมีความลาดเอียงในระดับที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำในท่ออยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ ไม่ต่ำกว่าความเร็วในการล้างท่อด้วยตัวเอง เพื่อป้องกันการตกตะกอนของของแข็งในเส้นท่อ โดยทั่วไปจะออกแบบให้มีความเร็วไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร/วินาที แต่ทั้งนี้ต้องไม่เร็วเกิน 3 เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันการสึกหรอและการกัดกร่อนของท่อระบายน้ำ แต่หากจำเป็นต้องมีระบบสูบน้ำ หรือยกน้ำเป็นระยะ ๆ ก็ควรใช้ท่อแรงดัน (Pressure Sewer) ที่สามารถรับแรงดันของน้ำซึ่งเกิดจากการสูบน้ำได้ เพื่อส่งน้ำเสียจากที่ต่ำไปยังที่สูงกว่า
การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ป้องกันการแตกของท่อ รอยต่อเชื่อมท่อชำรุดจากการเสื่อมสภาพ หรือจากการทรุดตัวระหว่างอาคารและระบบท่อที่ไม่เท่ากันเพื่อป้องกันปัญหาน้ำจากภายนอกและน้ำซึมเข้าท่อระบายน้ำ (Infiltration & Inflow) ซึ่งอาจส่งผลให้มีน้ำในระบบท่อระบายน้ำมากเกินกว่าที่ออกแบบไว้และเกินขีดความสามารถของสถานีสูบน้ำ
หลีกเลี่ยงการวางท่อในแนวที่มีท่อน้ำประปา	ควรวางท่อระบายน้ำเสียอยู่ด้านล่างท่อน้ำประปาในระยะห่างอย่างน้อยประมาณ 50 เซนติเมตร

(2) สถานียกระดับน้ำเสีย (Lift Station) และสถานีสูบน้ำ (Pumping Station) การออกแบบและก่อสร้างท่อระบายน้ำโดยส่วนใหญ่จะให้น้ำเสียไหลไปได้เองตามแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นหลัก ซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องจักรอุปกรณ์มาก ดูแลรักษาง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่หากสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสมทั้งด้านลักษณะภูมิประเทศ ระดับน้ำใต้ดิน การก่อสร้าง ความคุ้มค่าของการลงทุน และอื่น ๆ ก็มีความจำเป็นต้องมี

ระบบสูบน้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อทำหน้าที่สูบส่งน้ำเสียด้วยแรงดันหรือยกระดับน้ำเสียให้สามารถระบายตามแรงโน้มถ่วงไปยังระบบบำบัดน้ำเสียได้

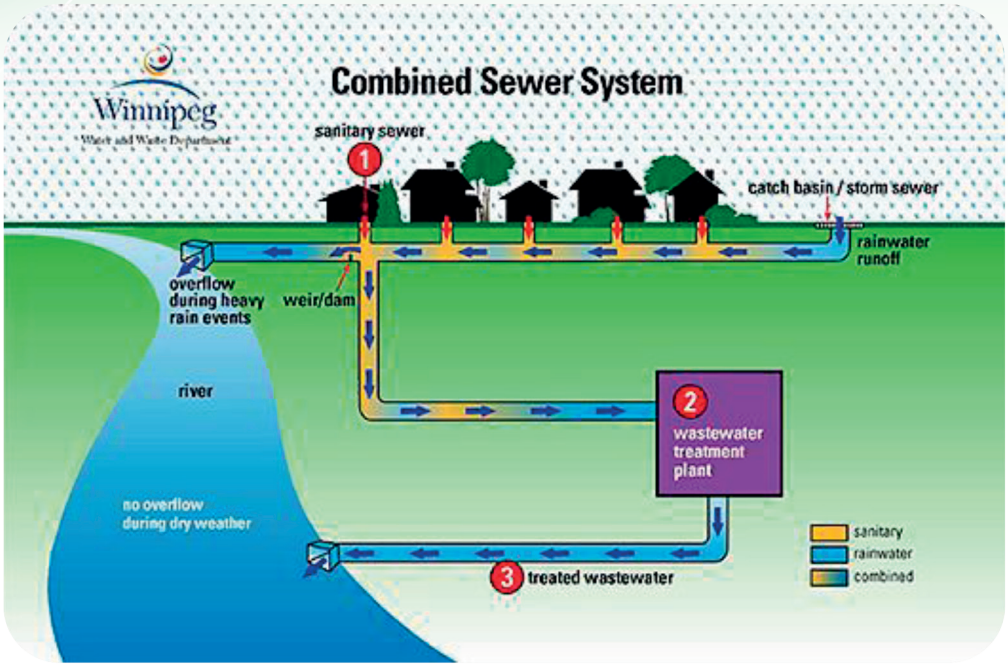
(3) บ่อตรวจระบาย (Manhole) เป็นบ่อที่ติดตั้งเป็นระยะ ๆ ในระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบระบายน้ำฝน ทำหน้าที่เป็นทางลงเพื่อให้เจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจและซ่อมบำรุงหรือทำความสะอาดท่อ และอาจเป็นช่องทางให้น้ำฝนไหลเข้าระบบด้วย นอกจากนี้บ่อตรวจระบายน้ำเป็นบ่อที่ใช้สำหรับบรรจบท่อขนาดต่าง ๆ หรือจุดเปลี่ยนขนาดท่อหรือทิศทางการวางแนวท่อ รวมทั้งใช้สำหรับตรวจซ่อมแซมและทำความสะอาดท่อ โดยต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะให้ผู้ตรวจสอบและผู้ทำความสะอาดสามารถลงไปทำงานได้ และมีมาตรการความปลอดภัยในขณะเจ้าหน้าที่ลงไปปฏิบัติงาน เช่น มีระบบไล่ก๊าซพิษ มีเครื่องช่วยหายใจหรือเครื่องเป่าอากาศ เป็นต้น สำหรับระยะห่างสูงสุดระหว่างบ่อตรวจระบายจะขึ้นอยู่กับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนาดต่าง ๆ เช่น ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 มิลลิเมตร ควรมีระยะห่างไม่เกิน 100 เมตร และท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 700-1,200 มิลลิเมตร ควรมีระยะห่างไม่เกิน 120 เมตร เป็นต้น

(4) อาคารผันน้ำเสีย (Combined Sewer Overflow: CSO) เป็นองค์ประกอบของระบบระบายน้ำเสียที่ใช้เฉพาะในระบบระบายน้ำเสียแบบรวม โดยอาคารผันน้ำเป็นอาคารที่ต่อเชื่อมระหว่างท่อระบายน้ำและท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) เพื่อรวบรวมน้ำเสียปริมาณหนึ่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียภายในบ่อมีอุปกรณ์แบ่งน้ำ เช่น ฝายน้ำล้น เป็นต้น (โดยทั่วไปจะออกแบบให้รับน้ำเสียได้ประมาณ 2-5 เท่าของอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยในฤดูแล้ง หรือที่เรียกว่า Dry Weather Flow) น้ำเสียปนน้ำฝนส่วนเกินก็จะถูกระบายให้ไหลล้นออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

2) ประเภทของการระบายน้ำเสีย

การรวบรวมหรือการระบายน้ำเสียโดยทั่วไป จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือการระบายน้ำเสียแบบท่อแยก และการระบายน้ำเสียแบบท่อรวม ส่วนใหญ่ระบบระบายน้ำเสียที่นิยมใช้กันเมื่อก่อนจะเป็นระบบระบายน้ำเสียแบบรวมเพราะเข้าใจว่ามีราคาก่อสร้างถูก แต่การวางระบบระบายน้ำเสียในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนมาใช้ระบบระบายน้ำเสียแบบแยกมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองใหม่ เช่น บริเวณหมู่บ้านจัดสรร เนื่องจากสามารถลดปริมาณน้ำที่จะต้องนำไปบำบัดลงได้มาก

(1) ระบบระบายน้ำเสียแบบรวม (Combined System) เป็นระบบระบายน้ำเสียที่รวบรวมทั้งน้ำเสียและน้ำฝนที่ถูกระบายจากแหล่งต่าง ๆ โดยรวบรวมไปในระบบเส้นท่อหรือรางระบายเดียวกัน เพื่อนำส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือนำไประบายทิ้งที่อื่น ในการก่อสร้างเพื่อวางเส้นท่อหรือรางระบายน้ำเสียแบบรวมนี้จะกระทำได้ง่ายกว่าแบบแยก แต่เส้นท่อหรือรางระบายน้ำเสียจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบระบายน้ำเสียแบบแยก ในช่วงหน้าแล้งความเร็วในท่อจะต่ำมาก อาจทำให้สารปนเปื้อนในน้ำเสียบางส่วนตกตะกอนในเส้นท่อ สารอินทรีย์ในตะกอนที่สะสมในเส้นท่ออาจเกิดการหมัก (การย่อยสลายในสภาวะไม่มีออกซิเจน) ได้เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งมีกลิ่นเหม็น และเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับความชื้นในเส้นท่อจะเกิดไอกรดซัลฟูริกที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเส้นท่อได้ แต่ในช่วงหน้าฝนน้ำฝนที่ถูกรวบรวมไปกำจัดในระบบบำบัดน้ำเสียรวมจะช่วยเจือจางความสกปรกของน้ำเสีย แต่เพื่อไม่ให้ระบบบำบัดน้ำเสียรวมมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ระบบระบายแบบนี้ จึงมักจำเป็นต้องมีการระบายน้ำเสียปนกับน้ำฝนส่วนเกินให้ไหลล้นออกในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ซึ่งหากน้ำล้นดังกล่าวมีคุณภาพน้ำไม่ได้ตามมาตรฐาน อาจส่งผลกระทบต่อแหล่งรองรับได้ โดยสรุประบบนี้จะรวบรวมน้ำเสียและน้ำฝนส่วนหนึ่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวม (Sewage Treatment Plant: STP) และปล่อยน้ำเสียปนกันน้ำเสียส่วนเกินให้ไหลล้น (Overflow) ออกไปยังแหล่งรองรับได้ (ภาพที่ 5.2)



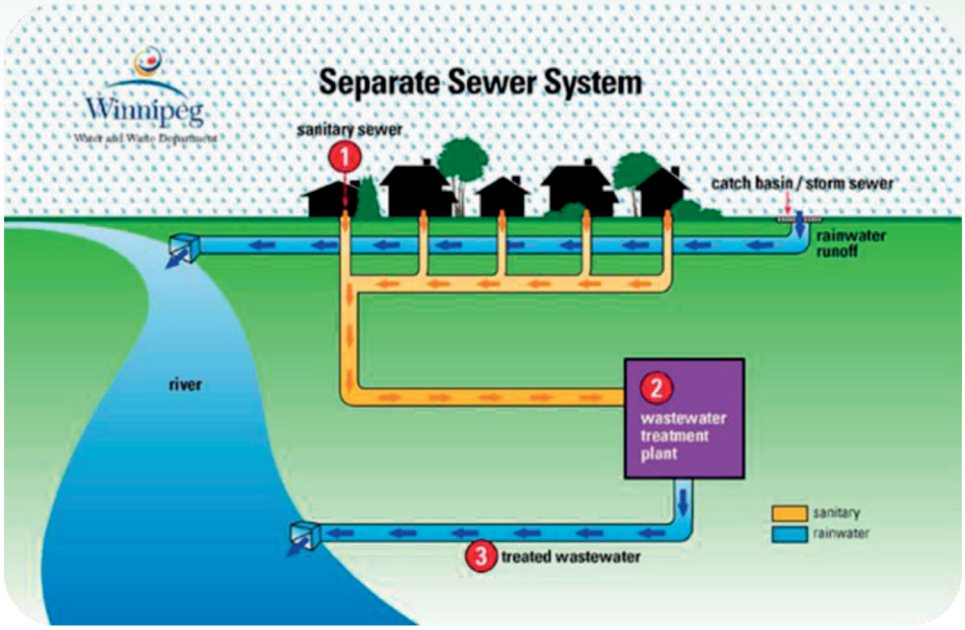
ภาพที่ 5.2 ระบบระบายน้ำเสียแบบรวม

ที่มา: https://www.winnipeg.ca/waterandwaste/sewage/systemOperationCombined.stm.

(2) ระบบระบายน้ำเสียแยก (Separate System) เป็นระบบที่แยกน้ำฝนที่ปล่อยทิ้ง (Storm Sewerage) ออกจากน้ำเสียหรือน้ำโสโครกประเภทอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมน้อยลง ช่วยประหยัดค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย การระบายน้ำเสียแบบแยก จะประกอบด้วยระบบเส้นท่อระบายน้ำหรือรางระบายน้ำแยกจากกัน 2 ระบบ (ภาพที่ 5.3) ได้แก่

(ก) ท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) เป็นระบบเส้นท่อที่รองรับหรือรวบรวมเฉพาะน้ำฝนที่ตกลงมาจากพื้นที่ต่าง ๆ ปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งรองรับต่าง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้มีน้ำฝนแช่ขังอยู่บนพื้นที่สาธารณะต่าง ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด การแพร่ระบาดของเชื้อโรคที่มีน้ำเป็นสื่อ ปกติจะมีการออกแบบให้มีตะแกรงและบ่อดักเพื่อแยกกรวด ทราย หินก้อนเล็ก ๆ และเศษขยะต่าง ๆ ที่ปนเปื้อน ขณะที่น้ำฝนไหลผ่านพื้นที่ต่าง ๆ ดังนั้นน้ำฝนที่ถูกรวบรวมได้จึงมีความสกปรกต่ำ ไม่ต้องนำไปผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถระบายทิ้งไปได้เลย

(ข) ท่อระบายน้ำเสีย (Sanitary Sewer) ในการระบายน้ำเสียแบบแยกนี้ จะรองรับหรือรวบรวมเฉพาะน้ำเสียหรือน้ำโสโครกจากชุมชนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเดียว ทำให้ระบบท่อระบายน้ำเสียแบบนี้ขนาดท่อเล็กกว่าท่อระบายน้ำฝน ในการออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาความเร็วที่น้ำเสียไหลในท่อไม่ให้มีอัตราการไหลช้าเกินไปจนเกิดการสะสมของตะกอนภายในท่อ และต้องไม่ให้มีอัตราการไหลเร็วเกินไปจนเกิดการกัดเซาะ ซึ่งอาจทำให้ท่อน้ำเสียและบ่อตรวจสอบเสียหายได้



ภาพที่ 5.3 ระบบระบายน้ำเสียแบบแยก

ที่มา: https://www.winnipeg.ca/waterandwaste/sewage/systemOperationSeparate.stm

การระบายน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทจะมีความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ข้อแตกต่างการระบายน้ำเสียแบบรวมและการระบายน้ำเสียแบบแยก

ข้อแตกต่าง	การระบายน้ำเสียแบบรวม	การระบายน้ำเสียแบบแยก
1. ระบบท่อ	ใช้ท่อเดียวกันในการระบายน้ำเสียรวมกับน้ำฝน	แยก 2 ท่อ แต่ละท่อใช้ระบบเฉพาะน้ำฝน หรือเฉพาะน้ำเสีย
	ใช้พื้นที่น้อย ง่ายต่อการก่อสร้างเพราะเดินท่อเพียงท่อเดียว	ต้องใช้พื้นที่มากกว่าในการเดินท่อแยก
	อาจไม่เหมาะสมในกรณีที่สามารถระบายน้ำฝนในแหล่งใกล้เคียงได้ แต่ต้องนำไปทิ้งร่วมกับน้ำเสีย	-
2. การต่อเชื่อม	การต่อเชื่อมเข้ากับระบบระบายน้ำและระบบท่อในอาคารที่มีอยู่เดิมทำได้ง่าย	การต่อเชื่อมกับระบบระบายน้ำเดิมทำได้ยาก เนื่องจากไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับระบบแยก
3. อุปกรณ์สูบน้ำ	ท่อมีขนาดใหญ่ เสียค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำมากกว่า เพราะต้องสูบทั้งน้ำเสียและน้ำฝน	ท่อมีขนาดเล็กกว่า แต่ต้องใช้ท่อ 2 ระบบแยกกัน ได้แก่ ท่อระบายน้ำฝน และท่อระบายน้ำเสีย

ตารางที่ 5.9 ข้อแตกต่างการระบายน้ำเสียแบบรวมและการระบายน้ำเสียแบบแยก (ต่อ)

ข้อแตกต่าง	การระบายน้ำเสียแบบรวม	การระบายน้ำเสียแบบแยก
4. การบำรุงรักษา	ในฤดูแล้ง น้ำในท่อจะไหลช้าและเกิดการตกตะกอนได้ง่าย แต่ในฤดูฝนจะมีน้ำฝนช่วยชะล้างท่อ	ไม่มีน้ำฝนช่วยชะล้างท่อ แต่ท่อมีขนาดเล็ก สามารถรักษาความเร็วที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการตกตะกอนได้
	ท่อมีขนาดใหญ่ต้องใช้กำลังคน และเครื่องมือในการชะล้างท่อ เพื่อป้องกันการอุดตัน	ท่อมีขนาดเล็กกว่า จึงง่ายต่อการชะล้างตะกอนออกโดยการฉีดอัด
5. ระบบบำบัดน้ำเสียรวม	ระบบบำบัดที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่เพื่อรองรับทั้งน้ำเสียและน้ำฝน	ระบบบำบัดที่ใช้มีขนาดเล็กกว่า และบำบัดเฉพาะน้ำเสีย
	อัตราการไหลและลักษณะน้ำเสียเข้าระบบมีความผันแปรมาก	อัตราการไหล และลักษณะน้ำเสียเข้าระบบมีความผันแปรน้อย
6. ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม	กรณีฝนตกมากจำเป็นต้องระบายน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดบางส่วนไหลล้นออกไปพร้อมกับน้ำฝน	ยากต่อการควบคุม ตรวจสอบ การต่อท่อเชื่อม อาจมีการลักลอบระบายน้ำเสียลงท่อระบายน้ำฝน

5.7 กระบวนการ และขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ปัจจัยในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

1) กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment) สามารถจำแนกตามกลไกหลักที่ใช้ในการบำบัดหรือแยกมลพิษออกจากน้ำได้ 4 ประเภท คือกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางเคมี ทางกายภาพ-เคมี และทางชีวภาพ โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

1) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Treatment)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยวิธีทางกายภาพในการบำบัด เช่น อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัว เป็นต้น มลพิษหลักที่ถูกบำบัดด้วยกระบวนการทางกายภาพจะเป็นพวกของแข็งขนาดใหญ่ ของแข็งแขวนลอย รวมทั้งน้ำมันและไขมัน กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

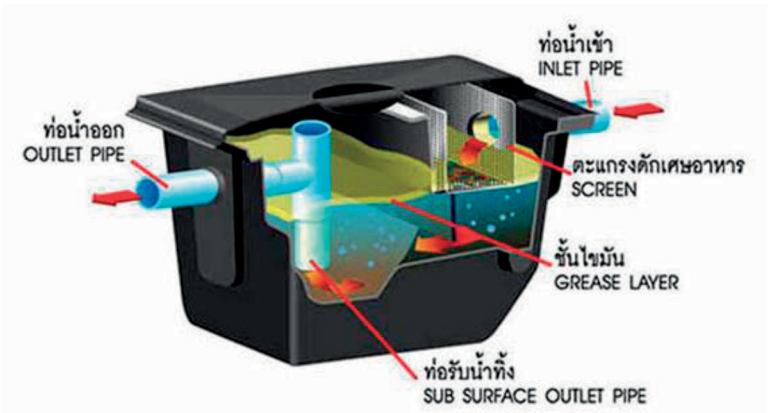
(ก) การดักด้วยตะแกรง (Screening) เป็นหน่วยบำบัดหน่วยแรกที่ใช้ดักของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า เศษไม้ เศษกระดาษ ถุงพลาสติก เศษขยะต่าง ๆ และเศษวัตถุดิบจากกระบวนการผลิตเป็นต้น ตะแกรงจะช่วยป้องกันไม่ให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน โดยอาศัยกลไกง่าย ๆ คือ ทำการติดตั้งหรือจัดวางตะแกรงเหล็กในลักษณะที่มีความลาดเอียงเล็กน้อย (ทำมุมกับแนวระดับประมาณ 30-45 องศา) เพื่อลดแรงเสียดทานจากการไหลของน้ำเสียและสะดวกต่อการกวาดเอาสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่บนตะแกรงไปกำจัด เมื่อน้ำเสียไหลผ่านตะแกรงส่วนที่เป็นของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรงจะถูกดักเอาไว้

จากนั้นจึงทำการกวาดเอาของแข็งแขวนลอยที่ติดค้างบนตะแกรงไปกำจัดทิ้งต่อไป โดยอาจใช้แรงคนหรือเครื่องกลช่วย ตะแกรงโดยทั่วไปจะแบ่งเป็นตะแกรงหยาบ (Coarse Screening) และตะแกรงละเอียด (Fine Screening)

(ข) การดักกรวดทราย (Grit Removal) ด้วยบ่อดัก (Grit Chamber) เป็นการแยกของแข็ง หรือวัสดุที่มีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ง่าย เช่น กรวด หิน ดิน ทราย ออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยหลักการตกตะกอนบ่อดักกรวดทรายจะถูกออกแบบให้น้ำเสียที่ไหลเข้ามีความเร็วเหมาะสมที่จะทำให้ของแข็งซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงและมีน้ำหนักมากสามารถตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงและจมลงสู่ก้นบ่อ การดักกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเกิดความเสียหาย เนื่องจากถูกขัดสีด้วยกรวดทราย

(ค) การปรับสภาพการไหล (Flow Equalization) เป็นการเก็บกักน้ำเสียซึ่งมีอัตราการไหลและความเข้มข้นของสิ่งสกปรกในน้ำเสียไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งกำเนิดและช่วงเวลาให้ไหลเข้าไปกักเก็บไว้ในบ่อปรับสภาพการไหล (Equalization Tank) ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยอัตราการไหลที่คงที่ สม่ำเสมอ ต่อเนื่องและเหมาะสมกับที่ได้ออกแบบระบบไว้ เพื่อให้การทำงานของระบบบำบัดเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการควบคุมทำได้โดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียออกจากบ่อคงที่และปล่อยให้ปริมาตรของน้ำเสียในบ่อเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราการไหลเข้า

(ง) การดักไขมัน (Grease Trap) เป็นหน่วยบำบัดที่ใช้แยกไขมัน น้ำมันหรือสิ่งปนเปื้อนที่มีน้ำหนักเบาและสามารถลอยตัวแยกออกจากน้ำเสียได้ บางกรณีอาจต้องเติมสารเคมีช่วยให้น้ำมันหรือไขมันแยกตัวออกจากน้ำก่อนจึงจะปล่อยเข้าสู่บ่อดักไขมัน บ่อดักไขมันจะทำหน้าที่พักน้ำเสียที่ไหลเข้ามาให้อยู่ในสภาพที่นิ่ง และเก็บน้ำเสียในระยะเวลานานพอที่จะทำให้ไขมันหรือสิ่งปนเปื้อนสามารถลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ส่วนของน้ำเสียที่อยู่ด้านล่างใต้ชั้นไขมันหรือน้ำมันก็จะถูกระบายออกโดยไหลเข้าทางปลายท่อด้านล่างที่สุ่มอยู่ใต้ผิวน้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมัน) ส่วนไขมันหรือน้ำมันที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำนั้นไม่สามารถไหลเข้าท่อระบายได้ เนื่องจากปลายท่อด้านบนอยู่สูงกว่าชั้นไขมัน จึงถูกดักไว้ภายในบ่อดังแสดงในภาพที่ 5.4 เมื่อมีไขมันสะสมในปริมาณมากพอจะต้องตักออกไปกำจัดทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป วิธีการดังกล่าวเหมาะที่จะใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาตรไม่มากนัก โดยทั่วไปมักใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหาร ภัตตาคาร โรงแรมเพื่อช่วยลดปริมาณน้ำมันหรือไขมันในน้ำเสียก่อนที่จะระบายเข้าสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ หรือก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 5.4 บ่อดักไขมัน

ที่มา: http://escorecompany.com/grease-trap-pe-gt-s-series.html

(จ) การทำให้ลอยตัว (Flotation) การทำให้ลอยตัวเป็นกระบวนการแยกของแข็งแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบาและตกตะกอนได้ยาก เช่น เส้นใย หรือเยื่อกระดาษ ออกจากน้ำเสีย รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกสิ่งปนเปื้อนที่มีน้ำหนักเบาและสามารถลอยตัวแยกออกจากน้ำเสีย เช่น น้ำมันและไขมัน ทั้งนี้โดยใช้ฟองอากาศเป็นตัวพาหรือดันให้อนุภาคของแข็งลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นจึงจะทำการกวาดหรือตักของแข็งที่ลอยเป็นฝ้าที่ผิวน้ำออกไปใช้ประโยชน์ หรือนำไปกำจัดทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป วิธีการทำให้ลอยตัวสามารถจำแนกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้ (1) การทำให้ลอยตัวด้วยการเติมอากาศ (Air Flotation) (2) การทำให้ลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved Air Flotation: DAF) (3) การทำให้ลอยตัวด้วยสุญญากาศ (Vacuum Flotation)

(ฉ) การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นหน่วยบำบัดหรือกระบวนการแยกสิ่งสกปรกซึ่งเป็นวัสดุหรือตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการตกตะกอนด้วยแรงดึงดูดหรือแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้าไปในถังตกตะกอนซึ่งถูกออกแบบให้มีสภาวะที่เอื้อต่อการจมตัวของของแข็งลงสู่ก้นถัง กล่าวคือ ออกแบบให้การไหลเข้า-ออกของน้ำเสียส่งผลต่อความปั่นป่วนในถังน้อยที่สุด มีปริมาตรและระยะเวลาเก็บกักเพียงพอต่อการตกตะกอน มีระดับความลึกเพียงพอที่จะรองรับการจมตัวของตะกอนที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งมีระบบการรวบรวมตะกอนที่อัดตัวกันแน่นเป็นชั้นตะกอนที่มีความหนาแน่นสูงบริเวณก้นถังไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป

กระบวนการตกตะกอนได้มีการนำมาใช้ในเกือบทุกขั้นตอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน โดยสรุปดังนี้ (1) ใช้แยกอนุภาคหรือของแข็งแขวนลอยที่มีน้ำหนักมากออกจากน้ำเสียก่อนที่จะส่งไปบำบัดในขั้นต่อไป เพื่อใช้ลดปริมาณความสกปรกที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดต่อไป การตกตะกอนในลักษณะนี้เรียกได้ว่า การตกตะกอนขั้นต้นหรือปฐมภูมิ (Primary Sedimentation) (2) ใช้แยกตะกอนที่เกิดจากการสร้างตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation) ในกรณีที่ใช้สารเคมีในการเปลี่ยนของแข็งละลายให้เป็นของแข็งแขวนลอย การสร้างและรวมของแข็งแขวนลอยให้เป็นกลุ่มตะกอนขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากจนสามารถตกตะกอนได้ง่ายขึ้นนั้น จะต้องมีกระบวนการต่อเนื่องเพื่อแยกตะกอนดังกล่าวออกจากน้ำเสีย การตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนที่เกิดจากการสร้างและรวมตะกอนด้วยสารเคมีนี้ อาจเรียกได้ว่า การตกตะกอนเคมี (Chemical Sedimentation) (3) ใช้แยกตะกอนจุลินทรีย์ (Biological Floc) ที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เช่น ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ และเรียกการตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์นี้ได้ว่าการตกตะกอนขั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Sedimentation) (4) ใช้เพิ่มความเข้มข้นของกากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งยังมีปริมาณน้ำมากอยู่ให้มีความเข้มข้นมากขึ้นเพื่อความสะดวกต่อการบำบัดกากตะกอนดังกล่าวก่อนที่จะนำไปกำจัดทิ้งต่อไป การตกตะกอนในลักษณะนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการทำให้กากตะกอนเข้มข้นขึ้น (Sludge Thickening)

(ช) การกรอง (Filtration) การกรองเป็นหน่วยบำบัดหรือกระบวนการที่ทำให้อนุภาคของของแข็งแขวนลอยถูกดักหรือสกัดกั้นเอาไว้ที่ผิวของตัวกรองหรือในช่องว่างระหว่างตัวกรอง และปล่อยให้น้ำและอนุภาคขนาดเล็กไหลผ่านออกมาได้ ของแข็งที่ติดค้างที่ผิวของตัวกรองหรืออุดตันอยู่ตามช่องว่างภายในชั้นตัวกรองนี้จะทำให้ความดันของน้ำที่ไหลผ่านชั้นตัวกรองลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการล้างเครื่องกรอง (Backwash) เพื่อชะล้างและดันเอาของแข็งที่ติดค้างอยู่ตามช่องว่างภายในออกเป็นระยะ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกรองและควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้ได้ตามต้องการ

2) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้สารเคมีในการทำปฏิกิริยากับสารมลพิษในน้ำเสียที่ยากต่อการกำจัดด้วยวิธีการทางกายภาพและทางชีวภาพ เพื่อช่วยให้สารมลพิษนั้น ๆ ถูกแยกออกจากน้ำเสียได้ง่ายและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กระบวนการที่สำคัญ มีดังนี้

(ก) การปรับสภาพความเป็นกรดด่าง (Neutralization) หรือการปรับ pH เป็นหน่วยบำบัดหรือกระบวนการปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 7) ด้วยการเติมด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปูนขาว ($Ca(OH)_2$) และปรับสภาพน้ำเสียที่มีความเป็นด่างสูง (pH > 7) ด้วยการเติมกรด เช่น กรดกำมะถันหรือกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) การอัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพื่อให้น้ำเสียมีสภาพความเป็นกรดด่างเหมาะสมต่อการทำงานและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นต่อไป โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ซึ่งต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่ทำงานได้ดีที่ pH ใกล้เคียง 7 หรือเป็นกลาง นอกจากนี้แล้วยังอาจจำเป็นต้องมีการปรับสภาพความเป็นกรดด่างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

(ข) การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation) หน่วยบำบัดหรือกระบวนการนี้ เป็นการเติมสารเคมีลงไปในน้ำเสียเพื่อเปลี่ยนสภาพของสารมลพิษต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปสารละลายให้เปลี่ยนเป็นตะกอนผลึกที่อยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำเพื่อให้สามารถแยกสารมลพิษดังกล่าวออกจากน้ำเสียได้โดยง่าย ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการละลายของสารมลพิษ ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง (pH) กล่าวคือ สารมลพิษแต่ละชนิดจะละลายได้ดีในสภาวะที่มี pH ที่เหมาะสมช่วงหนึ่ง เช่น การตกตะกอนของสารตะกั่วด้วยปูนขาว จะทำงานได้ดีในช่วงพีเอชระหว่าง 9.5-12 ดังนั้นหากทำการเติมสารเคมีเพื่อปรับ pH ของน้ำเสียให้เปลี่ยนไปอยู่ในช่วงที่สารมลพิษดังกล่าว อยู่ในสภาพที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยที่สุด จะสามารถแยกสารมลพิษนั้น ๆ ออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนได้ง่ายขึ้น จากนั้นจึงนำตะกอนดังกล่าวไปกำจัดทิ้งต่อไป

(ค) การสร้างและรวมตะกอนทางเคมี เป็นกระบวนการแยกของแข็งแขวนลอยและคอลลอยด์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และตกตะกอนได้ยากออกจากน้ำเสีย ด้วยการเติมสารสร้างตะกอนซึ่งจะไปทำลายและลดแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้าของอนุภาค และสามารถเข้าไปเกาะติดผิวของอนุภาคของของแข็งแขวนลอยและคอลลอยด์ เพื่อก่อให้เกิดการรวมตะกอนที่เกิดจากการที่อนุภาคต่าง ๆ มีโอกาสเคลื่อนตัวเข้ามาใกล้กันมากขึ้นและเกาะตัวเชื่อมต่อกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่จนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนลงมาได้ง่ายขึ้น การทำงานของกระบวนการสร้างและรวมตะกอนจะประกอบด้วยขั้นตอนที่คล้ายคลึงกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำสะอาด กล่าวคือ เริ่มจากการกวนเร็ว การกวนช้า และการตกตะกอน

(ง) การออกซิเดชัน-รีดักชันทางเคมี (Chemical Oxidation - Reduction) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทั่วไปโดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ได้แก่ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพ ซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือรีดักแทนท์ (Reductant) และมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหรือออกซิแดนท์ (Oxidant) โดยในระหว่างที่สารตั้งต้นเปลี่ยนไปเป็นผลผลิตสุดท้ายนั้น อาจเกิดสารตัวกลางได้หลายชนิด และเมื่อเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์จะได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ อย่างไรก็ตาม หากมีสารพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในระบบ หรือมีสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่และมีโครงสร้างที่ยากต่อการย่อยสลายภายในระยะเวลาและสภาวะปกติที่ได้ออกแบบระบบไว้ ที่อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดทางชีวภาพดังกล่าว และส่งผลต่อคุณภาพน้ำทิ้งได้ ดังนั้น ในบางกรณีจึงอาจต้องอาศัยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชันทางเคมีในการบำบัดเบื้องต้นเพื่อเปลี่ยนสารที่ต้องการกำจัดให้เป็นสารตัวกลางที่ย่อยสลายได้ง่ายขึ้น หรือมีความเป็นพิษลดลง ก่อนที่จะส่งไป

บำบัดต่อด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าและสามารถกำจัดสารมลพิษได้ในปริมาณมากกว่า โดยสรุปวัตถุประสงค์ในการใช้กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน คือ (1) เปลี่ยนสารที่ย่อยสลายได้ยากให้อยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายและเร็วขึ้น (2) เปลี่ยนสารที่เป็นพิษให้มีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษ (3) กำจัดกลิ่นและสี

(จ) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคเท่านั้น โดยมากมักจะถูกนำมาใช้เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อกำจัดหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และไวรัส ที่ยังคงปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือก่อนที่จะนำน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ วิธีการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียอาจทำได้ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ แต่เนื่องจากวิธีทางกายภาพที่อาศัยความร้อนหรือแสงอัลตราไวโอเลตเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง และวิธีทางชีวภาพให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคไม่แน่นอน ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยมเท่ากับวิธีการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรคซึ่งง่ายและประหยัดกว่า

สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคมีอยู่หลายชนิด เช่น คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ การใช้คลอรีนในรูปต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซคลอรีน (Cl_2) คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaOCl) และแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$) การเติมคลอรีนลงไปในน้ำเพื่อทำลายเชื้อโรคนี้เรียกว่า Chlorination เป็นวิธีที่สามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำให้เกิดคลอรีนตกค้างเพื่อช่วยในการฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนมาภายหลัง แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำและผู้ที่นำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำได้เป็นสารผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ไตรฮาโลมีเทน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

2) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ-เคมี (Physico-Chemical Treatment)

มักใช้เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นตอนสุดท้าย โดยอาศัยทั้งวิธีการทางกายภาพและทางเคมีเพื่อกำจัดของแข็งละลายและของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กที่ไม่สามารถแยกออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพทางเคมี หรือทางชีวภาพโดยทั่วไปได้ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ-เคมี ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

(1) การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Carbon Adsorption) เป็นกระบวนการซึ่งมักใช้ต่อจากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากและลดความสกปรกในรูปของบีโอดีและซีโอดีลงเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามต้องการ ระบบนี้มีการนำมาใช้กันมากในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมต่าง ๆ เพื่อลดสีในน้ำทิ้งก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอก สารดูดซับ (Adsorbent) ที่นิยมใช้ในกระบวนการนี้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไป ถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ 2 ลักษณะ คือ แบบผง (Powdered Activated Carbon; PAC) และแบบเม็ดหรือแบบเกล็ด (Granular Activated Carbon; GAC) โดยถ่านกัมมันต์แบบผง มักใช้เติมลงไปในระบบบำบัดน้ำเสียโดยตรง ส่วนถ่านกัมมันต์แบบเม็ดหรือแบบเกล็ด มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับถังกรองทราย ในบางครั้งอาจถูกนำมาใช้ร่วมกับทรายในถังกรอง

(2) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เป็นกระบวนการแยกสิ่งสกปรกที่อยู่ในรูปที่มีประจุซึ่งละลายอยู่ในน้ำเสียออก โดยใช้สารที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchanger) เช่น เรซิน (Resin) โดยปกติระบบการแลกเปลี่ยนประจุมักถูกนำมาใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการน้ำใช้ที่มีความบริสุทธิ์สูงมากกว่า อาจมีการนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียบ้างในบางกรณี เช่น การบำบัดน้ำเสียที่มีอนุภาคที่มีประจุละลายอยู่ในปริมาณมาก ไม่สามารถบำบัดด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม

(3) กระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis: RO) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในลักษณะที่น้ำเคลื่อนที่หรือแพร่ผ่านเยื่อเมมเบรนจากด้านที่เป็นน้ำบริสุทธิ์ (freshwater) หรือด้านที่สารละลายมีความเข้มข้นต่ำ ไปยังด้านที่สารละลายมีความเข้มข้นสูง และเมื่อกระบวนการออสโมซิสอยู่ในภาวะสมดุล จะเกิดแรงดันที่เกิดจากความต่างของระดับน้ำ เรียกว่า แรงดันออสโมซิส ส่วนกระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis; RO) จะอาศัยแรงดันช่วยให้น้ำเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเมมเบรนในทิศทางตรงข้ามกับกระบวนการออสโมซิสที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ กล่าวคือ กระบวนการออสโมซิสผันกลับ จะเป็นกระบวนการแยกสารละลายออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยความดันที่มีขนาดมากกว่าแรงดันออสโมซิสเป็นแรงดันให้น้ำเคลื่อนที่จากด้านที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง (น้ำเสีย) ผ่านเยื่อเมมเบรนชนิดเซมิเปอร์มีเอเบิลเมมเบรน (semi-permeable membrane) ไปยังด้านที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ (น้ำทิ้ง) ส่วนโมเลกุลของสารปนเปื้อนต่าง ๆ จะถูกเยื่อเมมเบรนดักเอาไว้ (เยื่อเมมเบรนจะยอมให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น)

กระบวนการออสโมซิสผันกลับสามารถแยกสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และสารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด เช่น ของแข็งละลาย กรด ด่าง ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถลดหรือกำจัดจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ด้วย โดยทั่วไปมักจะมีการนำกระบวนการออสโมซิสผันกลับมาใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพสูง

3) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Treatment)

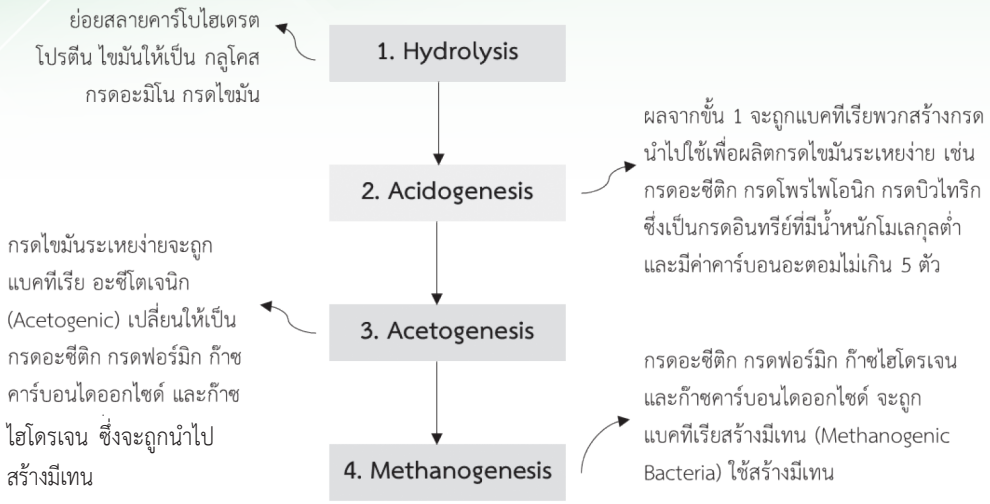
กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเป็นการบำบัดน้ำเสีย ที่มีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable Organic) เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยการควบคุมสภาวะแวดล้อมในระบบให้เอื้อต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ จากนั้นจึงทำการแยกตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวออกจากน้ำเสีย ด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป

(1) จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ได้แก่ แบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกตามกลไกในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์สำหรับปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียของแบคทีเรีย สรุปได้ดังนี้

(ก) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) เป็นกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยแบคทีเรียจะอาศัยออกซิเจนละลายหรือออกซิเจนอิสระที่เติมลงไปในน้ำเสีย และสารอาหารบางชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหว การเจริญเติบโต และการสังเคราะห์เซลล์ใหม่ (New Cell) นอกจากนี้อาจได้ผลจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการ

$$\text{สารอินทรีย์ (ในน้ำเสีย)} + O_2 + N + P \xrightarrow{\text{Aerobic bacteria}} \text{เซลล์ใหม่} + CO_2 - H_2O + \text{พลังงาน}$$

(ข) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) เป็นกระบวนการที่แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์ใหม่ โดยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบต่าง ๆ เช่น เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) และเกลือไนเตรท (NO_3^-) เป็นต้น แทนการใช้ออกซิเจนอิสระหรือออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย กลไกการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้



การทำงานของระบบบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะต้องควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนในถังปฏิกิริยาเพราะก๊าซออกซิเจนมีความเป็นพิษต่อแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน และควบคุม pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (7.6-8.6) นอกจากนี้การทำงานของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดและกลุ่มสร้างมีเทนจะต้องอยู่ในภาวะสมดุล กล่าวคือ หากอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงเกินไป แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดจะเจริญเติบโตได้ดี การสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลง ถ้า pH ลดต่ำลงจนแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีลดลง จนอาจมีผลทำให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้การลด pH ยังอาจก่อปัญหาเรื่องกลิ่นที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้อีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อได้เปรียบ ดังนี้ สามารถรองรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง ๆ ได้ มีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เกิดขึ้นน้อย ไม่ต้องใช้พลังงานหรืออุปกรณ์ในการเติมอากาศ ให้ก๊าซมีเทนเป็นผลพลอยได้ ต้องการสารอาหารน้อย ราคาค่าก่อสร้างถูก แต่มีข้อจำกัดหลายประการ คือ แบคทีเรียเจริญเติบโตช้า ต้องการระยะเวลาการเก็บกักเซลล์จุลินทรีย์ (Solid Retention Time) นาน แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนมีความอ่อนไหวมาก มีปัญหากลิ่นเหม็นรบกวน กำจัดไนโตรเจนได้น้อย และมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีต่ำกว่าระบบใช้ออกซิเจน โดยทั่วไปจะใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ๆ ให้มีปริมาณสารอาหารลดลงในระดับหนึ่งก่อนที่จะนำไปบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน

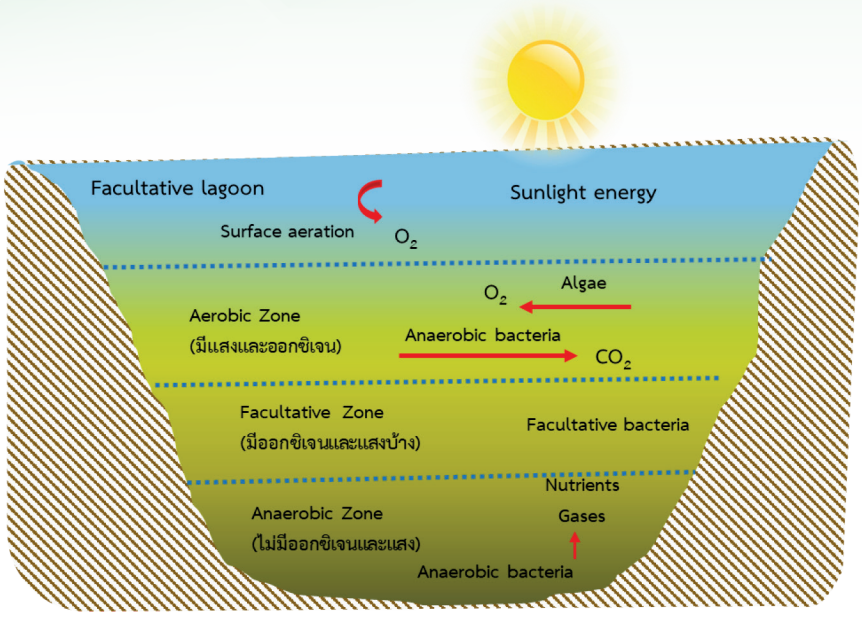
(2) บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เป็นส่วนสำคัญของกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เนื่องจากเป็นบ่อที่เก็บกักน้ำเสียเพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ตามธรรมชาติ มักใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากโรงงานบางประเภทที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเกษตร ระบบบ่อปรับเสถียรเป็นระบบที่ใช้พลังงานน้อย ง่ายต่อการควบคุมดูแลระบบและไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลในการบำบัด แต่ต้องใช้พื้นที่มากเพื่อให้มีระยะเวลาเก็บกักนานพอที่จะให้น้ำทิ้งมีคุณภาพได้ตามต้องการ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในพื้นที่ที่มีราคาที่ดินสูง โดยทั่วไปมักจะออกแบบให้มีบ่อปรับเสถียรหลายบ่อต่อเชื่อมกัน และเมื่อมีน้ำเสียไหลเข้าระบบ จะมีน้ำไหลออกไปยังบ่อถัดไป บ่อปรับเสถียรสามารถจำแนกตามปฏิกิริยาหรือกลไกหลักที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(ก) บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) มักใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน การออกแบบให้มีอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading) ที่สูง มีระดับน้ำในบ่อลึก 2-5 เมตร ประกอบกับการเกิดฝ้า (Scum) ปกคลุมที่ผิวด้านบนป้องกันการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศ จนไม่สามารถป้อนออกซิเจนได้ทันกับอัตราการใช้ออกซิเจน จะทำให้ภายในบ่อเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน การทำงานของบ่อแอนแอโรบิคจะต้องควบคุมให้การทำงานของแบคทีเรียอยู่ในภาวะสมดุล กล่าวคือ หากอัตรารับสารอินทรีย์สูงเกินไป แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดอินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดี การสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลง ถ้า pH ลดต่ำลงจนแบคทีเรียกลุ่มที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีลดลงจนอาจมีผลทำให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้การลด pH ยังอาจก่อปัญหา เรื่องกลิ่นที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อีกด้วย

(ข) บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) บ่อแฟคคัลเททีฟมีลักษณะทั่วไปคล้ายบ่อแอนแอโรบิคแต่มีระดับความลึกของน้ำ ประมาณ 1.5-2 เมตร ทำให้แสงแดดส่องลงไปไม่ถึงก้นบ่อด้านล่าง ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะการเกิดปฏิกิริยาหรือกลไกในการย่อยสลายสารอินทรีย์ตามระดับความลึก ได้เป็น 3 บริเวณ ดังภาพที่ 5.5 กล่าวคือบริเวณผิวน้ำชั้นบนของบ่อจะมีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน บริเวณก้นบ่อด้านล่างที่เป็นชั้นตะกอนของสารอินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนบริเวณกลางบ่อซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนจะเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย กลุ่มแฟคคัลเททีฟ

(ค) บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) หรือออกซิเดชั่นพอนด์ (Oxidation Pond) จะถูกออกแบบให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึกของบ่อ โดยทั่วไปจะออกแบบให้มีระดับความลึกของน้ำประมาณ 0.9-1.5 เมตร เพื่อให้แสงแดดส่องลงไปถึงก้นบ่อ และช่วยให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซึ่งเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนที่สำคัญในบ่อ นอกเหนือจากการถ่ายเทออกซิเจนจากบรรยากาศที่ผิวน้ำ สาหร่ายและแบคทีเรียในบ่อแอโรบิคจะดำรงชีวิตร่วมกันแบบ Symbiosis กล่าวคือ ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะถูกแบคทีเรียนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารอาหารบางอย่าง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย จะถูกสาหร่ายนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อให้เกิดเซลล์ใหม่และได้ออกซิเจนกลับมาใช้ต่อไป

บ่อปรับเสถียรมักจะมีการนำไปใช้ในลักษณะหลายบ่อต่อเชื่อมต่อกันแบบอนุกรม โดยปกติมักจะใช้บ่อแอนแอโรบิค ซึ่งใช้พื้นที่น้อยและสามารถลดบีโอดีลงได้มาก เป็นบ่อบำบัดบ่อแรกในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ๆ ตามด้วยบ่อแฟคคัลเททีฟ ก่อนที่จะผ่านไปยังบ่อแอโรบิคซึ่งต้องใช้พื้นที่มากที่สุดเป็นบ่อบำบัดบ่อสุดท้าย หากน้ำเสียที่มีบีโอดีต่ำ เช่น น้ำเสียชุมชนทั่วไป อาจใช้เพียงบ่อแฟคคัลเททีฟและตามด้วยบ่อแอโรบิค ในบางครั้งอาจเรียกบ่อแอโรบิคบ่อสุดท้ายก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งออกไปสู่สิ่งแวดล้อมว่าบ่อบ่ม หรือบ่อขัดแต่ง (Maturation or Polishing Pond) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อโรค โดยจำนวนและชนิดของบ่อปรับเสถียรที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย ราคาที่ดิน และข้อจำกัดต่าง ๆ



ภาพที่ 5.5 บ่อแฟคคัลเททีฟ (ดัดแปลงจาก Barry Judith, 2012)

(3) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน อาจจำแนกตามรูปแบบของการใช้จุลินทรีย์ในระบบ ได้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบบำบัดที่จุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในระบบ (Suspended Growth System) เช่น บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) แอคติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) และระบบบำบัดที่จุลินทรีย์เกาะติดผิวตัวกลาง หรือระบบฟิล์มตรึง (Fixed Film System) เช่น ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) และแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractors) เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

(ก) บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon: AL) เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบบ่อปรับเสถียรชนิดแอโรบิคและแฟคคัลเททีฟ โดยมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ (Surface Aerator) หรือเครื่องเติมอากาศแบบฟู่ (Diffused Air Aerator) ในบ่อบำบัดเพื่อทำให้เกิดการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยลดขนาดของบ่อหรือสามารถเพิ่มภาระบรรทุกอินทรีย์ได้มากขึ้นกว่าบ่อปรับเสถียร อย่างไรก็ตาม การเติมอากาศส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่อหน่วยปริมาตรสูงขึ้นหลังจากที่น้ำเสียได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อเติมอากาศเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าสู่บ่อปรับเสถียร บ่อสุดท้ายที่ทำหน้าที่เป็นบ่อตกตะกอน โดยปล่อยให้ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ ก่อนที่จะระบายน้ำใสทิ้งออกไปสู่แหล่งรองรับ

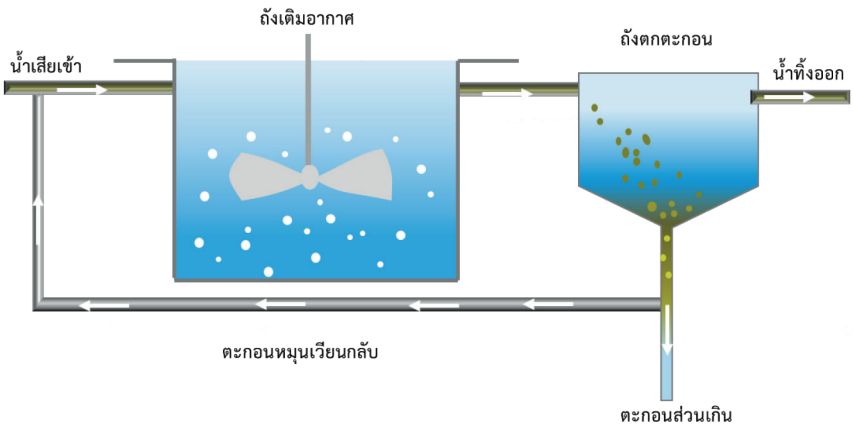
(ข) แอคติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge: AS) มีชื่อเรียกได้หลายชื่อ ได้แก่ ระบบเลี้ยงตะกอน ระบบตะกอนเร่ง หรืออาจเรียกย่อ ๆ ได้ว่า ระบบเอเอส ระบบแอคติเวทเต็ดสลัดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากวิธีหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรม เพราะใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง แต่มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการลงทุนและเดินระบบสูง เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการบำรุงรักษาสูง ต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการดูแลระบบที่มีการทำงานค่อนข้างซับซ้อน และต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ต่อเนื่องตลอดเวลา

การทำงานของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ อาศัยหลักการเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอาหารของจุลินทรีย์ในระบบให้เร็วขึ้น ด้วยการเติมอากาศลงไปในถังปฏิกิริยา หรือถังเติมอากาศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ภายในถังได้รับออกซิเจนในปริมาณที่มาก

เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ ด้วยกระบวนการออกซิเดชัน และได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานเป็นผลผลิตจากกระบวนการดังกล่าว

นอกจากนี้การเติมอากาศจะช่วยกวนส่วนผสมในถัง ซึ่งประกอบด้วยตะกอนจุลินทรีย์และของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย (Mixed Liquor Suspended Solid: MLSS) ให้เกิดการผสมผสานระหว่างตะกอนจุลินทรีย์ สารอินทรีย์ และฟองอากาศตลอดทั่วทั้งถัง เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ได้สัมผัสกับสารอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วยังช่วยให้ตะกอนจุลินทรีย์เข้ามาชนกันและจับตัวรวมกันเป็นก้อนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนได้ดี เรียกว่า ฟล็อก หรือสลัดจ์

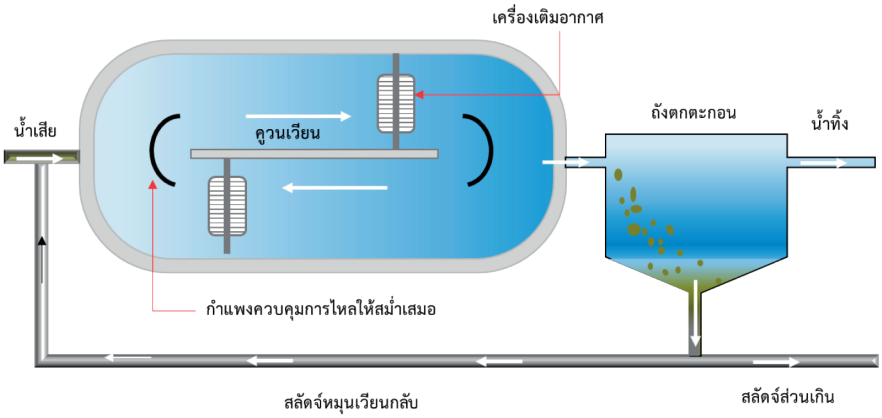
จากนั้นฟล็อกหรือสลัดจ์ที่เกิดขึ้น พร้อมด้วยกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังเติมอากาศจะถูกส่งไปยังถังตกตะกอน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนจมลงสู่ก้นถัง ปล่อยให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไหลล้นออกจากถังตกตะกอน ส่วนตะกอนที่ถูกแยกได้จากถังตกตะกอนซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียที่เจริญเติบโตเต็มที่และแบคทีเรียที่ขยายพันธุ์ขึ้นมาใหม่ที่ผ่านการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในถังเติมอากาศมาแล้วและอยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ทันที (Activated Sludge) นั้น จะมีการหมุนเวียนตะกอนบางส่วนกลับเข้าไปในถังเติมอากาศ (Returned Sludge) เพื่อรักษาความเข้มข้นของปริมาณจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ ส่วนตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge) จะถูกนำไปบำบัดและกำจัดทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป การทำงานของระบบเอเอส ดังแสดงในภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 การทำงานของระบบเอเอส (กรมควบคุมมลพิษ)

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนารูปแบบของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการเดินระบบการบำบัดตะกอนส่วนเกิน การประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานในการเติมอากาศและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยรูปแบบของระบบเอเอสมีดังตัวอย่างต่อไปนี้ เช่น แอคติเวทเต็ดสลัดจ์ แบบไหลตามกัน (Plug-Flow Activated Sludge; PAS) แอคติเวทเต็ดสลัดจ์แบบผสมสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge: CMAS) แอคติเวทเต็ดสลัดซ์แบบยืดเวลาการเติมอากาศ (Extended Aeration Activated Sludge) คลองวนเวียน (Oxidation Ditch) แอคติเวทเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge; CSAS) แอคติเวทเต็ดสลัดจ์แบบกึ่งต่อเนื่อง (Sequencing Batch Reactor: SBR) เป็นต้น ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) เนื่องจากนิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

คลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เป็นระบบ AS ที่ใช้หลักการในการยืดเวลาการเติมอากาศ (Extended Aeration) ทำให้ถังเติมอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ ไปพร้อม ๆ กับตะกอนจุลินทรีย์ทำให้มีตะกอนส่วนเกินเกิดขึ้นน้อย รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นรูปคลองรูปวงรีที่น้ำเสียสามารถไหลเวียนไปได้รอบวง โดยมีเครื่องเติมอากาศคล้ายระหัดวิดน้ำที่หมุนรอบแกนนอนทำหน้าที่กวนน้ำและเติมออกซิเจนให้กับน้ำ (ภาพที่ 5.7) ระบบคลองวนเวียนนี้เป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินและควบคุมระบบค่อนข้างต่ำและมีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยาก จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้กันมากในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำเสียและความสกปรกไม่มากนัก

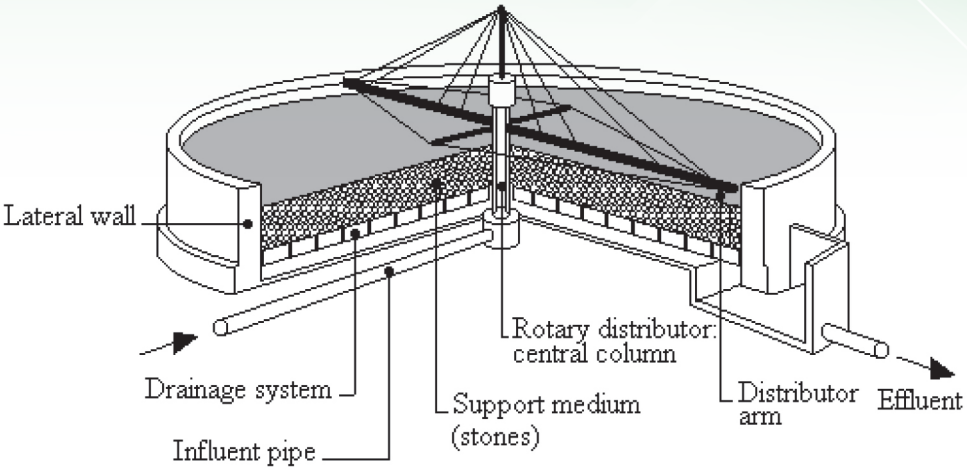


ภาพที่ 5.7 คลองวนเวียน (กรมควบคุมมลพิษ)

(4) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filtration, Trickling Filter; TF) หรือระบบถังลานกรองเป็นระบบที่ประกอบด้วยตัวกลางหรือตัวกรอง (filter media) บรรจุอยู่ภายในถัง ตัวกลางที่ใช้อาจเป็นก้อนหินที่มีผิวขรุขระ หรือพลาสติกรูปทรงต่าง ๆ เช่น ทรงกระบอก ทรงกลม ที่มีช่องว่างภายใน น้ำหนักเบาและมีพื้นที่ผิวมาก เพื่อเพิ่มโอกาสให้จุลินทรีย์ที่จับเป็นเมือกอยู่ตามผิวของตัวกลางได้มีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสียและอากาศมากขึ้น การทำงานของระบบโปรยกรองจะเริ่มจากการโปรยน้ำเสียจากด้านบนให้กระจายไปทั่วถึง ขณะที่น้ำเสียไหลผ่านชั้นตัวกลางลงมา จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ตามผิวของตัวกลางจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยออกซิเจนที่ถูกดูดซับไว้ขณะที่น้ำเสียไหลลงมาจะถูกใช้ไปในกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้น

เมื่อจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นจะทำให้ความหนาของชั้นเมือกจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ออกซิเจนจะถูกจุลินทรีย์ที่อยู่รอบนอกนำไปใช้หมดก่อน ไม่สามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปถึงชั้นในสุดได้ และเมื่อชั้นเมือกจุลินทรีย์หนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จุลินทรีย์ชั้นในสุดจะตายจากการขาดอาหาร ไม่สามารถเกาะติดอยู่ที่ผิวตัวกลางได้และจะถูกชะล้างหลุดออกจากผิวตัวกลางลงมาด้านล่าง ที่ก้นถังโปรยกรองจะมีท่อรองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วพร้อมทั้งตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุดออกมา และรวบรวมนำไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกเอากากตะกอนออกจากน้ำเสียต่อไป ระบบท่อรองรับใต้ถังโปรยกรองนี้ยังมีประโยชน์ในการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างให้อากาศ ได้มีการหมุนเวียนภายในถังด้วย (ภาพที่ 5.8)

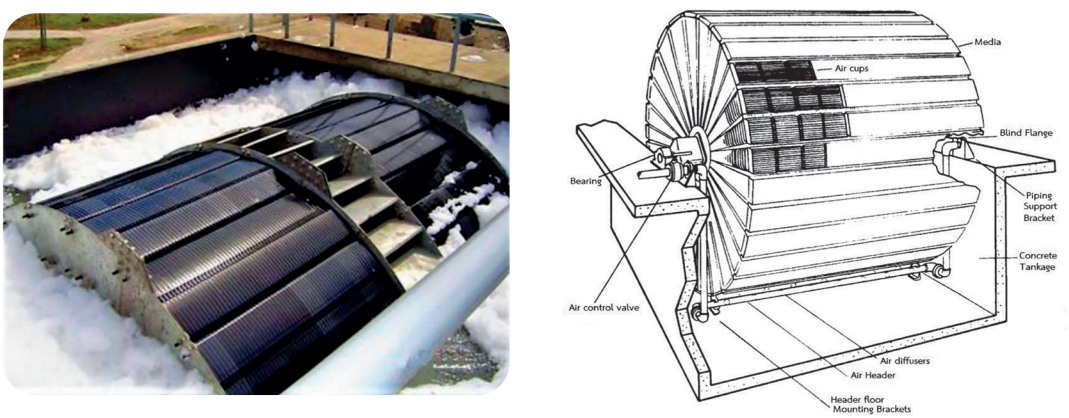
ระบบนี้มักจะมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนกลับเข้าไปในถังโปรยกรองด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด และรักษาอัตราภาระชลศาสตร์ (Hydraulic Loading) ให้มีน้ำไหลผ่านจุลินทรีย์ที่เกาะผิวตัวกลางตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์แห้งตายหลุดออกจากผิวตัวกลาง ลดปัญหาการอุดตัน ปัญหาแมลงเกาะตอม และปรับสภาพน้ำเสียเข้าระบบที่อาจมีค่าบีโอดี หรือ pH สูงหรือต่ำเกินไปและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ได้ตามที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 5.8 ระบบโปรยกรอง

ที่มา: Jordão, E.P., Pessoa, C.A. (2009)

(5) แผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors: RBC) อาจเรียกย่อ ๆ ว่า biodisc หรือ RBC ระบบแผ่นหมุนชีวภาพมีหลักการทำงานคล้ายกับระบบโปรยกรองโดยมีแผ่นตัวกลางที่ทำด้วยพลาสติกพีวีซี มีลักษณะเป็นแผ่นทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-3.5 เมตร เรียงขนานกันหลาย ๆ อัน ตามแนวนอนของถัง ในลักษณะที่มีส่วนที่จมอยู่ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 40 (ภาพที่ 5.9) แผ่นตัวกลางนี้ จะถูกยึดติดกับแกนเพลาที่จะทำหน้าที่หมุนตัวกลางนี้ช้า ๆ ขณะเดินระบบ (ประมาณ 1-2 รอบต่อนาที) การหมุนของแผ่นตัวกลางจะช่วยให้ชั้นเมือกจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวของแผ่นตัวกลางได้สัมผัสกับสารอินทรีย์ขณะจมอยู่ในน้ำเสีย และเมื่อหมุนแผ่นตัวกลางขึ้นมาพ้นระดับน้ำ ออกซิเจนในอากาศจะถ่ายเทผ่านเข้าไปในชั้นเมือกจุลินทรีย์ และถูกนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในขณะเดียวกันแรงเฉือยที่เกิดขึ้นจากการหมุนที่เป็นกลไกที่จะกำจัดเมือกจุลินทรีย์ส่วนเกินออก ซึ่งจะถูกรวบรวมไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกเอากากของเสียและตะกอนที่เกิดขึ้นออกจากน้ำเสีย และปล่อยให้น้ำทิ้งไหลล้นออกไปจากระบบ

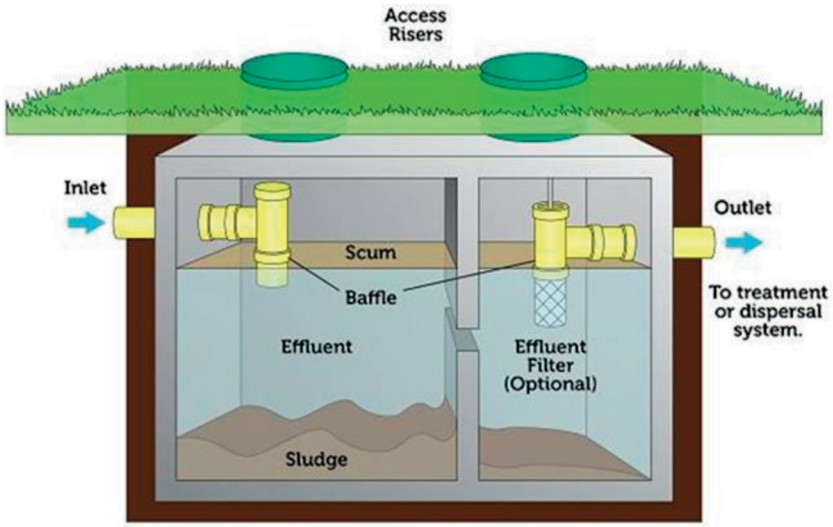


ภาพที่ 5.9 แผ่นหมุนชีวภาพ (NSFC, 2004)

(6) กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน อาจจำแนกตามรูปแบบของการใช้จุลินทรีย์ในระบบได้เป็น 2 ประเภท เช่นเดียวกันกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน คือระบบบำบัดที่จุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในระบบ เช่น ถังเกรอะ (Septic tank) ถังหมัก (Anaerobic Digestion) ถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic Contact) ชั้นสลัดจ์แอนแอโรบิคแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) และระบบบำบัดที่จุลินทรีย์เกาะติดผิวตัวกลาง เช่น ถังกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic Filter; AF) ชั้นลอยตัวแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Fluidized Bed: AFB) เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดของบางระบบพอสังเขป ดังนี้

(ก) ถังเกรอะ (Septic tank) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงานและโรงแรม ที่มีปริมาณน้ำเสียไม่มากนัก ถังเกรอะมักออกแบบเป็นถังหรือบ่อที่ฝังอยู่ใต้ดิน ทำหน้าที่เก็บกักน้ำเสียไว้เพื่อให้แบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้ย่อยสลายสิ่งสกปรกก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งไหลผ่านออกไปจากถัง โดยทั่วไปน้ำทิ้งที่ไหลผ่านถังเกรอะแล้วจะยังมีความสกปรกอยู่ จึงมักใช้เป็นระบบบำบัดขั้นต้นก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ เพื่อส่งผ่านไปกำจัดต่อในระบบบำบัดน้ำเสียรวมต่อไป กรณีที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมอาจใช้วิธีระบายเข้าสู่รางซึมที่จัดเตรียมไว้

ระบบนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญการดูแลรักษาระบบ และมีการก่อสร้างไม่ยุ่งยากนัก สร้างด้วยวัสดุที่สามารถป้องกันน้ำซึมเข้าออกได้ มีช่องตรวจสอบหรือฝาเปิด (Manhole) สำหรับการตรวจสอบและทำความสะอาด โดยเฉพาะตรงบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออก (ภาพที่ 5.10)



ภาพที่ 5.10 ถังเกรอะ

ที่มา: (EPA, 2018) https://www.epa.gov/septic/types-septic-systems

ถังเกรอะส่วนใหญ่สร้างด้วยคอนกรีตหรือก่อด้วยอิฐฉาบปูน สำหรับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปนั้น มีทั้งที่ทำด้วยพลาสติก ไฟเบอร์กลาส พลาสติกเสริมแรง นอกจากนี้อาจจะสร้างโดยใช้วงขอบคอนกรีตเสริมแรง มีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่ง ไม่มีการกัดกร่อน แต่อาจไม่แข็งแรงเท่าคอนกรีต จะต้องมีการป้องกันการกดทับ และมีราคาแพง

ในบางครั้งอาจออกแบบถังเกรอะเป็นแบบที่มี 2 ห้อง (Multiple Compartment) เนื่องจากการแบ่งส่วนของห้องที่เหมาะสมจะช่วยลดการไหลวนของน้ำเสียในห้องที่สอง ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ดีขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีได้มากกว่าชนิดที่มีห้องเดียว (Single Compartment)

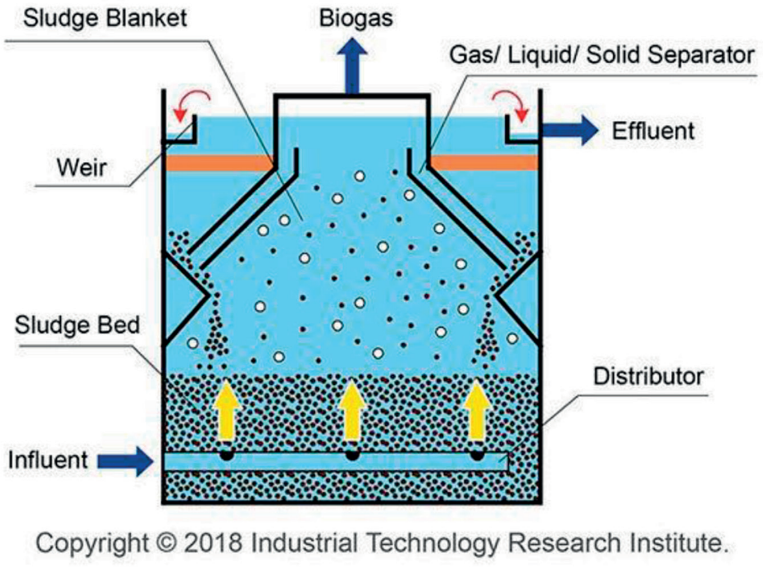
(ข) ถังหมัก (Anaerobic Digestion) หรือการย่อยแบบแอนแอโรบิค เป็นกระบวนการย่อยสลายที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อย การทำงานของระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลรักษาต่ำ สามารถรองรับน้ำเสียที่มีความสกปรกมาก ๆ (บีโอดีสูง ๆ) เช่น น้ำกากส่าจากโรงเหล้า น้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล เป็นต้น ระบบนี้มักใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณความสกปรกสูง ๆ ให้ลดลงมาระดับหนึ่งก่อนที่จะนำไปบำบัดต่อด้วยระบบที่ใช้ออกซิเจน ในบางครั้งอาจมีการนำไปใช้ในการปรับเสถียรกากตะกอน ที่รวบรวมได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมากมักจะออกแบบเป็นถังคอนกรีตผสม มีฝาปิดเพื่อเก็บความร้อน กลิ่น และก๊าซ และทำให้ภายในถังมีสภาพไร้ออกซิเจน บนฝาถังจะมีท่อระบายก๊าซ ก๊าซมีเทนที่ระบายออกมา จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่หากมีปริมาณไม่มากพออาจต้องเผาทิ้ง กรณีที่ตะกอนแขวนลอย มีสารประกอบซัลไฟด์อาจให้มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระบายออกมาด้วย โดยทั่วไปสามารถจำแนกชนิดของถังหมักตามอัตราการย่อยสลายได้เป็น 2 ชนิด คือ ถังหมักที่มีอัตราการย่อยสลายต่ำ (Low Rate Digestion Tank) และถังหมักที่มีอัตราการย่อยสลายสูง (High Rate Digestion Tank)

(ค) ถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic Contact) ประกอบด้วยถังปฏิกิริยา (ถังหมัก) ที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในระบบไม่ให้มีอากาศเข้าไปในถังปฏิกิริยา จากนั้นจึงนำน้ำเสียที่ผ่านการย่อยสลายแล้วไปแยกตะกอนออกในถังตกตะกอน โดยมีการหมุนเวียนตะกอนกลับมายังถังปฏิกิริยาคล้ายกับการทำงานของระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ในบางครั้งจึงอาจเรียกกระบวนการสัมผัสแอนแอโรบิคนี้ว่า ระบบเอเอสแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Activated Sludge) แต่ไม่เป็นที่นิยมเหมือนระบบเอเอส เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นไม่สามารถตกตะกอนได้ดีเหมือนตะกอนจุลินทรีย์ของระบบเอเอส อย่างไรก็ตาม ระบบนี้มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนจุลินทรีย์ไม่มากนัก จึงลดปัญหาการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ลงได้มาก

(ง) ถังกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic Filter: AF) ระบบนี้คล้ายกับระบบโปรยกรอง โดยมีแบคทีเรียจับอยู่ที่ผิวตัวกลางหรือตัวกรอง (Filter Media) ในสภาวะไร้ออกซิเจนภายในถังปิด โดยส่วนใหญ่แล้วจะออกแบบให้มีการปล่อยน้ำเสียเข้าทางด้านล่างของถัง และปล่อยให้ไหลย้อนขึ้นด้านบน (Upflow Anaerobic Filter) ลักษณะเช่นนี้จะทำให้น้ำท่วมตัวกลางตลอดเวลาและเป็นการเพิ่มระยะเวลาเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ไว้ในถัง เพื่อให้แบคทีเรียที่จับอยู่ที่ผิวหรืออาศัยอยู่ตามช่องว่างระหว่างตัวกลางมีโอกาสย่อยสลายสิ่งสกปรกได้นานขึ้น ขณะเดียวกันชั้นตัวกลางจะทำหน้าที่กรองกากตะกอนในน้ำเสียมีผลให้น้ำทิ้งที่ไหลผ่านถังกรองมีปริมาณกากตะกอนลดลงได้ ระบบนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ต้องหาวิธีการกระจายน้ำเสียให้ไหลเข้าถังกรองได้อย่างสม่ำเสมอ และควรระวังเรื่องการอุดตัน

(จ) ชั้นสลัดจน์แอนแอโรบิคแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) กระบวนการนี้ได้ดัดแปลงมาใช้วิธีสร้างชั้นสลัดจ์ในถังปฏิกิริยาแทนการใช้ตัวกลาง เพื่อลดการสูญเสียปริมาตรใช้งานจากการที่บรรจุตัวกลางจำนวนมากไว้ภายในถัง และลดค่าใช้จ่ายในการซื้อตัวกลางดังกล่าว กลไกการทำงานของระบบนี้ ได้แก่ การเลี้ยงแบคทีเรียให้จับตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี การปล่อยน้ำเสียไหลเข้าทางด้านล่างของถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวเป็นชั้นสลัดจ์ ขณะที่น้ำเสียไหลผ่านชั้นสลัดจ์ แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดยปกติภายในถังจะมีการแยกชั้นกันระหว่างชั้นสลัดจ์ และชั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทางด้านบนของถังจะมีระบบรวบรวมและนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นออกจากถัง พร้อมทั้งมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Gas Liquid Solid Separator: GLS สำหรับแยกตะกอน

มิให้หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง ทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอนลงมาอยู่ที่ชั้นสลัดจ์ตามเดิมหมุนเวียนเช่นนี้เรื่อย ๆ ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ และมีความสามารถในการรองรับบีโอดีได้สูง แต่ต้องพยายามควบคุมให้ได้ตะกอนจุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเม็ดซึ่งเป็นเรื่องยากและต้องอาศัยผู้ควบคุมระบบที่มีทักษะเฉพาะ ในบางครั้งพบว่าจำเป็นต้องนำเม็ดตะกอนจากถังอื่นมาช่วยให้ระบบบำบัดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเร็วขึ้น (ภาพที่ 5.11)



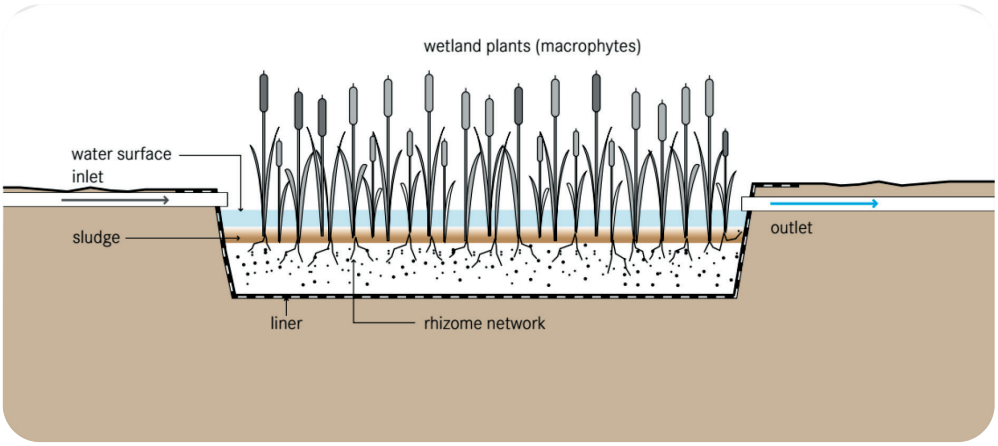
ภาพที่ 5.11 กระบวนการยูเอเอสบี (ITRI, 2018)

4) การบำบัดระบบธรรมชาติ (Natural Treatment)

อาศัยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกิดขึ้นในดิน น้ำ พืช และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติมาช่วยในการกำจัดหรือแยกสารมลพิษบางส่วนออกจากน้ำเสีย แม้ว่าการปรับสภาพน้ำเสียด้วยวิธีการทางธรรมชาติ จะต้องการใช้พื้นที่มาก และต้องระวังผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงโดยเฉพาะกรณีที่น้ำเสียมีสารพิษอันตรายปนเปื้อนอยู่ด้วย แต่มีข้อได้เปรียบหลายประการ คือ เป็นระบบที่ค่อนข้างประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พึ่งพาอาศัยผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบอื่น ๆ และยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์และนกชนิดต่าง ๆ และเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ สำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางธรรมชาติที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ บึงประดิษฐ์

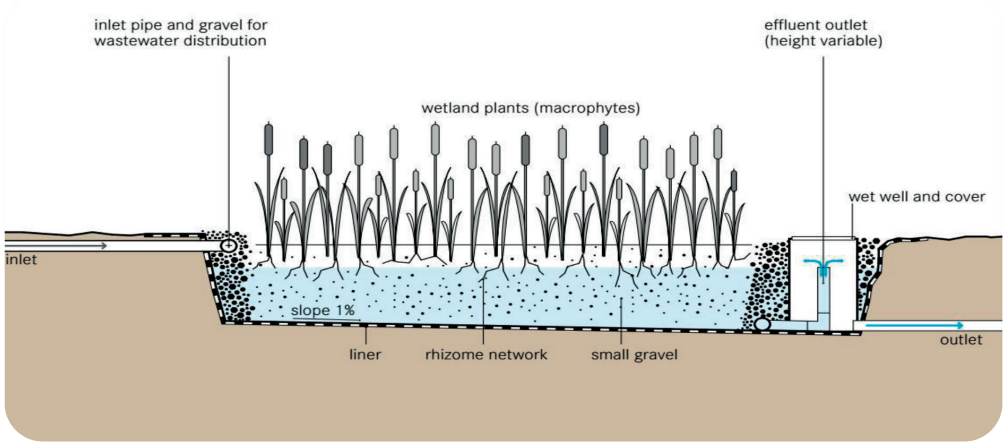
บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) ระบบนี้จะมีลักษณะเป็นบึงประดิษฐ์ที่ได้ออกแบบไว้เพื่อวัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีต้นพืชเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ ซึ่งส่วนใบของพืชภายในบึง จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้แบคทีเรียเกาะ เป็นตัวกรองและตัวดูดซับสารมลพิษต่าง ๆ ในน้ำเสีย กั้นบังแสงแดดเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและทำหน้าที่ถ่ายออกซิเจนลงไปในน้ำ โดยทั่วไปบึงประดิษฐ์จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง แต่ระบบบึงประดิษฐ์สามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ด้วย วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยบึงประดิษฐ์นี้สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Wetlands: FWS) มีลักษณะคล้ายกับบึงธรรมชาติ (Natural Wetlands) โดยใช้หลักการของการไหลของน้ำเหนือผิวดิน ผ่านต้นพืชที่ปลูกไว้ภายในระบบ ซึ่งน้ำจะไหลแผ่กระจายไปโดยมีระดับน้ำที่ตื้น องค์ประกอบที่สำคัญของบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (FWS) มี 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนน้ำเข้า บ่อน้ำ ต้นพืชในบึงประดิษฐ์ และส่วนน้ำออก วิธีนี้จะเป็นบ่อดินที่น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย มีระดับน้ำลึกประมาณ 10 - 60 เซนติเมตร น้ำเสียจะถูกปล่อยเข้าบึงประดิษฐ์อย่างช้า ๆ เมื่อไหลผ่านใบ ก้าน และรากต้นพืชภายในบ่อ สิ่งสกปรกจะถูกกำจัดด้วยกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน กระบวนการกรองและการดูดซับ (ภาพที่ 5.12)



ภาพที่ 5.12 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (TILLEY et al., 2014)

(2) แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow System: SFS) วิธีนี้จะทำการปูพื้นบ่อโดยรอบด้วยแผ่นโพลีเอทิลีน (polyethylene) เพื่อกั้นไม่ให้น้ำซึมลงไปในชั้นดิน น้ำเสียจะถูกปล่อยผ่านหัวกระจายน้ำเสียหรือท่อเจาะรูด้านข้างเพื่อกระจายน้ำเข้าบึงทางด้านข้าง สิ่งสกปรกในน้ำเสียจะถูกกำจัดขณะที่น้ำเสียไหลผ่านต้นพืชที่เจริญเติบโตอยู่ภายในบึง บริเวณปลายท้ายน้ำด้านตรงข้ามกับทางน้ำเข้าจะมีท่อที่เจาะรูรอบท่อเพื่อทำหน้าที่รองรับน้ำทิ้งออกจากบึง (ภาพที่ 5.13)



ภาพที่ 5.13 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (TILLEY et al., 2014)

5) ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแต่ละกระบวนการที่กล่าวข้างต้นนั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป แต่ลักษณะของน้ำเสียโดยทั่วไปมักจะประกอบด้วยสารมลพิษหลากหลายประเภท ดังนั้นในระบบบำบัดน้ำเสียจึงมักจะใช้การบำบัดหลายกระบวนการหรือหลายหน่วยบำบัดประกอบกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตามระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกได้ เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

(ก) การบำบัดน้ำเสียขั้นปฐมภูมิ (Primary Treatment) เป็นขั้นตอนของการกำจัดหรือแยกตะกอนและสารแขวนลอย และสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย เพื่อป้องกันการอุดตันเส้นท่อในระบบและการเกิดปัญหาต่อการเดินระบบและการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบ รวมทั้งยังใช้กำจัดน้ำมันไขมัน และปรับสภาพน้ำเสียเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพของระบบบำบัดโดยรวม และช่วยลดภาระการบำบัดของกระบวนการที่อยู่ถัดไปได้ด้วย

(ข) การบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ (Secondary Treatment) เป็นขั้นตอนหลักที่มุ่งเน้นการกำจัดสารอินทรีย์ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีการทางชีวภาพ เช่น ระบบแอคติเวทเต็ดสลัด ระบบโปรยกรอง ฯลฯ แล้วตามด้วยการตกตะกอน ซึ่งเป็นวิธีการทางกายภาพ ในบางกรณีจัดให้การฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งอยู่ในขั้นตอนนี้ด้วย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระบบบำบัดน้ำเสีย

(ค) การบำบัดน้ำเสียขั้นตติยภูมิ (Tertiary Treatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารปนเปื้อนที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นทุติยภูมิ รวมทั้งการกำจัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สารมีพิษหรือสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ยังหลงเหลืออยู่เพื่อให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามต้องการ โดยมากมักจะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ต่อไปอีก ในขณะเดียวกันจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ตัวอย่างของการบำบัดขั้นตอนนี้ เช่น การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Carbon Adsorption) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก หรือการใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) และระบบออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis) เพื่อกำจัดไอออนจำเพาะ หรือลดปริมาณของแข็งละลายน้ำ เป็นต้น

นอกจากนี้ในการบำบัดน้ำเสียยังต้องมีการบำบัดและกำจัดกากตะกอนจากระบบบำบัด (Sludge Treatment and Disposal) และการระบายน้ำทิ้ง (Final Effluent Discharge) เนื่องจากการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การย่อยสลายอินทรีย์ของจุลินทรีย์ การตกตะกอนด้วยวิธีการทางกายภาพและทางเคมี เป็นต้น ล้วนก่อให้เกิดกากตะกอนซึ่งจะต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น การปรับเสถียร (Sludge Stabilization) การแยกน้ำ (Sludge Dewatering) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของกากตะกอนที่ต้องการบำบัด ในทำนองเดียวกันน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและแยกกากตะกอนออกไปแล้วจำเป็นต้องนำไประบายทิ้งในแหล่งรองรับที่เหมาะสมด้วยกระบวนการบำบัดน้ำเสียจึงจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์

การบำบัดน้ำเสียในแต่ละขั้นตอนจะอาศัยกระบวนการบำบัดหลายหน่วยผสมกัน อย่างไรก็ตามการจัดแบ่งประเภทและขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียดังกล่าว อาจมีการจำแนกแตกต่างกันได้ ในบางครั้งจึงให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ของแต่ละกระบวนการมากกว่าการจัดแบ่งประเภทและขั้นตอนการบำบัด นอกจากนี้กระบวนการบำบัดน้ำเสียได้มีการพัฒนารูปแบบและวิธีการใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อลดข้อจำกัดและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบที่มีอยู่เดิม ให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐานที่ต้องการ ในที่นี้จะสรุปกระบวนการบำบัดในแต่ละขั้นตอนพร้อมทั้งหน้าที่หลักของบางกระบวนการมาพอสังเขป ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ขั้นตอนและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนการบำบัด	กระบวนการบำบัด	กระบวนการ/หน่วยบำบัด	วัตถุประสงค์/สารมลพิษหลักที่ต้องการบำบัด
การบำบัดขั้นปฐมภูมิ	ทางกายภาพ	ตะแกรง	ของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ เช่น ขยะ
		บ่อดักกรวดทราย	ของแข็งแขวนลอยที่มีน้ำหนักตกตะกอนง่าย เช่น กรวด หิน ทราย
		บ่อดักไขมัน	ไขมัน น้ำมัน สารแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบา
		การตกตะกอน	ของแข็งแขวนลอย
	ทางเคมี	การปรับ pH	ปรับสภาพความเป็นกรดด่าง
การบำบัดขั้นทุติยภูมิ	ทางชีวภาพ (แบบใช้ออกซิเจน)	บ่อเติมอากาศ แอคติเวทเต็ดสลัดจ์ ระบบโปรยกรอง แผ่นหมุนชีวภาพ	สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
	ทางชีวภาพ (แบบไม่ใช้ออกซิเจน)	ถังหมัก/ถังหมักแบบสัมผัส ถังกรองแอนแอโรบิก กระบวนการยูเอเอสบี	สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีความเข้มข้นสูง
	ทางกายภาพ	การตกตะกอน	ตะกอนจุลินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย
	ทางเคมี	การตกตะกอนผลึกทางเคมี การฆ่าเชื้อโรค	โลหะหนัก จุลินทรีย์ก่อโรค
การบำบัดขั้นตติยภูมิ	ทางกายภาพ	การกรอง	สารแขวนลอย
	ทางเคมี	การสร้างและรวมตะกอน การตกตะกอนผลึก	สารแขวนลอย ฟอสฟอรัส
	ทางกายภาพเคมี	การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก สารอินทรีย์ระเหยง่าย
		การแลกเปลี่ยนประจุ ออสโมซิสผันกลับ	โลหะหนัก ของแข็งละลายที่มีประจุ ของแข็งละลาย แร่ธาตุที่ละลายน้ำได้
	ทางชีวภาพ	ไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน	ไนโตรเจน

ตารางที่ 5.10 ขั้นตอนและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

ขั้นตอนการบำบัด	กระบวนการบำบัด	กระบวนการ/หน่วยบำบัด	วัตถุประสงค์/สารมลพิษหลักที่ต้องการบำบัด
การบำบัดขั้นตติยภูมิ	ทางชีวภาพ	กระบวนการโฟรีดอกซ์ กระบวนการฟอสทริป	ฟอสฟอรัส
		บึงประดิษฐ์	ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
การบำบัดและกำจัดกากตะกอน	ทางกายภาพ	การทำให้กากตะกอนเข้มข้น การแยกน้ำ การทำให้แห้ง	กากตะกอน
	ทางเคมี	การปรับสภาพ	
	ทางชีวภาพ	การปรับเสถียร การกำจัด	

6) ปัจจัยในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย คือ กระบวนการทั้งหมดในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการนำหรือเลือกใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียในแต่ละหน่วย (Unit) มาจัดเรียงเพื่อบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ เนื่องจากแต่ละหน่วยของกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะมีวัตถุประสงค์หลักที่แตกต่างกันไป ในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียนั้นต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ

(1) ลักษณะของน้ำเสีย หรือชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่ต้องการบำบัด เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น น้ำเสียมีสารมลพิษเป็นสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้น้อยหรือไม่ได้เลยควรจะเลือกใช้กระบวนการบำบัดทางกายภาพหรือทางเคมี แต่ถ้ามีปริมาณสารอินทรีย์เข้มข้นสูงมาก ๆ ควรจะเลือกใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งสามารถรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง ๆ ได้ เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ลงในระดับหนึ่งก่อนที่จะผ่านไปยังกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งรับอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ต่ำกว่า ในกรณีที่เป็นน้ำเสียรวมจากชุมชนโดยทั่วไปแล้วมักประกอบด้วยปริมาณสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้นไม่สูงมากนัก สามารถใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนได้ โดยไม่ต้องใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนก่อน

(2) คุณภาพของน้ำที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้ววัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียคือให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ถ้ามีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ในกิจการอื่น ๆ ซึ่งอาจต้องการคุณภาพน้ำที่ดีกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อทำให้น้ำมีคุณภาพตามที่ต้องการ

นอกจากปัจจัยที่สำคัญดังกล่าวแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ควรนำมาร่วมพิจารณาในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบ ความต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างระบบ ทักษะและประสบการณ์ของผู้ควบคุม รวมทั้งค่าลงทุนในการก่อสร้าง ค่าบำรุงรักษาและเดินระบบด้วย

5.8 การบำบัดและกำจัดกากตะกอน

กากตะกอนหรือสลัดจ์ เป็นผลจากกระบวนการแยกของแข็งละลายและของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยทั่วไปของแข็งละลายจะถูกเปลี่ยนรูปด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพ การสร้างและรวมตะกอนทางเคมี กากตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละวิธีจะมีลักษณะแตกต่างกัน โดยสามารถจำแนกตามส่วนประกอบทางเคมีได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) **กากตะกอนทางชีวภาพ** มีส่วนประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบต่าง ๆ มีลักษณะข้นเหลว มีความเข้มข้นของกากตะกอน ซึ่งวัดในรูปของร้อยละของของแข็งแห้งทั้งหมด (%TS) ประมาณร้อยละ 1 โดยทั่วไปถ้าทิ้งกากตะกอนประเภทนี้ไว้ในสภาพที่ขาดอากาศจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีกลิ่นเหม็นมาก

2) **กากตะกอนทางเคมี** เป็นกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการโคแอกกูเลชัน และกระบวนการตกผลึกทางเคมี กากตะกอนประเภทนี้ประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้เติมลงไปช่วยในการตกตะกอน และสารมลพิษต่าง ๆ เช่น สี โลหะหนัก เป็นต้น มีลักษณะคล้ายโคลน และมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 2-4

การบำบัดและกำจัดกากตะกอนมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ เพื่อลดปริมาณน้ำและสารอินทรีย์ในกากตะกอน และเพื่อทำให้กากตะกอนอยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการกำจัดทิ้งหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาองค์ประกอบทั้งในด้านปริมาณและลักษณะของกากตะกอนที่เกิดขึ้น กล่าวคือ กากตะกอนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 1 ควรจะทำให้กากตะกอนเข้มข้นขึ้นเพื่อลดปริมาตรของกากตะกอน ซึ่งจะช่วยให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดและการกำจัดในขั้นตอนต่อไปลดลงได้ ถ้าเป็นกากตะกอนทางชีวภาพ ซึ่งมีความไม่คงตัว ทำให้ยากต่อการทำให้แห้งหรือกำจัดน้ำออก จะต้องปรับเสถียรเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ และทำให้กากตะกอนมีความคงตัวก่อน กากตะกอนบางชนิดจำเป็นต้องเติมสารเคมีเพื่อปรับสภาพกากตะกอน ให้สามารถนำไปแยกน้ำออกจากกากตะกอนได้ง่ายขึ้น เป็นต้น โดยทั่วไป วิธีการบำบัดและกำจัดกากตะกอน ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ คือ การทำให้กากตะกอนเข้มข้นขึ้น (Thickening) การปรับเสถียรของกากตะกอน (Stabilization) การปรับสภาพกากตะกอน (Conditioning) การแยกน้ำออกจากกากตะกอน (Dewatering) การทำให้กากตะกอนแห้ง (Drying) การกำจัดกากตะกอน (Disposal) โดยมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

ขั้นตอน	คำอธิบาย
1. **การทำให้กากตะกอนเข้มข้นขึ้น (Sludge Thickening)**	การแยกน้ำออกจากของแข็ง ทำให้ปริมาณของแข็งในตะกอนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการทำให้กากตะกอนอัดตัวกันแน่นขึ้น ซึ่งมีผลให้ปริมาตรกากตะกอนลดลง สามารถแยกน้ำออกจากกากตะกอนได้ดีขึ้น และช่วยลดค่าใช้จ่าย และพื้นที่ในการบำบัดขั้นต่อไปด้วย การทำให้กากตะกอนเข้มข้นขึ้นสามารถกระทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ เช่น การทำให้เข้มข้นด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Thickening) การทำให้เข้มข้นด้วยการลอยตัว (Floatation Thickening) การทำให้เข้มข้นด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Thickening)

ขั้นตอน	คำอธิบาย
2. **การปรับเสถียรของกากตะกอน (Sludge Stabilization)**	โดยส่วนใหญ่การบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายมักก่อให้เกิดกากตะกอนทางชีวภาพซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในปริมาณที่สูง มีลักษณะที่ไม่คงตัว ทำให้ยากต่อการแยกน้ำออกจากกากตะกอน และหากทิ้งไว้นาน ๆ จะเกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีกลิ่นเหม็นรบกวน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเสถียรของกากตะกอนให้อยู่ในรูปที่คงตัว ป้องกันกลิ่นเหม็นรบกวน และง่ายต่อการแยกน้ำออกจากกากตะกอน โดยการลดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยวิธีการย่อยสลายทางชีวภาพทั้งชนิดที่ใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน เช่น การปรับเสถียรโดยการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน
3. **การปรับสภาพกากตะกอน (Sludge Conditioning)**	วิธีการที่ช่วยให้การแยกน้ำออกจากกากตะกอนทำได้ง่ายขึ้น วิธีการปรับสภาพกระทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและทางกายภาพ เช่น การเติมสารเคมี การใช้ความร้อน
4. **การแยกน้ำออกจากกากตะกอน (Sludge Dewatering)**	วิธีการที่อาศัยหลักการทางกายภาพ และการใช้เครื่องจักรกลช่วยแยกเอาน้ำออกจากกากตะกอนจนได้เป็น กากตะกอนแห้ง (Sludge Cake) ซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 70-80 ซึ่งการแยกน้ำออกจากกากตะกอนนี้จะทำให้ปริมาตรกากตะกอนที่ต้องกำจัดลดลง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำไปกำจัดทิ้งหรือนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนต่อไป วิธีการแยกน้ำออกจากกากตะกอนกระทำได้หลายวิธี เช่น ลานตากกากตะกอน การกรองสุญญากาศ (Vacuum Filtration) การกรองโดยใช้แรงดัน (Filter Press) การกรอง โดยการรีดแบบสายพาน (Belt Press)
5. **การทำให้กากตะกอนแห้ง (Sludge Drying)**	กระบวนการนี้จะลดทั้งปริมาตรและน้ำหนักของกากตะกอน และทำให้มีความชื้นเหลือในกากตะกอนน้อยที่สุด เพื่อให้ได้กากตะกอนแห้งที่สามารถนำไปกำจัดทิ้งในขั้นสุดท้ายได้ วิธีการทำให้กากตะกอนแห้งจะอาศัยกระแสอากาศร้อนไล่ความชื้น หรือน้ำในกากตะกอนให้ระเหยออกไป โดยปกติจะทำให้เหลือความชื้นในกากตะกอนน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งสามารถนำเข้าสู่กระบวนการหมักทำปุ๋ยได้ทันที หรือนำส่งเข้าเตาเผาได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการทำให้กากตะกอนแห้งด้วยความร้อนเป็นวิธีการที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการขจัดน้ำออกด้วยวิธีการที่ประหยัดกว่าในเบื้องต้นก่อน สำหรับวิธีการที่ใช้ความร้อนทำให้กากตะกอนแห้ง นั้นประกอบด้วยวิธีการดังนี้ เช่น แฟลชดรายเออร์ (Flash Dryer) โรตารีดรายเออร์ (Rotary Dryer) สเปรย์ดรายเออร์ (Spray Dryer)

ขั้นตอน	คำอธิบาย
6. การกำจัดกากตะกอน (Sludge Disposal)	กากตะกอนที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยขั้นตอนต่าง ๆ จนมีปริมาตรและปริมาณสารอินทรีย์ลดลงแล้วจะถูกนำไปกำจัดทิ้งต่อไป แต่ปริมาณสารอินทรีย์ โลหะหนัก สารพิษ หรือจุลินทรีย์ที่ยังคงเหลือค้างอยู่ในกากตะกอนอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งรองรับได้ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นตามมาด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การหมักทำปุ๋ย (Composting) การเผา (Incineration) การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

บทที่ 6

การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

6.1 ความหมายของขยะมูลฝอย

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมาย ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เราไม่ต้องการที่เป็นของแข็งหรืออ่อน มีความชื้น ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะกล่องใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมทั้งวัตถุอื่น สิ่งใดที่เก็บกวาดได้จากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

กรมควบคุมมลพิษ (2559) ได้ให้ความหมาย ขยะมูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น และรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษ หรืออันตรายจากชุมชน หรือครัวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงานซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2535 ให้คำจำกัดความของขยะมูลฝอยคล้ายคลึงกันคือ “มูลฝอย” หมายถึง เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ ส่วน “ขยะ” หมายถึง หยากเยื่อ มูลฝอย ดังนั้น คำว่า ขยะมูลฝอย จึงใช้แทนกันได้ และบ่อยครั้งมักจะรวมทั้งสองคำเข้าด้วยกัน เป็นขยะมูลฝอย

สำหรับความหมายที่นิยามไว้ในกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย แต่ละฉบับมีความหมายแตกต่างกัน ดังนี้ คือ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ไม่มีการกล่าวถึงคำว่า ขยะ ในขณะที่กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) หมวด 4 ข้อ 13 มีแต่คำว่า ขยะ โดยมิได้กล่าวถึง คำว่า มูลฝอย ส่วนพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตราที่ 4 ใช้ทั้งสองคำรวมกันเป็นขยะมูลฝอย

จากคำนิยามดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งถูกทิ้งเพราะเห็นว่าไม่มีประโยชน์หรือคุณค่าที่จะเก็บไว้ เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด มูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตราย

6.2 แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยมีแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน ซึ่งจะมีผลต่อองค์ประกอบของขยะมูลฝอย แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยสามารถแบ่งตามพื้นที่ที่ก่อให้เกิดขยะมูลฝอย ได้แก่ เขตที่พักอาศัย เขตธุรกิจการค้า สถาบันต่าง ๆ เขตก่อสร้างและรื้อถอน สถานสาธารณะ สถานที่บำบัดของเสีย เขตอุตสาหกรรม และเขตเกษตรกรรม แหล่งกำเนิดแต่ละประเภทจะมีกิจกรรมที่เกิดขยะและองค์ประกอบขยะมูลฝอยแตกต่างกัน แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ประเภท	คำอธิบาย
ขยะมูลฝอยจากชุมชน	เกิดจากกิจวัตรประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ภายในชุมชนเมืองและชนบท ขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน อาคารสำนักงาน โรงเรียน สถาบันการศึกษา โรงแรม คอนโดมิเนียม ตลาดสด และแหล่งอื่น ๆ
ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม	เกิดจากภาคการผลิตสินค้า ในโรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการต่าง ๆ ซึ่งปกติแล้วขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากภาคอุตสาหกรรมนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ● ขยะมูลฝอยทั่วไปที่เกิดจากกิจกรรมซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าโดยตรง เช่น ขยะมูลฝอยที่เกิดจากสำนักงานและโรงอาหารภายในโรงงาน มูลฝอยส่วนนี้ถือว่าเป็นมูลฝอยจากชุมชนประเภทหนึ่งเช่นกัน ● ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของกระบวนการผลิตสินค้า ซึ่งขยะมูลฝอยในส่วนนี้จะมีทั้งที่ (1) ไม่เป็นอันตราย เช่น เศษวัตถุดิบจำพวกเศษผ้า เศษไม้ เศษหนัง และเศษพลาสติก และ (2) ส่วนที่เป็นอันตราย (จัดเป็นของเสียอันตรายประเภทหนึ่ง) เช่น ตะกอน โลหะหนัก กากตะกอน น้ำมัน กรด ด่าง ตัวทำละลายสี และกากสี
ขยะมูลฝอยจากภาคเกษตรกรรม	เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในภาคการเกษตรทั้งจากการเพาะปลูก ในสวน ไร่ นา และจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น ซากพืช ตอซัง ชานอ้อย เศษหญ้า และเศษใบไม้ รวมไปถึงภาชนะบรรจุสารเคมี และเคมีภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพแล้ว สำหรับภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพก็จะจัดอยู่ในจำพวกของเสียอันตราย
ขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาล	แหล่งกำเนิดจากโรงพยาบาล สถานีอนามัย คลินิกรักษาโรคคนและสัตว์ ซึ่งจะเป็นขยะมูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้สัมผัสได้ เช่น ผ้าพันแผล เข็มฉีดยา ชิ้นส่วนของอวัยวะต่าง ๆ ขยะมูลฝอยที่เกิดจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้วย

6.3 ประเภทขยะมูลฝอย

การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย แบ่งตามลักษณะทางกายภาพของขยะมูลฝอย ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ประเภท	ลักษณะ
ขยะย่อยสลาย /มูลฝอยย่อยสลาย (Compostable waste)	เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ แต่จะไม่รวมถึงซากหรือเศษของพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ประเภท	ลักษณะ
ขยะรีไซเคิล /มูลฝอยที่ยังใช้ได้ (Recyclable waste)	บรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก กล่องเครื่องดื่มแบบ UHT กระป๋องเครื่องดื่ม เศษโลหะ อลูมิเนียม ยางรถยนต์
ขยะอันตราย /มูลฝอยอันตราย (Hazardous waste)	ขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สินหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี
ขยะทั่วไป /มูลฝอยทั่วไป (General waste)	ประเภทอื่นนอกเหนือจากประเภทที่กล่าวข้างต้น มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร โฟมเปื้อนอาหาร ฟอยล์เปื้อนอาหาร

6.4 องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

องค์ประกอบของขยะมูลฝอยทางกายภาพสามารถจำแนกออกเป็น 12 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1) **เศษอาหาร** เป็นองค์ประกอบที่ย่อยสลายได้รวดเร็วและมักเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็น ต้นเหตุของแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน เนื่องจากขยะมูลฝอยประเภทนี้เป็นองค์ประกอบหลักและยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่น้อยมาก ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพื้นที่ในการกำจัด ตลอดจนการเก็บรวบรวมและขนส่ง ขยะมูลฝอยประเภทนี้ เช่น เศษอาหาร ผัก ผลไม้ มูลสัตว์ ซากสัตว์

2) **กระดาษ** หมายถึง เศษกระดาษที่ใช้แล้ว เช่น นิตยสาร หนังสือพิมพ์ รวมถึงกระดาษกล่อง (ลูกฟูกน้ำตาล/ขาว) กระดาษห่อของ กระดาษแข็ง เช่น แผงขนมหรือแผงของเล่น กระดาษกล่องนม น้ำผลไม้ และกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน ซึ่งขยะมูลฝอยประเภทนี้มีความจำเป็นที่ต้องหมุนเวียนนำมาใช้อีก เนื่องจากกระดาษผลิตจากต้นไม้ ดังนั้นการหมุนเวียนใช้กระดาษเป็นการช่วยลดการตัดต้นไม้ นอกจากนี้ยังลดการใช้พลังงานในการผลิตและลดของเสียจากกระบวนการผลิตสู่สิ่งแวดล้อมด้วย

3) **พลาสติก** เป็นวัสดุที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันของสังคมมนุษย์เป็นอย่างมาก ในปัจจุบันส่วนใหญ่สังเคราะห์ขึ้นจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม พลาสติกที่พบในมูลฝอยชุมชนจัดได้เป็น 7 ชนิด ดังนี้

- พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET)
- พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE)

- พลาสติกชนิดโพลิไวนิล คลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC)
- พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE)
- พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)
- พลาสติกชนิดโพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)
- พลาสติกชนิดอื่น ๆ

ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ โดยเฉลี่ยมีอายุการใช้งานสั้นมาก เมื่อเทียบกับความทนทานของเนื้อพลาสติก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยกว่า 2 ปี ส่งผลให้ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้องมีกระบวนการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย คุณค่าของพลาสติกไม่ตกลงมากนัก แต่เงื่อนไขสำคัญคือ ชนิดของพลาสติกที่ใช้ผสมต้องเป็นชนิดเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติการแยกแยะชนิดพลาสติกทำได้ไม่ง่ายนัก เนื่องจากพลาสติกแต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้สะดวกต่อการแยกแยะชนิดพลาสติกสำหรับการรีไซเคิล จึงได้กำหนดประเภทของพลาสติกโดยใช้รหัสตัวเลข 1 ถึง 7 ที่ภาชนะ

4) **ยาง** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยาง เช่น รองเท้า ลูกบอล ยางรัดของ เศษยางล้อรถ ฯลฯ

5) **หนัง** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหนัง เช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอลหนัง กระเป๋าหนัง ฯลฯ

6) **ผ้า** หมายถึง สิ่งทอต่าง ๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินิน ผ้าไนลอน ตัวอย่างเช่น ด้าย เสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ

7) **ไม้** วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ เช่น กล่อง/ลังไม้ เก้าอี้ โต๊ะ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ฯลฯ

8) **แก้ว** เป็นวัสดุที่มีผิวราบเรียบและแข็งใส แต่เปราะบาง แตกร้าวได้ง่าย แก้วเกิดขึ้นจากการหลอมละลายของวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ทราย เถ้า โซดา หินปูน และแร่เฟลด์สปาร์ โดยสามารถหลอมให้เป็นรูปร่างและสีสันแปลก ๆ แตกต่างกันได้ นิยมนำแก้วมาทำเป็นภาชนะใส่ของต่าง ๆ เช่น อาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอาง ฯลฯ เพราะแก้วไม่ทำปฏิกิริยากับสารใด ๆ ที่จะใส่ในภาชนะแก้วนั้น ๆ แก้วจึงเป็นภาชนะที่ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและเป็นขยะที่ไม่ย่อยสลาย แต่เดิมแก้วไม่เคยสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เพราะขวดแก้วที่ใช้บรรจุเครื่องดื่มในท้องตลาดจะใช้ระบบ “ใช้แล้วคืนขวด” เพื่อให้บริษัทผู้ผลิตสินค้านั้นนำกลับไปล้างใช้ใหม่ แต่ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ขวด “วันเวย์” คือ ใช้แล้วทิ้งมีเพิ่มมากขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายของคนรุ่นใหม่ แต่กลับสร้างภาระให้กับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ขวดเครื่องดื่มชูกำลัง ซึ่งคาดว่ามีการใช้แล้วทิ้งถึงวันละ 1 ล้านขวด

9) **โลหะ** สำหรับโลหะที่พบปะปนอยู่ในกองมูลฝอยมีทั้งที่ประกอบจากเหล็กและโลหะอื่น ๆ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว เงิน ซึ่งในปัจจุบันมีโลหะบางประเภทที่มีการซื้อขายกัน ได้แก่ อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส

10) **หิน กระเบื้อง** หรืออาจหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหิน ตัวอย่างเช่น กระเบื้องมุงหลังคา/ปูพื้น กรุผนัง หรือเครื่องประดับตกแต่งอาคาร ถ้วย ชาม กระทะ ฯลฯ

11) **ขยะมูลฝอยอันตราย** หมายถึง ของเสียใด ๆ ที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ซึ่ง ได้แก่ วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ หรือวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อนที่ทำให้เกิดระคายเคือง วัตถุอย่างอื่น

ไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของเสียอันตรายจากบ้านเรือน ได้แก่ ถ่านไฟฉาย ถ่านโทรศัพท์ แบตเตอรี่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ กระป๋องบรรจุสารเคมี/ยาฆ่าแมลง (สเปรย์) กระป๋องน้ำมันเครื่อง เป็นต้น

12) อื่น ๆ หมายถึง สิ่งของที่ถูกทิ้ง ของที่เหลือจากการใช้ของเสื่อมสภาพ หรือไม่เป็นที่ต้องการ ซึ่งไม่สามารถแยกประเภทได้ เช่น ผ้าอ้อมสำเร็จรูป ผ้าอนามัย และกระดาษทิชชู เป็นต้น

6.5 อัตราการเกิดขยะมูลฝอย

อัตราการเกิดขยะมูลฝอย หมายถึง ปริมาณการผลิตขยะมูลฝอยของคนหรือสถานที่ต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อคนต่อวัน เช่น เทศบาล ก มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน โรงแรม มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 2 กิโลกรัมต่อห้องต่อวัน ในการคำนวณหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอยสามารถดำเนินการได้ 2 แบบ คือ การหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด และการหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัด

การหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด เป็นการนำน้ำหนักของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นหารด้วยจำนวนหน่วย เช่น จำนวนคน ขนาดของพื้นที่ จำนวนห้อง จำนวนเตียง เป็นต้น แต่การกำหนดตัวเลขของอัตราการเกิดต้องศึกษาครอบคลุมตลอดสัปดาห์ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน รวมทั้งต้องครอบคลุมวันเวลาราชการและวันหยุดราชการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่แท้จริง การหาอัตราการเกิดขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัด สามารถหาได้จากน้ำหนักของขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัดในแต่ละวัน หารด้วยจำนวนประชากรของเมืองหรือเขตการให้บริการเก็บขน

$$\text{อัตราการเกิดขยะมูลฝอย (กก./คน/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักขยะมูลฝอยที่ชั่งได้ (กก./วัน)}}{\text{จำนวนประชากรที่ได้รับบริการเก็บขนขยะมูลฝอย (คน)}}$$

ข้อมูลอัตราการเกิดขยะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เกิดในชุมชน มีความสำคัญยิ่งต่อการใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย เพราะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนเลือกวิธีที่เหมาะสมต่อการจัดการขยะมูลฝอยในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด การให้บริการเก็บรวบรวม การแปรรูป การแปลงสภาพ การขนส่ง การกำจัด และการคาดการณ์ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในอนาคต

6.6 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในสถานที่ที่ต่างกันจะมีความแตกต่างกัน ภาพรวมของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยแสดงในภาพที่ 6.1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

1) การลดมูลขยะฝอยที่ต้นทาง

การลดมูลฝอยต้นทาง ประกอบด้วย การใช้น้อย การใช้ซ้ำ และการนำมูลฝอยผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Reduce, Reuse, Recycle ; 3Rs)

- **การใช้น้อย (reduce)** สามารถทำโดย การลดระดับหรือการควบคุมปริมาณการใช้ให้อยู่ภายในสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อเป็นการลดปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น เช่น การใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก การไม่รับถุงพลาสติก การใช้ปิ่นโตแทนการใช้โฟม การหลีกเลี่ยงการซื้อวัสดุสิ้นเปลืองแบบใช้ครั้งเดียว เป็นต้น
- **การใช้ซ้ำ (reuse)** เป็นการนำสิ่งของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า ยกตัวอย่าง เช่น การใช้กระดาษสองหน้า การใช้ภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ การใช้บรรจุภัณฑ์หลายครั้งก่อนทิ้ง เป็นต้น
- **การนำกลับมาใช้ใหม่ (recycl)** เป็นการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยการหมุนเวียนวัสดุกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตของวัสดุแต่ละประเภทเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชนใหม่ ยกตัวอย่างเช่น การแยกขวดพลาสติก ขวดแก้ว กระดาษ และโลหะ เพื่อให้ผู้รับซื้อของเก่าไปส่งให้โรงงานนำกลับไปผลิตใหม่

2) ทัศนคติและความตระหนัก

ทัศนคติและความตระหนักของประชาชนต่อการปรับเปลี่ยนอุปนิสัยการบริโภค เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะมูลฝอย มีผลสำคัญต่อการลดปริมาณขยะ ตัวอย่างเช่น การเลือกใช้ภาชนะรับประทานอาหารและน้ำดื่มที่ใช้ซ้ำได้แทนการใช้ภาชนะประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้ง การใช้ผ้าอ้อมทารกชนิดผ้า ซึ่งนำไปซักแล้วใช้ได้อีกแทนการใช้ผ้าอ้อมสำเร็จรูป การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เติมใหม่ได้เมื่อใช้หมด(refill) จะช่วยลดขยะบรรจุภัณฑ์บางประเภทให้น้อยลง การเลือกซื้อสินค้าที่มีปริมาณบรรจุมากในภาชนะขนาดใหญ่ นอกจากจะราคาถูกลงแล้ว ยังทำให้เกิดขยะบรรจุภัณฑ์น้อยกว่าสินค้าที่มีปริมาณบรรจุน้อย และสามารถเก็บภาชนะบรรจุขนาดใหญ่นั้นไว้ใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป

3) กฎหมายและระเบียบข้อบังคับ

กฎหมายมีผลกระทบโดยตรงกับปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีการออกกฎหมายเพื่อส่งเสริมให้เกิดการลดปริมาณขยะบางประเภท เช่น กฎหมายบังคับให้ผู้ผลิตสินค้าบางประเภทใช้วัตถุดิบส่วนหนึ่งจากการหมุนเวียนกลับ (recycle) กฎหมายบังคับให้ผู้ผลิตเครื่องดื่มบรรจุขวดหรือกระป๋องอลูมิเนียมรับซื้อกระป๋องและขวดเปล่าคืนจากผู้บริโภค (Beverage Container Deposit Laws) แล้วนำไปผลิตใหม่ (recycling) กฎหมายส่งเสริมให้มีการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน เช่น เผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า กฎหมาย Waste Diversion เป็นกฎหมายที่กำหนดให้ผู้ผลิตทำการผันเปลี่ยนทิศทางการเดินทางของขยะที่จะไปสู่สถานที่กำจัด (ฝังกลบ) ไปสู่วิธีการอื่น ๆ ซึ่งจะลดปริมาณขยะที่จะต้องกำจัดโดยการฝังกลบ ตัวอย่างเช่น บริษัทผลิตหมึกพิมพ์เครื่องถ่ายเอกสารและหมึกเครื่องพิมพ์เลเซอร์ จะรับคืนตลับหมึกเปล่าที่ใช้หมดแล้วจากลูกค้าเพื่อนำไปหมุนเวียนกลับ (recycling) เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเครื่องใช้ต่าง ๆ

4) ภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ และฤดูกาล

ความแตกต่างกับทางภูมิประเทศและภูมิอากาศมีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะ เพราะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิต เช่น ในพื้นที่ภูมิประเทศที่ทำการเกษตรจะมีขยะแตกต่างจากพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่อื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลให้ปริมาณองค์ประกอบของขยะเปลี่ยนแปลงด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกสิกรรม เช่น ในประเทศเขตร้อนจะมีปริมาณเศษผลไม้มากในฤดูกาลที่ผลไม้ออกสู่ตลาด

5) การพัฒนาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

การพัฒนาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีทำให้มีการผลิตพลาสติกชนิดต่าง ๆ ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสินค้าและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรจุภัณฑ์พลาสติกในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ทำให้ขยะจากบ้านเรือนมีพลาสติกเพิ่มมากขึ้น

6) สภาวะเศรษฐกิจและสังคมของประชากร

สภาวะเศรษฐกิจและสังคมเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดลักษณะการอุปโภคบริโภคและกิจกรรมในการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปพบว่า ประชากรที่มีระดับการครองชีพสูงจะทำให้เกิดขยะมูลฝอยมากกว่าประชากรที่มีระดับครองชีพต่ำ และองค์ประกอบขยะมูลฝอยที่แตกต่างกันด้วย

7) การใช้ที่ดินและความหนาแน่นของชุมชน

การใช้ที่ดินที่ต่างกัน เช่น เขตที่อยู่อาศัย เขตอุตสาหกรรม เขตกสิกรรม หรือเขตพาณิชยกรรม ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ความหนาแน่นของการใช้ที่ดินและจำนวนประชากรมีผลโดยตรงต่อปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิด ชุมชนที่หนาแน่นมากก็ย่อมจะมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่าชุมชนที่มีประชากรเบาบาง

8) การบริการเก็บขนขยะมูลฝอย

การบริการเก็บขนขยะมูลฝอยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณขยะที่เก็บขนได้ หากมีความถี่ในการให้บริการเก็บขนขยะมาก จะทำให้มีปริมาณขยะที่เก็บได้มากกว่าการเก็บขนที่มีความถี่น้อยกว่า นอกจากนี้การคิดค่าบริการเก็บขนก็มีผลต่อปริมาณและประเภทของขยะที่ประชาชนจะทิ้ง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความถูกหรือแพงของอัตราค่าบริการและระบบการคิดค่าบริการแบบคงที่หรือแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณและชนิดของขยะ

6.7 สถานการณ์และปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย

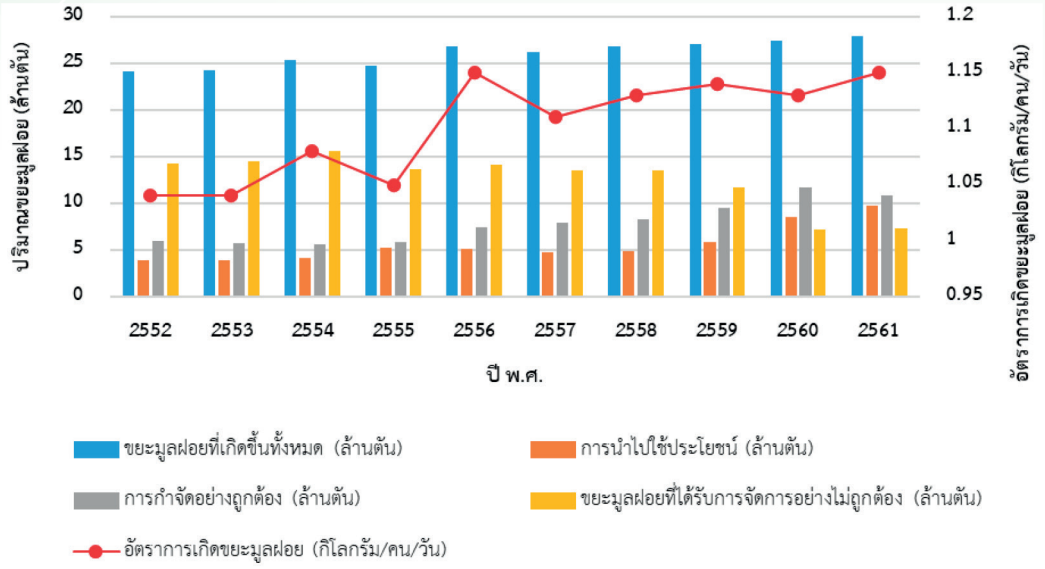
ปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญที่อยู่คู่กับสังคมไทยมายาวนาน และนับวันยิ่งมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี มีการประดิษฐ์และพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกของมนุษย์มากขึ้น ทำให้ลักษณะการใช้ชีวิตประจำวันเปลี่ยนแปลงไปก่อให้เกิดปริมาณของเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก มีทั้งขยะจากภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และภาคครัวเรือน เป็นสาเหตุให้มีจำนวนขยะเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองและชุมชนขนาดใหญ่ ลักษณะหรือองค์ประกอบของขยะเปลี่ยนแปลงไปตามความเจริญและลักษณะวิถีการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้คน ปัญหาจากของเหลือทิ้งทำให้ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณมาก แต่หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบในการจัดการขยะมูลฝอยไม่สามารถจัดเก็บและกำจัดได้ทั้งหมด อีกทั้งกระบวนการการกำจัดขยะที่ใช้อยู่ยังไม่เหมาะสม ทำให้มีขยะมูลฝอยตกค้างในชุมชนและสถานที่กำจัด ก่อเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในที่สุด

1) ปริมาณและอัตราการเกิดขยะมูลฝอย และสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอย

ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ใน ปี พ.ศ. 2561 ประมาณ 27.93 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.05 จากปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 27.37 ล้านตัน เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมืองและการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมืองในหลายพื้นที่ รวมทั้งการส่งเสริมการท่องเที่ยวของประเทศไทยทำให้มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ยประมาณ 1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 1.13 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน

ในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง 10.85 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 38.85 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด ลดลงร้อยละ 7.19 จากปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 11.69 ล้านตัน ส่วนที่เหลือเป็นขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้องประมาณ 7.32 ล้านตันคิดเป็นร้อยละ 26.21 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.09 จาก ปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 7.17 ล้านตัน ส่วนขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์มีประมาณ 9.76 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 34.94 ของปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.69 จากปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 8.51 ล้านตัน เนื่องจากมีการคัดแยกบริเวณต้นทางเมื่อพิจารณาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2552 -2561) พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในช่วงหลัง ปี พ.ศ. 2557 พบว่า การจัดการขยะมูลฝอยมีแนวโน้มดีขึ้น หลังจากที่มีการประกาศให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ โดยมีปริมาณขยะที่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น เนื่องจากรัฐบาลมีการส่งเสริมให้เกิดกลไกการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

ภาพที่ 6.2 แสดงข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยปริมาณมูลฝอย อัตราการเกิดมูลฝอย การนำไปใช้ประโยชน์และวิธีการกำจัด ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2561 สถิติที่เกิดขึ้นในรอบ 10 ปี สะท้อนถึงการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทย ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพการจัดการดีขึ้นเรื่อย ๆ และปริมาณการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณขยะยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาและข้อจำกัดการจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยที่เป็นปัญหาใหญ่ที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหลายแห่งกำลังประสบอยู่ในปัจจุบัน ดังนี้



ภาพที่ 6.2 สถานการณ์ขยะมูลฝอยประเทศไทย พ.ศ. 2552-2561

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ

2) ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย

ปัญหาและข้อจำกัดการจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย สรุปได้ดังนี้

(1) ปริมาณขยะมูลฝอยตกค้าง ปริมาณขยะมูลฝอยตกค้างอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยส่วนใหญ่ดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยมีการเผากลางแจ้ง กองทิ้งในบ่อดินเก่า หรือพื้นที่รกร้าง

(2) สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการมีไม่เพียงพอ เนื่องจากการจัดหาพื้นที่ก่อสร้างสถานที่กำจัดทำได้ยาก ที่ดินมีราคาแพง บางแห่งเป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม หรือพื้นที่ของทางราชการการขออนุญาตใช้พื้นที่ต้องใช้ระยะเวลานาน หรือไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้พื้นที่

(3) การคัดค้านจากประชาชน เนื่องจากประชาชนไม่เห็นด้วยที่จะให้มีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่ในพื้นที่ของตนเอง ส่งผลให้สถานที่กำจัดที่ก่อสร้างแล้วไม่สามารถเปิดเดินระบบกำจัดขยะได้ หรือคัดค้านไม่ให้ก่อสร้างสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยใหม่

(4) นโยบายของผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ไม่ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะมูลฝอย บางแห่งขาดความต่อเนื่องในการบริหารจัดการ

(5) องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ อุปกรณ์ เครื่องมือในการเก็บขนและกำจัดไม่เพียงพอ และยังไม่มีระบบเก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอยแบบแยกประเภทเพื่อรองรับการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ต้นทาง

(6) การขาดระบบรองรับ การให้บริการจัดการขยะมูลฝอยในแหล่งท่องเที่ยว เช่น อุทยาน เกาะ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กและที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล จึงไม่ได้มีการวางแผนและการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการจัดการขยะมูลฝอยควบคู่ไปกับการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว

(7) การขาดความร่วมมือและความตระหนักของประชาชน นักท่องเที่ยว และผู้ประกอบการไม่ให้ความร่วมมือในการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง รวมถึงยังมีการใช้สินค้าอย่างฟุ่มเฟือย เช่น ใช้บรรจุภัณฑ์ที่กำจัดยาก และย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก

(8) การขาดกฎระเบียบบังคับเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย ปัญหานี้ เช่น เทศบัญญัติการเก็บ ขนขยะมูลฝอยแบบแยกประเภท เทศบัญญัติการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการเก็บขนและกำจัดมูลฝอย เป็นต้น รวมทั้งการบังคับใช้กฎหมายยังไม่มีประสิทธิภาพอย่างเพียงพอ

(9) การขาดประสิทธิภาพของการจัดเก็บค่าธรรมเนียม หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการจัดเก็บค่าธรรมเนียมไม่มีประสิทธิภาพและดำเนินการไม่ครอบคลุมและไม่สะท้อนต้นทุนการจัดการขยะมูลฝอยทั้งระบบ

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยประสบกับปัญหาวิกฤตขยะที่ยังไม่สามารถกำจัดได้หมด และมีแนวโน้มจะมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การบริหารจัดการและกระบวนการกำจัดขยะตกค้างยังไม่มีประสิทธิภาพ ต้องได้รับการแก้ไขอยู่ตลอดเวลา หากปัญหาดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไขโดยเร็วจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากขยะมูลฝอยเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ ทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส ซึ่งมีผลต่อสุขภาพทำให้เกิดการเจ็บป่วย เกิดการแพร่กระจายและการระบาดของโรค เช่น อหิวาตกโรค กาฬโรค โรคทางเดินหายใจ เป็นต้น รวมถึงยังทำลายสภาพภูมิทัศน์ที่สวยงามและขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายแห่งได้ออกนโยบายหรือมาตรการต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาให้สอดคล้องกับสภาพสังคมในปัจจุบัน ทางออกสำคัญของการแก้ปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอย คือ การสร้างรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยที่มีความเหมาะสม การวางระเบียบและมาตรการต่าง ๆ ร่วมกับการสร้างวินัยของคนเพื่อมุ่งสู่การจัดการที่ยั่งยืน

การจัดการขยะที่สำคัญจึงประกอบด้วยการจัดการที่ต้นทาง กลางทาง และปลายทาง การจัดการขยะที่ต้นทาง คือ ระดับครัวเรือนและชุมชนเพื่อมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสร้างจิตสานึกและวินัยในการจัดการขยะ การจัดการขยะกลางทาง คือ การจัดระบบการเก็บ รวบรวม และขนส่ง ให้รองรับขยะแบบแยกประเภท การจัดการขยะปลายทาง คือ การใช้หลักวิชาการมาช่วยให้สามารถนำขยะบางส่วนมารีไซเคิล โดยเน้นการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) ในทุกภาคส่วน เพื่อแก้ไขปัญหาได้ในระยะยาวและนำไปสู่ความยั่งยืนได้ (สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2562)

6.8 ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม

การจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) การทำลายความสวยงามของทัศนียภาพ

ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น หากจัดเก็บไม่มิดชิด หรือบริการเก็บขนไม่เพียงพอ และไม่เหมาะสม ขยะมูลฝอยที่หกหล่นเรี่ยราดอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ จะทำให้ทัศนียภาพความสวยงามของสถานที่นั้นถูกบั่นทอนลง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตของผู้สัญจรและกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยว

2) การเป็นแหล่งอาหารและแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรค

การจัดการขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง เช่น ภาชนะใส่ขยะมูลฝอยไม่มิดชิด หรือมีขนาดไม่เพียงพอการเก็บขนหรือการกำจัด โดยการกองทิ้งบนดินหรือทิ้งในที่ลุ่มจะเป็นแหล่งอาหารและแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและสัตว์พาหะนำโรคได้โดยเฉพาะแมลงวัน เศษอาหารในกองขยะหรือถังขยะที่ปิดไม่มิดชิดจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของหนู ขยะมูลฝอยประเภทกระป๋อง ขวด ยางรถยนต์ ซึ่งขังน้ำได้จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่ดีของยุงลายซึ่งเป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออก

3) การก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

การจัดการขยะที่ไม่ถูกต้องจะก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เช่น ขยะที่กองไว้บนดิน มักจะลุกไหม้อย่างช้า ๆ ทำให้เกิดควันและกลิ่น ก่อเหตุรำคาญและปัญหาสุขภาพต่อชุมชนใกล้เคียง พลาสติกบางประเภท เช่น PVC เมื่อเผาจะเกิดกรดไฮโดรคลอลิก ซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศที่รุนแรงในบริเวณใกล้เคียง การทิ้งขยะลงสู่แม่น้ำลำคลองจะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่วนขยะที่กองทิ้งไว้จะถูกน้ำฝนชะทำให้เกิดน้ำเสียไหลลงสู่แม่น้ำ ลำธาร และซึมลงสู่ชั้นดิน ปนเปื้อนต่อดินและน้ำในดิน

4) การเสื่อมค่าที่ดิน

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีที่ไม่ถูกต้องหรือไม่มีการวางแผนที่ดี เช่น กองทิ้งบนพื้นดิน ที่ดินบริเวณนั้นจะใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ และที่ดินบริเวณโดยรอบจะถูกรบกวนด้วยแมลง หนู และฝุ่นควัน ทำให้ราคาที่ดินดังกล่าวลดลง นอกจากนี้หากใช้รถเก็บขนขยะมูลฝอยไม่เหมาะสม ราคาที่ดินในบริเวณเส้นทางที่รถเก็บขนขยะมูลฝอยเดินทางผ่านเพื่อไปยังสถานที่กำจัดก็อาจลดต่ำลง

5) การต่อต้านของประชาชน

ปัญหาที่เกิดจากวิธีกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง ที่ผ่านมาได้สร้างปัญหาให้กับชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดขยะ จนเกิดการร้องเรียนปรากฏเป็นข่าวในจังหวัดต่าง ๆ ประชาชนจึงเกิดทัศนคติด้านลบต่อการวางแผนใช้ที่ดินเพื่อการกำจัดขยะมูลฝอย แม้ว่าจะมีวิธีการดำเนินงานที่ถูกหลักวิชาการก็ตาม ปัญหานี้เป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อความราบรื่นในการดำเนินงานจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดความล่าช้าในการแก้ปัญหาขยะมูลฝอยที่มีอยู่

6.9 ระบบการจัดการขยะมูลฝอย

องค์ประกอบหลักของระบบการจัดการมูลฝอย ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย การเก็บขนขยะมูลฝอย การขนถ่ายและขนส่งขยะมูลฝอย และการกำจัดขยะมูลฝอย

1) การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย

การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย คือ การเก็บขยะมูลฝอยมาเก็บขนไปเทใส่รวบรวมในรถบรรทุกขยะ และการที่พนักงานกวาดถนนเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไว้ให้รถขยะ ขยะมูลฝอยที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ จะถูกนำไปถ่ายใส่ในรถบรรทุกขยะ เพื่อที่จะขนส่งต่อไปยังสถานกำจัดขยะมูลฝอย การเก็บรวบรวมขยะที่ถูกต้องภายในบ้านควรใช้ภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด น้ำไม่สามารถรั่วซึมได้ เช่น ถังเหล็กหรือถังพลาสติก การใช้ถังเหล็ก

อาจจะผุกร่อนได้ง่ายกว่าถังพลาสติก ไม่ควรใช้เข่งในการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย ภาชนะรองรับขยะมูลฝอยที่เหมาะสมควรมีลักษณะ ดังนี้

(1) ถังขยะและจุดรวบรวมขยะมูลฝอย เพื่อให้การจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่จะต้องมีการทิ้งขยะมูลฝอยแยกตามประเภทของถังรองรับขยะมูลฝอย โดยมีถุงพลาสติกบรรจุภายในถังเพื่อความสะดวกในการเก็บขน ดังนี้

- ถังสีเขียว ใช้สำหรับรองรับขยะมูลฝอยที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น ผัก ผลไม้ เศษอาหารใบไม้
- ถังสีเหลือง ใช้สำหรับรองรับขยะมูลฝอยที่สามารถนำมารีไซเคิลหรือขายได้ เช่น แก้ว
- กระดาษ พลาสติก โลหะ
- ถังสีฟ้า ใช้สำหรับรองรับขยะมูลฝอยทั่วไป ได้แก่ มูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้ ไม่เป็นพิษและไม่คุ้มค่าต่อการนำไปรีไซเคิล เช่น พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติก โฟม และฟอยล์ที่เปื้อนอาหาร



- ถังสีส้ม ใช้สำหรับรองรับขยะมูลฝอยที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขวดยา ถ่านไฟฉาย กระป๋องสีสเปรย์ กระป๋องยาฆ่าแมลง ภาชนะบรรจุ สารอันตรายต่าง ๆ

ทั้งนี้ อาจใช้ถังที่สามารถรองรับขยะมูลฝอยได้ทั้ง 4 ประเภทในถังเดียวกัน โดยแบ่งพื้นที่ของถังขยะมูลฝอยออกเป็น 4 ช่อง แยกสีให้เห็นชัดเจนเพื่อใช้แยกประเภทของขยะมูลฝอย สำหรับถุงพลาสติกในแต่ละถังแยกสีโดยใช้เชือกมัดปากถุงสีเดียวกับถังที่ใช้รองรับขยะมูลฝอยตามประเภทดังกล่าวข้างต้น

สถานที่บางแห่งที่มีขยะมูลฝอยปริมาณมากควรมีคอนเทนเนอร์ขนาดใหญ่ตั้งไว้ สำหรับให้ประชาชนทิ้งขยะมูลฝอย ดังนี้

(1) ถังคอนเทนเนอร์ความจุ 4,000-5,000 ลิตร ควรวางไว้ที่ห้างสรรพสินค้า สวนสาธารณะ ตลาด ภัตตาคาร สนามกีฬา

(2) ถังขนาดความจุ 120-150 ลิตร ควรวางไว้ที่ห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา สนามกีฬา โรงแรม โรงพยาบาล สถานีบริการน้ำมัน ทางเข้าหมู่บ้าน

(3) ถังพลาสติกความจุ 50-60 ลิตร ควรวางไว้ที่จุดที่กลุ่มชนส่วนใหญ่มีกิจกรรมร่วมกัน เช่น ตลาด

(4) การคัดแยกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะย่อยสลายได้ ขยะทั่วไป และขยะอันตราย เป็นแนวปฏิบัติที่สามารถนำขยะมูลฝอยกลับไปใช้ประโยชน์ได้ใหม่และสะดวกต่อการกำจัด

(2) เกณฑ์มาตรฐานของถังขยะ ถังขยะมูลฝอยควรมีสัดส่วนของพลาสติกที่นำมาใช้ใหม่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ไม่มีส่วนประกอบสารพิษ (toxic substances) หากจำเป็นควรใช้สารเติมแต่งในปริมาณที่น้อยและเป็นสารเติมแต่งที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ของสารที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค มีความทนทาน แข็งแรงตามมาตรฐานสากล มีขนาดพอเหมาะ มีความจุเพียงพอต่อปริมาณขยะมูลฝอย สะดวกต่อการถ่ายเทขยะมูลฝอย การทำความสะอาด และสามารถป้องกันแมลงวัน หนู แมว สุนัข และสัตว์อื่น ๆ มิให้สัมผัสหรือคุ้ยเขี่ยขยะมูลฝอยได้

(3) จุดรวบรวมขยะมูลฝอย ควรมีการจัดตั้งจุดรวมรวบขยะมูลฝอยขึ้น เพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมและความประหยัด โดยกำหนดไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ ได้แก่ หมู่บ้าน โรงอาหาร โรงภาพยนตร์ เช่น ในหมู่บ้านจัดสรร กำหนดให้มีจุดรวบรวม 1 จุด ต่อจำนวนครัวเรือน 50 - 80 หลังคาเรือน จุดที่ตั้งอาจเป็นทางเข้าหมู่บ้าน สำหรับอพาร์ตเมนต์อาจจะตั้งที่ลานจอดรถ บ้านที่อยู่ในซอยจุดแรกจะตั้งหน้าปากซอย แต่ละครัวเรือนจะรวบรวมขยะมูลฝอยที่คัดแยกได้ โดยถุงพลาสติกตามประเภทของสีต่าง ๆ มาทิ้งที่จุดรวบรวมขยะมูลฝอย ดังแสดงในภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 ตัวอย่างถังรองรับขยะมูลฝอย

2) การเก็บขนขยะมูลฝอย

การเก็บขนขยะมูลฝอย เป็นการบรรทุกขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ไปยังสถานที่กำจัด ซึ่งอาจเป็นการขนส่งโดยตรงจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยไปยังสถานกำจัดเลยทีเดียว หรืออาจขนขยะมูลฝอยไปพักที่ใดที่หนึ่ง ซึ่งเรียกว่าสถานีขนถ่ายขยะก่อนจะนำไปยังแหล่งกำจัดก็ได้ ระบบการเก็บขนขยะมูลฝอย แบ่งตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 ระบบคือ ระบบถังอยู่กับที่ (stationary container system) และระบบบรรทุกถังขยะ (hauled container system)

(1) ระบบถังอยู่กับที่ ระบบนี้ใช้ได้กับการเก็บรวบรวมขยะทุกประเภท โดยการถ่ายขยะจากถังขยะใส่ตัวรถเก็บขยะ ถ้าเป็นถังขยะขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมาก รถเก็บรวบรวมจะต้องมีอุปกรณ์ยกถังเพื่อเทขยะใส่รถ หากเป็นถังขนาดเล็กก็ใช้แรงคนในการเทขยะจากถังขยะใส่รถ รถที่มีอุปกรณ์ยกถังขยะและอัดขยะให้แน่นจะสามารถถ่ายขยะจากหลาย ๆ สถานที่ (ภาพที่ 6.4) จนกระทั่งเต็มจึงเดินทางไปเทขยะออกจากรถ ณ จุดที่กำหนดปริมาตรของรถเก็บรวมรวมขยะในระบบนี้มีหลายขนาดตั้งแต่ 1-10 ลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับปริมาณขยะที่จะต้องเก็บรวบรวม สภาพการจราจร และความกว้างของถนน

โดยทั่วไปจำนวนบุคลากรที่ต้องใช้ในระบบเก็บรวบรวมขยะแบบถังอยู่กับที่นี้จะมีประมาณ 1-5 คน ต่อรถ 1 คัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนถังขยะที่ต้องเทใส่รถ และวิธีการเก็บขนที่ต้องใช้แรงงานมากน้อยแตกต่างกัน เช่น ในพื้นที่หรือเส้นทางซึ่งมีประชากรไม่มากนัก และใช้วิธีเก็บรวบรวมจากริมบาทวิถี โดยถนนที่ใช้มีความกว้างพอที่จะให้รถเก็บขนจอดเทขยะโดยไม่กีดขวางการจราจร และสภาพการจราจรไม่หนาแน่น ลักษณะเช่นนี้ สามารถใช้เจ้าหน้าที่เพียง 1 คน ในการทำหน้าที่ทั้งขับรถและถ่ายขยะใส่รถ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 6.4 การเก็บรวบรวมขยะจากภาชนะเก็บกักที่มีน้ำหนักมาก โดยใช้เครื่องจักรกลยกภาชนะเทใส่รถ ด้านหน้า (ก) และด้านข้าง (ข) ในระบบเก็บขนแบบถังอยู่กับที่

(2) **ระบบบรรทุกถังขยะ** ระบบการเก็บขนถังขยะที่ใส่ขยะเต็มแล้วไปยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย จากนั้นจึงทำการเทขยะออกแล้วบรรทุกถังเปล่านั้นกลับไปยังที่เดิมหรือนำไปแลกเปลี่ยนกันกับถังที่เต็ม ณ จุดอื่น เพื่อจะได้บรรทุกถังเต็มไปยังจุดกำจัดอีก (ภาพที่ 6.5)



ภาพที่ 6.5 ระบบรถบรรทุกถังขยะที่มีภาชนะเก็บกักขนาดใหญ่สำหรับขนขยะไปสถานที่กำจัด

ระบบนี้เหมาะกับการเก็บขนขยะจากจุดที่เกิดขยะมาก ๆ ซึ่งใช้ถังขนาดใหญ่ที่มีปริมาตร ตั้งแต่ 4-30 ลูกบาศก์เมตร เมื่อถังเต็มนำรถมาทำการยกถังขึ้นรถแล้วนำไปเทที่สถานที่กำจัด ทำให้ประหยัดเวลาที่จะต้องถ่ายเทขยะจากถังขนาดเล็กหลาย ๆ ใบ และยังลดปัญหาความไม่น่าดูและสภาพไม่ถูกหลักสุขาภิบาล อันเนื่องมาจากถังขยะขนาดเล็กจำนวนมาก ในการเก็บขนควรใส่ขยะให้เต็มก่อนที่จะบรรทุกออกไป หากขยะมีความหนาแน่นน้อย ควรจะมีเครื่องอัดขยะให้แน่น เพื่อการบรรทุกได้มากขึ้นจึงจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บขนโดยระบบนี้ โดยทั่วไปในระบบนี้จะสามารถใช้กำลังคนเพียงคนเดียวซึ่งทำหน้าที่ทั้งขับรถมายังจุดวางถัง ยกถังขยะขึ้นรถ โดยยกเครื่องยกขับรถไปยังจุดกำจัดเพื่อถ่ายขยะออก และขับรถนำถังเปล่านั้นกลับมาที่เดิม แต่ในบางกรณีอาจจะมีผู้ช่วยอีก 1 คน เพื่อช่วยให้การปฏิบัติงานปลอดภัยและรวดเร็วขึ้น

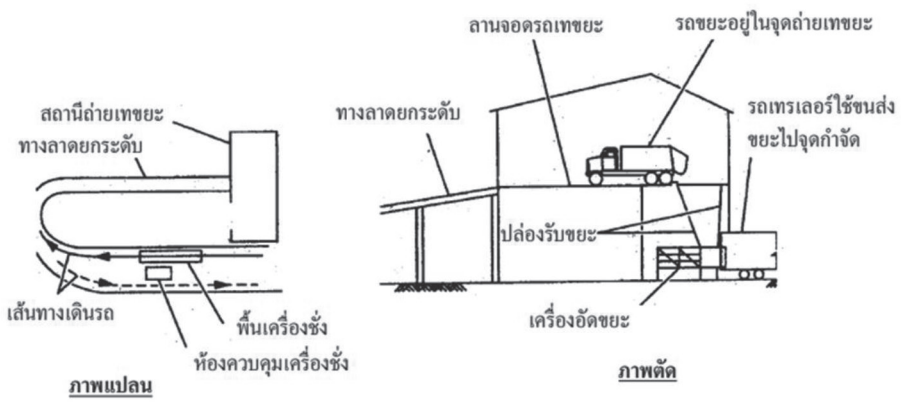
ในประเทศไทย โดยทั่วไปในเขตที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนนมักจะเก็บรวบรวมขยะโดยวิธีวางไว้ริมบาทวิถีในช่วงเวลาการจราจรเบาบาง เช่น ตอนกลางคืน สำหรับพื้นที่ซึ่งรถขยะเข้าไม่ได้ เจ้าหน้าที่จะใช้รถเข็นนำภาชนะรวบรวมขยะขนาดใหญ่ไปถ่ายขยะจากถังขยะแล้วนำไปเทใส่รถ ระบบการเก็บขนจะเป็นชนิดถังอยู่กับที่ ซึ่งเป็นระบบเก็บขนที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในกรุงเทพมหานคร และเทศบาลต่าง ๆ สำหรับสถานที่ที่มีขยะมูลฝอยปริมาณมาก เช่น ตลาด ศูนย์การค้า อาคารสูง โรงพยาบาล ซึ่งใช้ภาชนะมาตรฐานขนาดใหญ่ที่ใช้กับระบบเก็บขน แบบบรรทุกถังขยะ เมื่อขยะเต็มถัง เจ้าหน้าที่จะนำรถมายกถังขยะขนาดใหญ่เหล่านี้ขึ้นรถแล้ว นำไปเทยังสถานที่ที่กำหนด

3) การขนถ่ายและขนส่งขยะมูลฝอย

ในการขนส่งขยะมูลฝอยจากจุดกำเนิดไปยังสถานที่กำจัดที่อยู่ห่างไม่ไกลออกไปจะต้องทำการขนส่งขยะแต่ละเที่ยวในปริมาณมากๆ จึงจะประหยัดค่าใช้จ่าย วิธีการที่จะสามารถขนส่งขยะครั้งละมาก ๆ นั้น จำเป็นจะต้องมีสถานที่สำหรับรวมขยะที่เก็บรวบรวมได้จากรถเก็บขยะหลาย ๆ คัน แล้วทำการถ่ายใส่ภาชนะขนาดใหญ่ โดยอาจจะต้องมีการอัดขยะให้มีความหนาแน่นมากขึ้น แล้วจึงลำเลียงไปยังสถานที่กำจัดขยะโดยทางรถยนต์ รถไฟ หรือทางเรือ แล้วแต่สภาพการคมนาคม สถานที่ที่ใช้ในการรวบรวมขยะและขนถ่ายขยะสู่พาหนะขนาดใหญ่นี้เรียกว่า สถานีขนถ่ายขยะ (transfer station) นอกจากนี้ในบางกรณีที่สภาพภูมิประเทศทำให้จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการลำเลียงขยะจากวิธีหนึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่ง เช่น จากทางบกเป็นทางน้ำ จำเป็นต้องมีสถานีถ่ายเทขยะ ณ จุดที่เปลี่ยนวิธีลำเลียง สถานีถ่ายเทขยะแบบเก็บกักชั่วคราว (Storage discharge) และสถานีถ่ายเทขยะแบบผสม (combined discharge)

(1) สถานีถ่ายเทขยะแบบถ่ายเทโดยตรง สถานีถ่ายเทขยะนี้ ขยะจะถูกถ่ายเทจากรถเก็บขนขยะไปยังพาหนะลำเลียงขยะขนาดใหญ่โดยตรง โครงสร้างอาคารของสถานีจะมีพื้นต่างระดับ 2 ชั้น โดยชั้นบนเป็นพื้นที่สำหรับให้รถเก็บขนขยะเทขยะลงไปยังพาหนะรับขยะขนาดใหญ่ที่จอดรองรับอยู่ชั้นล่าง รถเก็บขนขยะเดินทางมาถึงสถานีถ่ายเทและเข้าชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บบันทึกปริมาณขยะแล้วจะขึ้นไปยังพื้นชั้นบนเพื่อเทขยะลงในช่องเทขยะซึ่งมีพาหนะขนาดใหญ่รองรับอยู่ชั้นล่าง หรืออาจออกแบบให้เทขยะกองบนพื้นที่แล้วใช้รถแทรกเตอร์ดันให้ขยะลงในช่องรับขยะ เมื่อรถเก็บขนขยะออกหมดแล้วจะเดินทางกลับ (ภาพที่ 6.6)

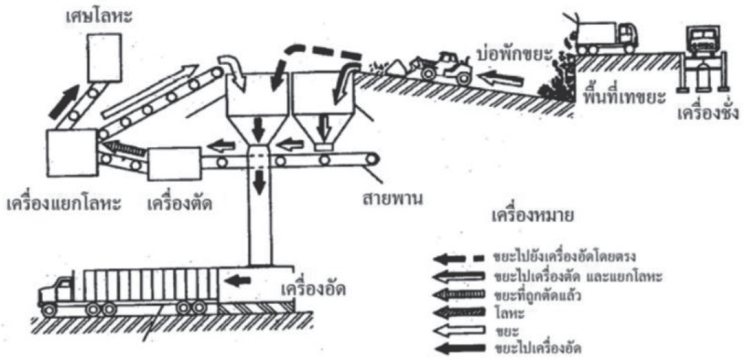
ขยะที่ถูกเทใส่ลงในพาหนะที่รออยู่ชั้นล่าง จะถูกเกลี่ยให้ทั่วพาหนะและอัดแน่น และเมื่อรับขยะจนเต็มแล้วจะทำการปิดคลุมพาหนะนั้นก่อนที่จะเดินทางไปยังสถานที่กำจัดขยะต่อไป



ภาพที่ 6.6 สถานีขนถ่ายขยะแบบถ่ายเทโดยตรง

ที่มา: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/r02002.pdf

(2) สถานีขนถ่ายขยะแบบเก็บกักชั่วคราว สถานีถ่ายเทขยะประเภทนี้ ขยะจะถูกถ่ายใส่บ่อพักขยะหรือลานรับขยะก่อน แล้วจึงใช้เครื่องมือช่วยในการถ่ายเทขยะจากบ่อพักใส่พาหนะที่จะบรรทุกขยะไปยังสถานที่กำจัด เมื่อรถเก็บขยะมาถึงสถานีถ่ายเทขยะประเภทนี้และผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว จะเข้าไปยังอาคารของสถานีถ่ายเทขยะเพื่อทำการเทขยะจากรถลงไปยังบ่อพักขยะขนาดใหญ่ ซึ่งในบ่อขยะนี้จะมีรถแทรกเตอร์ทำหน้าที่ดันขยะไปที่ปลายอีกด้านหนึ่งของบ่อพักขยะซึ่งมีช่องรับขยะอยู่ เมื่อขยะถูกดันมายังช่องรับขยะก็จะไหลลงไปยังพาหนะรองรับ (รถเทรเลอร์) ซึ่งอยู่ชั้นล่าง เมื่อรับขยะเต็มแล้วก็จะเดินทางไปยังสถานที่กำจัด โดยมีการปกคลุมด้านบนเพื่อป้องกันขยะปลิวกระจายขณะทำการขนส่ง (ภาพที่ 6.7)



ภาพที่ 6.7 สถานีขนถ่ายเทขยะแบบเก็บกักชั่วคราว พร้อมด้วยอุปกรณ์ตัดขยะ แยกโลหะ และเครื่องอัดขยะ (Tchobanoglous, G., et al., 1993)

(3) สถานีถ่ายเทขยะแบบผสม สถานีถ่ายขยะชนิดนี้ เป็นแบบที่รวมทั้ง 2 ชนิดข้างต้นไว้ในสถานที่เดียวกัน เพื่อความยืดหยุ่นในการถ่ายเทขยะ โดยรถเก็บขนขยะไม่จำเป็นต้องเสียเวลารอให้คนที่มาถึงก่อนเทขยะลงยังพาหนะโดยตรงให้หมดก่อน แต่สามารถแล่นไปเทขยะใส่บ่อพักขยะแล้วเดินทางออกไปเก็บขนขยะต่อไป ขณะเดียวกันบ่อพักขยะที่สร้าง ไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่เหมือนสถานีถ่ายเทขยะแบบเก็บกักชั่วคราว

4) การกำจัดขยะมูลฝอย

การกำจัดขยะมูลฝอยทำได้หลายวิธี เช่น นำไปกองทิ้งบนพื้นดิน นำไปทิ้งลงทะเล หมักปุ๋ย เผากลางแจ้ง เผาในเตาเผาขยะ และฝังกลบอย่างถูกหลักวิชาการ เป็นต้น การกำจัดขยะมูลฝอยดังกล่าวนั้นบางวิธีเป็นการกำจัดที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดภาวะเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสุขภาพ การกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ไม่ทำให้บริเวณที่กำจัดขยะเป็นแหล่งอาหาร แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงพาหะนำโรค
(2) ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำและพื้นดิน
(3) ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
(4) ไม่เป็นสาเหตุแห่งความรำคาญ อันเนื่องมาจาก เสียง กลิ่น ควัน ผงและฝุ่นละออง

วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ที่ใช้กันส่วนใหญ่ มีดังนี้

1) การเผาด้วยเตาเผาขยะ (Incinerator)

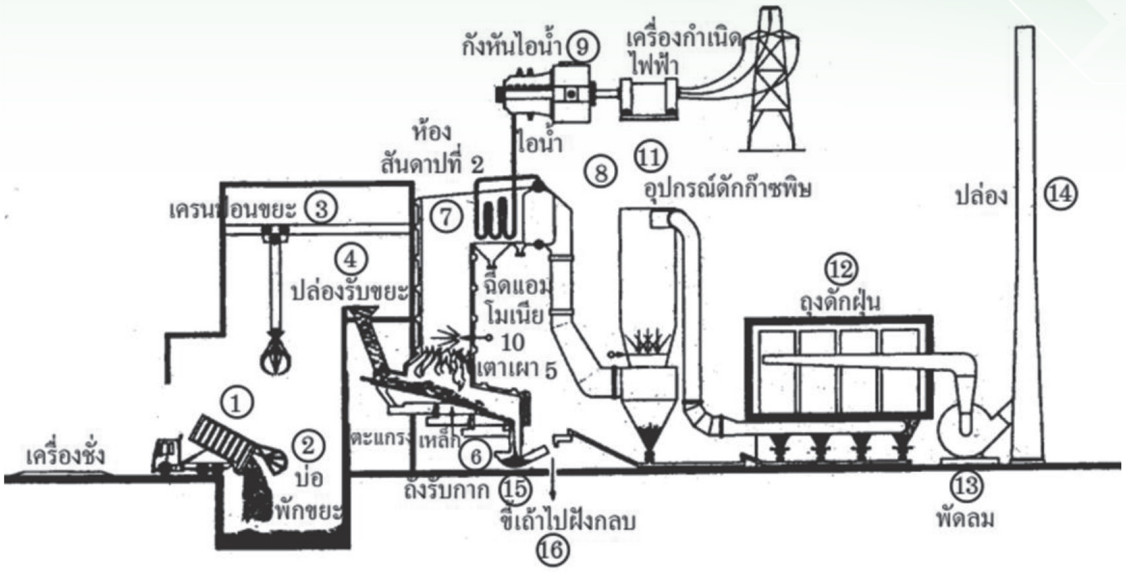
การเผาในเตาเผา เป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งต้องใช้ความร้อนระหว่าง 850-1,200 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ รูปแบบของเตาเผาจะแตกต่างกันไปตามความแตกต่างและลักษณะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยในแต่ละแห่ง สำหรับขยะมูลฝอยจากชุมชนซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เผาไหม้ได้ง่าย อาจใช้เตาเผาชนิดที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ แต่ถ้าองค์ประกอบของขยะมูลฝอยมีส่วนที่เผาไหม้ได้ง่ายต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก หรือมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 50 เตาเผาที่ใช้ต้องเป็นชนิดที่ต้องมีเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ นอกจากนี้เตาเผาขยะทุกแบบต้องมีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ เตาเผาที่มีประสิทธิภาพ จะต้องลดปริมาณของขยะมูลฝอยลงไปจากเดิมให้มีเหลือน้อยที่สุด และส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้นั้น จะต้องมีลักษณะคงรูป ไม่มีการย่อยสลายได้อีกต่อไป และสามารถนำไปกำจัดได้อย่างปลอดภัย ข้อดีและข้อเสียของการใช้เตาเผาขยะ มีดังนี้

ข้อดี	ข้อเสีย
(1) ใช้พื้นที่ดินน้อย เมื่อเทียบกับวิธีฝังกลบ (2) สามารถทำลายขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิด (3) สามารถสร้างเตาเผาในพื้นที่ที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง (4) สภาพแวดล้อมด้านอุตุนิยมวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไม่ส่งผลกระทบต่อการเดินระบบมากนัก (5) สามารถนำขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ ไปถมที่ดินหรือทำวัสดุก่อสร้างได้	(1) ค่าลงทุนในการก่อสร้าง การเดินระบบ และค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาค่อนข้างสูง (2) หากการจัดการไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษทางอากาศได้

ระบบการเผาขยะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การเผาแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

(1) การเผาแบบใช้ออกซิเจน (incineration)

วิธีนี้เป็นการแปรสภาพขยะโดยใช้ความร้อนและออกซิเจนจากอากาศในการสันดาปขยะให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งก๊าซที่เกิดระหว่างการเผาขยะให้กลายเป็นก๊าซที่ไม่ติดไฟ และให้เหลือสิ่งตกค้างการสันดาปจะเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ต่อเมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิของการเผาไหม้สูงตามที่ต้องการ ซึ่งทำได้โดยการควบคุมปริมาณอากาศให้เพียงพอ ทำให้กลิ่นและควันที่เกิดจากเผาไหม้ในช่วงแรกถูกทำลายที่อุณหภูมิสูง ดังนั้น การเผาขยะโดยใช้เตาเผา (incinerator) ที่ออกแบบถูกต้องจะเกิดกลิ่นและควันน้อย โดยทั่วไปความร้อนที่ใช้ในเตาเผามักสูงประมาณ 680-1,100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้ก๊าซติดไฟที่เกิดจากการเผาขยะเกิดการสันดาปที่สมบูรณ์และทำลายกลิ่นได้ เตาเผาที่มีประสิทธิภาพที่สามารถลดปริมาณขยะลงได้ถึงร้อยละ 90-95 และเหลือขี้เถ้าประมาณร้อยละ 5-10 ซึ่งต้องนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายโดยการถมที่โครงสร้างของเตาเผาขยะโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 6.8



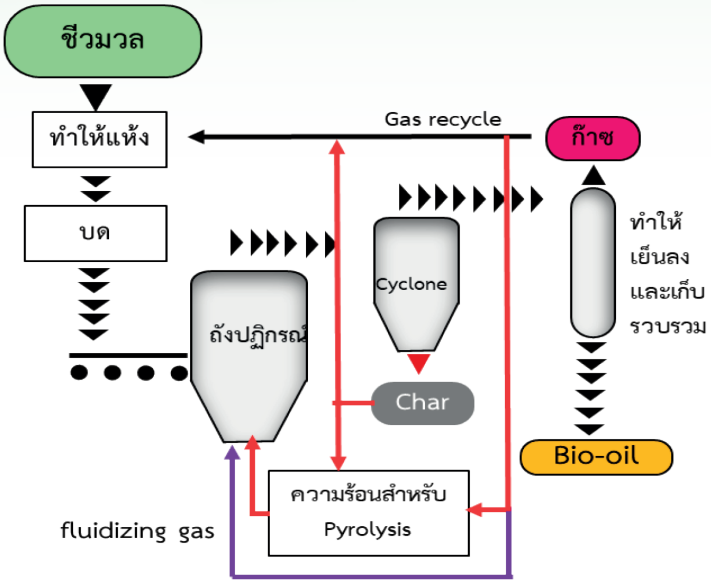
ภาพที่ 6.8 เตาเผาขยะที่มีการแปรสภาพความร้อนไปผลิตไฟฟ้า (Tchobanoglous, G., et al., 1993)

(2) การเผาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (pyrolysis)

การเผาแบบนี้ เป็นวิธีการแปลงสภาพสารอินทรีย์ในขยะ โดยการใช้ความร้อนสูงมาก 480-900 องศาเซลเซียส ในเตาเผาในสภาวะไร้ออกซิเจน (ภาพที่ 6.9) การบำบัดขยะด้วยความร้อนโดยวิธีนี้ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ใช้ประโยชน์ได้ 3 สถานะ คือ

- ส่วนที่เป็นก๊าซ ประกอบด้วย H CH CO และ CO เป็นส่วนใหญ่
- ส่วนที่เป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน ประกอบด้วย กรดอะซิติก อะซิโตน และเมททานอล เป็นส่วนใหญ่
- ส่วนที่เป็นของแข็งคล้ายถ่าน (char) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนบริสุทธิ์ และสารเฉื่อยอื่น ๆ ที่มีอยู่ในขยะ

ปริมาณของผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วนจะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนได้ โดยส่วนที่เป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน มีพลังงานประมาณ 10,000 บีทียู/ปอนด์ ส่วนที่เป็นก๊าซมีพลังงานประมาณ 700 บีทียู/ลูกบาศก์ฟุต

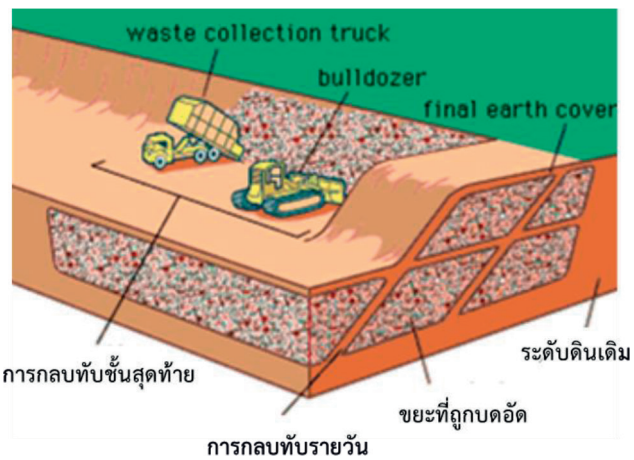


ภาพที่ 6.9 กระบวนการ Pyrolysis สำหรับชีวมวล

2) การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะนั้น จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาพแวดล้อมรวมทั้งเหตุรำคาญอื่น ๆ เช่น กลิ่นเหม็น ควัน ฝุ่นละออง การปลิวของกระดาษ พลาสติก และอื่น ๆ โดยจะต้องควบคุมให้อยู่ภายในขอบเขตจำกัด ไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียแก่ทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง การฝังกลบขยะมูลฝอย อาจทำได้ 2 วิธี ได้แก่

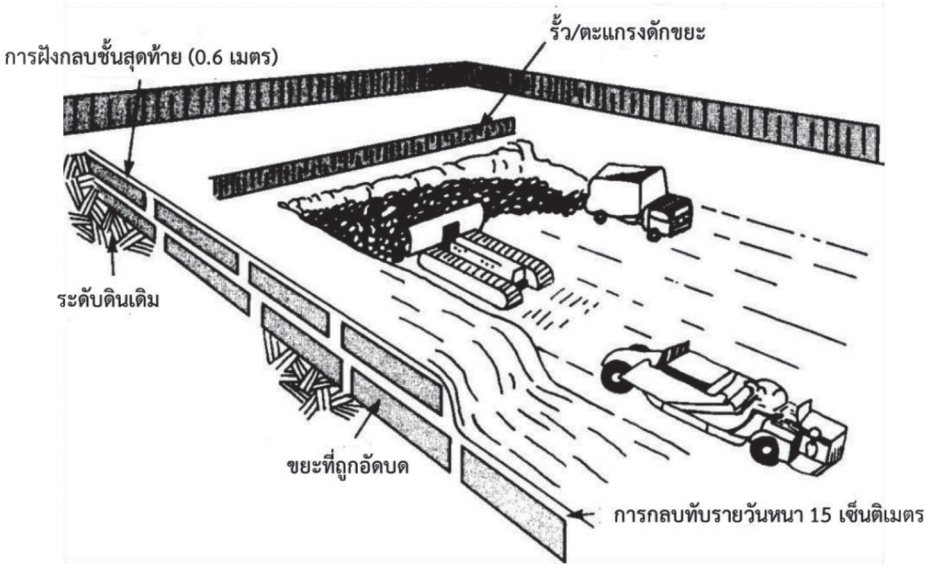
(1) วิธีฝังกลบบนพื้นที่ (Area Method) เป็นการฝังกลบขยะมูลฝอยในพื้นที่ที่เป็นหลุมเป็นบ่อหรือเป็นพื้นที่ที่ต่ำอยู่ก่อนแล้ว และต้องการถมให้พื้นที่แห่งนั้นสูงขึ้นกว่าระดับเดิม เช่น บริเวณบ่อดิน ลูกรัง ริมตลิ่ง เหมืองร้าง หรือบริเวณที่ดินที่ถูกขุดออกไปทำประโยชน์อย่างอื่นมาก่อนแล้ว เป็นต้น ในพื้นที่เช่นนี้เราเทขยะมูลฝอยลงไป แล้วเกลี่ยขยะให้กระจายพร้อมกับบดทับให้แน่น จากนั้นใช้ดินกลบแล้วจึงบดทับให้แน่นอีกเป็นครั้งสุดท้าย การฝังกลบสามารถแบ่งตามลักษณะของพื้นที่ได้ดังนี้ (ภาพที่ 6.10)



ภาพที่ 6.10 การฝังกลบขยะแบบถมในพื้นที่ราบ

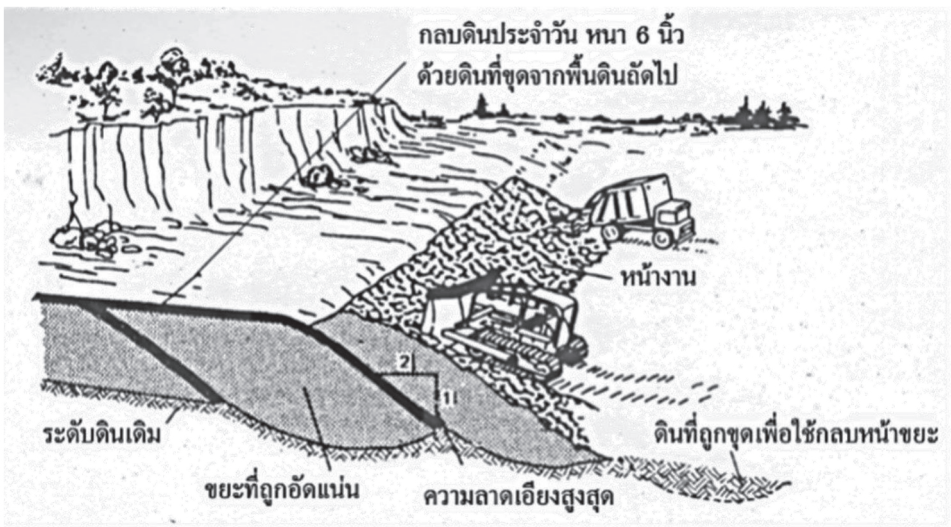
การฝังกลบบนพื้นที่ สามารถทำได้ 2 แบบตามลักษณะความลาดเอียงของพื้นที่ ดังนี้

(ก) แบบฝังกลบในพื้นที่ราบ วิธีนี้ใช้กับพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง โดยนำขยะมาถมและบดอัดให้แน่น แล้วนำดินจากที่อื่นมากลบในแต่ละวันและชั้นสุดท้าย (ภาพที่ 6.11)



ภาพที่ 6.11 การฝังกลบแบบถมในพื้นที่ราบ

(ข) แบบฝังกลบในพื้นที่ลาดเอียง วิธีนี้เป็นการถมขยะในพื้นที่ลาดเอียงตามธรรมชาติ เช่น เชิงเขา หรือหุบเขา โดยนำขยะมาถมแล้วกลบด้วยดินที่ขุดจากบริเวณถัดมาซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้ถมขยะในวันถัดมา (ภาพที่ 6.12)

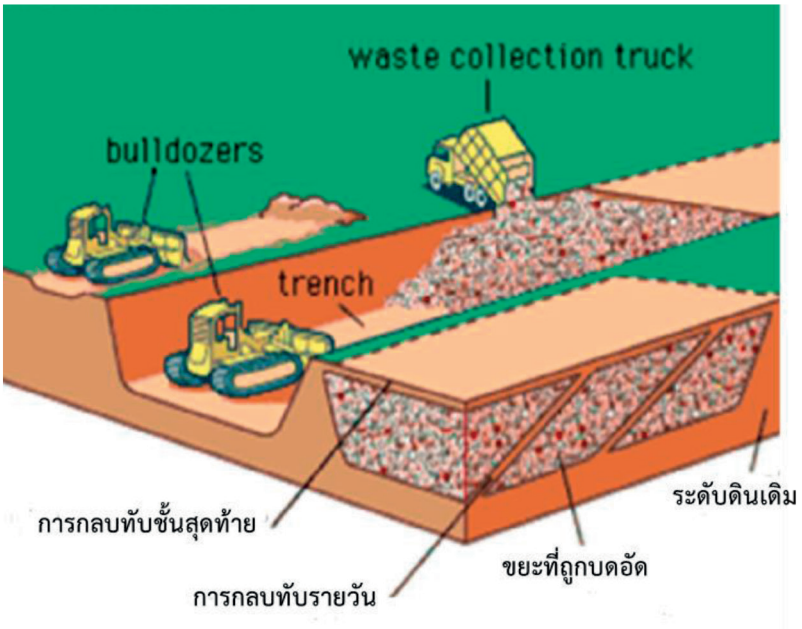


ภาพที่ 6.12 การฝังกลบแบบถมในพื้นที่ลาดเอียง

การฝังกลบขยะแบบนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอน	รายละเอียด
1. การเตรียมหลุมฝังกลบ	
1.1 การบุก้นหลุม	ก่อนการฝังขยะจะต้องทำการบุก้นหลุม เพื่อป้องกันการซึมของน้ำเสียจากขยะสู่น้ำใต้ดิน และป้องกันการเคลื่อนตัวของก๊าซจากขยะไปสะสมในบริเวณอื่น ๆ เช่น ใต้อาคาร ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระเบิดได้ โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ในการบุก้นหลุมสำหรับฝังกลบขยะชุมชน คือ ดินเหนียว (clay) โดยทำการบดอัดก้นหลุมด้วยดินเหนียวให้หนาประมาณ 1-4 ฟุต ขึ้นกับลักษณะของดินใต้หลุมนั้น แต่โดยทั่วไปจะบดอัดให้หนาประมาณ 2-3 ฟุต โดยชั้นดินเหนียวที่บุต้องมีความต่อเนื่องกัน และไม่ปล่อยให้แห้ง เพราะจะเกิดรอยแตกระแหง นอกจากดินเหนียวแล้ว ปัจจุบันนิยมใช้วัสดุสังเคราะห์เรียก จีโอเมมเบรน (geomembrane) ซึ่งผลิตจากพีวีซี บิวทิลรับเบอร์ (butyl rubber) ไฮฟาลอน (hypalon) โพลีเอททีลีน หรือไนล่อน โดยมักใช้ปูทับไปบนชั้นดินเหนียว การใช้จีโอเมมเบรนมีข้อดีในการช่วยป้องกันการซึมของน้ำเสียจากขยะและก๊าซอีกชั้นหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยป้องกันการซึมของก๊าซออกด้านข้างได้ดี
1.2 การรวบรวมน้ำเสียจากขยะ	เมื่อบุก้นหลุมแล้ว จะต้องวางระบบรวบรวมน้ำเสียจากขยะที่ก้นหลุม โดยอาจจะทำเป็นราง หรือท่อพรุนรับน้ำเสียจากขยะที่ก้นหลุม เพื่อสูบออกไปเข้าสู่ระบบบำบัดต่อไป โดยจะต้องมีการป้องกันระบบรวบรวมน้ำเสียจากขยะที่ก้นหลุมไม่ให้เกิดความเสียหายจากเครื่องจักรกลที่ใช้ในการถมขยะ โดยการโรยชั้นกรวดและทรายปกคลุมรางหรือท่อรับน้ำเสียจากขยะหนาประมาณ 2 ฟุต
1.3 การทำทางลาดลงหลุมฝังกลบ	ต้องทำทางลาดสำหรับรถขยะและเครื่องจักรขึ้นลง เพื่อทำการฝังกลบได้โดยสะดวก
2. การถมขยะ	เมื่อเตรียมหลุมฝังกลบแล้วจึงเริ่มดำเนินการฝังขยะ โดยให้รถขยะขนขยะไปเทลงในหลุม ณ จุดที่กำหนด ซึ่งโดยปกติจะเริ่มต้นฝังขยะที่ด้านตรงข้ามกับทางรถขึ้นลง แล้วทำการอัดขยะที่เทนั้นโดยใช้รถตีนตะขาบหรือล้อเหล็กวิ่งทับไปทับมาจนแน่น
3. การกลบดิน	เมื่อสิ้นสุดการอัดขยะในแต่ละวัน ก่อนเลิกงานต้องกลบขยะที่อัดแล้วนั้นด้วยดินและอัดให้แน่นด้วยรถตีนตะขาบ โดยให้มีความหนาของดินที่กลบประจำวันไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว และเมื่อฝังกลบแล้วต้องอัดกลบดินชั้นบนสุดให้หนาอย่างน้อย 60 เซนติเมตร

(2) วิธีขุดเป็นร่อง (Trench Method) เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบในพื้นที่ราบซึ่งเป็นที่สูงอยู่แล้วและไม่ต้องการที่จะให้พื้นที่แห่งนั้นสูงเพิ่มขึ้นไปอีก หรือสูงขึ้นไม่มากนักแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องการใช้พื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยให้ได้จำนวนมาก ๆ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีขุดเป็นร่องก่อน การขุดร่องต้องให้มีความกว้างประมาณ 2 เท่าของขนาดเครื่องจักรที่ใช้ เพื่อความสะดวกต่อการทำงานของเครื่องจักร และมีความยาวตลอดพื้นที่ที่จะฝังกลบ ส่วนความลึกขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดินจะลึกเท่าไรก็ได้แต่ต้องไม่ให้ถึงระดับน้ำใต้ดิน ส่วนมากจะขุดลึกประมาณ 2-3 เมตร และต้องทำให้ลาดเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อไม่ให้น้ำขังในร่องเวลาฝนตก ดินที่ขุดขึ้นมาจากร่องกองไว้ทางด้านใดด้านหนึ่งสำหรับใช้เป็นดินกลบต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทำเป็นคันดินสำหรับกั้นมิให้ลมพัดขยะออกไปนอกบริเวณได้อีกด้วย ส่วนวิธีการฝังกลบขยะมูลฝอยทำเช่นเดียวกับแบบถมที่ คือ เมื่อเทขยะมูลฝอยลงไปในร่องแล้วเกลี่ยให้กระจาย บดทับแล้วใช้ดินกลบและบดทับอีกครั้งหนึ่ง เมื่อฝังกลบขยะมูลฝอยในพื้นที่นั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว อาจใช้พื้นที่นั้นเป็นประโยชน์ เช่น เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สนามเทนนิส สนามกอล์ฟ ที่จอดรถ สนามกีฬา ศูนย์การค้าหรือก่อสร้างอาคาร ที่พักอาศัยที่ไม่สูงเกินไป หรืออาจปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะแก่การปลูกพืช ซึ่งอาจจะนำหญ้า ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้นมาปลูก เพื่อตกแต่งให้สวยงามเป็นระเบียบยิ่งขึ้น (ภาพที่ 6.13)



ภาพที่ 6.13 การฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method)

ในการฝังกลบ ควรมีมาตรการในการควบคุม ดูแล ดังนี้

- ควบคุมไม่ให้มีการนำของเสียอันตรายมากำจัดรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไปในบริเวณที่ฝังกลบขยะ นอกจากจะมีมาตรการการกำจัดโดยวิธีการพิเศษตามลักษณะของของเสียนั้น ๆ
- ควบคุมให้ขยะที่ฝังกลบถูกกำจัดอยู่เฉพาะภายในขอบเขตที่กำหนดไว้
- มีการกำจัดน้ำเสียจากกองขยะอย่างถูกต้อง และตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียง
- ดูแลทัศนียภาพของพื้นที่กำจัดและบริเวณใกล้เคียงไม่ให้มีความอุจาด รกรุงรัง

3) การกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีหมักทำปุ๋ย

ขยะมูลฝอยที่เป็นขยะเปียกส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ดังนั้น การนำไปกองทิ้งไว้จะเน่าและส่งกลิ่นเหม็น แต่ถ้านำขยะประเภทนี้ไปหมักด้วยวิธีการที่ถูกต้องจะสามารถลดกลิ่นเหม็นลงได้มาก นอกจากนี้ผลิตผลที่ได้ยังสามารถไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับบำรุงดินเพื่อการเกษตรได้อีกด้วย การหมักขยะมูลฝอยเพื่อทำเป็นปุ๋ยนั้น เป็นการอาศัยกระบวนการทางชีววิทยา โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้เป็นแร่ธาตุและมีคุณประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ของที่หมักได้ที่แล้วจะมีปริมาตรลดลงประมาณร้อยละ 30-65 และยังสามารถทำลายจุลินทรีย์บางชนิดที่อาจทำให้เกิดโรคได้อีกด้วย การย่อยสลายอินทรีย์สารในขยะจะเกิดขึ้นช้าเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

(1) ขนาดของขยะ ขนาดของขยะที่เหมาะสมต่อการหมักไม่ควรใหญ่เกิน 2 นิ้ว ขยะที่มีขนาดเล็กจะทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเร็วขึ้น เพราะมีพื้นที่ผิวสำหรับการสัมผัสของจุลินทรีย์มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้คุณลักษณะของขยะโดยรวมใกล้เคียงกัน

(2) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นทั้งแหล่งพลังงานและสร้างเซลล์ใหม่ แต่ใช้ไนโตรเจนเฉพาะสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้น คาร์บอนจึงถูกใช้ในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนอัตราส่วน C/N (โดยน้ำหนัก) ที่เหมาะสมในการหมักขยะควรมีค่าประมาณ 230 ต่อ 1 หากมีอัตราส่วนต่ำเกินไปจะมีการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา และปฏิกิริยาการย่อยสลายจะช้า แต่ถ้าอัตราส่วนสูงเกินไปคือมีไนโตรเจนน้อยจะขาดสารอาหารไนโตรเจนซึ่งจุลินทรีย์ต้องใช้ในการเจริญเติบโต โดยทั่วไปขยะจากที่พักอาศัยจะมีไนโตรเจนน้อย ดังนั้นในการหมักจึงต้องเพิ่มขยะที่มีไนโตรเจนมาก เช่น ขยะจากโรงฆ่าสัตว์ หรือกากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge) เพื่อให้มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสม

(3) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ความชื้นของขยะที่เหมาะสมต่อการหมักจะอยู่ระหว่างร้อยละ 50-60 หากขยะมีความชื้นมากเกินไปจะทำให้เกิดการอัดตัวกันแน่น ทำให้ขยะสัมผัสอากาศไม่ทั่วถึง ซึ่งอาจเกิดสภาพการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระและทำให้เกิดกลิ่นเหม็น

(4) ความเป็นกรดด่าง (pH) ระดับความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วง 2-2.5 ค่าความเป็นกรดด่างที่สูงเกินกว่า 8.5 จะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน

(5) ปริมาณอากาศ ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ได้นั้น จุลินทรีย์จะต้องได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ หากกระบวนการหมักขยะเป็นแบบการให้ออกซิเจนตามธรรมชาติต้องมีการพลิกกลับขยะเป็นครั้งคราวในระหว่างการหมัก เพื่อช่วยให้อากาศแทรกซึมเข้าไปในส่วนในสุดของขยะ ในกรณีที่กระบวนการหมักเป็นระบบใช้เครื่องจักรในถังปิด (enclosed digester) จะต้องมีการอัดอากาศให้กับขยะในถังหมักนั้น ปริมาณอากาศที่ต้องให้จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารระเหยได้ (volatile compounds) ที่มีอยู่ในขยะ โดยทั่วไปจะใช้อากาศ 10-30 ลูกบาศก์ฟุตต่อปอนด์ของสารระเหยได้ในขยะ

(6) ส่วนผสมของขยะที่หมักแล้ว (seeding) ควรทำการผสมขยะใหม่ด้วยขยะที่ผ่านการหมักบ้างแล้ว เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายในช่วงแรกให้เร็วขึ้น โดยผสมในสัดส่วนร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่ทนต่อสภาวะของการหมักให้พร้อมที่จะทำการย่อยสลายขยะโดยใช้เวลาในการปรับตัวน้อย ในการหมักขยะมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- การเตรียมขยะ (preparing) ก่อนทำการหมักขยะต้องเตรียมขยะใหม่สภาวะที่เหมาะกับการหมักดังที่ได้กล่าวข้างต้น โดยทำการคัดแยกประเภทขยะที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ออก เช่น แก้ว โลหะ

พลาสติก เศษไม้ และอื่น ๆ ให้เหลือแต่ขยะอินทรีย์สาร จากนั้นจึงทำขนาดขยะให้เล็กลงโดยใช้เครื่องบด และควบคุมความชื้น ความเป็นกรดด่าง และอัตราส่วน C/N ให้เหมาะสม

- การหมัก (digesting) ขยะที่เตรียมให้มีสภาวะเหมาะสมกับการย่อยสลายแล้วจะถูกนำเข้าสู่ขั้นตอนการหมัก ซึ่งมีทั้งประเภทหมักกลางแจ้งและหมักในโรงหมัก
- การบ่มขยะ (Curing) ขยะที่ผ่านขั้นตอนการย่อยสลายแล้วยังคงมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากเหลืออยู่ ซึ่งต้องใช้เวลาย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อไปอีกระยะหนึ่งเรียกว่า การบ่ม โดยการนำไปกองกลางแจ้งให้เกิดการย่อยสลายต่ออีกประมาณ 2-4 สัปดาห์ และเป็นการลดความชื้นของผลิตผลด้วย
- กรรมวิธีขั้นสุดท้าย (finishing) ผลิตผลที่ได้หลังจากการบ่มคือ คอมโพสท์ (compost) จะมีลักษณะค่อนข้างหยาบ ซึ่งอาจต้องผ่านกรรมวิธีก่อนการนำไปใช้งาน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้และความต้องการของตลาด เช่น ถ้าหากจะใช้ปลูกต้นไม้ ต้องมีการร่อนเพื่อกำจัดสิ่งตกค้างที่ยังหลงเหลืออยู่ เช่น เศษพลาสติกชิ้นเล็ก ๆ หรือเศษแก้วและบดให้คอมโพสท์มีขนาดสม่ำเสมอ หากต้องการให้มีคุณค่าทางสารอาหารแก่พืชเพิ่มขึ้นก็ต้องเพิ่มวัสดุที่มีสารอาหารแก่พืช เช่น ปุ๋ยเคมี และอาจผ่านกรรมวิธี อัดเม็ด เมื่อผ่านกรรมวิธีตามความต้องการของตลาดแล้วที่ทำการบรรจุและเก็บเข้าคลังสินค้ารอการจำหน่าย ต่อไป

4) การแปรสภาพและการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอย

การนำวัสดุเหลือใช้จากขยะมูลฝอยกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ จะช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องกำจัด ในขณะเดียวกันเป็นการสงวนทรัพยากรธรรมชาติไว้ได้อีกส่วนหนึ่งด้วยการใช้ประโยชน์จนถึงเหลือใช้ โดยอาจดำเนินการดังนี้

(ก) การแปรสภาพขยะมูลฝอยเป็นพลังงาน ขยะมูลฝอยที่มีความร้อนสูงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ โดยการนำมาใช้เป็นพลังงานความร้อน โดยนำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับทำไอร้อน แล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและบ้านพักอาศัย หรืออาจนำเอาขยะมูลฝอยไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้บริการแก่ประชาชน

(ข) การคัดแยกวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ วัสดุหลายอย่างในขยะมูลฝอยที่อาจนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น กระดาษ แก้ว ขวด พลาสติก เหล็กและโลหะอื่น ๆ ในประเทศไทยได้มีการคัดเลือกวัสดุต่าง ๆ ที่รวมอยู่ในขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์กันมานานแล้ว โดยวิธีการรับซื้อของเก่าตามบ้านเรือน การคัดแยกคุ้ยเขี่ยเก็บวัสดุจากกองขยะมูลฝอยตลอดเวลาเพื่อหารายได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเก็บวัสดุจากกองขยะมูลฝอยอาจเกิดปัญหา ดังต่อไปนี้

1. ผู้แยกวัสดุจากกองขยะมูลฝอยอาจมีอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัย เนื่องจากขยะมูลฝอย ซึ่งอาจมีเชื้อโรค สารพิษ รวมทั้งวัตถุระเบิด และสารกัมมันตรังสีปะปนอยู่
2. การรวบรวมวัสดุมากองรวมกัน เพื่อรอจำหน่ายอาจทำให้เกิดกองขยะขึ้นมาอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งสกปรกรกรุงรังเป็นที่อาศัยของสัตว์และแมลงพาหะนำโรค เกิดสภาพที่น่ารังเกียจ ขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อยของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง
3. การนำขยะมูลฝอยไปถมที่ดิน ที่ดินที่เป็นหลุมเป็นบ่อ เช่น ที่ดินลูกรัง ที่น้ำท่วม เหมืองร้าง ฯลฯ อาจปรับปรุงสภาพให้กลายเป็นพื้นที่ราบโดยนำขยะมูลฝอยไปถมได้ พื้นที่ที่ถมแล้วสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ทำสนามกีฬา สนามกอล์ฟ สวนสาธารณะ สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ แม้กระทั่งสร้างเป็นอาคารที่ทำงานหรือที่อยู่อาศัย เป็นต้น ในประเทศไทยมีตัวอย่างของการนำขยะมูลฝอยไปทำประโยชน์ เช่น ที่สวนจตุจักร

ซึ่งเดิมเป็นที่ลุ่มน้ำท่วม และเต็มไปด้วยพงหญ้ารก ต่อมาได้มีการนำเอาขยะมูลฝอยจากสถานที่พักขยะดินแดงมาถมและปรับปรุงเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจดังที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน

6.10 ความหมายของของเสียอันตราย

ของเสียอันตราย หมายถึง ของเสียใด ๆ ที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อนที่ทำให้เกิดระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม อันตรายที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในลักษณะหนึ่งหรือหลายลักษณะงานกันก็ได้ อาทิ เป็นสารที่ติดไฟง่าย เป็นกรดหรือด่าง เป็นก๊าซพิษหรือระเบิด เป็นสารกัมมันตรังสี และมีเชื้อโรคปนเปื้อน เป็นต้น

6.11 แหล่งกำเนิดของเสียอันตราย

ของเสียอันตรายเกิดจากแหล่งที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) โรงงานอุตสาหกรรม

ของเสียอันตรายในโรงงานอุตสาหกรรมรวมอาจเกิดขึ้นได้จากภาชนะบรรจุสารเคมี สารเคมีที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพไม่ได้มาตรฐานตลอดจนกากตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ของเสียดังกล่าวนี้จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปทั้งในด้านความเป็นพิษ การติดไฟง่าย หรือความเป็นกรดด่าง ขึ้นกับประเภทของอุตสาหกรรม และกระบวนการผลิต เช่น โรงกลั่นน้ำมันจะมีกากตะกอนน้ำมันดินซึ่งไวไฟ และมีสารตะกั่วเจือปน โรงงานชุบโลหะจะมีสารพิษเจือปน เช่น ไซยาไนด์ โครเมียม แคดเมียม เป็นต้น

2) บ้านเรือน ที่พักอาศัย

กากของเสียอันตรายที่พบอยู่เสมอในชีวิตประจำวันมาจากการใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งโลหะหนัก เช่น ถ่านไฟฉายที่มีโลหะหนัก แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว (จากซากแบตเตอรี่รถยนต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หมดอายุแล้ว ยังคงมีสารปรอทหลงเหลืออยู่ น้ำยาทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์ น้ำยาขัดเงาไม้ หนัง โลหะ สีทาบ้าน กาว แลคเกอร์ ทินเนอร์ น้ำมันเครื่อง และน้ำมันเบรคที่ใช้ในรถยนต์

3) การเกษตรกรรม

กากของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรม ได้แก่ การใช้สารเคมี เช่น สารกำจัดแมลง และวัชพืชที่เหลือหรือที่เสื่อมคุณภาพแล้ว ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ที่อาจเหลือใช้ หรือที่เสื่อมคุณภาพแล้ว ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ที่อาจเหลือติดค้างอยู่

4) โรงพยาบาลและสถานพยาบาลต่าง ๆ

ของเสียอันตรายจากสถานพยาบาล อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าขยะติดเชื้อ ซึ่งได้แก่ เศษเนื้อเยื่อชิ้นส่วนอวัยวะต่าง ๆ เลือด เสมหะ สำลี ผ้าพันแผลที่ใช้แล้ว เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด หรือเสื้อผ้าผู้ป่วย

6.12 ชนิดของของเสียอันตราย

ของเสียอันตรายอาจอยู่ในรูปของของแข็ง ของเหลวหรือกึ่งของเหลวและกากตะกอนจำแนกได้ ดังนี้

(1) **สารประเภทน้ำมัน (oil)** เช่น กากตะกอนจากน้ำมันดิบ หรือจากการล้างถังตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย ภาชนะบรรจุน้ำมันและน้ำมันหล่อลื่น

(2) **สารอินทรีย์ตกค้างที่เป็นของเหลว (liquid organic residues)** เช่น ของเสียอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

(3) **ตะกอนและของแข็งที่มีสารอินทรีย์ (organic sludge and solids)** เช่น ของเสียจากอุตสาหกรรม พลาสติกและกาว

(4) **ตะกอนของแข็งที่มีสารอนินทรีย์ (inorganic sludge and solids)** เช่น ของเสียประเภทฟอสเฟต ยิปซัม (แคลเซียมซัลเฟต)

(5) **ตะกอนของแข็งที่มีโลหะหนัก (heavy metal sludge and solids)** เช่น กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย หรือจากระบบดักฝุ่นของอุตสาหกรรมถลุงโลหะ ชุบโลหะ แบตเตอรี่ ฟอกหนัง และฟอกย้อม

(6) **สารประเภทตัวทำละลาย (solvents)** เช่น ของเสียจากอุตสาหกรรมพลาสติก ใยสังเคราะห์ สารกำจัดศัตรูพืช และอิเล็กทรอนิกส์

(7) **ของเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acid wastes)** ซึ่งมีค่า pH ต่ำกว่า 2 ซึ่งอาจมีสารโลหะหนักประเภทโครเมียม (จากอุตสาหกรรมชุบโลหะ ฟอกหนัง) หรือไม่มีสารโลหะหนัก เช่น น้ำยาทำความสะอาด

(8) **ของเสียที่มีฤทธิ์เป็นด่าง (alkaline wastes)** เช่น ของเสียที่มี pH มากกว่า 12.5 และของเสียที่มีสารผสมของไซยาไนด์ หรือซัลเฟต

(9) **ของเสียที่มีสาร Polychlorinated biphenyls (PCBs)** เจือปนอยู่ในความเข้มข้นมากกว่า 50 พีพีเอ็ม ทั้งที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็ง เช่น น้ำมัน ฉนวนในหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า

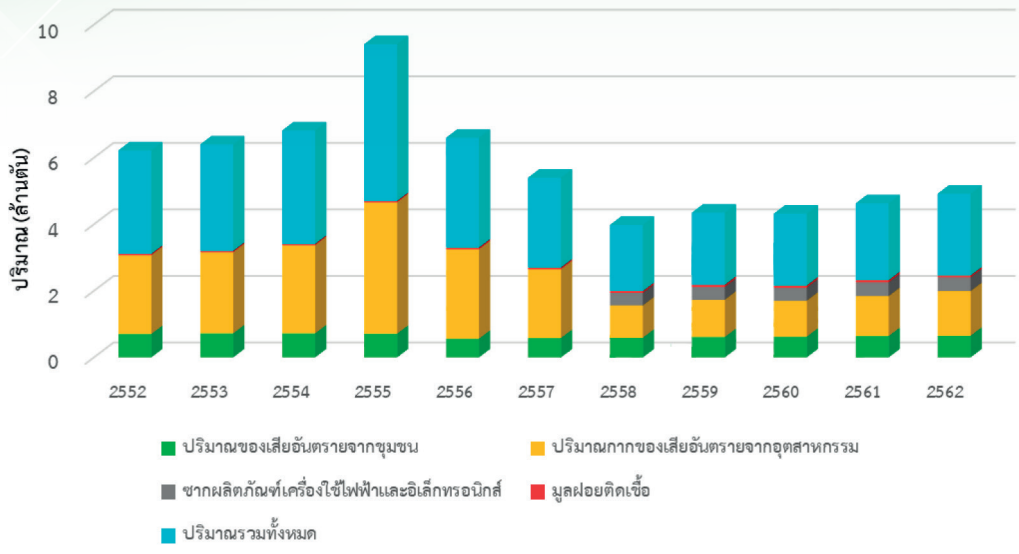
(10) **ผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐาน** เสื่อมคุณภาพและหมดอายุใช้งานแล้ว เช่น สี พลาสติก

(11) **ของเสียจากกิจกรรมล้างอัดภาพ (photo wastes)** ที่มีอินทรีย์สารเป็นพิษเจือปน

(12) **ของเสียติดเชื้อ (infectious wastes)** อาทิ ของเสียที่มีเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ปนเปื้อน

6.13 ปริมาณของเสียอันตราย

ปริมาณของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทั้งที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรม ชุมชน พาณิชยกรรม โรงพยาบาลและห้องปฏิบัติการ เกษตรกรรม ของเสียอันตราย ในปี พ.ศ. 2562 พบว่า มีจำนวนทั้งสิ้น 2.041 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.82 จาก ปี พ.ศ. 2561 ที่มีจำนวน 1.893 ล้านตัน แบ่งเป็นของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม (กากของเสียอุตสาหกรรมที่เป็นอันตราย) จำนวน 1.34 ล้านตัน ของเสียอันตรายจากชุมชน จำนวน 0.648 ล้านตัน ซึ่งรวมซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และมูลฝอยติดเชื้อจำนวน 0.053 ล้านตัน เมื่อพิจารณาในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา พบว่า ปริมาณของเสียอันตรายมีแนวโน้มลดลง (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ปริมาณของเสียอันตรายจำแนกตามแหล่งกำเนิด ระหว่าง ปี พ.ศ. 2553-2562 แสดงในภาพที่ 6.14



ภาพที่ 6.14 ปริมาณของเสียอันตรายจำแนกตามแหล่งกำเนิด ระหว่าง ปี พ.ศ. 2553-2562

จากการคาดการณ์ของเสียอันตรายจากชุมชนเกิดขึ้นประมาณ 648,208 ตัน เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2561 ร้อยละ 2 ส่วนใหญ่เป็นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 421,335 ตัน (ร้อยละ 65) และของเสียอันตรายประเภทอื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ภาชนะบรรจุสารเคมี กระป๋องสเปรย์ประมาณ 226,873 ตัน (ร้อยละ 35) เนื่องจากนโยบายของรัฐได้วางระบบการจัดการของเสียอันตรายชุมชนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีจุดรวบรวมในชุมชนและมีศูนย์รวบรวมในระดับจังหวัด จึงทำให้ของเสียอันตรายได้รับการจัดการอย่างถูกต้องเพิ่มขึ้นประมาณ 104,526 ตัน (ร้อยละ 16) แต่ยังเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก สาเหตุหลักมาจากยังไม่มีการคัดแยกของเสียอันตรายจากชุมชนออกจากขยะทั่วไป ประชาชนยังขาดความตระหนักรู้และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ยังไม่มีกฎระเบียบรองรับในการคัดแยกของเสียอันตรายจากชุมชนออกจากขยะทั่วไป รวมถึงยังไม่มีกฎหมายที่จะกำกับดูแลให้ภาคเอกชนรับผิดชอบในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โครงการความร่วมมือระหว่างรัฐและเอกชนในการบริหารจัดการของเสียอันตรายจากชุมชน จึงยังดำเนินการมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562

การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายชุมชนในอนาคต กำหนดมาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและหลักเกณฑ์ทางวิชาการในการจัดการขยะมูลฝอย ติดตามตรวจสอบสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ประสบปัญหาและให้คำแนะนำองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพ ขับเคลื่อน Roadmap การจัดการขยะพลาสติก (พ.ศ. 2561-2573) และแผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561-2573 จัดทำแนวทางการบริหารจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลักดันการเสนอร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (พ.ร.บ. WEEE)

6.14 ปัญหาของเสียอันตราย

ปัญหาของเสียอันตรายเป็นปัญหาที่ค่อนข้างจะยุ่งยากสลับซับซ้อน เนื่องจากของเสียอันตรายสามารถเกิดขึ้นได้หลายลักษณะทั้งในรูปของเหลว และกากตะกอน เช่น กากน้ำมัน กากตะกอนสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ สารตัวทำละลาย สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดด่าง ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานหรือเสื่อมคุณภาพ หรือของเสียที่ปนเปื้อนเชื้อโรค นอกจากนี้ของเสียอันตรายยังมีแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย เช่น อุตสาหกรรม ชุมชน เกษตรกรรม โรงพยาบาลและอื่น ๆ ทำให้เกิดกากของเสียอันตรายในรูปลักษณะและปริมาณที่แตกต่างกันออกไป อีกทั้งกากของเสียอันตรายเหล่านี้จะเกิดขึ้นกระจัดกระจายทั่วไปตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ และมีแนวโน้มว่าปริมาณกากของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในประเทศไทยจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ประเทศไทยเปลี่ยนรูปแบบการพัฒนาจากภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมาย และเป็นแหล่งปล่อยของเสียอันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้เทคโนโลยีการผลิตได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ของเสียอันตรายในรูปแบบใหม่ ๆ เกิดขึ้นมาก ซึ่งบางชนิดมีความเป็นพิษสูง ต้องใช้วิธีการเก็บรวบรวม ขนส่ง และกำจัดที่ยุ่งยาก ซับซ้อนยิ่งขึ้น การนำสารอันตรายต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการพัฒนาประเทศอย่างมากมาย โดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมที่ส่งผลให้ปัญหากากของเสียอันตรายมีแนวโน้มรุนแรงมากยิ่งขึ้น ปัญหาของเสียอันตรายสรุปได้ ดังนี้

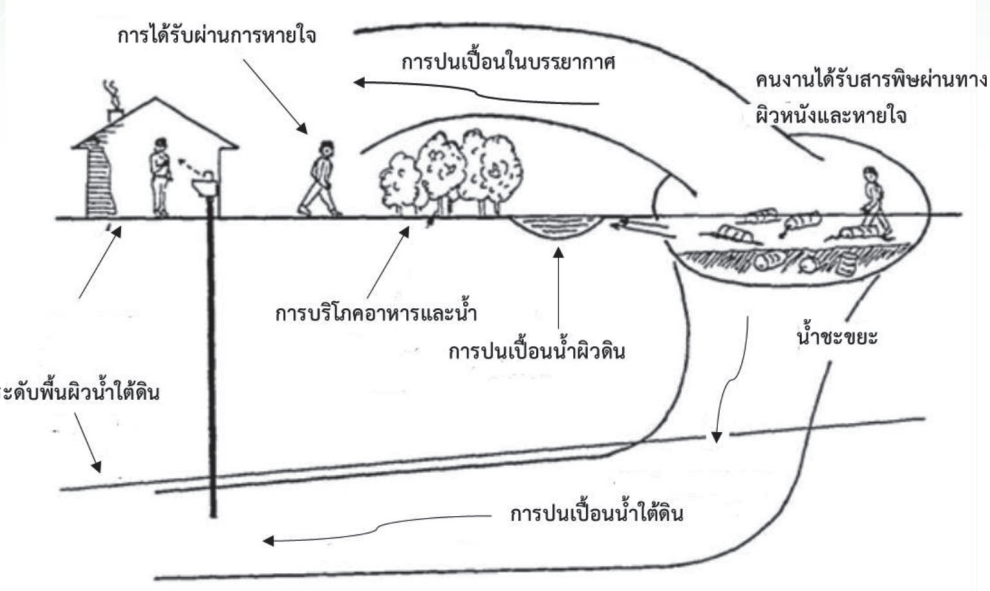
1) **การเคลื่อนย้ายของเสียอันตรายในรูปแบบต่าง ๆ** ซึ่งก่อให้เกิดอุบัติเหตุที่รุนแรงตามมา เช่น กรณีเพลิงไหม้โกดังเก็บสารอันตราย หรือรถบรรทุกก๊าซปิโตรเลียมเหลวพลิกคว่ำระเบิด

2) **การเกิดพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนงาน**ในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม อันเนื่องมาจากของเสียอันตรายที่เกิดจากทั้งวัตถุดิบ หรือกระบวนการผลิต อาทิ ตะกั่ว แมงกานีส ปรอท สารหนู หรือการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิต

3) **การปนเปื้อนของของเสียอันตรายจากกระบวนการผลิต** ด้านอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกทั้งในดิน น้ำ อากาศ รวมทั้งการตกค้างของสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตร ทั้งในพืช สัตว์ สัตว์น้ำ รวมทั้งในดินและแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ

6.15 ผลกระทบของเสียอันตราย

การแพร่กระจายของของเสียอันตรายจะเริ่มตั้งแต่แหล่งกำเนิด ซึ่งอาจจะเป็นกากของเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม มูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล สารเคมีรั่วไหลจากอุบัติเหตุ ของเสียอันตรายเหล่านี้ หากทิ้งไว้โดยมิได้จัดการให้ดีพอจะเกิดการรั่วไหลและแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมในหลายลักษณะด้วยกัน (ภาพที่ 6.15) โดยส่วนหนึ่งจะซึมลงสู่ดินและปนเปื้อนบนผิวดิน ตะกอนดิน และน้ำใต้ดิน เมื่อชาวบ้านนำเอาน้ำเหล่านี้ขึ้นมาอุปโภคบริโภค ทั้งในรูปของบ่อน้ำตื้นหรือบ่อน้ำลึก ก็อาจได้รับอันตรายหากกากของเสียอันตรายปนเปื้อนในน้ำใช้ดังกล่าว นอกจากนี้กากของเสีย ณ แหล่งกำเนิด ส่วนหนึ่งอาจแพร่กระจายโดยการระเหยไปในอากาศและมนุษย์หายใจเอาของเสียอันตรายเหล่านี้เข้าไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ในที่สุด



ภาพที่ 6.15 มนุษย์ได้รับสัมผัสสารพิษจากการปนเปื้อนขยะอันตรายผ่านตัวกลางสิ่งแวดล้อม

6.16 การจัดการของเสียอันตราย

การควบคุมป้องกันและแก้ไขปัญหาของเสียอันตรายไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องกำหนดมาตรการในภาพรวมให้ครอบคลุมระบบการจัดการกากของเสียอันตรายทั้งระบบ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการจัดการได้ ดังภาพที่ 6.16

1) **การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด** ประกอบด้วยมาตรการที่สำคัญ ดังนี้

(1) **การก่อให้เกิดของเสียให้น้อยที่สุด (waste minimization)** สามารถดำเนินการได้ในหลายลักษณะด้วยกัน เช่น เปลี่ยนแปลงและทดแทนผลิตภัณฑ์เดิมด้วยผลิตภัณฑ์อีกประเภทหนึ่ง เพื่อลดหรือกำจัดกากของเสียอันตรายที่อาจเกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิด

(2) **การนำกากของเสียอันตรายกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง (recovery/reuse)** เป็นการใช้ของเสียอันตรายในลักษณะหมุนเวียน การนำกากของเสียอันตรายกลับมาใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบ และการนำพลังงานจากกากของเสียอันตรายกลับมาใช้ใหม่

2) **การเก็บกักของเสียอันตราย (in-house storage)** เป็นการจัดเก็บของเสียอันตรายอย่างเหมาะสม โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ชนิดและขนาดภาชนะรองรับ สถานที่ตั้ง วิธีการเก็บรวบรวมและการตรวจสอบการรั่วไหล เป็นต้น

3) **การเก็บรวบรวมและขนส่งของเสียอันตราย** กากของเสียอันตรายจะถูกเก็บรวบรวมและขนส่งใน 2 ลักษณะ คือ

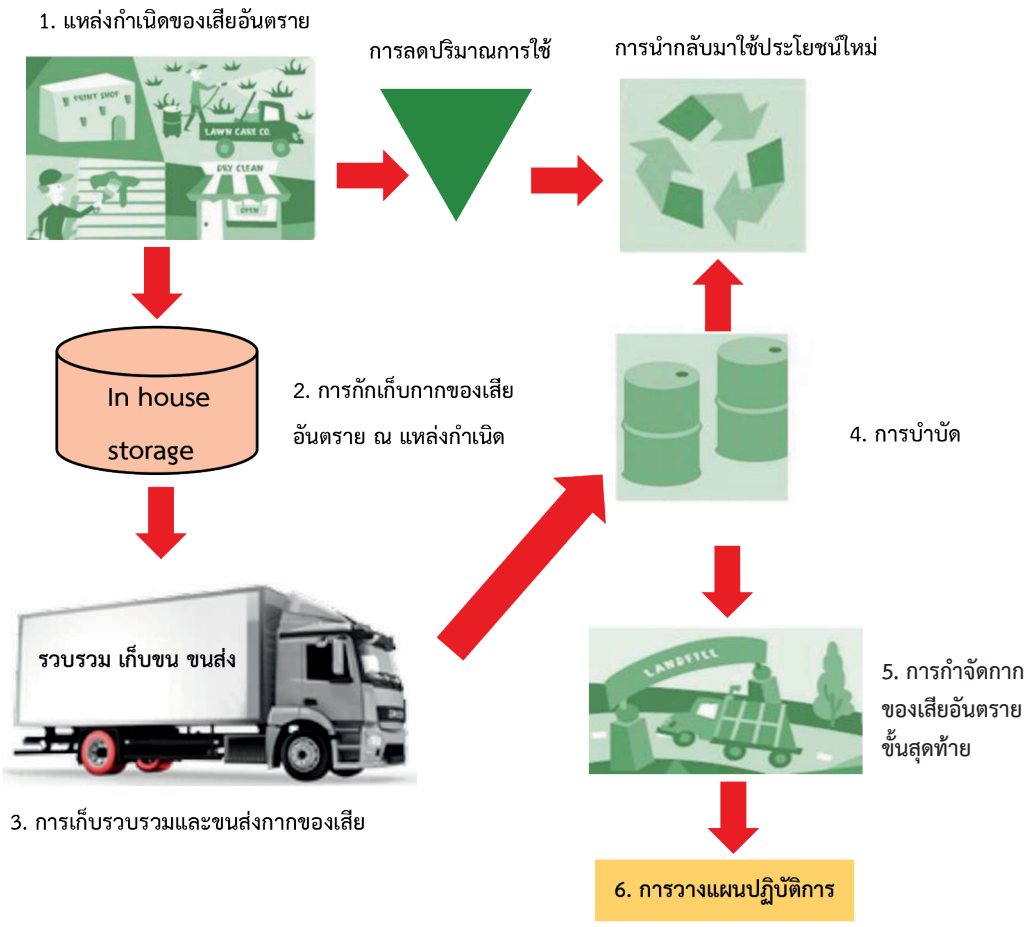
(1) **การขนส่งไปยังสถานที่ตั้งเพื่อการบำบัด** หรือกำจัดกากของเสียอันตรายในขั้นสุดท้าย

(2) **การขนส่งไปยังสถานีขนส่งชั่วคราว (interim storage)** ซึ่งการขนส่งต่อไปยังสถานที่ตั้งเพื่อบำบัดและกำจัดต่อไป หรือขนส่งไปยังสถานที่ตั้งเพื่อลดกากของเสียโดยตรง หรือนำกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง

4) การบำบัดกากของเสียอันตรายกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (treatment and recycling) เป็นขั้นตอนของการลดปริมาณ สร้างเสถียรภาพและเปลี่ยนสภาพสารพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ ก่อนจะนำกากของเสียอันตรายเหล่านี้ไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งการบำบัดกากของเสียอันตรายโดยทั่วไป จะใช้วิธีการทำลายฤทธิ์ด้วยวิธีกายภาพ เคมี (physical chemical treatments) ทำให้หมดปฏิกิริยาทางเคมี เปลี่ยนสภาพเป็นตะกอนหรือเกลือที่คงรูปไม่ละลายน้ำ ก่อนนำไปกลบฝังอย่างปลอดภัยต่อไป ในบางกรณีของเสียอันตรายที่ได้รับการบำบัดหรือทำลายฤทธิ์แล้วสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น การแยกน้ำเสียด้วยไฟฟ้าเพื่อแยกตีบุก ทองแดง หรือตะกั่วกลับมาใช้งานในกิจกรรมอื่น ๆ เป็นต้น

5) การกำจัดขั้นสุดท้าย (final disposal) เป็นขั้นตอนสำคัญในการกำจัดกากของเสียอันตรายให้หมดไป วิธีการกำจัดที่ใช้อยู่ คือ การกลบฝังอย่างปลอดภัย (secured landfill)

6) การวางแผนปฏิบัติการ (implementation plan) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญในการที่จะนำเอามาตรการทางด้านเทคนิคต่าง ๆ ดังกล่าวจากข้างต้นมาผสมผสานกันในสัดส่วนที่เหมาะสม และสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะต้องครอบคลุมในมาตรการอื่น ๆ ด้วย อาทิ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง องค์กรบริหารงาน เศรษฐกิจ สังคม การเงิน การคลัง ตลอดจนการมีส่วนร่วมของชุมชน



ภาพที่ 6.16 ระบบจัดการกากของเสียอันตราย

ที่มา: ดัดแปลงจาก https://www.epa.gov/hw/learn-basics-hazardous-waste

6.17 กฎหมายและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยมีหลายฉบับ แต่ที่เป็นกฎหมายหลักและเกี่ยวข้องโดยตรงมี 2 ฉบับ คือ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และอีกหนึ่งฉบับเป็นกฎกระทรวง คือ กฎกระทรวงสุขลักษณะการจัดการมูลฝอยทั่วไป พ.ศ. 2560 ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

1) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติฉบับนี้เป็นกฎหมายแม่บทที่ให้อำนาจหน้าที่แก่ราชการส่วนท้องถิ่นในการกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย และในการออกข้อกำหนดของท้องถิ่น (มาตรา 15-20) โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

(1) ห้ามการถ่าย เท ทิ้ง หรือทำให้มีขึ้นในที่หรือทางสาธารณะซึ่งสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย นอกจากในที่ที่ราชการส่วนท้องถิ่นจัดไว้ให้

(2) กำหนดให้มีที่รองรับสิ่งปฏิกูล หรือมูลฝอยตามที่หรือทางสาธารณะและสถานที่เอกชน

(3) กำหนดวิธีการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือมูลฝอยหรือให้เจ้าของ หรือผู้ครอบครองอาคารหรือสถานที่ใด ๆ ปฏิบัติให้ถูกต้องด้วยสุขลักษณะตามสภาพหรือลักษณะการใช้อาคารหรือสถานที่นั้น ๆ

(4) กำหนดอัตราค่าธรรมเนียม ในการให้บริการของราชการส่วนท้องถิ่น หรือบุคคลอื่นที่ราชการส่วนท้องถิ่นมอบให้ดำเนินการแทน ในการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยไม่เกินอัตราที่กำหนดในกฎกระทรวง ทั้งนี้ การจะกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยราชการส่วนท้องถิ่นนั้นจะต้องดำเนินการให้ถูกต้อง ด้วยสุขลักษณะตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

(5) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย เพื่อให้ผู้รับใบอนุญาตตามมาตรา 19 ปฏิบัติ ตลอดจนกำหนดอัตราค่าบริการขั้นสูงตามลักษณะการให้บริการที่ผู้รับใบอนุญาตตามมาตรา 19 จะพึงเรียกเก็บได้

(6) กำหนดการอื่นใด ที่จำเป็นเพื่อให้ถูกต้องด้วยสุขลักษณะ

2) พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และกฎกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) พระราชบัญญัติฉบับนี้ใช้ควบคุมการประกอบกิจการโรงงาน โดยมาตรา 8 (5) ได้ให้อำนาจกับรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกกฎเพื่อควบคุมการปล่อยของเสียซึ่งเกิดอาการประกอบกิจการ

กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติดังกล่าว กำหนดให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องปฏิบัติในการกำจัดขยะ สิ่งปฏิกูล และวัสดุที่ไม่ใช้ ดังนี้

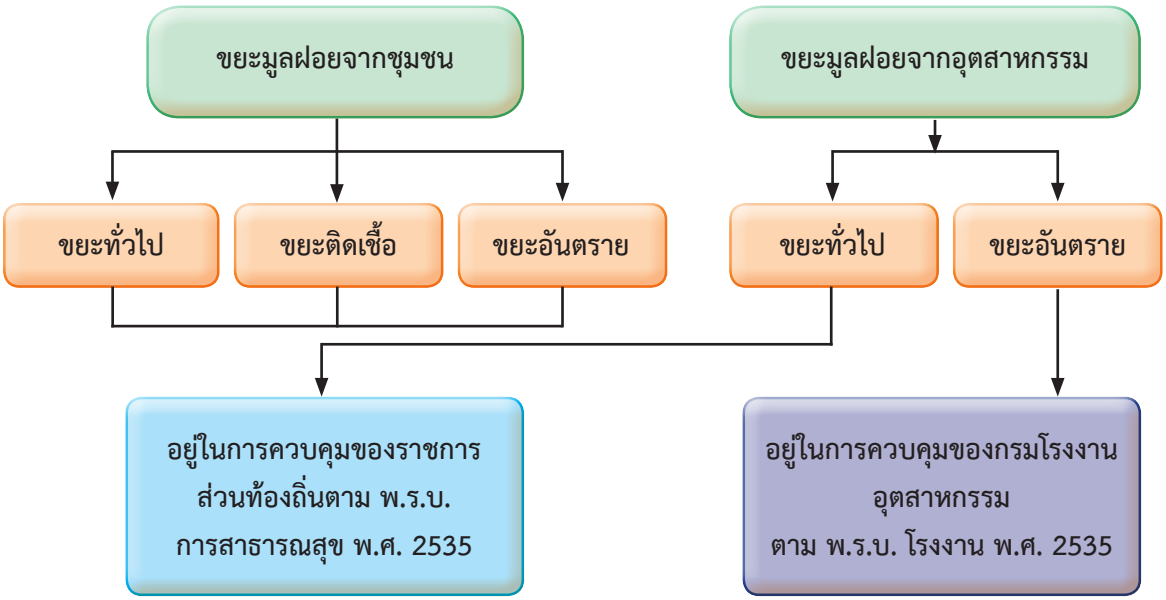
(1) ต้องรักษาโรงงานให้สะอาด ปราศจากขยะและสิ่งปฏิกูลอยู่เสมอ และจัดให้มีที่รองรับหรือที่กำจัดขยะและสิ่งปฏิกูลตามความจำเป็นและเหมาะสม

(2) ต้องแยกเก็บสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งมีวัตถุมีพิษปนอยู่ด้วย หรือสำลี ผ้า หรือเศษด้ายที่เปลี่ยนวัตถุไวไฟ ไว้ในที่รองรับต่างหากที่เหมาะสม มีฝาปิดมิดชิด ต้องจัดให้มีการจัดสิ่งดังกล่าวโดยเฉพาะด้วยวิธีการปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ

(3) **ผู้ประกอบกิจการโรงงาน** ที่มีสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นสารไวไฟ สารกัดกร่อน สารเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย สารมีพิษอื่น ๆ และตัวทำละลายที่เสื่อมคุณภาพหรือไม่ใช้แล้ว ต้องดำเนินการ ดังนี้

- ห้ามมิให้นำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน เว้นแต่จะได้รับอนุญาตอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมให้นำออกไปเพื่อทำลายฤทธิ์ กำจัดทิ้งหรือฝังด้วยวิธีการและสถานที่ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนด
- ต้องแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับชนิด ปริมาณ ลักษณะ คุณสมบัติ และสถานที่เก็บสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนั้น ๆ พร้อมทั้งวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัดทิ้ง ฝังเคลื่อนย้ายและการขนส่ง ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนด

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้กระจายอำนาจให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีหน้าที่ในการกำจัดขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับผิดชอบ ไม่ว่าจะเป็นขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน สถานพยาบาล หรือโรงงานอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากขยะที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นพิษ จำเป็นต้องกำจัดด้วยเทคโนโลยีชั้นสูง ซึ่งต้องใช้งบประมาณมากในการดำเนินการ ซึ่งนอกเหนือความสามารถของราชการส่วนท้องถิ่น ดังนั้น ขยะอันตรายที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงต้องดำเนินการตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2525 สำหรับขยะทั่วไปจากโรงงานอุตสาหกรรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือผู้ได้รับอนุญาตจากราชการท้องถิ่นนั้น ๆ เป็นผู้ดำเนินการเก็บขนและกำจัด ดังแสดงหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการขยะมูลฝอยของราชการส่วนท้องถิ่นและกรมโรงงานอุตสาหกรรมในภาพที่ 6.17



ภาพที่ 6.17 หน้าที่รับผิดชอบการจัดการขยะมูลฝอยของราชการส่วนท้องถิ่นและกรมโรงงานอุตสาหกรรม

3) กฎกระทรวงสุขลักษณะการจัดการมูลฝอยทั่วไป พ.ศ. 2560 อาศัยอำนาจตามมาตรา 6 แห่งพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 บัญญัติให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขโดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรการในการควบคุมหรือกำกับดูแลสำหรับกิจการหรือการดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ ตามพระราชบัญญัติดังกล่าว สมควรกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรการการควบคุมหรือกำกับดูแลการกำจัดมูลฝอยทั่วไปให้ถูกสุขลักษณะเพื่อประโยชน์ในการคุ้มครองสุขภาพและอนามัยของประชาชนและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกำหนดมาตรฐานสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของประชาชนและวิธีดำเนินการ เพื่อตรวจสอบควบคุมหรือกำกับดูแล หรือแก้ไขสิ่งที่จะมีผลกระทบต่อสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของประชาชน จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงสุขลักษณะการจัดการมูลฝอยทั่วไป พ.ศ. 2560 โดยมีสาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยทั่วไป เน้นความสำคัญตั้งแต่การคัดแยก การเก็บ การขน การกำจัด ซึ่งแบ่งประเภทของขยะออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยนำกลับมาใช้ใหม่ มูลฝอยติดเชื้อ และมูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน โดยให้ผู้ซึ่งก่อให้เกิดมูลฝอยต้องคัดแยกมูลฝอยอย่างน้อยต้องคัดแยกเป็นมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน โดยให้คัดแยกมูลฝอยนำกลับมาใช้ใหม่ออกจากมูลฝอยทั่วไปด้วย และจัดให้มีผู้ปฏิบัติงานซึ่งทำหน้าที่ เก็บ และขนมูลฝอยทั่วไป และจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงานดังกล่าว กำหนดให้การกำจัดมูลฝอยทั่วไปให้ดำเนินการตามวิธีหนึ่งวิธีใด ดังต่อไปนี้

(1) การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล
(2) การเผาในเตาเผา
(3) การหมักทำปุ๋ยและการหมักทำก๊าซชีวภาพ
(4) การกำจัดแบบผสมผสาน
(5) วิธีอื่นตามที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

6.18 องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอย

องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยสามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ หน่วยงานของรัฐ ระบบสัญญาระหว่างเอกชนกับหน่วยงานรัฐ และระบบองค์กรเอกชน โดยมีลักษณะการดำเนินงานและหน้าที่ความรับผิดชอบงาน ดังนี้

1) หน่วยงานของรัฐ ระบบนี้ถือว่าการจัดการขยะมูลฝอยเป็นหน้าที่ของรัฐในการให้บริการประชาชนในพื้นที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบ หน่วยงานรัฐจะต้องมีองค์กร อุปกรณ์ เครื่องมือบุคลากรในการวางแผนและทำหน้าที่จัดการขยะมูลฝอย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนี้อาจจะมาจากงบประมาณแผ่นดินและค่าบริการที่เรียกเก็บจากผู้รับบริการ ตลอดจนรายได้จากการจำหน่ายขยะที่คัดแยกให้กับผู้รับซื้อเพื่อนำไปหมุนเวียนกลับไปใช้ประโยชน์

2) ระบบสัญญาระหว่างองค์กรเอกชนกับหน่วยงานรัฐ ระบบนี้เป็นการทำสัญญาระหว่างองค์กรเอกชนกับหน่วยงานรัฐ โดยรัฐทำการว่าจ้างให้เอกชนทำการจัดการขยะมูลฝอย ซึ่งรัฐจะให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือตลอดจนบุคลากรของรัฐที่มีอยู่หรือไม่แล้วแต่ข้อตกลง การดำเนินงานในระบบนี้หน่วยงานรัฐจะเป็นผู้ควบคุมการดำเนินการ และเป็นผู้เรียกเก็บค่าบริการจากประชาชน

3) ระบบองค์กรเอกชน โดยเป็นผู้ดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้บุคลากร เครื่องมืออุปกรณ์ของตนเอง และเก็บค่าบริการเอง โดยตกลงกันผู้รับบริการในเรื่องของราคาและระดับการบริการ หน่วยงานรัฐจะดูแลเฉพาะเรื่องการคุ้มครองผู้บริโภคในด้านราคาและคุณภาพของการบริการ

บทที่ 7

การจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศ

7.1 ความหมายของมลพิษทางอากาศ

โลกเริ่มมีชั้นบรรยากาศเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ล้านปีมาแล้ว ในช่วงแรกเริ่มบรรยากาศประกอบด้วยไอน้ำและก๊าซที่สำคัญเพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่ ไฮโดรเจน มีเทน แอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเหล่านี้ได้ห่อหุ้มโลกเอาไว้โดยทำหน้าที่เสมือนหลังคาเรือนกระจก ที่ปล่อยให้แสงจากดวงอาทิตย์ส่องลงมาสู่พื้นโลกได้และจะเก็บกักความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่วนหนึ่งไว้ที่ผิวโลก ซึ่งทำให้ผิวโลกไม่เย็นเกินไปจนถูกแช่แข็ง เมื่อบรรยากาศเย็นลงไอน้ำก็กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เกิดเป็นฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องจนเกิดมหาสมุทรขึ้นมา องค์ประกอบของบรรยากาศยังคงมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไปเป็นหินปูน จึงทำให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ขณะที่ออกซิเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จนกระทั่งในปัจจุบันบรรยากาศประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่และมีก๊าซชนิดอื่น ๆ เพียงร้อยละ 1 เท่านั้น (ตารางที่ 7.1)

ตารางที่ 7.1 สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ

ก๊าซ	สัญลักษณ์	สัดส่วนโดยปริมาตร (ร้อยละ)
ไนโตรเจน	N_2	78.09
ออกซิเจน	O_2	20.94
อาร์กอน	Ar	0.93
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	0.03
นีออน	Ne	18.18×10^{-4}
ฮีเลี่ยม	He	5.24×10^{-4}
มีเทน	CH_4	$2.2\sim\times10^{-4}$

ที่มา: Mihalis Lazaridis, 2011 และ Karl B. Schnelle et al, 2016.

ปัจจุบันมีจำนวนประชากรโลกมากกว่า 7,000 ล้านคน การผลิตสารมลพิษทางอากาศจึงเกิดขึ้นอย่างมหาศาล ซึ่งเมื่อรวมสารพิษทางอากาศชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อนุภาคก๊าซและไอที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น มลพิษที่เกิดจากเครื่องจักรและเครื่องยนต์ที่ใช้ในยานพาหนะ มลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ไอระเหยของสารเคมี รวมถึงการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กจากกิจกรรมต่าง ๆ แล้วจะเห็นได้ว่า ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศตามธรรมชาติได้ เมื่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศเกิดขึ้นถึงระดับหนึ่ง จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ รวมทั้งทำให้สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวมนุษย์เสื่อมโทรมลง สภาพที่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมดังกล่าวถือว่าเป็นสภาพของการเกิดมลพิษทางอากาศนั่นเอง

นอกจากสารมลพิษทางอากาศจะเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์แล้ว อุบัติการณ์ตามธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ หรือการเกิดไฟป่าก็ทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศประเภทเถ้าถ่านและอนุภาคมลสารได้มาก และอาจจะครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้าง อนุภาคที่ถูกลมพัดปลิวจากดิน รวมทั้งละอองและเกสรจากพืช จุลินทรีย์ที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศและก๊าซที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ เช่น แอมโมเนีย มีเทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก็เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ สารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากธรรมชาตินี้ หากมีปริมาณมากพอที่จะทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสภาพแวดล้อม ก็ถือว่าสภาพดังกล่าวเป็นสภาพของการเกิดมลพิษทางอากาศเช่นกัน

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาพบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติตามธรรมชาติ โดยอาจจะมีองค์ประกอบของก๊าซชนิดต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลงจากสภาพปกติ หรืออาจมีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปปนเปื้อนบรรยากาศจากการกระทำของมนุษย์หรือจากอุบัติการณ์ตามธรรมชาติจนเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสภาพแวดล้อมนั่นเอง

7.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศเกิดจาก 2 แหล่งใหญ่ดังกล่าวมาแล้วคือ จากการกระทำของมนุษย์และจากธรรมชาติ สารมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้โดยตรงเรียกว่า สารมลพิษปฐมภูมิ (Primary pollutants) ในบางครั้งสารมลพิษปฐมภูมิจะทำปฏิกิริยาต่อกันและเกิดเป็นสารมลพิษชนิดใหม่ขึ้น สารมลพิษที่เกิดขึ้นใหม่นี้เรียกว่า สารมลพิษทุติยภูมิ (Secondary pollutants) แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

1) แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศมีหลายกิจกรรม ดังนี้

(1) การสันดาป เมื่อเกิดการสันดาปที่สมบูรณ์จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว แต่โดยทั่วไปแล้วการสันดาปจะไม่สมบูรณ์และจะทำให้เกิดมลพิษได้หลายชนิด ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาป ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซ ถ่านหิน หรือไม้ กิจกรรมที่อาศัยการสันดาป ได้แก่ การใช้เครื่องยนต์ในยานพาหนะชนิดต่าง ๆ การใช้หม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้เตาในโรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะ การเผาไม้และพืช การหุงต้มโดยใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ การเกิดไฟไหม้และการระเบิด สารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ไฮโดรคาร์บอนและอนุภาคต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของควัน

(2) การเสียดสี การขัดสี การขัดถู และการทำให้เป็นผง ซึ่งเป็นการกระทำให้วัตถุสึกกร่อนด้วยวิธีต่าง ๆ รวมทั้งการผสมวัตถุที่เป็นผงโดยการกวน การสึกกร่อนของยางรถยนต์จากการบดกับพื้นถนน

การทำให้ฝุ่นบนถนนฟุ้งกระจายจากการวิ่งของยานพาหนะ รวมทั้งการก่อสร้าง ต่างก็เป็นกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดสารมลพิษชนิดอนุภาคปนเปื้อนในบรรยากาศ

(3) การผลิตและการแปรรูป การผลิตและการแปรรูปในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเกิดสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษชนิดออกไซด์ของซัลเฟอร์ ไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน แอมโมเนียและคาร์บอนมอนอกไซด์ อุตสาหกรรมถลุงและหลอมโลหะก่อให้เกิดสารมลพิษประเภทออกไซด์ของโลหะ รวมทั้งออกไซด์ของซัลเฟอร์และอุตสาหกรรมเคมีทำให้เกิดไอของกรดต่าง ๆ

(4) การระเหยและการรั่ว การระเหยและการรั่วโดยส่วนใหญ่เกิดจากก๊าซและสารละลายชนิดต่าง ๆ เช่น การรั่วไหลของแอมโมเนีย การระเหยของไอจากถังเก็บน้ำมันและสารละลาย หรือจากการทาสี พ่นสี

2) แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ

ธรรมชาติมีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้เช่นกัน แหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ การระเบิดภูเขาไฟ ซึ่งทำให้เกิดเถ้าถ่านและควัน ไฟไหม้ป่าซึ่งบางครั้งทำให้เกิดควัน ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง การเน่าเปื่อยและการหมักของสารอินทรีย์ตามธรรมชาติซึ่งทำให้เกิดมีเทน แอมโมเนีย และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้การระเหยของยางพืชและการฟุ้งกระจายของละอองเกสรของพืช ก็มีส่วนทำให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศได้ แหล่งกำเนิดทุติยะ ในขณะที่มลพิษแพร่กระจายออกไปจากแหล่งกำเนิดข้างต้น มลพิษดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือรวมตัวกันจนเกิดมลพิษชนิดใหม่ได้ โดยกระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการโฟโตเคมีคัล (Photochemical) เช่น การเกิด Photochemical smog และการเกิดโอโซน เป็นต้น แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในลักษณะนี้เรียกว่า แหล่งทุติยะ (Secondary source) หรือแหล่งเชิงซ้อน (Complex source) มลพิษทางอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือเกิดขึ้นใหม่นี้ก็คือ มลพิษทุติยภูมินั่นเอง

7.3 ชนิดของมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศอาจจำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1) อนุภาค

อนุภาคที่ล่องลอยอยู่ในอากาศมีอยู่หลายชนิด ได้แก่

(1) ฝุ่น เป็นอนุภาคที่เป็นของแข็ง เกิดจากการบด ขัดสี ทุบ ป่น ระเบิดของสารทั้งที่เป็นอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ เมื่อถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศจะสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นส่วนใหญ่จะตกกลับสู่พื้นดิน ยกเว้นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน ซึ่งพวกนี้จะสามารถล่องลอยไปตามกระแสลมโดยไม่ตกลงมาสู่พื้นดิน

(2) ควัน เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปแล้วจะเล็กกว่า 1 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ อนุภาคเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้ว จะเป็นพวกคาร์บอนและสารที่ลุกไหม้ได้ชนิดอื่น ๆ

(3) ขี้เถ้า ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็กมากของสิ่งที่เหลือจากการเผาไหม้ซึ่งปะปนอยู่ในก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้

(4) เขม่า เป็นอนุภาคที่เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ของคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุพวกที่เป็นคาร์บอนและมีสารทาร์อยู่ด้วย

(5) ฟูม ได้แก่ อนุภาคที่เป็นของแข็งและมีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปแล้วจะเล็กกว่า 1 ไมครอน มักจะเกิดจากการควบแน่นของไอซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่าง หรือเกิดจากการหลอมโลหะ หรือการเผาไหม้สารที่มีโลหะผสมอยู่ ตัวอย่างของฟูม ได้แก่ ออกไซด์ของโลหะต่าง ๆ รวมทั้งออกไซด์ของตะกั่วที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์

(6) ละออง ได้แก่ อนุภาคที่เป็นของเหลวซึ่งเกิดจากการควบแน่นของไอหรือก๊าซต่าง ๆ หรือเกิดจากการแตกตัวของของเหลวจากกระบวนการบางอย่าง เช่น การพ่น การฉีดของเหลวไปในอากาศ เป็นต้น ละอองอาจมีขนาดตั้งแต่ 40-500 ไมครอน

อนุภาคตามขนาด อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด โดยเรียกรวม ๆ ว่า ฝุ่น คือ ฝุ่นรวม (Total suspended particle หรือ TSP) และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate matter-10 หรือ PM_{10}) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของฝุ่นรวมนั่นเอง เมื่อหายใจเข้าไปฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะสามารถเข้าสู่ปอดจนถึงถุงลมปอดได้ จึงมีอันตรายต่อสุขภาพได้มากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่

2) ก๊าซและไอ

ก๊าซที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่

(1) คาร์บอนมอนอกไซด์ สารมลพิษชนิดนี้เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต ก๊าซนี้ส่วนใหญ่เกิดจากรถยนต์และเครื่องจักรที่ใช้น้ำมันเบนซินหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

(2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซหนัก กลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นไม้ขีดไฟขณะติดไฟ มีสมบัติกัดกร่อน เกิดจากเครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเตา น้ำมันดีเซลและถ่านหิน ซึ่งมีกำมะถันผสม

(3) ไฮโดรคาร์บอน เป็นก๊าซซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่ประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและคาร์บอนหรือถ่านไฮโดรคาร์บอน เป็นองค์ประกอบหลักของเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง

(4) ออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซที่เป็นออกไซด์ของไนโตรเจนที่สำคัญ ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ ยิ่งการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นจะทำให้เกิดไนโตรเจนไดออกไซด์มากขึ้น

สารมลพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจัดเป็นสารพิษปฐมภูมิ ในบางครั้งสารมลพิษเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาต่อกันกลายเป็นสารมลพิษทุติยภูมิจากการเกิดโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ (Photochemical oxidants) ชนิดต่าง ๆ เช่น โอโซน (O_3) (เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรคาร์บอนกับไนโตรเจนออกไซด์โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลที่ทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลายเป็นเปอร์รอกซี่ (RO_2: peroxy redicals) แล้วทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์กลายเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์) และเปอร์ออกซีเอซิลไนเตรท (Peroxyacyl nitrates หรือ PAN) (เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง RCO (O_2) กับไนโตรเจนไดออกไซด์)

นอกจากอนุภาคและก๊าซต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว สารมลพิษทางอากาศอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ไอของสารละลายต่าง ๆ ซึ่งใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมอื่น ๆ ของมนุษย์ เช่น ไอของไซลีน (Xylene) โทลูอีน (Toluene) และน้ำมันเบนซิน (Gasoline) เป็นต้น อย่างไรก็ตามไอเหล่านี้จะมีปริมาณน้อยในบรรยากาศทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับสารมลพิษทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวมาแล้วมลพิษที่เป็นไอเหล่านี้ จะมีปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารละลายในกระบวนการผลิตและขาดการควบคุมป้องกันมลพิษเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.4 ปัญหามลพิษทางอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศของประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเขตเมืองขนาดใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เมืองหลักซึ่งเป็นศูนย์กลางความเจริญในภาคต่าง ๆ ของประเทศ และพื้นที่อุตสาหกรรมซึ่งกระจายตัวทั่วประเทศ สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น มีดังนี้

1) ปัญหามลพิษทางอากาศในเขตเมือง

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่ดำเนินการในด้านนี้ พบว่า ในเขตกรุงเทพมหานครมีปัญหาฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลักของทุกพื้นที่ปัญหารองลงมา ได้แก่ ก๊าซโอโซน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนมลพิษทางอากาศที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามมลพิษเหล่านี้มีระดับความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะฝุ่นละอองพบว่ามีปัญหามากในบริเวณริมถนนสายต่าง ๆ ที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูง ในบริเวณพื้นที่ปริมณฑลโดยรอบกรุงเทพมหานคร มีปัญหาคล้ายคลึงกับในเขตกรุงเทพมหานคร โดยพบว่า ปัญหาหลักคือฝุ่นละออง และรองลงมาคือปัญหาจากก๊าซโอโซนสำหรับในเมืองหลักที่สำคัญในภาคต่าง ๆ เช่น ภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง และนครสวรรค์ พบว่าฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก๊าซโอโซน และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ขอนแก่นและนครราชสีมา พบว่าปัญหาหลักเกิดจากฝุ่นละออง ในภาคกลาง ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี และราชบุรี พบว่าฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลักและก๊าซโอโซนเป็นปัญหารองลงมาเช่นเดียวกับเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานคร สำหรับในภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรีและระยอง มีปัญหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์แพร่กระจายไปสู่ชุมชนในระดับความเข้มข้นสูงเป็นเวลานาน ส่งผลให้ประชาชนโดยรอบโรงงานเกิดอาการแสบตา แสบจมูก ตาแดง น้ำมูกน้ำตาไหล แน่นหน้าอก หอบ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ ไอ และแสบคันตามผิวหนัง ในส่วนนี้หน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบได้ทำการติดตามตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขปัญหา สำหรับจังหวัดในภาคใต้ ซึ่งได้แก่ สุราษฎร์ธานี สงขลา และภูเก็ต มีปัญหาหลักคือฝุ่นละอองและปัญหารองลงมาคือโอโซน

2) ปัญหามลพิษทางอากาศในเขตอุตสาหกรรม

พื้นที่อุตสาหกรรมที่มีปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่ พื้นที่อุตสาหกรรมมาบตาพุดจังหวัดระยอง ซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศไทย ภายในนิคมฯ ประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ มากมาย โรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน ปิโตรเคมี ผลิตไฟฟ้าและเหล้า ปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ ปัญหาจากสารอินทรีย์ระเหย (Volatile organic compounds) ที่เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทกลั่นน้ำมัน ปิโตรเคมี ผลิตเส้นใย ผลิตเมล็ดพลาสติก สารอินทรีย์ระเหยเหล่านี้เกิดจากการรั่วไหลของสารเคมีในกระบวนการผลิต การถ่ายเทสารเติมแต่งเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและจากกระบวนการบำบัดอากาศเสียและน้ำเสีย ผลกระทบที่เกิดแก่ชุมชนโดยรอบ ได้แก่ การเกิดกลิ่นชนิดต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้ที่สูดดมเข้าไปเกิดอาการปวดศีรษะ อาเจียนและแน่นหน้าอก

พื้นที่อุตสาหกรรมอีกแห่งหนึ่งที่มีปัญหาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศคือ พื้นที่เขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นรุนแรงที่สุดคือ ใน พ.ศ. 2535 โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งใช้ถ่านลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงและมีกำมะถันปะปนอยู่ประมาณร้อยละ 2-3 โรงงานแห่งนี้ได้ปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาเป็นปริมาณมาก ประกอบกับในช่วงดังกล่าวพื้นที่โดยรอบโรงงาน

มีสภาพอากาศปิด (Inversion) จึงทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณชุมชนโดยรอบโรงงาน มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานและส่งผลกระทบต่อประชาชน

7.5 ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ

1) ผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพของมนุษย์อาจจำแนกตามชนิดของสารมลพิษได้ ดังนี้

(1) อนุภาค อนุภาคที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้มากคือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งสามารถหายใจเข้าไปถึงถุงลมปอดได้ อนุภาคเหล่านี้อาจพบในตัวของมันเอง เช่น ฝุ่นซิลิกา (หินปูน) อาจทำให้เกิดโรคซิลิโตซิส (Silicosis) ฝุ่นแอสเบสตอส (Asbestos) ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคแอสเบสโตซิส (Asbestosis) และอาจลุกลามเป็นมะเร็งปอด (Pulmonary cancer) นอกจากนี้อาจมีสารมลพิษชนิดอื่น ๆ ติดไปกับอนุภาค เช่น สารโลหะหนัก เป็นต้น เมื่อสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ปอดและเข้าสู่กระแสเลือดทำให้เป็นอันตรายต่อร่างกายได้

(2) คาร์บอนมอนอกไซด์ เนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนถึง 200-250 เท่า ดังนั้นเมื่อหายใจเอาคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปจะทำให้ออกซิเจนไม่สามารถรวมกันกับฮีโมโกลบินได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนและทำให้ระบบหายใจล้มเหลวจนถึงแก่ความตายได้

(3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อหายใจเอาซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไป หลอดลมส่วนบนจะดูดซึมก๊าซชนิดนี้เข้าไปกระจายสู่กระแสเลือดทั่วร่างกาย ทำให้ชีพจรเต้นถี่และหายใจเข้าออกได้น้อยลง นอกจากนี้เมื่อหายใจเข้าไป ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไปทำปฏิกิริยากับความชื้นในทางเดินหายใจกลายเป็นกรด ทำให้เกิดอาการแสบคอแน่นหน้าอกได้ และเมื่อก๊าซนี้เข้าสัมผัสกับตาจะทำปฏิกิริยากับความชื้นในดวงตา ทำให้แสบตาอย่างรุนแรงได้

(4) ไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนประเภทอะลิฟาติก (Aliphatic hydrocarbon) และอะลิไซคลิก (Alicyclic hydrocarbon) อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ โดยขึ้นกับสมบัติของไฮโดรคาร์บอนแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 500 พีพีเอ็ม ไฮโดรคาร์บอน 2 ประเภทนี้จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ส่วนพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon) จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุของอวัยวะที่สัมผัสกับสารมลพิษ เช่น เยื่อบุทางเดินหายใจหรือเยื่อบุตาได้มากกว่าไฮโดรคาร์บอนสองชนิดแรก แต่จะไม่ก่อให้เกิดผลต่อร่างกายเมื่อความเข้มข้น ต่ำกว่า 25 พีพีเอ็ม

(5) ออกไซด์ของไนโตรเจน คนเราเริ่มได้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 230 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามหากสูดหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปที่ระดับความเข้มข้น 140 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้ความสามารถของสายตาลดลง โดยอาจปรับตาให้เข้ากับความมืดได้ไม่ดี เมื่อหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปที่ระดับความเข้มข้น 1,300-3,800 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจได้สารโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ เช่น โอโซน จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอ็กซเรย์และทำลายโครโมโซมได้ รวมทั้งอาจทำให้เม็ดเลือดแดงเปราะและเกิดผลร้ายต่อระบบเอนไซม์ในเซลล์ และอาจทำให้การทำงานของปอดผิดปกติ เมื่อมีโอโซนร่วมกับไนโตรเจนไดออกไซด์อาจทำให้เกิดความผิดปกติของเลือดได้ โอโซนหรือสารออกซิแดนท์ต่าง ๆ มีผลทำให้ระคายเคืองตาและสายตาผิดปกติได้

2) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

(1) ผลกระทบต่อพืช มลพิษที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชที่สำคัญ ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซนและเปอร์ออกซีเอซิลไนเตรท อันตรายต่อพืชอาจเกิดขึ้นแบบเฉียบพลันหรือแบบเรื้อรัง อันตรายแบบเฉียบพลันเกิดขึ้น เนื่องจากพืชได้รับสารมลพิษที่มีความเข้มข้นสูงจนทำให้เซลล์พืชเหี่ยวหรือตายเนื่องจากการเกิดพลาสโมซิส (Plasmosis) หรือการที่น้ำออกมาจากเซลล์ อันตรายแบบเรื้อรังเกิดจากการที่พืชรับสารมลพิษที่ความเข้มข้นต่ำลงมาแต่ได้รับเป็นระยะเวลานาน ทำให้คลอโรฟิลล์ในพืชถูกทำลาย เช่น ใบซีดจาง ใบเหลือง เป็นต้น

(2) ผลกระทบต่อสัตว์ อันตรายต่อสัตว์เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับพืช คืออันตรายแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง อันตรายแบบเฉียบพลันจะทำให้สัตว์ป่วยอย่างรุนแรงหรือตายทันที เนื่องจากรับสารมลพิษในปริมาณมาก ส่วนอันตรายเรื้อรังจะเกิดจากการที่สัตว์ได้รับสารมลพิษในปริมาณน้อยลงมาเป็นเวลานานทำให้ป่วยเรื้อรัง และหากเป็นสัตว์เศรษฐกิจก็จะเสื่อมคุณค่าทางเศรษฐกิจลง มลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ที่พบมาก ได้แก่ อาร์เซนิก ฟลูออรีน ตะกั่ว และแคดเมียม

(3) ผลกระทบต่อวัสดุสิ่งของ มลพิษทางอากาศบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อรวมตัวกับความชื้นในบรรยากาศจะมีสมบัติเป็นกรดและกัดกร่อนได้ วัสดุที่พบว่าเกิดความเสียหายจากการกัดกร่อน ได้แก่ เหล็ก อลูมินัม ทองแดง เงิน นิกเกิล และสังกะสี รวมทั้งวัสดุก่อสร้างที่เป็นหินปูน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์และเกลือของโลหะต่าง ๆ อาจทำให้สีที่พบบนวัสดุเปลี่ยนแปลงไป

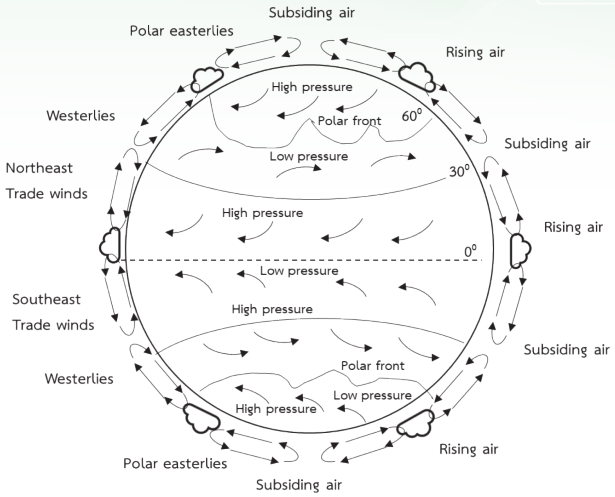
(4) ผลกระทบต่อระบบนิเวศ ปรากฏการณ์ของมลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างกว้างขวาง ได้แก่ ฝนกรด เรือนกระจก รูโอโซน หมอกควัน ปรากฏการณ์เหล่านี้ อาจครอบคลุมพื้นที่หรือส่งผลกระทบในระดับทวีปหรือระดับโลกได้

7.6 การประยุกต์อุตุนิยมวิทยาเพื่อการจัดการภาวะมลพิษทางอากาศ

อุตุนิยมวิทยาเป็นการศึกษาเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ สภาพอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการจัดการและควบคุมภาวะมลพิษทางอากาศ สิ่งที่ควรเรียนรู้เกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยาเพื่อการจัดการและควบคุมภาวะมลพิษทางอากาศ มีดังต่อไปนี้

1) การหมุนเวียนของบรรยากาศโลก

ถ้าหากผิวโลกเรียบเสมอกันหมด การหมุนเวียนของบรรยากาศโลกจะเป็นดังภาพที่ 7.1 จากภาพจะเห็นได้ว่า ลมที่ผิวโลกจะพัดจากเส้นแวงที่ 30 องศาทั้งเหนือและใต้ไปยังเส้นศูนย์สูตรและพัดไปที่ขั้วโลกเหนือและใต้ ไปพบกับลมจากขั้วโลกเหนือและใต้ที่เส้นแวง 60 องศาทั้งเหนือและใต้ โดยทิศทางของลมจะเบี่ยงเบนไปตามอิทธิพลของการหมุนรอบตัวเองของโลก ส่วนลมที่ระดับต่าง ๆ เหนือผิวโลกนั้น กระแสลมจะพัดหมุนเวียนขึ้นไปจากผิวโลกแล้วย้อนกลับลงมาเป็นวงแยกไปตามส่วนต่าง ๆ ของผิวโลก ในส่วนที่พื้นผิวโลกเรียบจะมีการหมุนเวียนของกระแสลมในลักษณะดังกล่าว อย่างไรก็ตามการหมุนเวียนของกระแสลม ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมาก เช่น สภาพภูมิประเทศ ความร้อนที่พื้นผิวโลกซึ่งแตกต่างกัน ฤดูกาล อุณหภูมิที่พื้นดินและพื้นน้ำ ดังนั้นการหมุนเวียนของกระแสลมจึงแปรผันไปจากที่กล่าวมาแล้ว

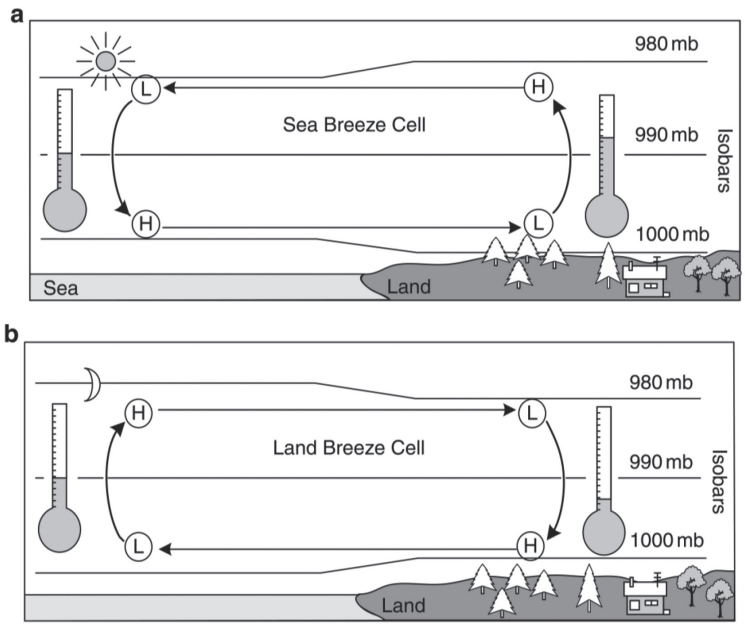


ภาพที่ 7.1 การไหลเวียนของบรรยากาศในแนวนอน (De Nevers, N., 2010)

2) การหมุนเวียนของลมท้องถิ่น

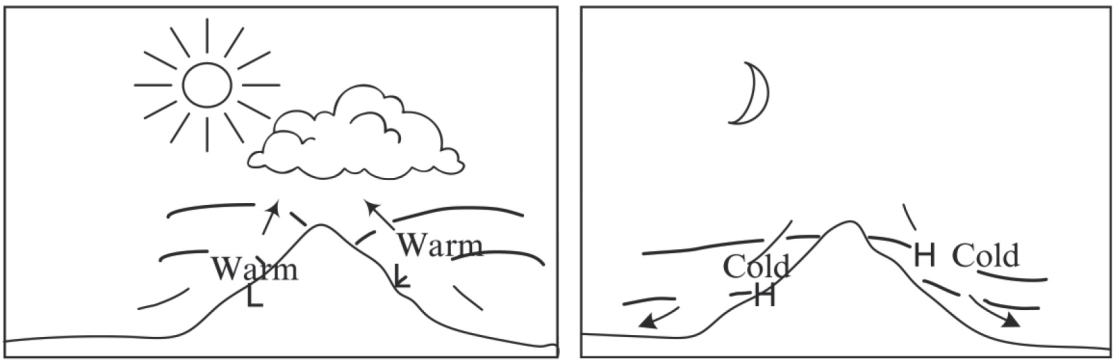
การหมุนเวียนของลมในท้องถิ่น เกิดจากอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของพื้นผิวโลกไม่เท่ากันในการเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานหรือสถานประกอบการที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาทิศทางของลมท้องถิ่น เพื่อที่จะได้เลือกสถานที่ตั้งที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ลมท้องถิ่นที่มีความสำคัญ มีดังต่อไปนี้

(1) ลมบก ลมทะเล ในเวลากลางวันพื้นดินจะร้อนเร็วกว่าพื้นน้ำทำให้อากาศบนพื้นดินลอยขึ้นสู่เบื้องบนและทำให้ความกดอากาศที่พื้นดินต่ำกว่าพื้นน้ำ ลมจึงพัดจากทะเลเข้าสู่พื้นดิน เรียกว่า ลมทะเล ในทางตรงกันข้ามช่วงเวลากลางคืนพื้นดินจะคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำอุณหภูมิจึงต่ำกว่าพื้นน้ำ ความกดอากาศที่พื้นดินจึงสูงกว่าพื้นน้ำ ลมจึงพัดออกจากพื้นดินไปสู่พื้นน้ำเรียกว่า ลมบก ลักษณะของลมบก ลมทะเล แสดงในภาพที่ 7.2



ภาพที่ 7.2 ลักษณะของการเกิดลม (a) ลมทะเล (b) ลมบก (Mihalis Lazaridis, 2011)

(2) ลมหุบเขา ในช่วงเวลากลางวัน อากาศบริเวณเนินเขาซึ่งอยู่ใกล้กับดวงอาทิตย์มากกว่าจะร้อนกว่าอากาศในบริเวณหุบเขา อากาศในบริเวณเนินเขาจึงลอยขึ้นสู่เบื้องบน อากาศจากหุบเขาจะเคลื่อนตัวเข้าไปแทนที่ ทำให้เกิดลมพัดจากหุบเขาสู่เนินเขา ในเวลากลางคืนบริเวณหุบเขาคายความร้อนช้ากว่าจึงเกิดลมพัดจากเนินเขาลงมาสู่หุบเขา ดังแสดงในภาพที่ 7.3



ภาพที่ 7.3 ลักษณะของการเกิดลมหุบเขา (Mihalis Lazaridis, 2011)

3) สภาวะเสถียรของบรรยากาศ

ถ้าหากว่าในบรรยากาศมีปริมาตรอากาศจำนวนหนึ่ง (A parcel of air) ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศโดยรอบตัวของมัน ปริมาตรอากาศนี้จะลอยสูงขึ้นและอากาศที่มีความหนาแน่นมากกว่ารอบ ๆ ตัวมันก็จะจมลงแทนที่ ดังนั้น จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของบรรยากาศขึ้น ซึ่งการเคลื่อนที่นี้มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอากาศนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอากาศขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญคือ อุณหภูมิ ความชื้น และความดันบรรยากาศ ทั้งนี้ ความชื้นในบรรยากาศมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของอากาศน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ พบว่าประมาณร้อยละ 40 ของความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) จะทำให้เกิดผลต่อความหนาแน่นของอากาศในบรรยากาศเท่ากับการเพิ่มอุณหภูมิเพียง 1 องศาเซลเซียสเท่านั้น

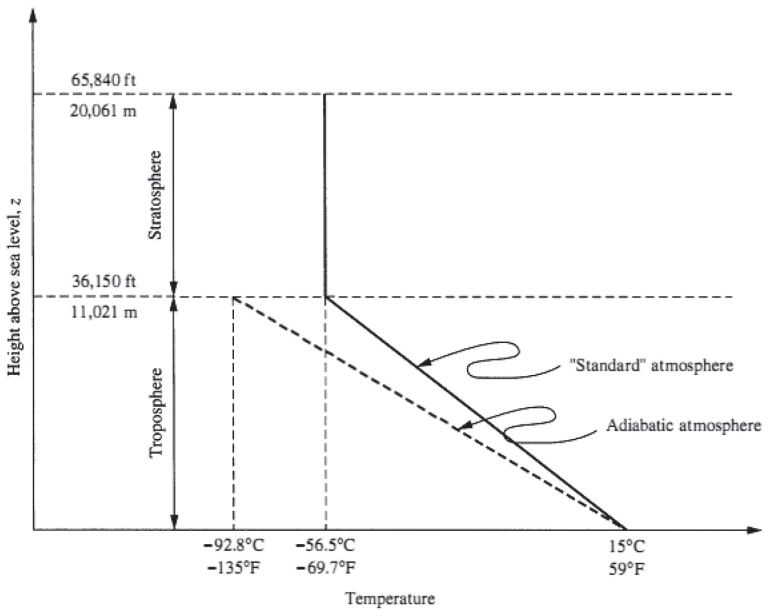
ความหนาแน่นของอากาศในส่วนใด ๆ เป็นไปตามกฎสมบูรณ์ของก๊าซ ดังนี้คือ

$$\rho = \frac{MP}{\mathrm{RT}}$$

เมื่อ M คือน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ P ความดันบรรยากาศ R ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ; T อุณหภูมิของอากาศ และ ρ ความหนาแน่นของอากาศ

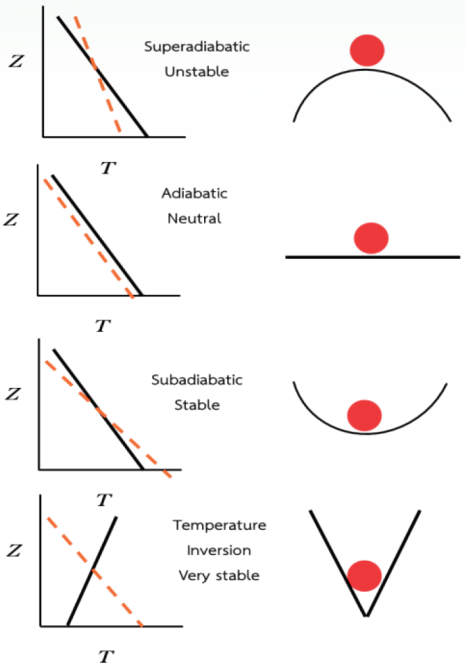
จากสมการดังกล่าวอธิบายได้ว่า ความหนาแน่นของอากาศจะแปรผันตามน้ำหนักโมเลกุลของอากาศและความดันบรรยากาศและแปรผกผันกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนั่นเอง

ในชั้นบรรยากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงของชั้นบรรยากาศ จากภาพที่ 7.4 จะเห็นได้ว่า ในสภาวะบรรยากาศมาตรฐาน (Standard atmosphere) ซึ่งมีความชื้นเนื่องจากไอน้ำอยู่ด้วย และเป็นค่าเฉลี่ยของบรรยากาศโลกโดยทั่วไปนั้น อุณหภูมิจะลดลงเป็นกราฟเส้นตรงจากผิวโลกจนถึงความสูงที่ 36,150 ฟุต ด้วยอัตรา 3.6 ˚F/1,000 ft หรือ 0.66 ˚C/100 m หลังจากนั้นอุณหภูมิจะคงที่จนถึงระดับความสูงที่ 65,840 ฟุต ช่วงบรรยากาศที่อุณหภูมิลดลงเป็นชั้นบรรยากาศซึ่งมีมวลประมาณร้อยละ 75 ของบรรยากาศทั้งหมด ซึ่งเรียกว่าชั้น “โทรโปสเฟียร์” (Troposphere) ส่วนชั้นบรรยากาศเหนือขึ้นไป ซึ่งอุณหภูมิคงที่คือ ชั้น “สตาร์โทสเฟียร์” (Stratosphere)



ภาพที่ 7.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความสูงของบรรยากาศและบรรยากาศมาตรฐาน (De Nevers, N., 2010)

สำหรับในบรรยากาศที่แห้งไม่มีความชื้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระดับความสูงของบรรยากาศจะแตกต่างจากสภาพบรรยากาศมาตรฐาน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้เรียกว่า ดรายอะเดียเบติกแลปส์ เรท (Dry Adiabatic Lapse Rate: DALR) หรือเรียกว่า อะเดียเบติก แอทโมสเฟียร์ (Adiabatic atmosphere) ซึ่งมีค่าเท่ากับ -9.8 C/km (≅ -1 C/100m) ซึ่งหมายความว่าเมื่อปริมาตรอากาศแห้งเคลื่อนที่สูงขึ้นไป 100 เมตร อุณหภูมิของมันจะลดลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส การลดลงของอุณหภูมิในสภาวะอะเดีย เบติก แอทโมสเฟียร์ จะมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะบรรยากาศมาตรฐาน ในสภาพความเป็นจริงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระดับความสูงต่าง ๆ ของบรรยากาศจะแปรเปลี่ยนไปตลอดเวลาขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงในสภาพความเป็นจริงนี้เรียกว่าแอคชั่ว แลปส์ เรท (Actual lapse rate) หรือเอ็นไวรอนเมนทอล แลปส์ เรท (Environmental lapse rate: ELR) เมื่อการลดลงของอุณหภูมิในสภาพความเป็นจริง หรือ ELR ลดลง มากกว่าสภาพ DALR จะเรียกสภาพบรรยากาศนั้นว่า ซูเปอร์อะเดียเบติก (Superadiabatic) เมื่อการลดลงของอุณหภูมิในความเป็นจริงหรือ ELR เท่ากับ DALR จะเรียกสภาพบรรยากาศนั้นว่า อะเดียเบติก (Adiabatic) และเมื่อการลดลงของอุณหภูมิในสภาพความเป็นจริงหรือ ELR น้อยกว่าสภาพ DALR จะเรียก สภาพบรรยากาศนั้นว่า ซับอะเดียเบติก (Subadiabatic) ดังแสดงในภาพที่ 7.5



ภาพที่ 7.5 ลักษณะของอากาศที่เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในบรรยากาศ (Lape rate) (De Nevers, N., 2010)

ลักษณะของอากาศที่เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในบรรยากาศหรือแลปส์ เรท เป็นปัจจัยที่กำหนดสภาวะเสถียรของบรรยากาศ (Stability condition) ถ้าแลปส์ เรท เป็นซูปเปอร์อะเดียเบติก สภาวะเสถียรของบรรยากาศเป็นแบบอันสเตเบิล (Unstable) หรือไม่มีความเสถียร ถ้าแลปส์ เรท เป็นอะเดียเบติก สภาวะเสถียรของบรรยากาศเป็นแบบนิวทรอล (Neutral) หรือมีความเสถียรปานกลาง และถ้าแลปส์ เรท เป็นซับอะเดียเบติก สภาวะเสถียรของบรรยากาศจะเป็นแบบสเตเบิล (Stable) หรือมีความเสถียร

สภาวะเสถียรของบรรยากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวดิ่ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ ในสภาพอันสเตเบิล หากปริมาตรอากาศจำนวนหนึ่ง (A parcel of air) ที่จุด A ซึ่งมีความสูงที่ Z_0 และอุณหภูมิเท่ากับ T_0 ถูกทำให้เคลื่อนที่สูงขึ้นด้วยแรงใด ๆ ก็ตาม อุณหภูมิของปริมาตรอากาศนั้นจะสูงกว่าอากาศโดยรอบและปริมาตรอากาศ นั้นจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศโดยรอบ ซึ่งสภาพเช่นนี้จะทำให้มันลอยตัวสูงขึ้นไปอีก ในทางกลับกันถ้าหากว่าทำให้มันเคลื่อนที่ต่ำลงมาด้วยแรงใด ๆ อุณหภูมิของมันจะต่ำกว่าอากาศโดยรอบและจะมีความหนาแน่นสูงกว่าอากาศโดยรอบ ซึ่งจะทำให้มันลอยต่ำลงไปอีก ดังนั้นหากปริมาตรอากาศนี้เป็นมลพิษทางอากาศก็จะเกิดการกระจายตัวผสมและเจือจางในบรรยากาศได้ดี ความเข้มข้นของมลพิษจะลดต่ำลงมาก

ในสภาพสเตเบิลจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับสภาพอันสเตเบิล กล่าวคือ เมื่อปริมาตรของอากาศที่จุด A ถูกทำให้เคลื่อนที่สูงขึ้นด้วยแรงใด ๆ นั้น ตัวของมันจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศโดยรอบและมีความหนาแน่นสูงกว่า ซึ่งจะทำให้มันลอยตัวกลับลงมาอยู่ในที่เดิม ที่มีอุณหภูมิของอากาศโดยรอบเท่ากับอุณหภูมิของตัวมันเอง และหากมีแรงกระทำให้มันเคลื่อนที่ต่ำลงอุณหภูมิของมันจะสูงกว่าโดยรอบและมีความหนาแน่นต่ำกว่า ทำให้มันลอยตัวขึ้นไปอยู่ในระดับเดิมอีกครั้ง ในสภาพเช่นนี้การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของปริมาตรอากาศ มีลักษณะตรงกันข้ามกับสภาพอันสเตเบิล

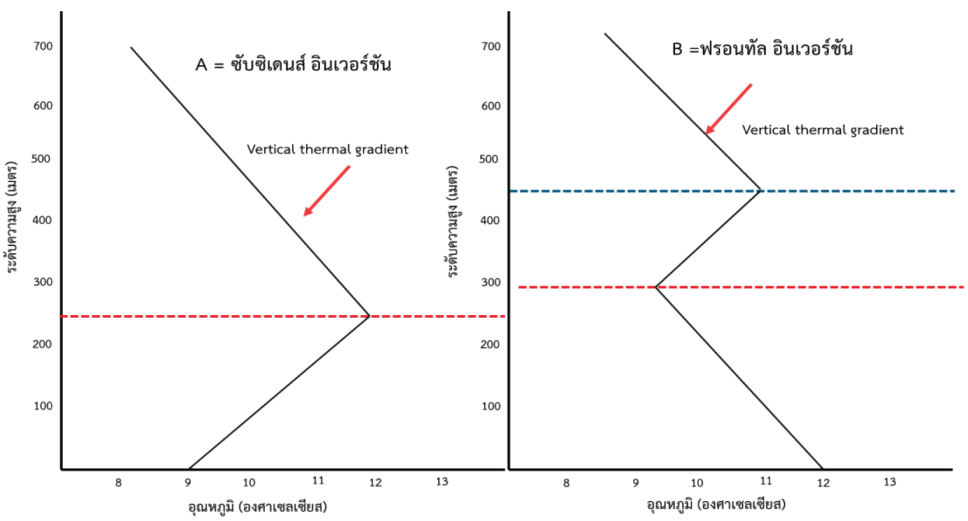
ในสภาพนิวทรอลนั้นเมื่อปริมาตรของอากาศที่จุด A ถูกทำให้เคลื่อนที่สูงขึ้นหรือต่ำลงด้วยแรงใด ๆ อุณหภูมิและความหนาแน่นของมันจะเท่ากับอากาศโดยรอบ เมื่อถูกทำให้เคลื่อนที่ไปอยู่ที่จุดใด มันก็จะหยุดนิ่งที่จุดนั้นไม่มีการเคลื่อนไหวต่อไป การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของอากาศในสภาพบรรยากาศแบบนี้จึงไม่เกิดขึ้น

4) อินเวอร์ชัน

ตามปกติแล้วอุณหภูมิของบรรยากาศในชั้นโทรโปสเฟียร์ ซึ่งอยู่ติดกับผิวเปลือกโลกจะลดลงตามระดับความสูงของบรรยากาศ สภาพอินเวอร์ชัน (Inversion) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ความสูงระดับใดระดับหนึ่งของบรรยากาศ เมื่อเกิดสภาพอินเวอร์ชันความเสถียรของบรรยากาศในบริเวณนั้นจะสูงมาก (ภาวะสเตเบิลสูง) ทำให้เกิดการยับยั้งการกระจายตัวและการเจือจางของมลพิษทางอากาศ ซึ่งส่งผลให้มีความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบริเวณดังกล่าวสูงและเป็นภาวะที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สภาพอินเวอร์ชันเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

(1) ซับซิเดนส์ อินเวอร์ชัน (Subsidence inversion) อินเวอร์ชันแบบนี้เกิดจากชั้นเมฆดูดพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ ซึ่งตามปกติจะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีความกดอากาศสูงและความเร็วลมต่ำ ทำให้การไหลของอากาศเกิดขึ้นน้อย ดังนั้น เมื่อเมฆหรือมวลของอากาศที่ดูดความร้อนจากดวงอาทิตย์นี้จมลงไปอยู่ที่จุดใด จะทำให้อุณหภูมิ ณ จุดที่มวลของอากาศนั้นอยู่สูงขึ้นกว่าอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ข้างล่างทำให้เกิดซับซิเดนส์อินเวอร์ชันขึ้น ตามปกติอินเวอร์ชันแบบนี้จะเกิดที่ระดับความสูง 1,500-15,000 ฟุต เหนือพื้นดิน จะพบได้ในบริเวณที่มีแสงอาทิตย์จ้าและมีความเร็วลมต่ำทำให้บรรยากาศไม่สามารถผสมผสานกันได้ อินเวอร์ชันแบบนี้จึงมีผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศมาก (ภาพที่ 7.6)

(2) ฟรอนทัล อินเวอร์ชัน (Frontal inversion) อินเวอร์ชันแบบนี้เกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นสูงโดยเกิดจากการไหลของชั้นอากาศอุ่นเหนือชั้นอากาศเย็นจากการพัดพาของลม ทำให้มวลอากาศอุ่นลอยอยู่บนมวลของอากาศเย็น เนื่องจากการเกิดอินเวอร์ชันแบบนี้มักเกิดในหุบเขาในช่วงที่มีลมพัด ดังนั้นการผสมของอากาศก็ยังคงมีอยู่ จึงไม่มีผลต่อการเกิดภาวะมลพิษทางอากาศมากนัก (ภาพที่ 7.6)



ภาพที่ 7.6 อินเวอร์ชัน (Mihalis Lazaridis, 2011)

(3) เรเดียนท์ อินเวอร์ชัน (Radiant inversion) อินเวอร์ชันแบบนี้เกิดขึ้นที่ระดับผิวโลกขึ้นไปถึงระดับความสูงไม่เกิน 500 ฟุต มักจะเกิดในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสและลมสงบ สาเหตุที่เกิดอินเวอร์ชันแบบนี้ขึ้น เนื่องจากในช่วงรุ่งเช้าพื้นดินเย็นกว่าอากาศที่อยู่เหนือพื้นดิน เพราะหลังจากผ่านช่วงที่ได้รับความเย็นมาแล้วในตอนกลางคืน พื้นดินจะถูกทำให้ร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ช้ากว่าอากาศที่อยู่ข้างบน การเกิดอินเวอร์ชันแบบนี้มีผลต่อการเกิดภาวะมลพิษทางอากาศได้มากเช่นกัน

7.7 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ

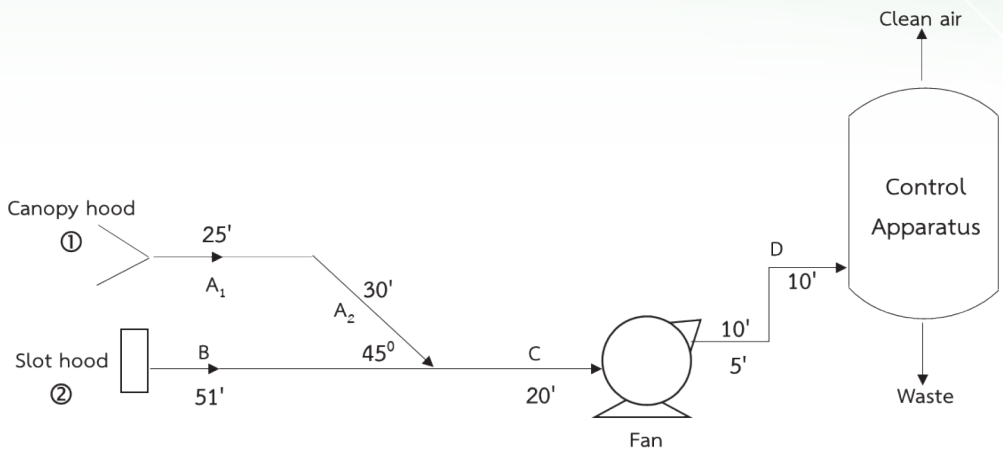
เมื่อมีมลพิษทางอากาศเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตใด ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบการหลักทั่วไปในการควบคุมมลพิษเหล่านั้นจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บรวบรวม บำบัด และกำจัดมลพิษเหล่านั้น เพื่อไม่ให้มลพิษเหล่านั้นฟุ้งกระจายภายในโรงงานหรือสถานประกอบการหรือแพร่กระจายออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่ ฮู้ด ระบบท่อ อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ พัดลม และปล่องควัน

1) ชนิดและลักษณะของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ

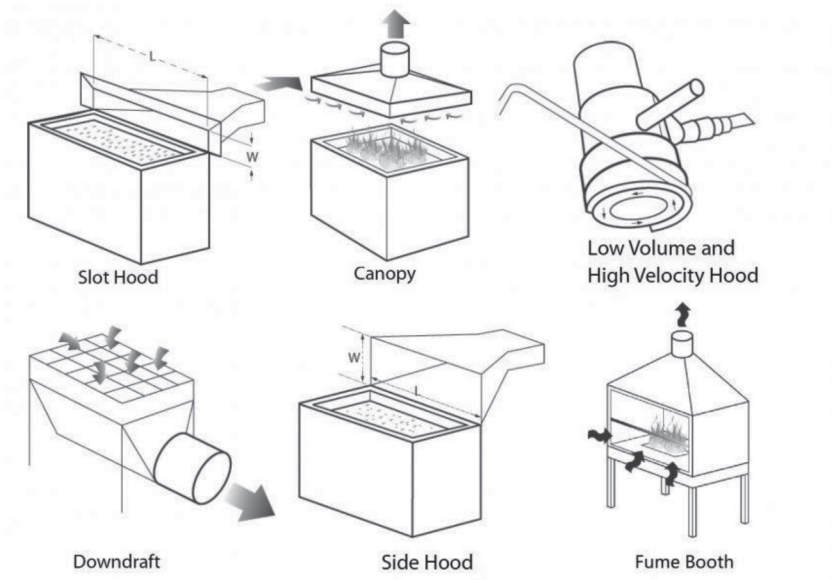
(1) ฮู้ด เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวบรวมมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิต ให้ไหลเข้าสู่ระบบควบคุมมลพิษ โดยมีพัดลมทำหน้าที่ดูดอากาศทำให้เกิดการไหลของอากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษผ่านฮู้ดเข้าสู่ระบบท่อซึ่งทำหน้าที่ขนส่งมลพิษเข้าสู่อุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศ เมื่อกระแสอากาศถูกบำบัดมลพิษออกไปแล้วก็จะถูกระบายสู่บรรยากาศโดยอาจระบายผ่านปล่องควันต่อไป ดังภาพที่ 7.7-7.8

(2) ระบบท่อ ท่อเป็นส่วนที่นำกระแสอากาศที่ปนเปื้อนมลพิษต่อมาจากฮู้ดไปยังอุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศและจากอุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศไปยังปล่องควันต่อไป โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทของท่อตามชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการทำท่อ ในสมัยก่อนมีเฉพาะท่อประเภทโลหะกัลวไนซ์ (Galvanized metal) เท่านั้น ในปัจจุบันนอกจากท่อประเภทนี้แล้ว ยังมีท่อที่ทำด้วยพลาสติกชนิดต่าง ๆ เช่น พีวีซี (PVC) หรือเอบีเอส (ABS) นอกจากนี้ยังมีท่อที่ทำจากไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) อีกด้วย โดยทั่วไปท่อที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่น (Flexible) มักจะใช้วัสดุที่ทำด้วยโลหะ ส่วนท่อในส่วนที่ต้องการความยืดหยุ่นอาจจะทำจากวัสดุที่ยืดหยุ่นได้หลายประเภท

การเลือกใช้ท่อจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอุณหภูมิ และคุณสมบัติในการกัดกร่อนของกระแสอากาศ ท่อชนิดที่ทำจากเหล็กและสเตนเลสเหมาะสำหรับกระแสอากาศที่มีอุณหภูมิ ระหว่าง 1,150 - 1,500 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ถ้ากระแสอากาศมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนก็จะต้องใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ ท่อชนิดที่ทำจากคาร์บอนสตีล (Carbon steel) เหมาะสำหรับกระแสอากาศที่ไม่กัดกร่อนและมีอุณหภูมิไม่เกิน 1,150 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นต้น



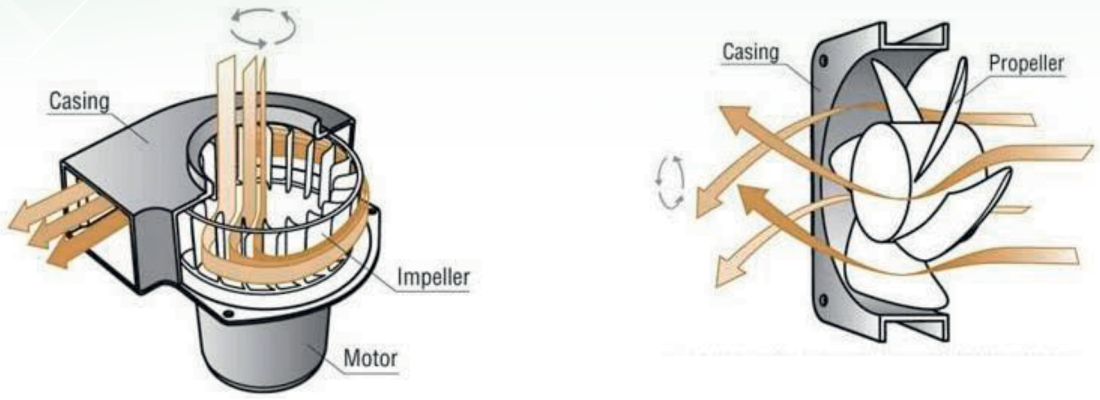
ภาพที่ 7.7 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ (Schnelle et al., 2016)



ภาพที่ 7.8 ชนิดของฮู้ด

ที่มา: https://canstar.com.my/wp-content/uploads/2019/03/hood-types-850x600.jpg

(3) พัดลม พัดลมทำหน้าที่ในการดูดกระแสอากาศจากฮู้ดผ่านท่อไปยังอุปกรณ์ทำความสะอาด เพื่อทำความสะอาดก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมทางปล่องควันต่อไป พัดลมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เซ็นตริฟิวกัลป์ (Centrifugal) หรือ เรเดียลโฟล (Radial flow) และพรอพเพลเลอร์ (Propeller) หรือ เอ็ก เซียลโฟล (Axial flow) ดังแสดงในภาพที่ 7.9



(a) Radial flow (b) Axial flow

ภาพที่ 7.9 ประเภทของพัดลม

ที่มา: https://www.vankool.com

(4) ปล่องควัน ปล่องควันเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบายอากาศที่ผ่านการบำบัดแล้วออกไปสู่บรรยากาศ ซึ่งจะทำให้สารปนเปื้อนในกระแสอากาศถูกเจือจาง ในการออกแบบปล่องควันนั้น ต้องพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- ความสูงของปล่องควัน โดยทั่วไปจะออกแบบให้ปล่องควันสูงไม่ต่ำกว่า 10 เมตร จากหลังคาขึ้นไปเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศที่ระบายออกไปย้อนกลับลงมาใหม่ ผู้ออกแบบบางคน ออกแบบให้สูงเป็น 1.5 เท่าของอาคารที่ติดตั้งปล่องควันนั้น ๆ
- ตำแหน่งของปล่องควัน ควรติดตั้งปล่องควันให้ห่างจากบริเวณที่ดูดลมเข้าสู่อาคาร อย่างไรก็ตามการเลือกทิศใต้ลมเพื่อติดตั้งปล่องควันอาจทำได้ยากเนื่องจากทิศทางลมมีการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้น จึงควรติดตั้งปล่องควันให้ห่างจากบริเวณที่ดูดลมเข้าสู่อาคารอย่างน้อย 50 ฟุต
- ความเร็วของกระแสอากาศจากปล่องควัน ควรที่จะทำให้ความเร็วของกระแสอากาศที่ออกจากปล่องควันไม่น้อยกว่า 1.4 เท่าของความเร็วลมรอบ ๆ ปล่องควันเพื่อป้องกันอากาศจากปล่องควันตกลงสู่พื้นดิน

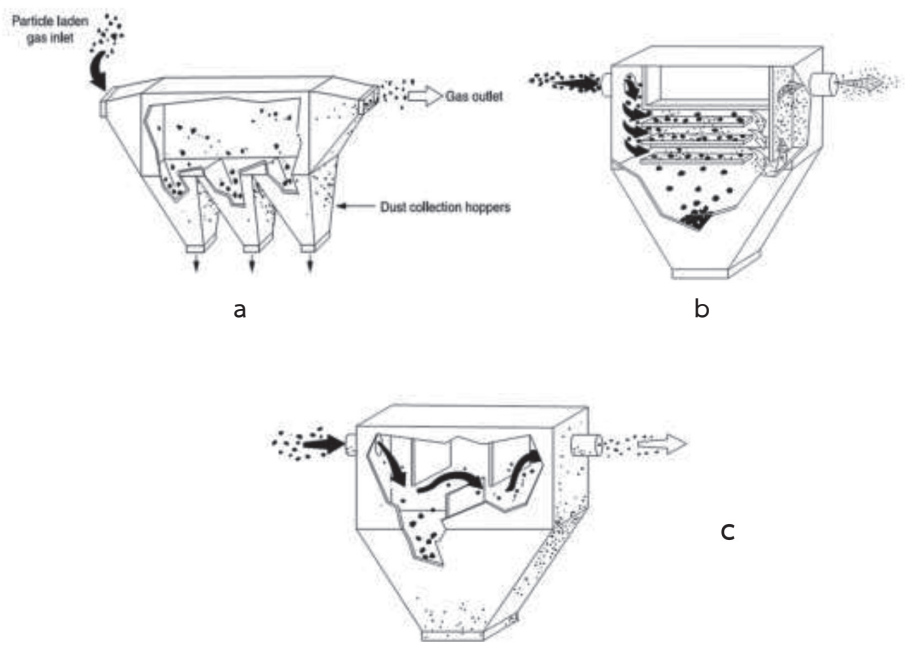
2) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ

(1) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศชนิดอนุภาค

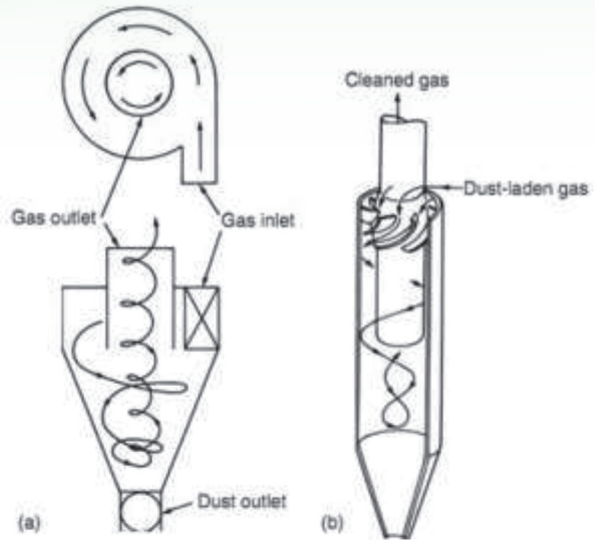
การเลือกอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมลพิษทางอากาศที่เหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาองค์ประกอบในการเลือกหลาย ๆ ด้าน องค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์ ควบคุมมลพิษทางอากาศชนิดอนุภาค ได้แก่ คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของอนุภาค อัตราการไหลของกระแสอากาศที่จะบำบัด ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสอากาศ อุณหภูมิและความดันของกระแสอากาศ ความชื้นและคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของก๊าซ เช่น การกัดกร่อน การละลาย รวมทั้งมาตรฐานที่อนุญาตให้ปล่อยอนุภาคออกสู่สิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศชนิดอนุภาค มีดังต่อไปนี้

1. ห้องตกอนุภาค (Gravity Settling Chambers) หลักการของอุปกรณ์ชนิดนี้คือการทำให้อนุภาคแยกตัวออกจากกระแสอากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ (ประมาณ 50 ไมครอน) ซึ่งปนอยู่ในกระแสอากาศไหลผ่านห้องตกตะกอนในเวลาที่นานพอสำหรับการตกตะกอน โดยการออกแบบความยาวของห้องตกอนุภาคให้เหมาะสม (ภาพที่ 7.10) เพื่อให้อนุภาคมีเวลาพอสำหรับตกลงมาในแนวดิ่งก่อนที่จะออกจากห้องตกอนุภาคโดยการเคลื่อนที่ตามแนวนอนตามความยาวของห้องตกอนุภาค ห้องตกอนุภาคเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาน้อย เป็นอุปกรณ์ที่มีความเชื่อถือได้สูง อย่างไรก็ตาม ห้องตกอนุภาคเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพต่ำและใช้สำหรับบำบัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ ห้องตกอนุภาคจึงเหมาะสมสำหรับบำบัดอนุภาคในลักษณะของการบำบัดเบื้องต้น เพื่อกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ ออกมาก่อนที่จะบำบัดอนุภาคขนาดเล็กในกระแสอากาศด้วยอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ ต่อไป ทั้งนี้เพื่อที่จะไม่ให้อนุภาคขนาดใหญ่ไปทำลายอุปกรณ์เหล่านั้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์เหล่านั้นให้มากขึ้น

2. ไซโคลน (Cyclones) อุปกรณ์ชนิดไซโคลนใช้แรงหนีศูนย์กลางในการทำให้กระแสอากาศหมุนเวียนและเหวี่ยงอนุภาคออกมาจากกระแสอากาศ ไซโคลนอาจประกอบด้วยหน่วยเดียวขนาดใหญ่หรือหลายหน่วยเล็ก ๆ ประกอบกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ให้สูงขึ้นก็ได้ ไซโคลน แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ตามวิธีการให้ก๊าซเข้าสู่เครื่องเพื่อทำให้เกิดก๊าซหมุนวน คือ (1) ไซโคลนที่ทำให้ก๊าซไหลเข้าตามเส้นสัมผัส (Tangential Entry Cyclone) และ(2) ไซโคลนที่ใช้ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (Axial Entry Cyclone) (ภาพที่ 7.11) โดยทั่วไปสามารถใช้ไซโคลนได้ดีสำหรับบำบัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนประสิทธิภาพของไซโคลนโดยทั่วไปต่ำกว่าร้อยละ 90 ยกเว้นในกรณีที่ใช้ในการบำบัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 ไมครอน ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดของไซโคลนอาจสูงกว่าร้อยละ 90

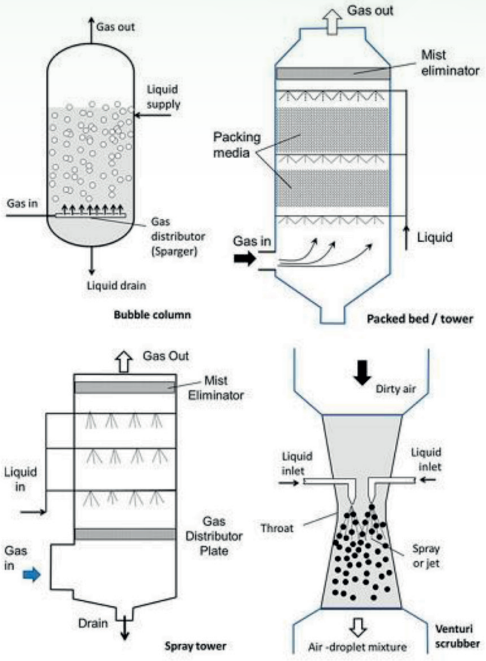


ภาพที่ 7.10 ประเภทของห้องตกอนุภาคด้วยแรงโน้มถ่วง (Louis Theodore, 2008)
(a) ห้องตกอนุภาคแบบไหลตามแนวนอน (Horizontal flow settling chamber);
(b) ห้องตกอนุภาคชนิดถาดหลายชั้น (Howard settling chamber (multiple tray);
(c) ห้องตกอนุภาคแบบมีแผ่นกั้น (Baffle chamber)



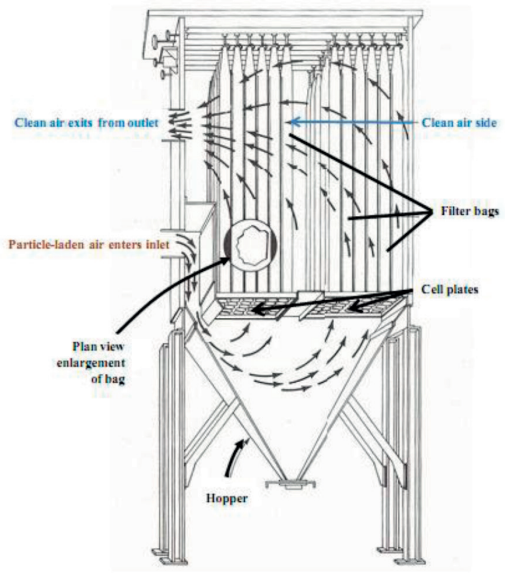
ภาพที่ 7.11 ชนิดของไซโคลน (Vallero, 2014)
(a) ไซโคลนที่ทำให้ก๊าซไหลเข้าตามเส้นสัมผัส (Tangential Entry Cyclone);
(b) ไซโคลนที่ใช้ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (Axial Entry Cyclone)

(2) สครับเบอร์ (Scrubbers) สครับเบอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศที่ทำให้อนุภาคในกระแสอากาศได้สัมผัสกับฝอยละอองน้ำเพื่อทำให้อนุภาคเปียกน้ำ เมื่ออนุภาคเปียกจะจับตัวเป็นก้อนที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น และจะตกลงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะมีผลให้อนุภาคดังกล่าวถูกแยกออกจากกระแสอากาศได้และเป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศที่สามารถแยกอนุภาคที่มีความร้อนสูงทั้งยังเหมาะที่จะใช้กับอนุภาคที่มีคุณสมบัติที่อาจเกิดการระเบิดหรือติดไฟได้เมื่ออยู่ในสภาวะแห้ง ซึ่งในการดักจับฝุ่นด้วยสครับเบอร์ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) อนุภาคสัมผัสและดักจับด้วยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว (2) แยกหยดของเหลวออกจากกระแสก๊าซ และ (3) บำบัดของเหลวที่จับฝุ่น (น้ำเสีย) ก่อนระบายทิ้ง ชนิดของสครับเบอร์ มีหลายประเภท เช่น สครับเบอร์แบบเวนทูรี่ (Venturi scrubbers) สครับเบอร์แบบถาด (Tray scrubbers) สครับเบอร์แบบหอบรรจุ วัสดุหรือหอแพค (Packed-bed scrubbers) สครับเบอร์แบบสเปรย์ (Spray tower scrubbers) เป็นต้น (ดังภาพที่ 7.12) อย่างไรก็ตามการใช้สครับเบอร์มีข้อจำกัดที่สำคัญ ได้แก่ อาจมีการกัดกร่อนภายในอุปกรณ์หากอนุภาคที่บำบัดเป็นสารเคมีชนิดที่ละลายในน้ำแล้วมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะ นอกจากนี้ การที่ต้องใช้น้ำสำหรับทำให้อนุภาคเปียก อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียตามมา



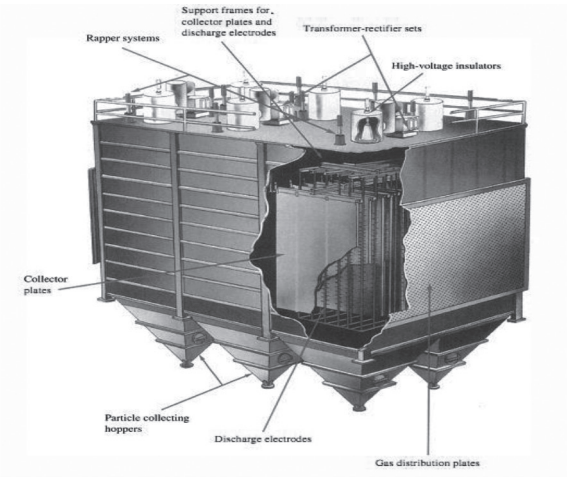
ภาพที่ 7.12 ชนิดของสครับเบอร์ (Zhongchao Tan, 2014)

(3) ถุงกรอง (Fabric Filters) การควบคุมมลพิษอากาศโดยใช้ถุงกรองนี้ ใช้หลักการแยกอนุภาคออกจากกระแสอากาศโดยบังคับให้กระแสอากาศไหลผ่านวัสดุกรองที่ทำด้วยฝ้ายหรือเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ เช่น ผ้าทอ ผ้าสักหลาด เยื่อใยโลหะ ซึ่งทนต่อความร้อนและทนต่อความเป็นกรดหรือเป็นด่างได้ดีมาเย็บเป็นถุงกรอง ระบบการกรอง ออกแบบเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) ระบบการกรองภายใน (Interior filtration) และ (2) ระบบการกรองภายนอก (Exterior filtration) ขณะที่กระแสอากาศไหลผ่านถุงกรองนั้น อนุภาคจะถูกดักและเก็บไว้ในถุงกรอง เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งที่มีอนุภาคอยู่ในถุงกรองเป็นปริมาณมากจะต้องทำความสะอาดถุงกรองโดยการทำให้อนุภาคที่ค้างอยู่บนตัวกรองตกลงไปในถังเก็บ (Hopper) เพื่อนำไปกำจัดต่อไป (ภาพที่ 7.13)



ภาพที่ 7.13 ถุงกรอง (Vallero, 2014)

(4) เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic precipitators) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแยกอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ออกจากกระแสอากาศโดยทำให้อนุภาคที่ต้องการกำจัดมีประจุไฟฟ้าชนิดใดชนิดหนึ่งด้วยเส้นลวดที่มีแรงดันไฟฟ้าสูง ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการถ่ายประจุลบให้กับอนุภาค แล้วทำการเหนี่ยวนำอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าดังกล่าว ให้เคลื่อนที่ไปเกาะติดกับแผ่นเก็บอนุภาค ซึ่งมีประจุชนิดตรงกันข้ามกับอนุภาค จากนั้นจึงเคาะหรือใช้แรงสั่นสะเทือนทำให้อนุภาคที่เกาะผิวของผนังดังกล่าว หลุดออกและตกลงไปสู่ถังเก็บ (Hopper) ด้านล่างเพื่อรวบรวมนำไปกำจัดต่อไป ในการทำให้อนุภาคมีประจุนั้น จะต้องทำให้โมเลกุลของอากาศที่มีอนุภาคปนเปื้อนมาด้วยแตกตัวก่อนโดยใช้ลวดแรงดันไฟฟ้าสูง โมเลกุลของอากาศแตกตัวเป็นไอออนลบเกาะอยู่รอบ ๆ เส้นลวด เมื่ออนุภาควิ่งไปชนโมเลกุลเหล่านี้ทำให้อนุภาคมีประจุลบ ดังแสดงในภาพที่ 7.14



ภาพที่ 7.14 เครื่องตกตะกอนแบบไฟฟ้าสถิต (de Nevers, N., 2010)

3) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศชนิดก๊าซและไอ

ก๊าซที่เป็นมลพิษส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เป็นต้น อีกทั้งมีสัดส่วนปริมาณมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมลพิษทางอากาศชนิดอนุภาคหรือไอ ไอส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งก๊าซและไอที่เป็นมลพิษจะมีความเข้มข้นในกระแสอากาศที่ถูกระบายออกมาจากแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดต่ำมาก อุปกรณ์ควบคุมมลพิษชนิดก๊าซและไอ มีดังต่อไปนี้

(1) อุปกรณ์การดูดซึม

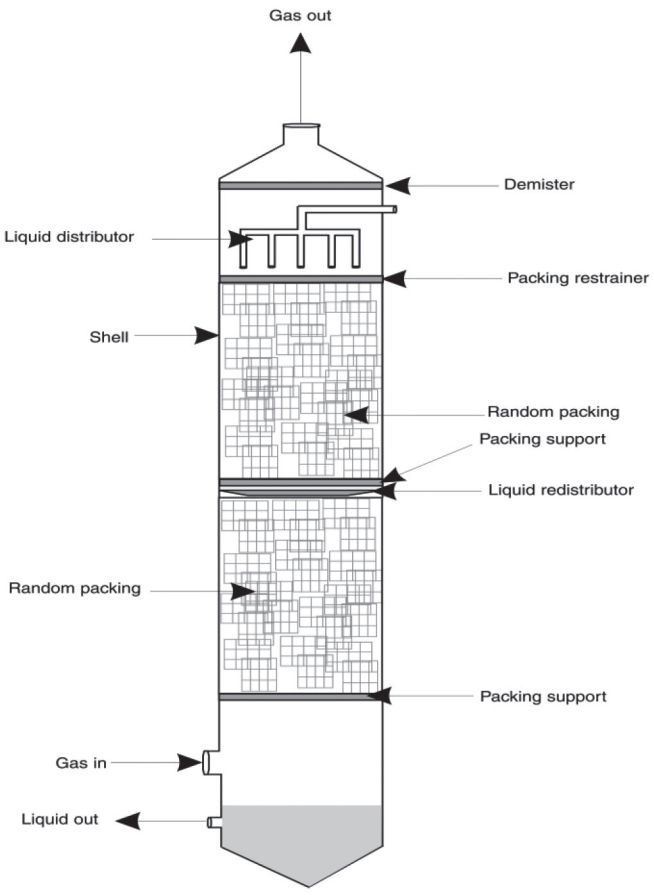
การดูดซึม (Absorption) เป็นกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีซึ่งใช้หลักการถ่ายโอนมวลสาร (Mass transfer) ระหว่างก๊าซหรือไอ (Soluble gas) กับสารละลายที่เป็นของเหลว (Solvent liquid) โดยทำให้มีการสัมผัสกันระหว่างก๊าซหรือไอซึ่งเป็นมลพิษที่ปนเปื้อนในกระแสอากาศและสารละลายในอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ก๊าซ หรือไอที่ต้องการกำจัดจะละลายในสารละลาย แล้วนำสารละลายนั้นไปบำบัดด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป

ระบบการดูดซึมแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ใช้น้ำเป็นสารละลายและแบบที่ใช้สารละลายอินทรีย์ที่มีค่าการระเหยต่ำ (Low volatility) ในระบบที่ใช้น้ำเป็นสารละลายก๊าซที่ต้องการกำจัดออกไปจะต้องมีความสามารถในการละลาย (solubility) ในน้ำที่เพียงพอ ณ อุณหภูมิของกระแสอากาศที่ถูกปล่อย

ออกมาจากกระบวนการผลิต ก๊าซที่เหมาะสำหรับใช้น้ำในการกำจัด ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคลอริก (Hydrochloric) และก๊าซไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric)

สำหรับก๊าซที่มีความสามารถในการละลายในน้ำต่ำ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) หรือไอของเบนซีน (Benzene vapors) จะต้องใช้น้ำในการกำจัดเป็นจำนวนมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้น้ำในการกำจัดในระบบการกำจัดก๊าซประเภทนี้จึงใช้ของเหลวที่เป็นสารละลายอินทรีย์ เช่น ไดเมทธิลอนาลีน (Dimethy lanaline) และเอมีน (Amines) แทนน้ำ ข้อจำกัดของเหลวหรือสารละลายอินทรีย์เหล่านี้คือ สามารถที่จะใช้ได้เฉพาะกับกระแสอากาศที่มีแต่สารมลพิษที่เป็นก๊าซล้วนไม่มีอนุภาคเจือปน เพราะถ้าหากว่ามีอนุภาคเจือปนอยู่ในกระแสอากาศจะทำให้เกิดการรวมตัวระหว่างสารละลายดังกล่าวกับอนุภาคกลายเป็นกากตะกอน (Sludges) ซึ่งยากที่จะกำจัดออกไปจากสารละลายเหล่านี้ในภายหลังได้

อุปกรณ์การดูดซึมมีหน้าที่ทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างก๊าซ ของเหลวที่เป็นสารละลายโดยทำให้ของเหลวกลายเป็นหยดเล็ก ๆ หรือเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสและทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 7.15



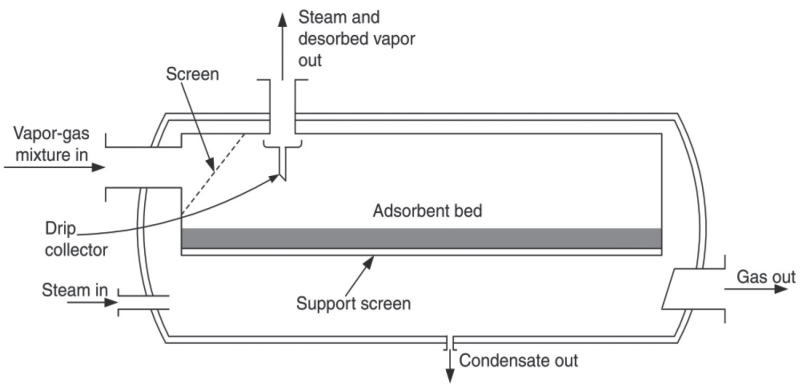
ภาพที่ 7.15 อุปกรณ์การดูดซึม (Schnelle et al, 2016)

(2) อุปกรณ์การดูดซับ

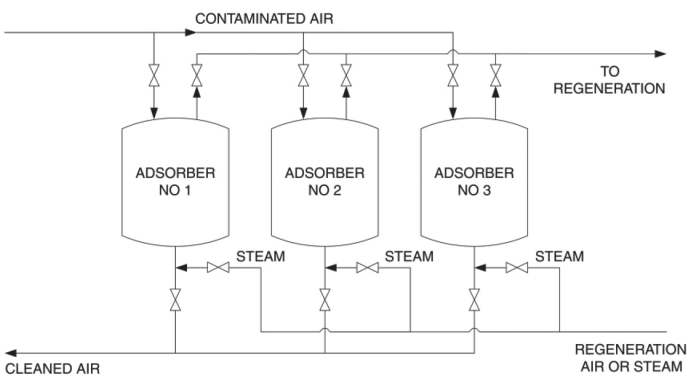
กระบวนการดูดซับ (Adsorption) เกิดขึ้น 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการแพร่ของโมเลกุลของก๊าซหรือไอซึ่งเป็นมลพิษที่ต้องการกำจัด (Adsorbate) ไปยังผิวภายนอกของสารดูดซับ (adsorbent) ซึ่งเป็นสารที่มีรูพรุน ได้แก่ ถ่านปลุกฤทธิ์กัมมันต์ ซิลิกาเจล แอคติเวทเต็ดอะลูมินา หรือ ซีโอไลต์ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของก๊าซมลพิษเข้าสู่รูพรุนของสารดูดซับ ซึ่งการดูดซับส่วนใหญ่เกิดขึ้นในรูพรุนนี้ ขั้นตอนที่ 3 โมเลกุลของก๊าซมลพิษจะติดที่ผิวของรูพรุนของสารดูดซับ โดยเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ

แรงที่ใช้ในกระบวนการดูดซับมี 2 ชนิด ได้แก่ แรงทางกายภาพและแรงทางเคมี ถ้าหากแรงที่ดูดโมเลกุลของก๊าซมลพิษติดกับผิวของสารดูดซับเป็นแรงทางกายภาพ จะเป็นแรงดึงดูดที่ค่อนข้างอ่อนที่เรียกว่า แรงแวนเดอร์ วาลส์ (Vander waals adsorption) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีของก๊าซที่ถูกดูดซับไว้ เมื่อต้องการนำเอาสารดูดซับมาใช้ใหม่สามารถกำจัดก๊าซเหล่านั้นออกจากสารดูดซับได้โดยง่าย แต่ถ้าเป็นแรงทางเคมีจะเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากพันธะทางเคมี ซึ่งเป็นแรงที่ยึดติดกันแน่นมากและจะกำจัดก๊าซออกจากสารดูดซับได้ยาก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับที่สำคัญมี 2 ประการ คืออุณหภูมิและความดันย่อย (Partial pressure) ของก๊าซหรือไอที่ต้องการกำจัดโดยประสิทธิภาพของการดูดซับจะแปรผันตามความดันย่อยของก๊าซหรือไอนั้น ๆ และแปรผกผันกับอุณหภูมิ ตัวอย่างของอุปกรณ์ชนิดนี้แสดงใน ภาพที่ 7.16 - 7.17



ภาพที่ 7.16 ระบบดูดซับ (Schnelle et al, 2016)



ภาพที่ 7.17 ระบบดูดซับแบบ 3 ถัง (Schnelle et al, 2016)

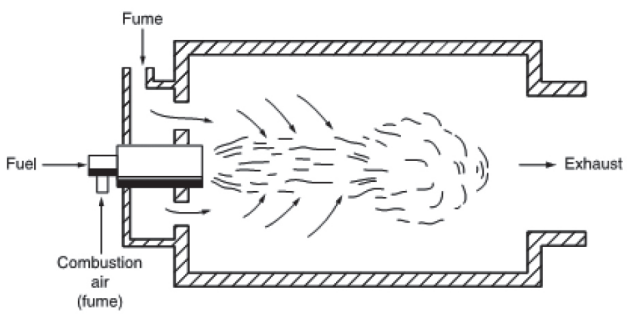
(3) อุปกรณ์การควบแน่น

การควบแน่นเป็นกระบวนการที่ทำให้ก๊าซหรือไอเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว โดยการลดอุณหภูมิ หรือเพิ่มความดันต่อกระแสอากาศที่มีก๊าซหรือไอนั้น ๆ ปนเปื้อนอยู่ โดยทั่วไปจะใช้วิธีลดอุณหภูมิมากกว่าเพิ่มความดัน สิ่งที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ ได้แก่ อากาศหรือน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ากระแสอากาศที่ต้องการบำบัดอุปกรณ์ควบแน่นเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก ส่วนใหญ่ใช้เป็นอุปกรณ์กำจัดสารมลพิษขั้นต้น ก่อนที่จะทำการบำบัดด้วยขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไป

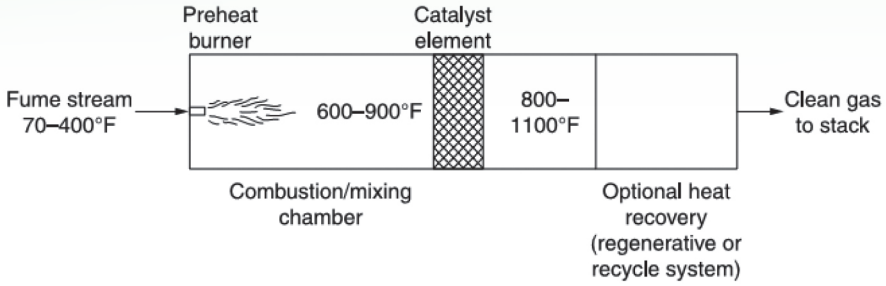
การควบแน่นของก๊าซหรือไอเกิดขึ้นได้ 3 แบบ แบบแรกคือ ที่อุณหภูมิคงที่การควบแน่นจะเกิดขึ้น เมื่อเพิ่มความดันเข้าสู่ระบบจนกระทั่งความดันย่อยของก๊าซหรือไอที่ต้องการกำจัดเท่ากับความดันไอของมัน แบบที่สองคือ ที่ความดันคงที่การควบแน่นจะเกิดขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิของระบบลงจนกระทั่งความดันย่อยของก๊าซ หรือไอที่ต้องการกำจัดเท่ากับความดันไอของมัน และแบบที่สาม คือ การใช้แบบแรกกับแบบที่สองรวมกัน เพิ่มความดันและลดอุณหภูมิจนกระทั่งความดันของก๊าซหรือไอที่ต้องการกำจัดเท่ากับความดันไอของมัน ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีลดอุณหภูมิเพื่อการควบแน่นเท่านั้น เนื่องจากการเพิ่มความดันเป็นวิธีที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

(4) อุปกรณ์การสันดาป

อุปกรณ์การสันดาปหรือเตาเผา เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกำจัดมลพิษทางอากาศได้แทบทุกชนิด เช่น อนุภาคขนาดเล็ก กลิ่น หรือสารประกอบที่เป็นพิษต่าง ๆ โดยเฉพาะนิยมใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ระเหย (Volatile organic compounds: VOCs) เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ อาจมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษทางอากาศได้สูงถึงร้อยละ 99.95 หากมีการออกแบบและเดินระบบได้อย่างเหมาะสม ข้อเสียของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาจะสูงมาก ระบบของเตาเผาที่ใช้กันอยู่มี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ใช้ความร้อนโดยตรง (Thermal oxidation) และระบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic oxidation) ดังแสดงในภาพที่ 7.18-7.19



ภาพที่ 7.18 เตาเผาระบบที่ใช้ความร้อนโดยตรง (Thermal oxidation) (Theodore, 2008)



ภาพที่ 7.19 เตาเผาระบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic oxidation) (Theodore, 2008)

7.8 มาตรฐานคุณภาพอากาศ

การควบคุมและจัดการมลพิษทางอากาศนั้น มาตรฐานคุณภาพอากาศเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมและจัดการคุณภาพอากาศ มาตรฐานคุณภาพอากาศเป็นระดับของคุณภาพอากาศที่พึงประสงค์ ซึ่งใช้สำหรับการเปรียบเทียบกับคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่จุดใดจุดหนึ่ง ว่าเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ หากเป็นไปตามมาตรฐานแสดงว่าคุณภาพอากาศในจุดนั้นมีความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ตรงกันข้ามถ้าหากคุณภาพอากาศไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐาน อาจจะส่งผลกระทบที่เสียหายต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมได้ มาตรฐานคุณภาพอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด และมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ดังแสดงในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศ

รายการกฎหมาย	คำอธิบาย
1. มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด	
1.1 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ	ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่อนุญาตให้ปล่อยออกจากยานพาหนะ กำหนดขึ้นตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้แก่ มาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ แก๊สโซลีน มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ชนิดเผาไหม้ภายในที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟและใช้น้ำมันปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิง มาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 7.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศ (ต่อ)

รายการกฎหมาย	คำอธิบาย
1.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม	ค่ามาตรฐานนี้กำหนดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานและจากประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ออกตามความในมาตรา ๕๕ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยกำหนดให้อากาศที่สามารถระบายออกจากโรงงานต้องมีค่าปริมาณของสารแต่ละชนิดเจือปนไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ได้กำหนดวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานแต่ละชนิดและกำหนดให้มีการรายงานผลการตรวจวัดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศ
2. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ	
ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	ประเทศไทยได้มีการประกาศค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2524 โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยอาศัยข้อมูลจากรายงานการค้นคว้าของต่างประเทศเป็นหลักในการพิจารณา มิได้นำเอามาตรฐานของประเทศใดประเทศหนึ่งมาใช้โดยตรง ต่อมาได้มีการประกาศปรับปรุงมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศใหม่และใช้มาถึงปัจจุบัน (ตารางที่ 7.3)

ตารางที่ 7.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm (10.26 มก./ลบ.ม)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O_3)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm (0.10 มก./ลบ.ม)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm (0.30 มก./ลบ.ม)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm (780 มคก./ลบ.ม)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม

ตารางที่ 7.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป (ต่อ)

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม. 1 ปี	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม. ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม. 1 ปี	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
8. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม. 1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม. ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air quality index: AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ดัชนีคุณภาพอากาศ 1 ค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ก๊าซโอโซน (O_3) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยได้แบ่งค่าดัชนีออกเป็น 5 ระดับสี ดังแสดงในตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 - 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 - 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51 - 100	ปานกลาง	เหลือง	**ประชาชนทั่วไป** สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ **ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ** หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	**ประชาชนทั่วไป** ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น

ตารางที่ 7.4 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย (ต่อ)

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	**ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ** ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น มีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

7.9 กฎหมายและองค์กรที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ

ประสิทธิภาพของการจัดการมลพิษอากาศต้องอาศัยทั้งกฎหมายและองค์กรหรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ในการกำกับดูแลและบังคับใช้กฎหมาย ในที่นี้นำเสนอตัวอย่างกฎหมายและหน่วยงานสำคัญของประเทศไทยที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป ดังนี้

1) กฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ

การควบคุมมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ได้ถูกกำหนดไว้ในกฎหมายสิ่งแวดล้อม (Environmental law) ฉบับต่าง ๆ โดยมีกฎหมายหลายฉบับที่ให้อำนาจผู้บังคับใช้กฎหมายนั้น ๆ สามารถกำหนดกฎหมายมลพิษทางอากาศเป็นการเฉพาะได้ กฎหมายที่สำคัญ ได้แก่ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

รายนามกระทรวง	คำอธิบาย
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535	พระราชบัญญัติฉบับนี้ปรับปรุงมาจากพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2518 ประกอบด้วย 115 มาตรา ซึ่งในมาตราที่ 64-68 เป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศโดยตรง อย่างไรก็ตามมีมาตราอื่น ๆ หลายมาตราที่มีความเกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศได้

รายนามกระทรวง	คำอธิบาย
พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535	พระราชบัญญัติโรงงานได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกใน ปี พ.ศ. 2512 ต่อมาได้มีการปรับปรุงเป็นครั้งคราว และในที่สุดก็พบว่าพระราชบัญญัติฉบับดังกล่าวมีบทบัญญัติที่ไม่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนไม่เอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมการประกอบกิจการโรงงาน ทำให้มีการยกเลิกฉบับเดิมและกำหนดใหม่เป็นพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ขึ้นและใช้มาจนถึงปัจจุบัน กฎหมายฉบับนี้ได้มีการกำหนดโรงงานเป็น 3 จำพวก ได้แก่ จำพวกที่ 1 จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 โดยต้องปฏิบัติตามในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในการกำหนดมาตรฐานและวิธีการควบคุมการปล่อยของเสียหรือมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน
พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535	พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายที่เน้นในการควบคุมอันตรายจากการประกอบกิจการต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และให้อำนาจรัฐมนตรี โดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุข กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรการในการควบคุมหรือกำกับดูแลกิจกรรมหรือการดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ และวิธีดำเนินการเพื่อตรวจสอบ ควบคุม กำกับดูแลหรือแก้ไขผลกระทบจากกิจกรรมหรือการดำเนินการในเรื่องเหล่านั้นต่อสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของประชาชน โดยกำหนดไว้ในมาตรา 31 ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข โดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุข มีอำนาจในการกำหนดให้กิจการหนึ่งกิจการใดเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ซึ่งส่วนหนึ่งของกิจกรรมเป็นกิจการที่ก่อปัญหามลพิษทางอากาศ

2) องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ

หน่วยงานภาครัฐของประเทศไทย ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบดูแลเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดมลพิษ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม การจราจร การก่อสร้าง กิจกรรมอื่น ๆ ของมนุษย์ ตัวอย่างหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญ มีดังนี้

รายนามกระทรวง	คำอธิบาย
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	รับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 รวมทั้งสิ้น 3 หน่วยงาน ในแต่ละหน่วยงานมีหน้าที่รับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งครอบคลุมด้านการจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศ ดังต่อไปนี้ 1) สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทำหน้าที่กำหนดนโยบายและแผนการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งวิเคราะห์กลั่นกรองโครงการที่ขอรับเงินอุดหนุนพิเศษ ภายใต้แผนปฏิบัติการเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมระดับจังหวัด ให้เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำจากกองทุนสิ่งแวดล้อมแก่หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งดำเนินการพิจารณารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการต่าง ๆ ที่อยู่ในข่ายที่ต้องทำการวิเคราะห์ผลกระทบ 2) กรมควบคุมมลพิษ ทำหน้าที่ในการกำหนดแนวทางมาตรการในการจัดการและควบคุมมลพิษทางสิ่งแวดล้อมชนิดต่าง ๆ รวมทั้งมลพิษทางอากาศและให้ความรู้ทางวิชาการแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กรมควบคุมมลพิษมีหน่วยงานระดับกองที่รับผิดชอบด้านมลพิษทางอากาศโดยตรงคือ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง 3) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลสารสนเทศด้านสิ่งแวดล้อมรับผิดชอบด้านการให้ความรู้ เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมด้านมลพิษทางอากาศให้แก่หน่วยงานของรัฐและเอกชน ในรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ กัน รวมทั้งประสานความร่วมมือกับภาคเอกชนและองค์กรพัฒนาเอกชนในการดำเนินการด้านส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานภายใน คือ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งรับผิดชอบในการพัฒนาหลักสูตรและดำเนินการฝึกอบรมจัดประชุมสัมมนาทางวิชาการด้านสิ่งแวดล้อมดำเนินการพัฒนาและวิจัยเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ
กระทรวงอุตสาหกรรม	หน่วยงานภายในกระทรวงอุตสาหกรรมที่มีอำนาจหน้าที่ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 มีดังต่อไปนี้ 1) กรมโรงงานอุตสาหกรรม มีหน่วยงานที่รับผิดชอบในเรื่องมลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรมใน 2 ลักษณะ 1) เป็นหน่วยงานวิชาการคือ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โรงงาน และ 2) เป็นหน่วยที่บังคับใช้กฎหมายโรงงาน 2) สำนักปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม มีหน่วยงานในสังกัดที่อยู่ในส่วนภูมิภาคที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมการประกอบกิจการโรงงานและควบคุมดูแลให้มีการปฏิบัติตามกฎหมายโรงงาน ซึ่งได้แก่ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด

รายนามกระทรวง	คำอธิบาย
กระทรวงอุตสาหกรรม (ต่อ)	โดยทำการควบคุมดูแลและส่งเสริมการประกอบกิจการโรงงานในจังหวัดให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งประสานการพัฒนาและส่งเสริมอุตสาหกรรมชนบทในจังหวัดและปฏิบัติงานร่วมกันหรือสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือได้รับมอบหมาย 3) การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เป็นรัฐวิสาหกิจภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม มีหน้าที่ส่งเสริม สนับสนุนและพัฒนาให้มีโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นเป็นกลุ่มเป็นก้อนในลักษณะของนิคมอุตสาหกรรม หน่วยงานมีหน้าที่รับผิดชอบในด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ กองควบคุมสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
กระทรวงสาธารณสุข	พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายที่เน้นในการควบคุมอันตรายจากการประกอบกิจการต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และให้อำนาจรัฐมนตรี โดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและมาตรการในการควบคุมหรือกำกับดูแลกิจกรรมหรือการดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ และวิธีดำเนินการเพื่อตรวจสอบ ควบคุม กำกับดูแลหรือแก้ไขผลกระทบจากกิจกรรมหรือการดำเนินการในเรื่องเหล่านั้นต่อสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของประชาชน โดยกำหนดไว้ในมาตรา 31 ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข โดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุข มีอำนาจในการกำหนดให้กิจการหนึ่งกิจการใดเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ซึ่งส่วนหนึ่งของกิจกรรมเป็นกิจการที่ก่อปัญหามลพิษทางอากาศ

นอกจากหน่วยงานดังกล่าวมาแล้ว ยังมีหน่วยงานต่าง ๆ ในระดับท้องถิ่นที่ทำหน้าที่ควบคุมดูแลคุณภาพอากาศในเขตรับผิดชอบของหน่วยงานนั้น ๆ เช่น กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีสำนักอนามัยที่ดำเนินการในด้านนี้ รวมทั้งเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ตามที่กฎหมายฉบับต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นได้กระจายอำนาจไปให้ อย่างไรก็ตามบทบาทในเรื่องมลพิษทางอากาศของหน่วยงานระดับท้องถิ่นในปัจจุบันยังมีค่อนข้างน้อย แต่คาดว่าในอนาคตหน่วยงานดังกล่าวต้องมีบทบาทมากขึ้น เพราะต้องมีหน้าที่ความรับผิดชอบในการดำเนินการตามที่กฎหมายกำหนดไว้

บทที่ 8

การควบคุมและป้องกันสัตว์แมลงพาหะนำโรค

สัตว์และแมลงบางชนิดเป็นพาหะนำโรคติดต่ออันตราย และก่อให้เกิดการแพร่กระจายโรคออกไปเป็นบริเวณกว้าง เช่น หนู ยุง แมลงวัน แมลงสาบ และไร สัตว์และแมลงเหล่านี้สามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้มากในเวลาอันรวดเร็ว มีความสามารถในการปรับตัวได้สูง และมีแหล่งที่อยู่อาศัยหรือแหล่งอาหารในบริเวณบ้านพักอาศัย อาคาร สถานที่ต่าง ๆ นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญ และยังสร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สินได้มาก ดังนั้น การควบคุมและป้องกันสัตว์ แมลงพาหะนำโรค จึงเป็นงานหนึ่งที่สำคัญในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ป้องกันการแพร่เชื้อโรคที่มีสัตว์และแมลงเป็นพาหะนำโรค
- ป้องกันเหตุรำคาญเดือดร้อนที่เกิดจากสัตว์ แมลงพาหะนำโรค
- ป้องกันการสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากสัตว์ แมลงพาหะนำโรค

ในบทนี้จะกล่าวถึงการควบคุมและป้องกันสัตว์ แมลงพาหะนำโรคที่พบบ่อยและก่อปัญหาทางสาธารณสุข คือ หนู ยุง แมลงวัน แมลงสาบ และไร โดยมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

8.1 หนู (Rodent, Rat, Mouse)

หนูเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สายพันธุ์ทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในอันดับโรเดนเทีย (Order Rodentia) ซึ่งเป็นสัตว์กัดแทะ 4 เท้า มีรูปร่างคล้ายกระรอก พังพอน มีฟันแหลมคม 2 คู่ ทั้งบนและล่าง (Incisor teeth) มีเต้านมที่อกและท้องหลายคู่เป็นสัตว์ที่มีอายุค่อนข้างสั้นโดยเฉลี่ยประมาณ 1 - 2 ปี สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วและพร้อมแพร่พันธุ์เมื่ออายุประมาณ 3 - 4 เดือน ระยะเวลาตั้งท้องประมาณ 20 - 30 วัน (ขึ้นอยู่กับชนิดของหนู) หนูออกลูกได้ครอกละ 7 - 8 ตัว และออกลูกได้ปีละ 4 - 7 ครอก หนูตัวเมียอาจตั้งท้องได้ติด ๆ กัน (หลังออกลูกประมาณ 2 วัน)

หนูกินอาหารได้แทบทุกชนิดที่เป็นอาหารของคน ได้แก่ เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ ข้าว และเมล็ดธัญพืช ดังนั้น จึงมักพบหนูอาศัยและหากินอยู่ในบริเวณอาคารที่พักอาศัยของคน รวมถึงบริเวณที่ใกล้แหล่งอาหาร เช่น พื้นที่เพาะปลูก โกดังเก็บอาหาร ตลาดสด ห้องครัว และกองขยะ การที่หนูเข้ามาอาศัยหรือหากินภายในหรือบริเวณรอบ ๆ อาคารที่พักอาศัยของคนนั้น ก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหาย ดังนี้

1) หนูเป็นสัตว์รังโรค ที่อาจนำโรคมาสู่คนได้ทั้งจากการที่หนู หมัดหนู หรือไรหนูกัดคน หรือจากการที่ฉี่หนู มูลหนู หรือเชื้อโรคที่ติดตามขน ตามตัวหนูปนเปื้อนลงสู่อาหาร หรือเข้าทางบาดแผลของคน โรคที่มีหนูเป็นรังเก็บโรคและเป็นพาหะนำโรคมาสู่คน ได้แก่ กาฬโรค (Plaque) ไข้ไทฟัส (Murine typhus fever)

ไข้หนูกัด โรคซัลโมเนลโลซีส ไข้ฉี่หนู หรือโรคเลปโตสไปโรซีส โรคบิด โรคพยาธิตืดหนู โรคทริคิโนซิส รวมทั้งโรคอาหารเป็นพิษ

2) หนูเป็นสัตว์กัดแทะ เนื่องจากฟันแทะคู่หน้าของหนูสามารถงอกยาวออกมาได้ตลอดชีวิต หนูจะกัดแทะทำลายวัสดุสิ่งของเครื่องใช้และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน บางครั้งหนูอาจกัดแทะสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในอาคาร จนทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร ไฟไหม้และเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ นอกจากนี้การที่หนูขุดรูอาศัยอยู่ใต้อาคารหรือในท่อระบายน้ำ อาจทำให้พื้นอาคารทรุดหรือเกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำ จึงจำเป็นต้องควบคุมและป้องกันไม่ให้หนูเข้ามากัดแทะทำลายทรัพย์สิน และนำโรคติดต่ออันตรายมาสู่คนและสัตว์เลี้ยง

1) การจำแนกชนิดของหนู

หนูที่อาศัยทำรังหรือหากินอยู่ในบ้านหรือบริเวณรอบ ๆ บ้านพักอาศัย และมีความสำคัญในงานอนามัยสิ่งแวดล้อมมี 4 ชนิด ได้แก่

(1) หนูนอร์เวย์ (Rattus norvegicus) บางครั้งอาจเรียกชื่อตามสีของขนและแหล่งที่พบตัวหนู เช่น หนูขยะ หนูท่อ หนูสีน้ำตาล หนูนอร์เวย์เป็นหนูที่มีขนาดใหญ่ มีขนหยาบ สีน้ำตาลปนเทา ตาเล็ก ใบหูเล็ก จมูกทู่ (Nose blunt) ความยาวของหางสั้นกว่าความยาวของส่วนหัวและลำตัวรวมกัน มีเกล็ดหยาบ ๆ ที่หาง ชอบขุดรูอยู่ตามพื้นดิน ดังนั้นแหล่งอาหารจึงมักอยู่บนพื้นราบ เช่น ข้างกองขยะ ท่อระบายน้ำบริเวณหลุมส้วม ใต้ถุนตึกหรืออาคาร บริเวณริมตลิ่งหรือทางน้ำไหล ตามแผงวางสินค้าในตลาด อาหารที่หนูนอร์เวย์ชอบเป็นพิเศษคืออาหารสด เช่น ไข่ ผักสด เนื้อสัตว์ ปลา และเศษอาหารที่เน่าเสีย หนูนอร์เวย์ไม่ชอบไต่ขึ้นที่สูงเพราะตัวโตและการยึดเกาะของเท้าไม่ดีนัก

(2) หนูท้องขาว (Rattus rattus) เนื่องจากขนส่วนท้องมีสีขาวปนเทาหรือครีม บางครั้งจึงเรียกว่า หนูหลังคา (Roof rat) เป็นหนูที่มีขนาดปานกลาง ลำตัวเพรียวกว่าหนูนอร์เวย์ มีขนด้านหลังเป็นสีน้ำตาลเกือบดำเป็นมัน ตาโปน หูมีขนาดใหญ่ จมูกแหลม (Nose pointed) หางสีดำมีเกล็ดละเอียดตลอดหางโดยความยาวของส่วนหางจะยาวกว่าความยาวของส่วนหัวและลำตัวรวมกัน เป็นหนูที่ปีนป่ายเก่ง คล่องแคล่ว มักอาศัยหรือทำรังอยู่ตามช่องว่างในเพดานหรือใต้หลังคา หรืออาจทำรังอยู่นอกบ้านบริเวณใต้กองเศษใบไม้ หรือบนต้นไม้สูง อาหารที่ชอบ คือ พวกเมล็ดพืชต่าง ๆ

(3) หนูจี๊ด (Rattus exulans) เป็นหนูที่เรียกชื่อตามเสียงร้องในเวลาออกหากินตอนกลางคืน หนูจี๊ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีขนด้านหลังมีสีน้ำตาล ด้านท้องสีเทา ตาโต หูใหญ่ จมูกแหลม หางยาวเรียบมีสีดำและไม่มีเกล็ด เป็นหนูที่ปีนป่ายเก่งอีกชนิดหนึ่ง มักชอบอาศัยอยู่ตามที่สูง ซอกมุมที่ลับตาของอาคารหรือบนเพดาน

(4) หนูบ้าน (House mouse) บางครั้งเรียกหนูหริ่ง (Mas musculus) เป็นหนูที่มีขนาดเล็กที่สุดในจำนวนหนูทั้ง 4 ชนิด ขนด้านหลังมีสีเทาหรือสีเทาปนน้ำตาล ลักษณะอ่อนนุ่มเป็นมัน ขนส่วนท้องมีสีขาว ความยาวของส่วนหางจะยาวกว่าความยาวส่วนหัวและลำตัวรวมกันเพียงเล็กน้อย หางด้านบนจะมีสีดำส่วนด้านล่างมีสีอ่อนกว่าเป็นหนูที่ปีนป่ายได้คล่องแคล่วอีกชนิดหนึ่ง ส่วนใหญ่พบได้ตามบ้านเรือนชอบอาศัยอยู่ตามลิ้นชัก ซอกตู้ ที่เก็บของ ช่องรอยแตกตามฝาหรือกำแพง ชั้นเก็บวัสดุอาหาร ตามกล่องที่ตั้งไว้ในที่ลับตาและไม่ค่อยมีการเคลื่อนย้าย กินอาหารได้ทุกชนิด ชอบเมล็ดพืชประเภทข้าวมากเป็นพิเศษ ลักษณะที่ใช้ในการจำแนกชนิดของหนูทั้ง 4 ชนิด สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 การจำแนกลักษณะของหนูที่มีความสำคัญในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม

หนูนอร์เวย์	หนูท้องขาว	หนูจี๊ด	หนูบ้าน
			
ลักษณะภายนอก			
ขนาดใหญ่ มีขนหยาบ สีน้ำตาลปนเทา ตาเล็ก ใบหูเล็ก จมูกทู่ หางสั้นกว่าลำตัว โคนหางมีเกล็ดหยาบ ๆ	ขนาดกลาง จมูกแหลม หูใหญ่ หางยาว ขนด้านหลังมีโคนสีเทาปลายสีน้ำตาล ด้านท้องมีขนสีขาวเทา หางสีดำมีเกล็ดละเอียด	ขนาดเล็ก จมูกแหลม ตาโต มีขนอ่อนนุ่ม และมีขนแข็งแซมบ้างเล็กน้อย ขนด้านหลังสีน้ำตาลด้านท้องสีเทา หางยาวเรียบมีสีดำ	ขนาดเล็กที่สุด หน้าแหลม ขนหลังสีเทาปนน้ำตาล ขนด้านท้องสีขาวอ่อนนุ่ม หางด้านบนสีดำ ด้านล่างสีจางกว่า
ความยาว			
ลำตัว 18 - 25 ซม.	ลำตัว 17 - 20 ซม.	ลำตัว 8 - 10 ซม.	ลำตัว 9 ซม.
หาง 16 - 20 ซม.	หาง 20 - 25 ซม.	หาง 10 - 12 ซม.	หาง 9 ซม.
จำนวนเต้านม			
อก 3 คู่ ท้อง 3 คู่	อก 2 คู่ ท้อง 3 คู่	อก 2 คู่ ท้อง 2 คู่	อก 3 คู่ ท้อง 3 คู่
ที่อยู่อาศัย			
ชอบอยู่ตามรู ท่อระบายน้ำ ใต้ถุนตึก กองขยะ ตามแผงวางสินค้าในตลาด ไม่ชอบไต่ขึ้นที่สูงเพราะตัวใหญ่และเท้ายึดเกาะไม่ดี	ชอบอยู่ตามบ้าน ต้นไม้ปีนป่ายเก่งมาก สามารถไต่เข้าออกทางช่องลมหน้าต่างเพดานใต้หลังคา ชั้นเก็บของสูง ๆ ได้	ชอบอยู่ตามบ้าน เวลากลางคืนจะร้องจี๊ด ๆ ตามซอกมุมบนเพดาน ปีนป่ายเก่ง	ชอบอยู่ตามช่อง โพรงของฝาผนังหรือกำแพง ตามชั้นเก็บวัสดุ อาหารในลิ้นชัก ซอกตู้หรือเครื่องเรือนภายในบ้าน
อาหาร			
ชอบอาหารสด และเศษอาหารที่เน่าเสีย	กินอาหารทุกชนิด ชอบเมล็ดพืช อาหารที่ออกรสหวาน	กินอาหารทุกชนิด ชอบเมล็ดพืช ผลไม้ ถั่ว ขนมปัง และอาหารที่มีกลิ่นหรือรสหวาน	กินอาหารทุกชนิด แต่ชอบเมล็ดพืช ประเภทข้าวมากเป็นพิเศษ
ลักษณะมูล			
ขนาดใหญ่ คล้ายแคปซูล ยาวประมาณ 2 ซม.	เป็นรูปกระสวย ยาวประมาณ 1 ซม.	เป็นรูปกระสวย ยาวประมาณ 0.64 - 0.9 ซม.	เป็นแท่งสั้น ๆ ปลายแหลมยาว ยาวประมาณ 0.5 ซม.
การแพร่พันธุ์			
ออกลูกครอกละ 8 - 12 ตัว ปีละ 4 - 7 ครอก	ออกลูกครอกละ 6 - 8 ตัว ปีละ 4 - 6 ครอก	ออกลูกครอกละ 8 - 12 ตัว ปีละ 5 - 6 ครอก	ออกลูกครอกละ 5 - 6 ตัว ปีละ 8 ครอก
ระยะหากิน			
ไม่เกิน 50 เมตร	ไม่เกิน 50 เมตร	ไม่เกิน 10 เมตร	ไม่เกิน 10 เมตร

ที่มา : สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย การควบคุมพาหะนำโรคหนู 2560

2) พฤติกรรมของหนู

หนูมีความสามารถในการเรียนรู้ คุ้นเคย และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อมได้ดี มักจะอาศัยรวมกันเป็นครอบครัว และชอบสร้างรังในที่เงียบสงบใกล้แหล่งอาหารและน้ำ โดยจะใช้วัสดุอ่อน ๆ เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า มาทำเป็นรัง เป็นสัตว์ที่ตาบอดสีจึงชอบหากินเวลากลางคืน มีจมูกไวต่อกลิ่น ว่ายน้ำได้เก่ง ปีนป่ายได้ดี และมีพฤติกรรมที่สำคัญ ดังนี้

(1) หนูมีประสาทสัมผัสที่ดีมาก เวลาออกหากินหนูมักจะวิ่งเลียบชิดผนังหรือกำแพง โดยใช้ขนข้างจมูกหรือหนวดช่วยในการคลำทางหาอาหาร ส่วนขนที่ใต้ท้องและการสัมผัสใต้อุ้งท้องบนพื้นผิวที่วิ่งผ่านทำให้หนูเรียนรู้และจดจำสภาพพื้นที่ที่วิ่งผ่านได้ดี ดังนั้น หนูจึงมักออกหากินโดยใช้เส้นทางเดิมอยู่เสมอ

(2) หนูมีจมูกไว สามารถดมกลิ่นเพื่อค้นหาแหล่งอาหารที่อยู่ไกล ๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถดมกลิ่นคน หรือกลิ่นหนูตายที่ติดไปกับอุปกรณ์กำจัดหนูจึงต้องระมัดระวังในการจับต้องอุปกรณ์กำจัดหนู หากต้องการนำกรงหรือกับดักหนูกลับมาใช้ซ้ำ ควรทำความสะอาดเพื่อกำจัดกลิ่นด้วยการล้างน้ำร้อน

(3) หนูมีความฉลาดเฉลียว ในการสังเกตระมัดระวังต่อสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่คุ้นเคยต่าง ๆ รวมทั้งแสง เสียง อาหาร สภาวะแวดล้อม ดังนั้น ปริมาณที่ใช้ในการวางยาเบื่อหรือใช้เหยื่อล่อใส่ในกรงหนูจึงต้องระมัดระวัง หากผสมปริมาณเข้มข้นเกินไปจนกลิ่นแรงผิดสังเกตหนูจะไม่ยอมกินเหยื่อนั้น แต่ถ้าได้รับยาเบื่อในปริมาณที่ไม่สูงพอจะทำให้หนูตายได้ เมื่อยาเข้าไปในกระเพาะจะออกฤทธิ์ทำให้หนูเกิดอาการเจ็บปวด แต่หนูเกิดการเรียนรู้และเข็ดเหยื่อในที่สุด

(4) หนูสามารถส่งเสียงและสามารถรับฟังเสียงที่มีความถี่สูงถึง 45 กิโลเฮิรตซ์ (Ultrasound) แต่มีระยะการได้ยินเพียง 6 นิ้วเท่านั้น โดยหนูสามารถสื่อสารกับหนูตัวอื่น ๆ เพื่อบอกตำแหน่งของแหล่งอาหารหรืออันตรายได้

(5) หนูเป็นสัตว์ที่ว่ายน้ำและดำน้ำได้เก่ง สามารถเข้าไปในอาคารผ่านทางรางระบายน้ำหรืออาศัยอยู่ในท่อน้ำทิ้งใหญ่ ๆ ได้

(6) หนูเป็นสัตว์ที่ปีนป่ายเก่ง สามารถไต่ขึ้นหลังคา ฝ้า เพดาน หรือเดินไต่ตามทางเดินแคบ ๆ เชือกและลวดได้เป็นระยะทางหลายเมตร โดยใช้หางเป็นอวัยวะช่วยในการบังคับทิศทางและทรงตัวและแม้ว่าหนูจะตกหล่นลงมาในท่าใดก็ตาม หนูจะเอาเท้าทั้งสี่ลงก่อนเสมอทำให้ลงสู่พื้นได้อย่างปลอดภัยและวิ่งต่อได้ทันที นอกจากนี้หนูยังเป็นสัตว์ที่สามารถกระโดดได้ไกลอีกด้วย

3) การสำรวจและประเมินความชุกชุมของหนู

การสำรวจและประเมินชนิดและความชุกชุมของหนู ตลอดจนการสำรวจสภาพสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นที่อาศัย แหล่งอาหาร ทางเข้าและออกจากอาคารของหนู จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และสามารถใช้วางแผนควบคุมป้องกันอันตรายจากหนูได้ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพปัญหา นอกจากนี้ภายหลังดำเนินการควบคุมแล้ว ต้องมีการสำรวจเป็นระยะ ๆ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมป้องกันและเป็นการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง การสำรวจชนิดและความชุกชุมของหนูมีหลายวิธี ดังนี้

(1) วิธีมาร์ค-รีแคปเจอร์ (Mark-recapture method)

การสำรวจโดยวิธีนี้จะใช้กรงดักจับหนูเป็น ๆ แล้วนำมาทำเครื่องหมายบนตัวหนูก่อนที่จะปล่อยกลับไป จากนั้นนำกรงไปวางดักจับหนูต่ออีกเป็นระยะเวลา 3, 5, หรือ 7 วันแล้วจึงนำหนูที่จับได้ทั้งหมดไปคำนวณหาความชุกชุมของหนู โดยใช้สูตรของ Lincoln-peterson

จำนวนประชากรหนู = $N \pm 2$ S.E.; โดยที่ $N = n_1 n_2/m$

$$\text{S.E.} = \sqrt{n_1^2 n_2^2 (n_2 - n_1)/n_1^3}$$

เมื่อ N = จำนวนหนูที่จับได้ทั้งหมด

n_1 = จำนวนหนูที่จับได้และทำเครื่องหมายแล้วปล่อยไปวันแรก

n_2 = จำนวนหนูที่จับได้ในวันถัดไป (วันที่ 2 ถึงวันที่ 3, 5 หรือ 7)

m = จำนวนหนูที่มีเครื่องหมายแล้วถูกจับซ้ำ

(2) วิธีรีมูฟวอลล์ (Removal method)

การสำรวจวิธีนี้เป็นการนำกรงหรือกับดักแบบตีตายมาใช้ดักจับหนูเป็นระยะเวลา 3 วัน หรือ 5 วัน หนูที่จับได้จะถูกนำมาศึกษาทั้งหมด (ไม่มีการปล่อยคืนกลับไป) โดยจดรายละเอียดเกี่ยวกับชนิด เพศ วัย การเจริญพันธุ์ (จำนวนลูกหนูในครรภ์) และจำนวนลูกหนูที่เกิดจากหนูที่จับได้ (นับจำนวนจุดดำในมดลูกของหนู) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาจำนวนประชากรของหนู

(3) การสำรวจร่องรอยของหนู

ตามลักษณะพฤติกรรมของหนูนั้น พบว่าหนูเป็นสัตว์ที่มีนิสัยชอบออกหากินในเวลากลางคืนและไม่ค่อยออกมาให้เห็นตัวในเวลากลางวัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยการสังเกตร่องรอยที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของหนู เช่น เสียง มูลหนู คราบปัสสาวะ รอยแทะ รอยทางเดิน รอยเท้า รูหรือโพรงหนู เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการประเมินว่ายังมีหนูอาศัยอยู่ในอาคารหรือไม่ ตัวอย่างเช่น

สิ่งที่เป็นร่องรอย	การคาดการณ์
การพบเห็นตัวหนูหรือซากหนู	เป็นสิ่งยืนยันได้ว่าเคยมีหรือมีหนูเข้ามาภายในบ้าน โดยปกติหนูจะออกหากินตอนกลางคืนและหลบซ่อนตัวในเวลากลางวัน แต่บางครั้งหากอาหารขาดแคลนหรือมีประชากรหนูหนาแน่นจะทำให้พบเห็นหนูวิ่งในเวลากลางวันเพื่อออกหาอาหารทดแทนในช่วงเวลากลางคืนได้
เสียง	หนูมักส่งเสียงร้องให้ได้ยินในตอนกลางคืนหรือบริเวณที่เงียบ ๆ นอกจากนี้ขณะออกหากิน อาจทำให้เกิดเสียงได้จากการวิ่งชนสิ่งของ การเกา ขูดขีด หรือกัดแทะวัสดุ สิ่งของต่าง ๆ
มูลและปัสสาวะ (Dropping and urine)	เป็นร่องรอยที่มักพบเห็นได้ก่อนร่องรอยอื่น เนื่องจากหนูมักจะถ่ายมูลและปัสสาวะไว้ตามทางเดินและเส้นทางหาอาหาร โดยมูลหนูใหม่มีลักษณะอ่อนชื้น มีสีดำและเป็นมันวาว หากเป็นมูลเก่าที่ถ่ายทิ้งไว้นานแล้วมักมีสีเทา มีลักษณะร่วนและมีฝุ่นจับ การทราบรูปร่างและลักษณะของมูลหนูจะช่วยให้สามารถระบุชนิดของหนูได้อย่างคร่าว ๆ ว่าเป็นหนูชนิดใด (ตารางที่ 8.1) ส่วนการสังเกตคราบปัสสาวะของหนูสามารถพิจารณาได้จากการเรืองแสง เมื่อส่องดูด้วยหลอดยูวี ถ้าเป็นคราบปัสสาวะใหม่จะมีสีฟ้าอ่อน (Blue-white) ทั้งนี้จุดที่พบมูลและปัสสาวะหนู สามารถใช้ในการกำหนดหรือเลือกเป็นจุดวางกับดักได้
รอยกัดแทะ (Gnawed objects)	โดยปกติหนูมีนิสัยชอบกัดแทะเพื่อลับฟันให้คมและมีความยาวพอเหมาะอยู่เสมอ ดังนั้นจึงสามารถสังเกตดูรอยกัดแทะได้จากวัสดุสิ่งของอาหาร (เมล็ดธัญพืช) รวมถึงรูหรือช่องที่หนูเจาะเพื่อเป็นช่องทางเข้ามาหาอาหาร ลักษณะของรอยกัดแทะที่ยังใหม่อยู่จะมีสีอ่อน ขอบคม แต่หากเป็นรอยเก่าจะมีสีเข้มกว่าและมีขอบเรียบ
รอยทางเดิน (Runways)	หนูมักใช้เส้นทางเดิมในการหาอาหารหรือน้ำ ทำให้พบคราบไขมันและสิ่งสกปรกที่เกิดจากรอยเท้า การแกว่งหาง และรอยจากขนตามลำตัวของหนูที่ครูดไปตามพื้นทางเดินที่วิ่งผ่าน ทำให้สะสมจนปรากฏเป็นรอยเปื้อนดำที่มีลักษณะเป็นมันเงา แต่ถ้าเป็นรอยเปื้อนเก่าที่ถูกทิ้งไว้นาน ๆ จะมีลักษณะร่อนและหลุดลอกเป็นแผ่น ๆ ได้
โพรง (Burrows)	โพรงหรือช่องที่หนูเจาะเพื่อใช้เป็นช่องทางเข้ามาภายในบ้าน มักพบตามขอบฝาผนัง ตามรอยแยกหรือรอยแตกต่าง ๆ หากมีการใช้เป็นประจำ ปากโพรงจะมีลักษณะเปียกชื้น เรียบเป็นมันและอาจมีขนหนูติดอยู่

4) การควบคุมและป้องกันหนู

หนูเป็นสัตว์ค่อนข้างฉลาดและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี ทั้งยังแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว ดังนั้นการควบคุมป้องกันอันตรายจากหนูให้ได้ผลนั้น ต้องมีวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพปัญหาและต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แนวทางในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากหนูโดยทั่วไป มีดังนี้

(1) การป้องกันหนูเข้ามาภายในอาคาร ต้องสำรวจช่องทางที่หนูสามารถกัดแทะ มุดหรือแทรกตัวเข้ามาในอาคารได้ เช่น ขอบประตู หน้าต่าง ช่องว่างหรือรอยแยกตามฝาผนังท่อระบายน้ำเสีย ท่อระบายน้ำฝนบนหลังคา ช่องระบายอากาศต่าง ๆ (ช่องว่างบนหลังคา พัดลมดูดอากาศ) เมื่อสำรวจพบว่ามีช่องทางผ่านของหนู ควรใช้ลวดตาข่าย หรือวัสดุที่ทนต่อการกัดแทะของหนูได้ เช่น คอนกรีต อิฐ เหล็กหรือกระเบื้องหนา ๆ เพื่อปิดช่องทาง และทำให้หนูไม่มีช่องทางเข้าออกอาคารได้

(2) การกำจัดแหล่งอาหารและที่พักอาศัยของหนู เป็นมาตรการสำคัญในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากหนูที่ได้ผลในระยะยาว ประหยัดค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังไม่มีอันตรายจากการตกค้างของสารพิษ วิธีนี้สามารถกระทำได้โดยการปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม ดังนี้

- เก็บรวบรวมและกำจัดมูลฝอยให้ถูกสุขลักษณะ ไม่ให้มีเศษอาหารตกค้างและทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งเป็นประจำ
- จัดบ้านเรือนและบริเวณบ้านให้สะอาด เก็บวัสดุและของใช้ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย เพื่อไม่ให้หนูใช้เป็นที่หลบซ่อน สร้างรังหรือแหล่งที่อยู่อาศัยได้ เช่น กองกระดาษ เศษผ้า กล่องกระดาษที่ไม่ใช้แล้ว
- เก็บอาหารแห้งไว้ในภาชนะที่ป้องกันการกัดแทะของหนูได้ จัดให้เป็นระเบียบและรักษาความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันมิให้เป็นแหล่งอาหารของหนู

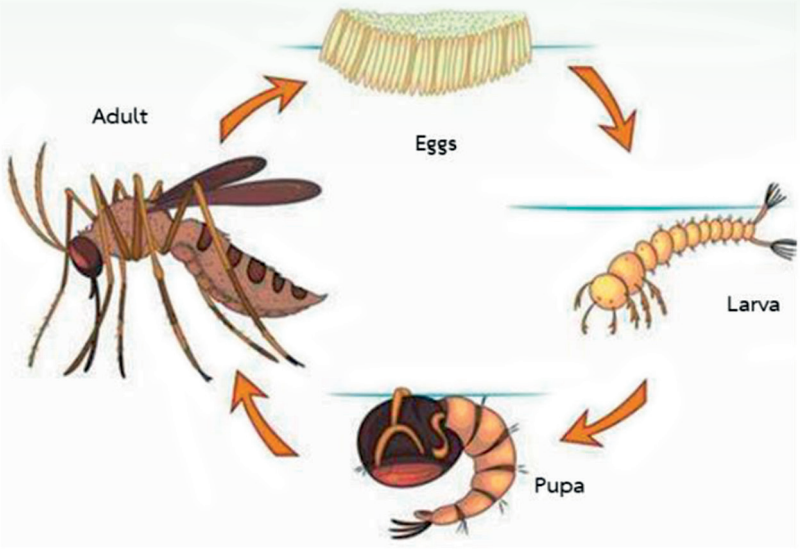
(3) การกำจัดหนู การควบคุมจำนวนประชากรหนูด้วยการกำจัดหนูโดยตรง มีหลายวิธี ดังนี้

- การใช้กับดัก (Trapping) โดยใช้เหยื่อล่อ กับดักที่นิยมใช้ ได้แก่ กับดักแบบตีตาย กับดักแบบกรงและกับดักแบบกาว การวางกับดักควรวางไว้ในที่ที่หนูมาหาอาหารหรือบริเวณเส้นทางเดินของหนู โดยวางชิดกับฝาผนังหรือกำแพง ข้อควรระวังในการใช้กับดัก คืออาหารที่ใช้เป็นเหยื่อล่อ ควรมีการเปลี่ยนอยู่เรื่อย ๆ ในกรณีของกับดักแบบตีตายหรือแบบหนีบ เมื่อใดที่หนูกินเหยื่อกับดักจะต้องดีดทันที สำหรับจำนวนกับดักนั้น การใช้กับดักมากจุดจะให้ผลดีกว่าการใช้กับดักน้อยจุด นอกจากนี้การสัมผัสกับดักจะต้องสัมผัสให้น้อยที่สุด เนื่องจากหนูมีจมูกที่ไวต่อกลิ่นหากได้กลิ่นคนมันจะไม่กินเหยื่อ หากต้องการนำกับดักกลับมาใช้อีกครั้ง ควรกำจัดกลิ่นของหนูตัวก่อนที่ติดกับดักออกให้หมด เช่น การใช้น้ำร้อนลวกกับดัก
- การใช้สารเคมี (Rodenticide) มีวิธีการใช้สารเคมี 2 แบบ คือ การรมควันและการวางสารเคมีกำจัดหนู สำหรับการรมควันมักใช้สารเคมีที่มีพิษร้ายแรง การใช้จึงต้องระมัดระวังให้มากเป็นพิเศษ ข้อพิจารณาในการวางสารเคมีกำจัดหนูที่ต้องคำนึงถึง คือ ต้องเลือกเวลาและการควบคุมให้เหมาะสม เช่น ควรวางสารเคมีเบื่อหนูในช่วงที่หนูกำลังขาดแคลนอาหาร และจะต้องทำการสำรวจตำแหน่งในการวางเหยื่อล่อก่อน เพื่อประเมินโอกาสที่หนูจะติดกับดัก ในขณะเดียวกันจะต้องเก็บอาหารในบริเวณอื่น ๆ ให้มิดชิด เพื่อมิให้หนูมีโอกาสเลือก และต้องมีการปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไปด้วยเพื่อป้องกันอย่างถาวร สำหรับชนิดของสารเคมีกำจัดหนู แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ สารเคมีกำจัดหนูชนิดเฉียบพลัน และสารเคมีกำจัดหนูชนิดออกฤทธิ์ช้า

- สารเคมีกำจัดหนูชนิดเฉียบพลัน สารเคมีกำจัดหนูชนิดนี้เมื่อหนูกินเข้าไปแล้วจะทำให้หนูตายทันทีหรือตายในระยะเวลาอันสั้น (12 - 24 ชม.) เช่น ซิงค์ฟอสไฟด์ สารหนู สตริคนิน เร็ดสควิล แอนทูลทาลเลี่ยม การใช้สารเคมีกำจัดหนูชนิดนี้ต้องผสมตามอัตราส่วนที่แนะนำไว้ สารเคมีกำจัดหนูชนิดเฉียบพลันหรือออกฤทธิ์เร็ว ใช้ได้ดีในพื้นที่ที่มีหนูจำนวนมากและกำลังอดอยาก แต่ไม่ควรใช้บ่อยครั้ง ควรทิ้งช่วงไม่น้อยกว่า 30 วัน เพราะหนูมีการเรียนรู้หรือเข็ดขยาดต่อเหยื่อพิษได้ง่าย ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่หนูได้รับสารเคมีเข้าไปแต่ยังไม่ถึงตาย โดยฤทธิ์ของสารเคมีจะทำให้หนูเป็นอัมพาตหรือเกิดอาการเจ็บปวด เมื่อหนูส่งเสียงหรือให้สัญญาณกับพวกของมัน หรือหนูตัวอื่นมีการพบเห็นเข้าจะทำให้เกิดการเรียนรู้และเข็ดขยาดได้เช่นกัน ข้อดีของการใช้สารเคมีกำจัดหนูหรือเหยื่อพิษชนิดนี้คือ ใช้เหยื่อน้อยทำให้ประหยัดเหยื่อ ส่วนข้อเสียของการใช้สารเคมีกำจัดหนูประเภทออกฤทธิ์เร็วคือ ทำให้หนูเกิดการเข็ดขยาดต่อเหยื่อพิษได้ง่าย ในกรณีที่มนุษย์ได้รับสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายด้วยความประมาทหรือด้วยอุบัติเหตุอาจเกิดการบาดเจ็บหรือเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ เนื่องจากเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ร้ายแรง
- สารเคมีกำจัดหนูชนิดออกฤทธิ์ช้า เมื่อหนูกินสารเคมีกำจัดหนูชนิดออกฤทธิ์ช้าครั้งเดียวจะยังไม่ตายต้องกินซ้ำ ๆ หลายครั้งจึงจะทำให้สารเคมีสะสมอยู่ในตัวหนู และทำลายวิตามินเคในเลือด ส่งผลให้เลือดไม่แข็งตัว เมื่อหนูได้รับบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย เลือดจะไหลไม่หยุดและตายในที่สุด ถึงแม้หนูจะไม่ได้รับบาดแผลแต่ผลของสารเคมีทำให้เลือดตกใน และตายในที่สุดได้เช่นเดียวกัน สารเคมีกำจัดหนูประเภทออกฤทธิ์ช้าที่วางขายตามท้องตลาดมีหลายชนิด เช่น วอร์ฟาริน ราคูมินสตรอม การวางสารเคมีกำจัดหนูหรือเหยื่อพิษประเภทออกฤทธิ์ช้าจะใช้ในขณะที่มีจำนวนหนูน้อย หลังจากได้ใช้สารเคมีกำจัดหนูประเภทออกฤทธิ์เร็วไปแล้ว และจะใช้ได้ผลดีเมื่อหนูเข็ดขยาดต่อเหยื่อพิษจากสารเคมีประเภทออกฤทธิ์เร็ว การวางเหยื่อพิษประเภทออกฤทธิ์ช้าแตกต่างจากเหยื่อพิษประเภทออกฤทธิ์เร็ว คือ ต้องมีภาชนะสำหรับใส่เหยื่อที่มิดชิด โดยภาชนะใส่เหยื่อพิษมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้ควรมีลักษณะ ดังนี้ ป้องกันฝนได้ ขนาดใหญ่พอที่หนูทุกขนาดสามารถเข้าไปได้ และบรรจุเหยื่อพิษได้ครั้งละมาก ๆ ประมาณ 300 กรัมขึ้นไป ประหยัด หาง่าย ใช้วัสดุในท้องถิ่นและแข็งแรงพอสมควร ข้อดีของการใช้สารเคมีกำจัดหนูประเภทออกฤทธิ์ช้าคือหนูไม่เข็ดขยาดต่อเหยื่อพิษและมักตายในรูหรือรัง หรือบริเวณใกล้ ๆ รังของมัน ส่วนข้อเสียคือต้องมีภาชนะใส่เหยื่อและอาจมีอุปสรรคเกี่ยวกับการสูญเสียภาชนะดังกล่าว ต้องหมั่นตรวจเหยื่อพิษ เมื่อพบว่าเหยื่อหมดหรือสูญเสียจะต้องเติมหรือเปลี่ยนใหม่ทันที ในกรณีที่หนูได้รับสารเคมีไม่เพียงพอ หรือยังไม่ถึงระดับที่ทำให้หนูตาย หนูอาจสร้างภูมิต้านทานขึ้นมาอีกได้

8.2 ยุง (Mosquitoes)

ยุง จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโพดา (Phylum Arthropoda) อยู่ในชั้นอินเซกตา (Class Insecta) อันดับ ดิบเทอร์รา (Order Diptera) ยุงมีการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ กล่าวคือ มีการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะโดยการลอกคราบ (Molting) แบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (Egg stage) ระยะลูกน้ำ (Larva stage) ระยะตัวโม่ง (Pupa stage) และระยะตัวเต็มวัย (Adult stage) ดังแสดงในภาพที่ 8.1



ภาพที่ 8.1 วงจรชีวิตของยุง
ที่มา : Cape Cod Mosquito Control Project, US

ระยะเวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 25-40 วัน แบ่งเป็น 4 ระยะ รายละเอียดของระยะการเจริญเติบโต มีดังนี้

(1) ระยะไข่ ไข่ยุงแต่ละชนิดมีขนาดและลักษณะแตกต่างกัน อาจจำแนกชนิดของยุงได้จากลักษณะการวางไข่ ยุงชอบวางไข่บนพื้นผิวน้ำ หรือตามขอบภาชนะที่มีน้ำขังนิ่ง ไข่จะใช้เวลาในการเจริญเป็นลูกน้ำภายใน 2 - 3 วัน

(2) ระยะลูกน้ำ ระยะนี้จะลอกคราบจำนวน 4 ครั้ง โดยครั้งที่ 4 การลอกคราบและเปลี่ยนแปลงรูปร่างกลายเป็นระยะตัวโม่ง การเจริญเติบโตจากลูกน้ำไปเป็นตัวโม่งใช้เวลาประมาณ 1 - 3 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของยุง อุณหภูมิของน้ำ และความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร

(3) ระยะตัวโม่ง ระยะนี้เป็นระยะที่ไม่กินอาหาร ลอยนิ่งที่ผิวน้ำและหยุดการเคลื่อนไหว ยกเว้นเมื่อถูกรบกวนหรือได้รับการกระตุ้น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากตัวโม่งไปเป็นตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 2 - 3 วัน

(4) ระยะตัวตัวเต็มวัย ยุงตัวเต็มวัยจะผสมพันธุ์หลังออกจากดักแด้ไม่นาน ในบริเวณใกล้ ๆ แหล่งเพาะพันธุ์ ยุงตัวผู้ดูดน้ำหวานจากพืชเป็นอาหารโดยไม่ดูดเลือดและตายหลังจากผสมพันธุ์ไม่นาน ส่วนตัวเมียจะมีอายุต่อมาได้อีกหลายสัปดาห์ ในช่วงหลังผสมพันธุ์แล้ว ยุงตัวเมียจะกัดและดูดเลือดจากคน หรือสัตว์เลือดอุ่นเป็นอาหารเพื่อนำไปเสริมสร้างการเจริญของไข่ในท้อง เมื่อไข่เจริญเต็มที่แล้ว ยุงจะบินจากที่พักออกไปหาแหล่งน้ำสำหรับวางไข่ จำนวนไข่ที่วางในแต่ละครั้งโดยเฉลี่ยประมาณ 50-150 ฟอง ยุงตัวเมียจะวางไข่ครั้งต่อไป หลังจากการวางไข่ครั้งแรกประมาณ 2 สัปดาห์ และสามารถวางไข่ได้มากกว่า 4 ครั้ง ตลอดช่วงอายุขัย การที่ยุงสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและมีจำนวนมาก จึงมีความสำคัญต่องานอนามัยสิ่งแวดล้อม เนื่องจากยุงเป็นพาหะนำโรคติดต่ออันตรายหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 โรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะนำโรค

ชื่อโรค	เชื้อที่เป็นสาเหตุ	พาหะ	อาการ/การแพร่กระจาย
ไข้จับสั่นหรือโรคมาลาเรีย (Malaria)	เชื้อโปรโตซัว *Plasmodium* spp.	ยุงก้นปล่อง	มีไข้หนาวสั่นเป็นพัก ๆ อาจจับไข้ ทุกวัน วันเว้นวัน หรือวันเว้น 2 วัน และอาจมีอาการทางสมอง ตับ หรือไตร่วมด้วย
ไข้เลือดออก (Dengue fever)	ไวรัส Dengue virus	ยุงลาย	ส่วนใหญ่พบในเด็ก มีอาการไข้สูงมีจุดเลือดออกตามผิวหนัง ตามไรฟัน บางรายมีอาการชัก หากได้รับการรักษาไม่ทันอาจเสียชีวิตได้
โรคเท้าช้างชนิดวูเชอเรอเรียแบงครอฟตี้ (Wuchereria bancrofti)	เกิดจากเชื้อหนอนพยาธิ W.bancrofti	ยุงรำคาญ ยุงลายและยุงก้นปล่องบางชนิด	ระบาดตามชายแดนพม่าบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี
โรคเท้าช้างชนิดบรูเกียมาลาไย (Brugia malayai)	เกิดจากเชื้อหนอนพยาธิ Brugia malayai	ยุงเสือและยุงก้นปล่อง	ระบาดอยู่บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป
โรคไข้สมองอักเสบ (Encephalitis)	ที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเชื้อไวรัส *Japanese encephalitis*	ยุงรำคาญ	มีสัตว์ป่าและสัตว์เลี้ยงเป็นรังโรคโดยเฉพาะหมู ซึ่งเป็นตัวแพร่กระจายโรคได้ดี

1) **การจำแนกชนิดของยุง**

ยุงที่มีความสำคัญทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมมี 4 ชนิด คือ

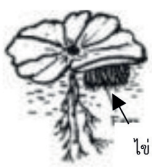
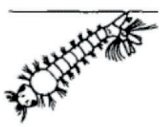
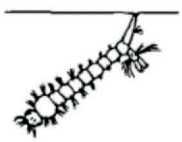
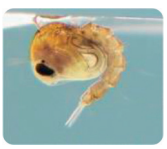
(1) **ยุงก้นปล่อง (Anopheles)** ตัวเต็มวัยมีจุดสีดำ ๆ แต้มอยู่บนปีกเป็นหย่อม ๆ ขณะเกาะพักตัวหรือดูดเลือดจะปักหัวลง โดยยกลำตัวและท้องทำมุม 40-90 องศากับพื้นผิว ส่วนใหญ่ออกหากินเวลากลางคืน ชอบวางไข่ในน้ำสะอาดที่ไหลรินตามลำธาร การวางไข่ของยุงก้นปล่องจะวางไข่แบบฟองเดี่ยว รูปร่างเหมือนเรือบด มีทุ่นอยู่ด้านข้าง

(2) **ยุงลาย (Aedes)** ตัวเต็มวัยมีลำตัวท้องและขาเป็นลายดำสลับขาว ยกเว้นที่ปีกขณะเกาะพักตัว หรือดูดเลือด ลำตัวจะขนานกับพื้นผิว ส่วนใหญ่ออกหากินเวลากลางวัน ชอบวางไข่ในน้ำสะอาดที่ขังนิ่ง เช่น โอ่งน้ำ แจกัน โพรงไม้ โดยไข่ของยุงลายมีลักษณะเป็นฟองเดี่ยว รูปร่างคล้ายบุหรี่ซิการ์

(3) **ยุงรำคาญ (Culex)** ตัวเต็มวัยมีสีดำหรือสีน้ำตาล ขณะเกาะพักตัวหรือดูดเลือด ลำตัวจะขนานกับพื้นผิว ส่วนใหญ่ออกหากินในเวลากลางคืน สามารถวางไข่ได้ในน้ำทุกประเภท ไข่ของยุงรำคาญมีรูปร่างคล้ายบุหรี่ซิการ์โดยปลายข้างหนึ่งจะมีปลอกคล้ายสวมหมวกแก๊ปครอบอยู่ และไข่มีลักษณะลอยติดกันเป็นแพ

(4) ยุงเสือ (Mansonia) ตัวเต็มวัยมีสีดำหรือสีน้ำตาล ลำตัวและขาเป็นแถบสลับสีเข้มและจางเกิดจากเกล็ดสีขาวและสีดำ ที่ปีกมีเกล็ดรูปร่างหัวใจกระจายอยู่ทั่วไป ยุงเสือมักออกหากินในเวลากลางคืน เป็นยุงที่ดุและกัดเจ็บ ชอบวางไข่ในน้ำที่มีวัชพืชน้ำ เช่น จอก แหน ผักตบชวา ไข่ของยุงเสือมีลักษณะรูปร่างคล้ายกระสวย ลอยติดกันเป็นแพ ลักษณะที่ใช้ในการจำแนกชนิดของยุงทั้ง 4 ชนิด สรุปได้ดังตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 การจำแนกชนิดของยุง

ยุงก้นปล่อง (Anopheles)	ยุงลาย (Aedes)	ยุงรำคาญ (Culex)	ยุงเสือ (Mansonia)
แหล่งเพาะพันธุ์ยุง			
แหล่งน้ำสะอาดไหลเอื่อย ๆ เช่น แอ่งหิน โพรงไม้ นาข้าว ส่วนใหญ่อยู่ไกลตัวเมือง เช่น ในป่าชายเขา	แหล่งน้ำสะอาดในบ้าน ได้แก่ ตุ่มน้ำ อ่างน้ำ บ่อซีเมนต์ กระป๋อง ยางรถยนต์ที่มีน้ำขัง จานรองขาตู้ แจกัน	แหล่งน้ำขังบนดิน แอ่งหิน ท่อระบายน้ำ น้ำครำ น้ำในทุ่งนา ภาชนะขังน้ำสกปรก	บึงน้ำที่มีพืชน้ำ เช่น จอก แหน ผักตบชวา ป่าพรุ ที่มีพืชน้ำ
ไข่			
			
วางไข่ใบเดี่ยว ๆ ที่มีทุ่นช่วยให้ลอยบนผิวน้ำ	วางไข่ใบเดี่ยว ๆ ตามขอบเหนือระดับน้ำ	วางไข่เป็นแพลอยอยู่บนผิวน้ำ	วางไข่เป็นกลุ่มติดกับใบพืชน้ำ
ลูกน้ำ			
			
วางตัวขนานผิวน้ำ หายใจทางรูหายใจ (Spiracle) ไม่มีท่อหายใจ มีขนรูปพัด (Palmate hairs) บนปล้องท้อง เคลื่อนไหวตรง ๆ สลับไปมา	มีท่อหายใจ (Siphon) อ้วนสั้น ลอยทำมุมกับผิวน้ำเคลื่อนไหว	เคลื่อนไหวแบบตวัดตัว มีท่อหายใจเรียวยาว ลอยทำมุมกับผิวน้ำ เคลื่อนไหวเป็นรูปตัวเอส (S)	มีท่อหายใจสั้น ปลายแหลมเป็นฟันเลื่อย ใช้เจาะแทงต้นหรือรากพืชน้ำ หายใจโดยได้รับออกซิเจนจากเซลล์ของพืชน้ำ เคลื่อนไหวเป็นรูปตัวเอส (S)
ตัวโม่ง			
			
มีท่อหายใจคู่หนึ่งที่ส่วนหัว ชอบลอยนิ่งอยู่บนผิวน้ำ	มีท่อหายใจคู่หนึ่งที่ส่วนหัว ชอบลอยนิ่งอยู่บนผิวน้ำ	มีท่อหายใจคู่หนึ่งที่ส่วนหัว ชอบลอยนิ่งอยู่บนผิวน้ำ	ท่อหายใจดัดแปลงรูปร่างเพื่อใช้แทงเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชน้ำ

ตารางที่ 8.3 การจำแนกชนิดของยุง (ต่อ)

ยุงก้นปล่อง (Anopheles)	ยุงลาย (Aedes)	ยุงรำคาญ (Culex)	ยุงเสือ (Mansonia)
ตัวเต็มวัย			
			
รูปร่างลักษณะ			
- ลำตัวมีสีน้ำตาลค่อนข้างดำ - ปีกมีเกล็ดเห็นเป็นสีซีดสลับเข้ม - ตัวเมียมีระยางค์ปาก (Palpi) สองข้าง ยาวเกือบเท่าความยาวของปาก	- ลำตัวมีเกล็ดขาวบนด้านหลังส่วนนอก - ขามีปล้องขาวสลับดำทั้ง 3 คู่ เห็นชัดเจน - ปีกค่อนข้างใส - ตัวเมียมีระยางค์ปากสองข้างสั้นยาวไม่ถึง 1/4 ของปาก	- ลำตัวมีสีน้ำตาล - ขาไม่มีปล้องขาว - ปีกค่อนข้างใส - ตัวเมียมีระยางค์ปากสองข้างสั้น ยาวไม่ถึง 1/4 ของปาก	- ลำตัวมีเกล็ดหยาบสีน้ำตาลอ่อน ๆ - ปีกมีเกล็ดหยาบใหญ่เห็นได้ชัดเจน - ตัวเมียมีระยางค์ปากสองข้างยาวกว่าของยุงรำคาญเล็กน้อย
การเกาะพัก			
ลำตัวส่วนท้องทำมุมกับผนังที่เกาะประมาณ 45 ° C	ลำตัวขนานกับพื้น	ลำตัวขนานกับพื้น	ลำตัวขนานกับพื้น
การออกหากิน			
เวลากลางคืน นอกบ้าน	เวลากลางวัน ในบ้านและใกล้บ้าน	เวลาพลบค่ำ ส่วนใหญ่หากินนอกบ้าน	เวลากลางคืน นอกบ้าน
พาหะนำโรค			
โรคมาลาเรียหรือไข้ป่าหรือไข้จับสั่น	โรคไข้เลือดออกและฟิลาเรียซีสชนิด *W.bancrofti*	โรคไข้สมองอักเสบและโรคฟิลาเรียชนิด *W. bancrofti*	โรคเท้าช้างชนิด Blugia malayi และ *W.bancrofti*

ที่มา: ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา กลุ่มกีฏวิทยาทางการแพทย์ ชีววิทยาและการควบคุมแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข นนทบุรี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข 2553

2) การสำรวจและประเมินความชุกชุมของยุง

การสำรวจและประเมินความชุกชุมของยุงอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง จะทำให้ทราบถึงแหล่งเพาะพันธุ์ที่สำคัญ ระดับและการเปลี่ยนแปลงของประชากรยุง และพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการระบาดของโรคที่มียุงเป็นพาหะเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนควบคุม ป้องกันและประเมินผลงานที่ได้ดำเนินการไปในแต่ละพื้นที่ วิธีการสำรวจและประเมินความชุกชุมของยุงมีหลายวิธี เช่น การวางกับดัก เพื่อสำรวจการวางไข่ของยุง การสำรวจ

และประเมินความชุกชุมของลูกน้ำยุง การใช้กับดักไฟฟ้า หรือใช้คนเป็นเหยื่อล่อ เพื่อดักจับยุงตัวเต็มวัยมาศึกษา ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะการสำรวจและประเมินความชุกชุมของลูกน้ำยุงลาย ซึ่งมีแหล่งเพาะพันธุ์ตามภาชนะกักเก็บน้ำและแหล่งที่มีน้ำขังภายในและบริเวณรอบบ้านพักอาศัย วิธีการสำรวจลูกน้ำยุงลาย อาศัยแนวคิดที่ว่าจำนวนประชากรของยุงลายจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนภาชนะขังน้ำที่พบยุงลาย ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงทำการสำรวจภาชนะขังน้ำที่พบลูกน้ำยุงลายแล้วนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีแสดงความชุกชุมของยุงลายตามวิธี Visual larva survey ซึ่งแนะนำโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

(1) การจำแนกชนิดของลูกน้ำยุง ลักษณะสำคัญของลูกน้ำยุงลายเพื่อใช้จำแนกชนิดอย่างคร่าว ๆ ในภาคสนาม คือ ท่อหายใจมีลักษณะสั้นและอ้วนป้อม ความยาวประมาณ 1.5-2 เท่าของความกว้าง ลักษณะการเคลื่อนที่ในน้ำเป็นรูปตัว S หรือคล้าย ๆ เลข 8 นอกจากนี้ในแนวทางการปฏิบัติ เรื่อง การควบคุมแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ได้เสนอแนวทางการพิจารณาลักษณะเบื้องต้นของลูกน้ำหรือตัวโม่งยุงลายไว้ว่า ถ้าลูกน้ำหรือตัวโม่งดำดิ่งลงก้นภาชนะ เมื่อทำการเคาะภาชนะนั้นให้เกิดเสียงดัง เปิดฝาภาชนะ เช่น โอ่ง ตุ่มน้ำ หรือส่องไฟฉายลงในภาชนะให้ถือว่าเป็นลูกน้ำยุงลาย

(2) แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน และสามารถตรวจหาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายให้ทั่วถึง เจ้าหน้าที่สำรวจควรแนะนำตัวเอง แจ้งจุดประสงค์ในการสำรวจ ขออนุญาตและสอบถามเจ้าของบ้านถึงตำแหน่งที่ตั้งของภาชนะขังน้ำต่าง ๆ ภายในบ้านและบริเวณรอบ ๆ บ้าน เช่น ตุ่มน้ำ จานรองขาตู้กันมด แจกัน กระป๋อง ยางรถยนต์ บ่อคอนกรีต รวมทั้งภาชนะขังน้ำขนาดเล็ก เช่น ขวดชนิดต่าง ๆ ที่มีน้ำขัง เมื่อพบภาชนะขังน้ำ ให้ใช้ไฟฉายส่องดูภายในภาชนะแล้วบันทึกผลการสำรวจว่าพบหรือไม่พบลูกน้ำยุงลาย ถ้าพบลูกน้ำยุงลายระยะใดก็ตาม หรือตัวโม่งแม้เพียงตัวเดียว ให้นับว่าภาชนะนั้นมีลูกน้ำ สำหรับภาชนะที่ไม่มีน้ำขังจะไม่บันทึกลงในแบบสำรวจ ทั้งนี้ควรจดบันทึกในแบบสำรวจทุกครั้งหลังจากที่ได้ตรวจดูภาชนะนั้น ๆ แล้ว

(3) จำนวนบ้านที่สำรวจ กรณีเป็นหมู่บ้านขนาดเล็กควรทำการสำรวจทุก ๆ บ้าน หากเป็นหมู่บ้านขนาดใหญ่หรือเมืองเล็ก ๆ ควรสำรวจจำนวน 40 - 100 หลังคาเรือน หรือประมาณร้อยละ 30 ของจำนวนหลังคาเรือนทั้งหมด และไม่ควรต่ำกว่า 40 หลังคาเรือน โดยใช้วิธีการสุ่มสำรวจอย่างเป็นระบบ (Systematic random sampling) เช่น ต้องการสำรวจ 50 หลังคาเรือน จากจำนวนทั้งหมด 150 หลังคาเรือน อาจกำหนดรูปแบบการสำรวจเป็นการสำรวจ 1 บ้าน เว้น 3 บ้าน (150/50 บ้าน) เพื่อให้ตัวอย่างที่ทำการสำรวจกระจายทั่วทั้งหมู่บ้าน กรณีที่สำรวจในเขตเมือง ควรทำการสำรวจให้กระจายครอบคลุมบ้านทุกประเภท เช่น บ้านพัก ตึกแถว ร้านค้า ชุมชนแออัด

(4) การคำนวณดัชนีความชุกชุมของลูกน้ำยุงลาย ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ได้แก่ จำนวนบ้านที่สำรวจ จำนวนภาชนะที่สำรวจ และจำนวนภาชนะที่พบลูกน้ำยุงลาย สามารถนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความชุกชุมของลูกน้ำยุงลายได้ ดังนี้

ดัชนี	วิธีคำนวณ
1. House index (HI) หรือ Premise Index	จำนวนบ้านที่สำรวจพบลูกน้ำใน 100 บ้าน **HI = จำนวนบ้านที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลาย x 100 / จำนวนบ้านที่สำรวจทั้งหมด** พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออกต่ำ จะมีค่า HI < 1 แต่ถ้าค่า HI > 10 จัดเป็นพื้นที่เสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออก

ดัชนี	วิธีคำนวณ
2. Container Index (CI) หรือ Receptacle Index	จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลายใน 100 ภาชนะ **CI = จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลาย x 100/จำนวนภาชนะที่สำรวจทั้งหมด**
3. Breteau Index (BI)	จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำใน 100 บ้าน **BI = จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลาย x 100/จำนวนบ้านที่สำรวจทั้งหมด** ค่า BI จะเป็นการรวม HI และ CI เข้าด้วยกัน โดยทั่วไปพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออกต่ำจะมีค่า BI < 5 แต่ถ้าค่า BI > 50 จัดเป็นพื้นที่เสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคไข้เลือดออก
4. Stegomyia Index (SI)	จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำต่อประชากร 1,000 คน **SI = จำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลาย x 1,000/จำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่**

การหาความชุกชุมของยุงลายตัวเต็มวัย อาจใช้วิธีตรวจนับจำนวนยุงลายที่ตายจากกับดักไฟฟ้า หรือสังเกตจากจำนวนยุงลายที่มากัดในระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปคำนวณหาค่าความชุกชุมของยุงลายเป็นจำนวนยุงลายต่อพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (ตารางเมตร) จำนวนยุงตัวเมียต่อคนต่อชั่วโมงที่จับได้ โดยใช้คนเป็นเหยื่อเรียกว่า Biting rate index (BR) สำหรับการหาค่าความชุกชุมของยุงตัวเต็มวัยชนิดอื่น ได้แก่ ยุงก้นปล่อง ยุงรำคาญและยุงเสือ ให้ดำเนินการสำรวจเช่นเดียวกับยุงลายตัวเต็มวัย แต่ต้องพิจารณาสถานที่วางกับดักเวลาออกหากินและระยะเวลาให้เหมาะสมกับยุงชนิดนั้น ๆ

3) การควบคุมและป้องกันยุง

การควบคุมและป้องกันยุงให้มีประสิทธิภาพ ควรดำเนินการทั้งในบ้านและชุมชนรอบ ๆ เนื่องจากยุงสามารถบินได้ไกลจากแหล่งเพาะพันธุ์ อย่างไรก็ตามหลักในการป้องกันและควบคุมยุงในชุมชน มีแนวทางหลัก 3 แนวทาง ได้แก่ 1) การทำลายแหล่งเพาะพันธุ์โดยการปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม 2) การกำจัดลูกน้ำและยุงตัวเต็มวัย และ 3) การลดการสัมผัสระหว่างคนกับยุงพาหะ

(1) การทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ (Breeding place management) เนื่องจากยุงมีการเพาะพันธุ์ หรือวางไข่ตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของยุงแต่ละประเภท ดังนั้นการปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในการควบคุมและทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ยุงจึงมุ่งเน้นไปที่การให้สุขศึกษา เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ ความเข้าใจ ถึงธรรมชาติและแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงรวมถึงกิจกรรมที่ควรปฏิบัติ ดังนี้

- การควบคุมระดับและความเร็วของกระแสน้ำในระบบชลประทานและคลองส่งน้ำเพื่อการเกษตร
- การปิดฝาภาชนะเก็บกักน้ำ เช่น โอ่ง ถังน้ำ ให้มิดชิด หมั่นเปลี่ยนน้ำในแจกันทุก 4 - 5 วัน ระวังอย่าให้มีน้ำขังตามภาชนะและวัสดุต่าง ๆ เช่น ยางรถยนต์เก่า กะลา ถัง กะละมัง กล่องโฟม
- การถมที่ลุ่มมีน้ำท่วมขัง เช่น ทำทางระบายน้ำให้น้ำไหล อย่าให้มีน้ำท่วมขังบริเวณบ้านพร้อมทั้งซ่อมแซม และปิดฝาท่อระบายน้ำ ฝาถังเกรอะและบ่อซึม

- การถางวัชพืชริมลำธารและกำจัดพืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา จอกหูหนู ต้นกก หญ้าปล้อง หญ้าคบบาง เพื่อทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงเสือ
- การทำความสะอาดบ้านพักอาศัยเพื่อไม่ให้เป็นที่อยู่อาศัย และแหล่งเกาะพักของยุง โดยการจัดของให้เป็นระเบียบไม่ให้มีที่อับชื้นหรือแหล่งน้ำขัง เช่น การเก็บรองเท้าให้มิดชิดไม่ให้เป็นที่หลบซ่อนของยุงรำคาญ การกำจัดขยะหรือนำภาชนะที่ไม่ใช้มาทำประโยชน์อย่างอื่น เพื่อมิให้เป็นแหล่งน้ำขังและป้องกันยุงมาวางไข่ การปรับปรุงสุขาภิบาลเพื่อควบคุมแหล่งเพาะพันธุ์ยุงจัดว่าเป็นวิธีที่ได้ผลในระยะยาวและปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด นอกจากการควบคุมยุงพาหะแล้วยังมีผลต่อการควบคุมปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ ด้วย

(2) การกำจัดลูกน้ำและยุงตัวเต็มวัย การกำจัดลูกน้ำ และยุงตัวเต็มวัยทำให้ความหนาแน่นและจำนวนประชากรของยุงลดลงได้อย่างรวดเร็ว วิธีที่ใช้โดยทั่วไปคือ การใช้สารเคมี และการใช้วิธีทางชีวภาพ

- การใช้สารเคมี การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมยุงให้มีประสิทธิภาพผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับชีววิทยา และนิเวศวิทยาของยุง เช่น ต้องรู้ว่ายุงแต่ละชนิดมีแหล่งเพาะพันธุ์ แหล่งเกาะพักหรือแหล่งหลบซ่อนอยู่ที่ใด นิสัยในการออกหากินเป็นอย่างไร ตลอดจนมีความรู้เรื่องสารเคมีกำจัดยุง และวิธีการใช้ที่ถูกต้อง การพิจารณาเลือกสารเคมีที่เหมาะสมในการควบคุมและกำจัดยุงนั้น ควรพิจารณาถึงปัจจัยที่สำคัญดังนี้ มีประสิทธิภาพในการควบคุมได้สูง ไม่มีพิษต่อคนและสัตว์ และไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม ข้อเสียในการใช้สารเคมี คือ เมื่อใช้สารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งติดต่อกันนาน ๆ แมลงจะสร้างความต้านทานต่อสารเคมีนั้นขึ้น สำหรับวิธีการใช้สารเคมีในการกำจัดและลดจำนวนประชากรยุงมีหลายวิธี ดังนี้
  - การใช้สารเคมีกำจัดลูกน้ำ (Larvicides) ส่วนใหญ่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและปลา สารเคมีบางชนิดมีอายุการใช้งานสั้น เพราะสลายตัวภายในเวลาประมาณ 7 - 10 วัน ทำให้ต้องเพิ่มความถี่ในการดำเนินการควบคุมจึงจะได้ผล แต่บางชนิดมีความคงทนเป็นระยะเวลาหลายเดือน สารเคมีกำจัดลูกน้ำมีหลายชนิด เช่น Temephos, Fenthion, Chlopyriphos ส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคลือบทรายเทมีฟอส 1% w/w (อะเบท) และเม็ดเกล็ดละลายน้ำ (เอซายเอส เอส)
  - การพ่นสารเคมีกำจัดยุงตัวเต็มวัยแบบมีฤทธิ์ตกค้าง (Residual spray) เทคนิคการพ่นเคมีแบบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้มีฤทธิ์ของสารเคมีติดอยู่บนพื้นผิว ซึ่งคาดว่ายุงพาหะจะมาเกาะ เช่น ผนังใต้หลังคา ใต้โต๊ะ ตู้ เตียง ราวแขวนเสื้อ ตะกร้าผ้าใช้แล้วและเครื่องประดับบ้าน เช่น ผ้าม่าน โดยเน้นยุงชนิดที่ชอบกินเลือดมนุษย์ หากินและเกาะพักในบ้าน เมื่อยุงเกาะพักบนพื้นผิวที่พ่นสารเคมีไว้ ทำให้สารพิษเข้าสู่ร่างกายและตายก่อนที่จะสามารถนำเชื้อโรคไปแพร่สู่คน อย่างไรก็ตามการพ่นสารเคมีแบบมีฤทธิ์ตกค้างตามพื้นผิวต่าง ๆ ภายในบ้านต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญ
  - การพ่นสารเคมีกำจัดยุงตัวเต็มวัยแบบฟุ้งกระจายในอากาศ (Space spray application) เมื่อยุงพาหะที่บินหรือเกาะพักในบริเวณดังกล่าวสัมผัสกับละอองสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในอากาศ จะทำให้ยุงตายได้ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพ่นผลิตภัณฑ์อัดแก๊สการพ่นละอองฝอยและการพ่นหมอกควัน รายละเอียด ดังนี้

วิธีการพ่นสารเคมี	รายละเอียด
การพ่นผลิตภัณฑ์อัดแก๊ส (Aerosol)	เป็นวิธีที่เจ้าของบ้านสามารถดำเนินการได้เอง การใช้เคมีกำจัดยุงฉีดพ่นในบ้าน ต้องระวังอย่าให้ละอองเคมีตกลงไปในอาหาร น้ำ ภาชนะหรือของเล่นเด็ก ก่อนฉีดพ่นสารเคมีจึงต้องเก็บสิ่งของเหล่านี้ให้มิดชิด หลังจากฉีดสารเคมีกำจัดแมลงแล้ว ควรให้ทุกคนรวมทั้งสัตว์เลี้ยงออกไปอยู่นอกบริเวณที่มีการฉีดสารเคมีอย่างน้อย 15 นาที
การพ่นละอองฝอย (Ultra - volume)	เป็นการพ่นน้ำยาเคมีจากเครื่องพ่นที่มีแรงอัดอากาศผ่านรูพ่นออกมาเป็นละอองฝอย ขนาดเล็กมาก กระจายอยู่ในอากาศและสัมผัสตัวยุง ซึ่งต้องใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง และต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญ
การพ่นหมอกควัน (Thermal fogging)	ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ โดยใช้อากาศร้อนพ่นเป็นหมอกให้ฟุ้งกระจายในอากาศเพื่อให้สัมผัสกับตัวยุง วิธีนี้ต้องอาศัยบุคลากรที่มีความชำนาญและควบคุมกำกับอย่างใกล้ชิด เสียค่าใช้จ่ายสูง มีขีดจำกัดด้านสิ่งแวดล้อม มักพ่นในแถบชานเมือง หรือมีสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น มีการระบาดของโรค

- การใช้วิธีทางชีวภาพ การควบคุมโดยวิธีทางชีววิทยา คือ การนำสิ่งมีชีวิตมาควบคุมทำลายสิ่งมีชีวิตด้วยกัน หลักการมีหลายแบบ มีดังนี้

  - ใช้ตัวห้ำซึ่งเป็นศัตรูตามธรรมชาติที่สามารถควบคุมประชากรของยุงได้ เช่น แมลงเหนี่ยง แมลงตับเต่า ไรน้ำจืด (Copepod) ตัวอ่อนแมลงปอ (Dragonfly) บางสกุลสามารถแพร่พันธุ์ได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาสั้น สำหรับยุงยักษ์ในช่วงตัวเต็มวัยจะกินน้ำหวานเป็นอาหาร และช่วงระยะลูกน้ำจะกินลูกน้ำยุงก้นปล่อง ยุงรำคาญหรือ ยุงลายเป็นอาหาร
  - การปล่อยปลาที่กินลูกน้ำลงในแหล่งเพาะพันธุ์หรือแหล่งที่มีลูกน้ำมาก ๆ ได้แก่ ปลาหัวตะกั่ว ปลาแกมบูเซีย และปลาหางนกยูง ปลาเหล่านี้สามารถทำลายยุงพาหะในระยะที่มีวงจรชีวิตอยู่ในน้ำได้ทั้งในระยะเป็นไข่ ระยะลูกน้ำ หรือระยะตัวโม่ง อัตราการใช้ปลากินลูกน้ำที่ได้ผล คือ ใช้ปลากินลูกน้ำ 3.5 ตัวต่อพื้นผิวน้ำ 1 ตารางเมตร
  - การใช้ไส้เดือนฝอยบางชนิดเข้าไปทำลายลูกน้ำยุง เมื่อลูกน้ำกินไส้เดือนฝอยเข้าไป มันจะไปเจริญเติบโตในกระเพาะอาหารของลูกน้ำจนทำให้ท้องแตกตายในที่สุด
  - การใช้เชื้อโรคทำให้ยุงตาย เช่น แบคทีเรีย Bacillus thuringinesis โปรโตซัวและจุลชีพอื่น ๆ นอกจากนี้ การใช้กับดักแสงไฟในการควบคุมประชากรยุง ยังถือเป็นวิธีที่สามารถดักยุงพาหะได้เป็นจำนวนมาก โดยไม่ทำลายสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ ค่าใช้จ่ายในการจัดการต่ำและเป็นที่ยอมรับของประชาชน วิธีนี้เป็นประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ประเภทสุกร โคนม โคเนื้อและไก่ และเหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคได้อีกด้วย เพราะยุงจะทำให้น้ำหนักของสัตว์เหล่านี้ลดลง

(3) ลดการสัมผัสระหว่างคนกับยุงพาหะ (Man-mosquito contact reduction)

เป็นมาตรการที่มีการให้ความรู้แก่คนในพื้นที่เสี่ยงให้รู้จักป้องกันตัวเองจากการถูกยุงกัด ซึ่งเป็นการลดการสัมผัสระหว่างคนและยุง สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

❍ การใช้มุ้ง ต้องหมั่นดูแลมุ้งให้อยู่ในสภาพดี ไม่ขาดและเสียหาย อากาศผ่านได้ ไม่ร้อน จำนวนช่องตาข่ายที่เหมาะสมประมาณ 150 ช่องต่อตารางนิ้ว ปัจจุบันมีมุ้งชุบสารเคมีซึ่งป้องกันยุงได้ดีและยังช่วยลดประชากรยุงที่มาเกาะได้ แต่วิธีนี้อาจจะใช้ไม่ได้ผลสำหรับยุงบางชนิดที่ชอบออกหากินเวลากลางวัน

❍ การสวมเสื้อป้องกันร่างกายให้มิดชิด เสื้อผ้าควรมีความหนาเพียงพอและมีความหลวมเล็กน้อย ไม่กระชับติดร่างกาย ผ้าที่มีสีดำหรือสีเข้มมักดึงดูดความสนใจให้ยุงมากัดได้มากกว่าผ้าสีอ่อน

❍ การใช้สารทาป้องกันยุง (Repellents) หรือสารไล่ยุง ทำจากสารเคมีหรือสมุนไพรมีคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้ยุงมากัดหรือลดการกัด สารทาป้องกันมีหลายรูปแบบ เช่น แบบน้ำ ครีม แป้ง ทั้งนี้ควรมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงได้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

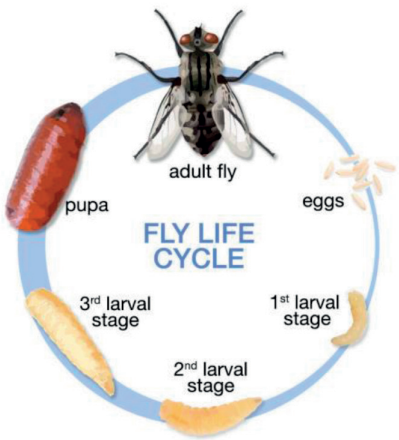
❍ การใช้ยาจุดกันยุง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการไล่หรือกำจัดยุงไม่ให้เข้ามาในบริเวณที่ต้องการ การเลือกซื้อควรสังเกตชื่อสารออกฤทธิ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีอันตรายน้อย เช่น สารกลุ่มไพรีทรอยด์หรือสมุนไพร



❍ การใช้ตาข่ายป้องกันยุงกัด ปัจจุบันมีการใช้มุ้งลวดป้องกันยุงกัดทั่วไปในเขตเมืองหรือตามชนบท มุ้งลวดอาจทำด้วยไนล่อน หรือลวด ต้องมีการออกแบบอย่างดีเพื่อป้องกันไม่ให้ยุงสามารถบินผ่านได้ โดยเฉพาะการทำมุ้งลวดป้องกันที่ประตูหน้าต่าง ต้องแข็งแรง ไม่เสียหายได้ง่าย ประตูควรเปิดออกด้านนอก ขนาดของมุ้งลวดที่เหมาะสม คือ 16 - 18 ช่องต่อนิ้ว

8.3 แมลงวัน (Flies)

แมลงวัน เป็นสัตว์ขาข้อ ลำตัวเป็นปล้อง จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโพดา (Phylum Arthropoda) อยู่ในชั้นอินเซคต้า (Class Insecta) อันดับดิบเทอร์รา (Order Diptera) วงจรชีวิตของแมลงวันเป็นการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (Complete metamorphosis) คือ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทุกขั้นตอนของการเจริญเติบโต ซึ่งมี 4 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (Egg stage) ระยะตัวหนอน (Larva stage) ระยะดักแด้ (Pupa stage) และระยะตัวเต็มวัย (Adult stage) ตามลำดับ ดังภาพที่ 8.2



ภาพที่ 8.2 วงจรชีวิตของแมลงวัน
ที่มา: Illinois Department of Public Health

รูปร่างโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) โดยทั่วไปแมลงวันตัวเต็มวัยมีอายุขัยเฉลี่ยประมาณ 2 - 4 สัปดาห์ แมลงวันตัวผู้สามารถผสมพันธุ์ได้เมื่อมีอายุประมาณ 1 วัน หรือมากกว่า 18 ชม. ส่วนแมลงวันตัวเมียสามารถผสมพันธุ์ได้เมื่อมีอายุมากกว่า 1 วัน หรือประมาณ 30 ชม. แมลงวันตัวเมียมักเลือกวางไข่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ มีอาหารสำหรับตัวหนอนและมีความชื้นที่เหมาะสม ได้แก่ กองขยะ มูลสัตว์ เศษอาหาร ซากสัตว์ เศษผักผลไม้เน่าเสียที่มีสารอินทรีย์ ตะกอนน้ำโสโครก ส้วมหลุม ดังนั้น จึงมักพบแมลงวันในบริเวณฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และกองขยะ สำหรับระยะที่เป็นไข่และตัวหนอน มักพบในสถานที่ชื้นและมีอาหารดังที่กล่าวข้างต้น ส่วนระยะดักแด้จะอาศัยอยู่ตามพื้นดินที่แห้ง และในระยะตัวเต็มวัยมักชอบอาศัยอยู่ในที่อบอุ่น ร่ม และใกล้แหล่งอาหาร เช่น อาคารบ้านเรือน คอกสัตว์ พุ่มไม้ แมลงวันตัวเต็มวัยสามารถบินได้ไกลประมาณ 9 - 10 กิโลเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง ชอบออกหากินเวลากลางวันและบินเข้าหาแสงสว่างเสมอ รวมทั้งชอบเกาะพักตามสิ่งที่มีปลายแหลม หรือวัตถุที่ห้อยแขวนมีลักษณะเป็นเส้น ๆ เช่น สายไฟ ชนิดของอาหารที่ชอบจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของแมลงวัน เช่น แมลงวันบ้านสามารถกินอาหารได้ทุกชนิดรวมถึงสิ่งปฏิกูล ส่วนแมลงวันหัวเขียวชอบกินเนื้อสัตว์ ปลา ผัก ผลไม้ แมลงวันเป็นพาหะนำโรคต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น โรคไทฟอยด์ โรคอุจจาระร่วงอย่างแรง โรคอุจจาระร่วง โรคตาแดง โรคริดสีดวงตา โรคบิดมีตัว โรคบิดไม่มีตัว โรคโปลิโอ โรคแอนแทร็กซ์ โรควัณโรค และโรคพยาธิ เช่น พยาธิปากขอ พยาธิไส้เดือนตัวกลม นอกจากนี้แมลงวันจะวางไข่ในแผล เมื่อเจริญเติบโตเป็นหนอนแมลงวันจึงไชชอนดูดกินเลือด เนื้อเยื่อจากแผลเป็นอาหาร ทำให้เกิดแผลกว้างมากขึ้น เกิดการติดเชื้อหรือเรียกว่า ไมเอซีส (Myiasis)

วิธีการที่แมลงวันนำเชื้อโรคและไข่หนอนพยาธิมาสู่มนุษย์มี 4 วิธี คือ

(1) วิธีเชิงกล (Mechanical transmission) เชื้อโรคส่วนใหญ่ถูกนำพาโดยวิธีนี้ เนื่องจากแมลงวันมีนิสัยชอบเอาขาหน้าถูกันหลังจากกินอาหารอิ่มแล้ว ทำให้เชื้อโรคตามลำตัวและขาร่วงลงในอาหาร เมื่อคนบริโภคอาหารนั้น เชื้อโรคจะเข้าสู่ร่างกายและทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ เช่น โรคทางเดินอาหาร บิด พยาธิ

(2) วิธีสำรอกใส่อาหาร (Propagating transmission) เนื่องจากแมลงวันมีนิสัยในการกินอาหารโดยการสำรอกน้ำย่อยจากกระเพาะอาหารมาละลายของแข็งก่อน แล้วจึงดูดกลับเข้าไปใหม่ ทำให้เชื้อโรคถูกถ่ายออกจากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารลงสู่อาหาร ในทำนองเดียวกันนิสัยชอบถ่ายมูลรดบนอาหารนั้น ทำให้เชื้อโรคปนเปื้อนลงสู่อาหารได้เช่นกัน เช่น โรคทางเดินอาหาร โรคอาหารเป็นพิษ

(3) วิธีเป็นโฮสต์กึ่งกลาง (Intermediate host) โดยตัวอ่อนของหนอนพยาธิจะอาศัยอยู่ในตัวของแมลงวัน เมื่อเจริญเป็นระยะติดต่อแล้วหนอนพยาธิจะหาทางออกจากแมลงวันเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ เช่น โรคพยาธิไส้เดือน พยาธิปากขอ

(4) วิธีวางไข่หรือแพร่พันธุ์ ส่วนใหญ่แมลงวันมักวางไข่ไว้ตามแผล หนอง ฝี ในระยะตัวหนอนแมลงวันทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า โรคไมเอซีส (Myiasis)

1) การจำแนกชนิดของแมลงวัน

แมลงวันที่มีความสำคัญทางอนามัยสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวถึงแมลงวันที่พบได้โดยทั่วไป 2 ชนิด คือ แมลงวันบ้านและแมลงวันหัวเขียว

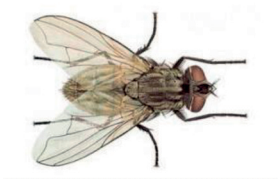
(1) แมลงวันบ้าน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Musca domestica พบว่ามีจำนวนมากประมาณร้อยละ 80 ของแมลงวันทั้งหมด แมลงวันบ้านวางไข่ ครั้งละ 75 - 150 ฟอง มักวางไข่ตามมูลสัตว์

สิ่งปฏิกูล มูลฝอยเปียก ไข่มีรูปร่างรีสีขาวนวล ขนาดประมาณ 1 มม. ไข่เจริญเป็นตัวหนอนภายในระยะเวลา 12 - 24 ชั่วโมง ตัวหนอนของแมลงวันบ้านมีรูปร่างทรงกระบอก สีขาวนวล มีการลอกคราบจำนวน 3 ครั้ง จึงเจริญเติบโตไปเป็นดักแด้ภายในระยะเวลา 4 - 6 วัน มีสีน้ำตาล อาศัยในดินหรือตามกองเศษใบไม้ และดักแด้ของแมลงวันจะกลายเป็นตัวเต็มวัยภายใน 3 - 6 วัน ตัวเต็มวัยของแมลงวันบ้านตัวผู้มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 6 - 7 มม. ส่วนตัวเมียมีขนาดลำตัวยาวประมาณ 6 - 9 มม. มีหนวดเส้นเล็ก ๆ 2 เส้นสำหรับรับความรู้สึก มีปีก 2 คู่ มีลักษณะใสไม่มีเกล็ด มีขา 3 คู่ ลำตัวสีเทาดำส่วนอกมีสีเหลืองปนเทา มีแถบสีดำยาวแคบ ๆ 4 เส้น ส่วนท้องมีสีเหลืองและมีแถบสีดำยาวแคบ ๆ เช่นเดียวกับส่วนอก

(2) แมลงวันหัวเขียว สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 สายพันธุ์ คือ แมลงวันหัวเขียวที่มีสีของลำตัวเป็นสีเขียวเงาแวววาว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysomyia* spp. และอีกสายพันธุ์หนึ่งมีสีของลำตัวเป็นสีน้ำเงินเงาแวววาว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Calliphora* spp.

วงจรชีวิตของแมลงวันหัวเขียวมี 4 ระยะเช่นเดียวกับแมลงวันบ้าน โดยแมลงวันหัวเขียวจะวางไข่ครั้งละ 50 - 150 ฟอง มักวางไข่เป็นกระจุก หรือเป็นกลุ่มบนซากสัตว์ มูลฝอยเปียกที่มีเศษเนื้อสัตว์เน่าปนเปื้อนอยู่ หรือบางครั้งอาจพบในเนื้อสด ๆ หรือที่กำลังเน่าเปื่อยอยู่ ไข่ของแมลงวันหัวเขียวมีสีเหลืองอ่อน และจะฟักเป็นตัวหนอนภายในเวลาประมาณ 8 ชั่วโมง ถึง 3 วัน ซึ่งมีขนาดยาวประมาณ 10 - 14 มม. มีสีเทาปนเหลือง ส่วนท้ายของลำตัวป้านและกว้าง ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 2 - 19 วัน จึงจะเจริญเติบโตเต็มที่ ทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิและอาหาร มีการลอกคราบจำนวน 2 ครั้ง จึงกลายเป็นดักแด้ โดยตัวหนอนอาจหลุดออกจากอาหารหรือโฮสต์ แล้วตกลงสู่พื้นก่อนที่จะกลายเป็นดักแด้และเมื่อตกสู่พื้นจะชอนไชหาสถานที่ที่แห้งแล้วจึงฝังตัวไว้ใต้ผิวดินก่อนจะเข้าสู่ดักแด้ ดักแด้ของแมลงวันหัวเขียวมีสีน้ำตาลรูปร่างเหมือนดักแด้ของแมลงวันบ้าน แต่ขนาดใหญ่กว่าระยะเวลาที่เป็นดักแด้อาจนานประมาณ 4 - 8 วัน แล้วจึงกลายเป็นตัวเต็มวัย ลักษณะที่ใช้ในการจำแนกชนิดของแมลงวันดังกล่าว สรุปได้ดังตารางที่ 8.4

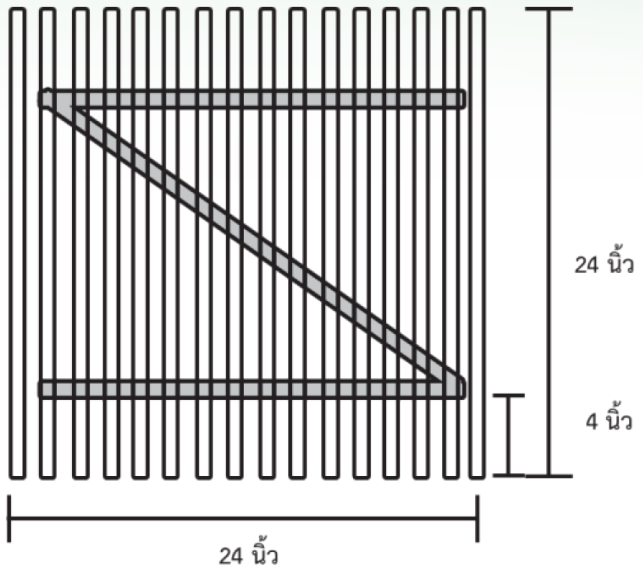
ตารางที่ 8.4 การจำแนกชนิดของแมลงวันบ้านและแมลงวันหัวเขียว

แมลงวันบ้าน *Musca domestica*	**แมลงวันหัวเขียว** *Calliphora* spp.	**แมลงวันหัวเขียว** *Chrysomyia* spp.
		
ระยะตัวแก่		
ขนาด 6 - 8 มม. ลำตัวมีสีเทาดำ มีแถบสีดำส่วนอก 4 แถบ มีปากแบบดูดซึม	ขนาด 6 - 8 มม. ลำตัวมีสีเทาดำ มีแถบสีดำส่วนอก 4 แถบ มีปากแบบดูดซึม	ขนาด 6 - 8 มม. ลำตัวมีสีเทาดำ มีแถบสีดำส่วนอก 4 แถบ มีปากแบบดูดซึม
ระยะไข่		
จำนวนไข่ 100 - 150 ฟอง/ครั้ง รูปทรงกระบอก หัวท้ายแหลม	จำนวนไข่ 70 - 80 ฟอง/ครั้ง รูปทรงกระบอก หัวท้ายกลมมน	จำนวนไข่ 60 ฟอง/ครั้ง รูปทรงกระบอก หัวท้ายกลมมน
ระยะหนอน		
สีขาวนวล ขนาด 2 - 3 มม.	สีขาวปนชมพู ขนาด 3 - 5 มม.	สีขาวปนชมพู ขนาด 3 - 5 มม.
ระยะดักแด้		
สีน้ำตาล รูปร่างคล้ายถังเบียร์	สี รูปร่างเหมือนดักแด้แมลงวันบ้าน แต่ขนาดใหญ่กว่า	สี รูปร่างเหมือนดักแด้แมลงวันบ้าน แต่ขนาดใหญ่กว่า

ที่มา : ลินจง บ่อหิรัญรัตน์ อนามัยสิ่งแวดล้อม 2546
สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย การควบคุมพาหะนำโรคแมลงวัน 2560

2) การสำรวจและประเมินความชุกชุมของแมลงวัน

การสำรวจและประเมินความชุกชุมของแมลงวัน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้กรงดัก การใช้แถบกาว การใช้ไม้พันกาวและการใช้ไม้ระแนง วิธีที่นิยมใช้คือ การใช้ไม้ระแนง (Fly grill count techniques) โดยใช้เครื่องมือที่สร้างจากไม้ระแนงขนาดกว้าง 0.75 นิ้ว ยาว 24 นิ้ว จำนวน 16 อัน และจัดระยะห่างช่องละ 0.75 นิ้ว เท่ากับความกว้างของไม้ระแนง เมื่อประกอบเสร็จจะได้แผ่นไม้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 24 x 24 นิ้ว ดังภาพที่ 8.3 แล้วนำไปวางในพื้นที่ที่ต้องการสำรวจและนับจำนวนการเกาะพักของแมลงวัน



ภาพที่ 8.3 ไม้ระแนง (Fly grill) ที่ใช้ในการสำรวจความชุกชุมของแมลงวัน
ที่มา: http://www.afpmb.org/pubs/tims/TG30/TG30.html

การสำรวจความชุกชุมของแมลงวัน ควรแบ่งพื้นที่ทำการสำรวจออกเป็นหน่วยย่อย ๆ ที่มีพื้นที่เท่า ๆ กัน ประมาณ 10 หน่วย หรือแบ่งเพิ่มขึ้นเป็น 20 หน่วย ถ้าพื้นที่นั้น ๆ มีจำนวนแมลงวันน้อยมาก หลังจากนั้นจึงเลือกจุดที่จะวางไม้ระแนง ทั้งนี้ ควรเลือกวางไม้ระแนงในหน่วยที่มีแมลงวันชุกชุมมากที่สุด

เมื่อวางไม้ระแนงลงไปในหน่วยที่เลือก แมลงวันอาจบินหนีแตกกระจายไปชั่วขณะแล้วจะบินกลับมาเกาะใหม่ จากนั้นจึงเริ่มนับเวลาและนับจำนวนแมลงวันทั้งหมดบนไม้ระแนง (ช่วงเวลาที่ใช้นับจำนวนแมลงวันคือ 30 วินาที) ทำซ้ำหน่วยละ 10 ครั้ง แล้วเลือกเอาจำนวนแมลงวันที่นับได้มากที่สุดมา 5 ค่า ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนแมลงวันที่เกาะบนไม้ระแนงในเวลา 30 วินาที การแปลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความชุกชุมของแมลงวัน สรุปได้ดังตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 การแปลผลการสำรวจความชุกชุมของแมลงวัน

จำนวนแมลงวันที่สำรวจได้	ข้อแนะนำในการควบคุม
0 - 2	ยังไม่ต้องทำการควบคุม
2 - 5	ทำการปรับปรุงสุขาภิบาล
5 - 20	วางแผนควบคุมโดยการปรับปรุงสุขาภิบาลเป็นระยะ
20 ขึ้นไป	ทำการควบคุมโดยใช้สารเคมี

3) การควบคุมและป้องกันแมลงวัน

การควบคุมและป้องกันแมลงวันให้มีประสิทธิภาพ ควรดำเนินการให้ครอบคลุมทั้งชุมชน เนื่องจากแมลงวันสามารถเพาะพันธุ์และหาอาหารได้ไกลจากแหล่งกำเนิดของมัน อย่างไรก็ตามหลักในการควบคุมและป้องกันแมลงวันมีแนวทางหลัก 2 แนวทาง คือ

(1) การปรับปรุงการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม

การปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม เพื่อควบคุมและป้องกันแมลงวัน เป็นแนวทางที่สำคัญและเป็นการแก้ไขปัญหาในเชิงป้องกัน โดยพิจารณาจากผลการสำรวจสภาวะสุขาภิบาลว่ามีข้อบกพร่องในเรื่องใดแล้วดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ รวมถึงวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

(ก) จัดให้มีและใช้ส้วมที่ถูกสุขลักษณะทุกหลังคาเรือน รวมถึงชุมชนที่มีการจัดตั้งชั่วคราว เช่น ค่ายอพยพ ชุมชนก่อสร้าง ที่พักแรมของกลุ่มผู้ประสบภัยธรรมชาติ

(ข) เก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยให้ถูกหลักสุขาภิบาล ถังรองรับขยะควรมีความแข็งแรง ไม่รั่วซึม มีฝาปิดมิดชิด และมีจำนวนเพียงพอ ไม่มีขยะตกค้างหรือตกหล่นที่พื้น โดยเฉพาะบริเวณตลาดสด

(ค) ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ สุกร โค ม้า มีการจัดการที่ถูกหลักสุขาภิบาล จัดให้มีการทำความสะอาดคอกสัตว์ทุกวัน กำจัดเศษอาหาร และกำจัดมูลสัตว์โดยนำไปตากแดดให้แห้ง หมักทำปุ๋ยหรือนำไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ

(ง) ทุกครัวเรือนควรมีตู้เก็บอาหารและฝาชี เพื่อป้องกันมิให้แมลงวันตอมอาหารและภาชนะ

(2) การทำลายตัวอ่อนและตัวแก่ของแมลงวัน

ในกรณีที่มีแมลงวันชุกชุมมาก การทำลายตัวอ่อนและตัวแก่ของแมลงวัน สามารถช่วยให้จำนวนแมลงวันลดลงได้อย่างรวดเร็ว

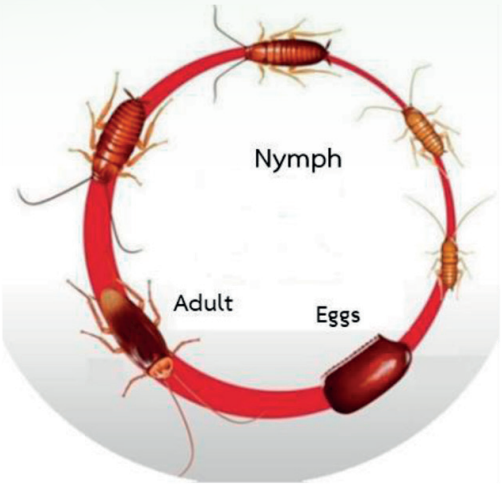
(ก) การทำลายตัวอ่อนของแมลงวัน วิธีที่นิยม คือ ใช้สารเคมีพ่นลงบนแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนหรือช่วงที่มีการระบาดของโรคที่มีแมลงวันเป็นสื่อนำโรค สารเคมีที่ใช้ทำลายตัวอ่อนแมลงวันมีหลายชนิด เช่น ไดอะซินอน 0.5 - 1% มาลาไทออน 2 - 5% ดิบทิเร็ก 1% การพ่นสารเคมีกำจัดตัวอ่อนหรือหนอนแมลงวันตามแหล่งเพาะพันธุ์ เช่น กองขยะ กองมูลสัตว์ ควรคุ้ยและทำการฉีดพ่นสารเคมีใต้กองขยะหรือกองมูลสัตว์ เนื่องจากหนอนแมลงวันมักชอบหลบความร้อนและแสงแดดอยู่ใต้กองขยะมูลฝอย

(ข) การทำลายตัวแก่ของแมลงวัน แบ่งเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธีทางกล เช่น ใช้กรงดักไม้พันกาว ใช้ไม้ตี กับดักไฟฟ้า และวิธีการใช้สารเคมี อาจใช้การฉีดพ่นหรือใช้การวางเหยื่อพิษในการกำจัด อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงวันอาจมีอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง รวมทั้งอาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น การใช้งานควรอยู่ภายใต้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ การกำจัดแมลงวันโดยใช้สารเคมีสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

วิธีการพ่น	คำอธิบาย
การพ่นสารเคมีแบบมีฤทธิ์ตกค้าง	การกำจัดแมลงวันโดยการพ่นสารเคมีเฉพาะที่ตามแหล่งเกาะพักและแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน เช่น คอกสัตว์ มูลสัตว์ กองขยะ รั้ว หลังคา และเชือก เมื่อแมลงวันสัมผัสกับสารเคมีที่ตกค้างตามแหล่งเกาะพักดังกล่าวจะทำให้ตายได้
การพ่นสารเคมีแบบฟุ้งกระจายในอากาศ (Space treatment)	วิธีที่ลดความชุกชุมของแมลงวันในสถานที่ที่ต้องควบคุมมิให้มีแมลงวัน เช่น ห้องอาหาร ร้านค้า เล้าหมู เป็ด ไก่ คอกสัตว์ คอกม้า โดยจะกำจัดแมลงวันที่บินมาสัมผัสกับสารเคมีที่ฉีดพ่นนั้นทันที
การวางเหยื่อพิษ	การผสมสารเคมีกับเหยื่อที่แมลงวันชนิดนั้น ๆ ชอบ เพื่อดึงดูดแมลงวัน เช่น แมลงวันบ้าน ควรผสมน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายแดง ข้าวโพดป่น ส่วนแมลงวันหัวเขียว ควรผสมปลาป่นหรือกากยีสต์ การวางเหยื่อพิษควรอยู่ภายใต้คำแนะนำของเจ้าหน้าที่ เนื่องจากมีความเป็นอันตรายสูง บริเวณที่วางเหยื่อพิษต้องใช้กรงดัก แถบกาว หรือเชือกกาวจับแมลงวันควบคู่ไปด้วยเพื่อมิให้แมลงวันที่สัมผัสสารเคมีไปสัมผัสน้ำ อาหาร และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ
การวางแถบกาวหรือวิธีเบ็ดราว	วิธีกำจัดแมลงวันโดยใช้เชือกชุบสารเคมีวางในบริเวณที่แมลงวันชอบมาเกาะพัก วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เหมาะกับนิสัยหรือพฤติกรรมของแมลงวัน ราคาถูก มีฤทธิ์ตกค้างนาน แต่มีข้อเสีย คือ จำนวนแมลงวันจะค่อย ๆ ลดลง แต่จะไม่รวดเร็วเหมือนกับการใช้วิธีพ่นสารเคมี

8.4 แมลงสาบ (Cockroaches)

แมลงสาบ จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโพดา (Phylum Arthropoda) อยู่ในชั้นอินเซกตา (Class Insecta) เช่นเดียวกับแมลงวัน แต่แมลงสาบอยู่ในอันดับแบลททาเรีย (Order Blattaria) วงจรชีวิตของแมลงสาบมี 3 ระยะ คือ ระยะไข่ (Egg stage) ระยะตัวอ่อน (Nymph stage) และระยะตัวเต็มวัย (Adult stage) ดังภาพที่ 8.4 โดยเริ่มจากไข่จำนวนประมาณ 10 - 40 ฟอง ที่บรรจุอยู่ในแคปซูล (Oothecal) มีการเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อน (Nymph) ซึ่งมีรูปร่างลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย (ยกเว้นส่วนปีกและอวัยวะเพศยังเจริญไม่เต็มที่) ตัวอ่อนลอกคราบหลายครั้ง สำหรับจำนวนครั้งขึ้นกับชนิดของแมลงสาบ ทั้งนี้เพื่อพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นตัวเต็มวัยที่มีปีกและอวัยวะเพศที่สมบูรณ์เต็มที่ จะเห็นได้ว่าแมลงสาบมีการเจริญเติบโตแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete metamorphosis) วงจรชีวิตของแมลงสาบแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 1 - 3 ปี



ภาพที่ 8.4 วงจรชีวิตของแมลงสาบ (ตัวอย่าง American cockroaches)
ที่มา: https://www.zapmeta.ws

รูปร่างโดยทั่วไปของแมลงสาบจะเป็นทรงกลมรีแบบรูปไข่แบนประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) มีหนวดยาว 1 คู่ ใช้สำหรับดมกลิ่นและสัมผัส มีปีก 2 คู่ โดยปีกคู่แรกที่อยู่ด้านนอกมีลักษณะเป็นแผ่นเหนียวปกคลุมปีกคู่ที่อยู่ด้านในซึ่งเป็นเนื้อบาง ๆ ถึงแม้ว่าแมลงสาบจะมีปีก แต่มักชอบไต่คลานตามพื้นและผนัง จะใช้ปีกบินเฉพาะในกรณีที่ตกใจหรือต้องการหนี แมลงสาบสามารถแพร่พันธุ์ได้ทั่วไป โดยเฉพาะในที่ลับตา มืด อับชื้น เช่น ตามห้องน้ำห้องส้วม หรือตามรอยแตกซอกมุมต่าง ๆ ภายในอาคารตามช่องว่างภายในท่อน้ำ ตามที่หมักหมมต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นสัตว์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม ได้เป็นอย่างดี

แมลงสาบมีปากเป็นแบบกัด (Chewing) มีนิสัยชอบกัดทำลายสิ่งของเครื่องใช้ภายในอาคาร มีกลิ่นเหม็นเฉพาะตัว เนื่องจากมีการขับของเหลวคล้ายน้ำมันจากต่อมกลิ่น (Scent gland) แมลงสาบมีนิสัยชอบอาศัยในที่แคบ พอดีตัว ตามรอยแตก ซอกมุมต่าง ๆ มักออกหากินเวลากลางคืนและไม่ชอบแสงสว่าง เวลากินอาหารแมลงสาบมักสำรอกน้ำลายและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารออกมาช่วยย่อยอาหาร แมลงสาบกินอาหารได้เกือบทุกชนิดทั้งพืช สัตว์ สิ่งเน่าเปื่อย เช่น เสมหะ อุจจาระ สิ่งสกปรกจากกองขยะ คราบสกปรกตามห้องน้ำ เศษอาหาร ขนมหวาน แป้ง น้ำตาล กล่องกระดาษ รวมทั้งอาหารทุกชนิดของคนด้วย ดังนั้นเมื่อแมลงสาบเดินผ่านจะสำรอกน้ำลายหรือน้ำย่อยขณะกินอาหารหรือถ่ายมูลลงไปในอาหารของคน ทำให้เชื้อโรคที่ติดมาตามตัวหรือปนออกมากับน้ำลาย น้ำย่อย หรือมูลของแมลงสาบปนเปื้อนลงสู่อาหารและเป็นอันตรายต่อคนที่กินอาหารปนเปื้อนนั้นเข้าไปได้

แมลงสาบเป็นพาหะสำคัญที่สามารถนำเชื้อโรคติดต่อมาสู่คนได้หลายชนิด เช่น อุจจาระร่วง บิด ไทฟอยด์ อาหารเป็นพิษ ตับอักเสบ และโรคผิวหนัง แมลงสาบยังสามารถเป็นโฮสต์กึ่งกลาง (Intermediate host) ของพยาธิหลายชนิด เช่น พยาธิเข็มหมุด พยาธิปากขอ พยาธิไส้เดือนกลม พยาธิตืดวัว เป็นต้น นอกจากนี้มูลและสารบางอย่างบนตัวของแมลงสาบยังก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้และหอบหืดได้ โดยเฉพาะในเด็ก

1) ชนิดของแมลงสาบ

แมลงสาบที่มีความสำคัญทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมมี 5 ชนิด ดังนี้

(1) แมลงสาบอเมริกัน (American cockroaches) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Periplaneta americana ในประเทศไทยพบแมลงสาบชนิดนี้มากที่สุด พบเห็นได้ตามอาคารทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ตามโกดังสินค้า ท่อน้ำ รางระบายน้ำโสโครก บริเวณที่เก็บอาหารพวกแป้ง หนังสือเก่า ๆ เสื้อผ้า มีขนาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 35 - 40 มม. ตัวผู้และตัวเมียมีขนาดเท่า ๆ กัน ปีกมีลักษณะเหยียดตรงคลุมตลอดท้อง มีสีน้ำตาลแดงจนถึงสีน้ำตาลเข้ม แคปซูลบรรจุไข่มีสีน้ำตาลเข้ม ขนาดความยาวประมาณ 8 มม. ภายในมีไข่ประมาณ 15 ฟอง ตลอดชีวิตแมลงสาบอเมริกันสามารถผลิตแคปซูลได้ประมาณ 21 - 59 แคปซูล ไข่เจริญเป็นตัวอ่อนใช้เวลา 30 - 45 วัน จากตัวอ่อนจะลอกคราบ 7 - 13 ครั้ง ในระยะเวลา 5 - 15 เดือน และกลายเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ประมาณ 440 วัน รวมตลอดวงจรชีวิตจะมีอายุยืนยาวประมาณ 1 - 3 ปี

(2) แมลงสาบออสเตรเลีย (Australian cockroaches) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Periplaneta australasiae พบเห็นได้ทั่วไปตามอาคาร อาจพบตามเรือนปลูกต้นไม้ ท่อระบายน้ำ สำหรับประเทศไทยสามารถพบแมลงสาบออสเตรเลียได้ในจำนวนใกล้เคียงกับแมลงสาบอเมริกัน และยังพบว่าแมลงสาบทั้งสองชนิดนี้มีขนาดใกล้เคียงกันอีกด้วย แต่แมลงสาบออสเตรเลียมีขนาดเล็กกว่า และมีสีเข้มกว่าเล็กน้อย จัดว่าเป็นแมลงสาบขนาดค่อนข้างใหญ่ มีความยาวประมาณ 27 - 33 มม. ตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้เล็กน้อย (โดยเฉพาะตรงส่วนท้อง) ปีกยาวคลุมส่วนท้องและมีแถบสีอ่อนบนปีกคู่แรกข้างละแถบ ตัวเต็มวัยจะเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่ (Ootheca) ขนาดประมาณ 9 - 12 มม. มีไข่ 22 - 24 ฟองต่อแคปซูล ตัวเมียออกไข่ 20 - 30 ครั้ง และจะนำไข่ไปติดไว้ตามผนังตู้ ซอกมุม ในกล่องกระดาษ ไข่จะใช้เวลาฟักตัวเป็นตัวอ่อนประมาณ 40 วัน และเมื่อตัวอ่อนฟักจากไข่แล้วจะอาศัยอยู่ร่วมกับตัวเต็มวัย จากนั้นจะลอกคราบประมาณ 9 - 12 ครั้ง จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย โดยมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 4 - 6 เดือน รวมตลอดชีวิตจะมีอายุยืนยาวประมาณ 2 - 2.5 ปี

(3) แมลงสาบตะวันออก (Oriental cockroaches) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Blatta orientalis เป็นแมลงปีกสั้น ตัวเมียมีปีกสั้นกุด ส่วนตัวผู้มีปีกยาวกว่าเล็กน้อย สีน้ำตาลเข้มหรือดำ ที่พบเห็นในประเทศไทยส่วนใหญ่มีสีดำ แมลงสาบชนิดนี้ชอบอากาศเย็นจึงมักพบได้ตามห้องใต้ดิน ใต้ถุนอาคาร ตามที่ชื้นแฉะ เช่น ห้องน้ำ ตามท่อระบายน้ำโสโครก โรงภาพยนตร์ รอยแตกแยกของพื้นผนัง บริเวณที่อับชื้น ซอกมุม ใต้พรม ชั้นวางหนังสือ นอกจากนี้ยังพบได้บริเวณนอกอาคาร เช่น ใต้กองไม้ ก้อนหิน มีระยะเวลาในการหากินและอาศัยในอาคารน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงสาบชนิดอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในอาคาร ตัวเต็มวัยมีขนาดประมาณ 27 - 33 มม. เจริญเติบโตช้า ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน ถึง 2 ปี ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของอาหาร และสามารถแพร่พันธุ์โดยมิต้องมีการผสมพันธุ์ เรียกว่า Parthenogenesis หรืออาจมีการผสมพันธุ์เมื่อตัวเต็มวัยที่อายุประมาณ 1 สัปดาห์ (4 - 9 วัน) และวางไข่ตามที่มิดชิด ตลอดชีวิตของตัวเมียจะผลิตแคปซูลประมาณ 8 แคปซูล แคปซูลมีขนาด 10 - 12 มม. มีจำนวนไข่ 16 - 18 ฟองต่อแคปซูล ใช้เวลาฟักตัวเป็นตัวอ่อนนานประมาณ 40 - 50 วัน จากนั้นตัวอ่อนจะอาศัยอยู่กับตัวเต็มวัยและค่อย ๆ เจริญเติบโต โดยการลอกคราบทั้งหมดประมาณ 7 - 10 ครั้ง จึงกลายเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ประมาณ 3 - 4 เดือน รวมตลอดชีวิตจะมีอายุยืนยาวประมาณ 1 - 3 ปี

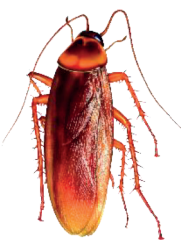
(4) แมลงสาบเยอรมัน (German cockroaches) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Blattella germanica มักพบตามบ้านเรือน ห้องครัว ร้านอาหาร ห้องน้ำ เรือสินค้าหรือเรือรบ เนื่องจากชอบอากาศอบอุ่น (อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส) จึงมักพบในห้องครัวบริเวณเตาอบ เตาไฟ แต่สามารถทนอากาศหนาวได้ โดยพบว่าสามารถอาศัยในตู้เย็นได้ มีนิสัยชอบหลบซ่อนตามกล่องกระดาษหรือหลบซ่อนไปกับกล่องใส่อาหารสด อาหารแห้ง

แผงไข่ แมลงสาบชนิดนี้มีขนาดเล็ก มีความยาว 12 - 16 มม. มีปีกยาวคลุมส่วนท้อง บินได้เก่ง รวดเร็วว่องไวกว่าแมลงสาบชนิดอื่น ๆ มีลักษณะสำคัญ คือ ที่ทรวงอกท่อนแรกจะมีแถบสีน้ำตาลเข้มหรือดำ 2 แถบ ตัวเมียต่างจากสายพันธุ์อื่นที่จะนำแคปซูลหรือไข่ติดกันไปตลอดเวลา กระทั่งไข่ใกล้สุกจึงหาที่วางแคปซูล โดยพบว่าไข่มีขนาดประมาณ 7 - 8 มม. มีจำนวน 37 - 44 ฟองต่อแคปซูล ตัวเมีย 1 ตัว สามารถผลิตแคปซูลได้ 7 แคปซูล ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงสาบอีก 4 ชนิด ใช้เวลาฟักตัวประมาณ 1 เดือน ตัวอ่อนจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย โดยการลอกคราบประมาณ 5 - 7 ครั้ง ในระยะเวลา 1 - 2 เดือน ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของอาหาร ตัวเต็มวัยมีอายุยืนประมาณ 3 เดือน รวมตลอดวงจรชีวิตแมลงสาบเยอรมันจะมีอายุประมาณ 6 - 7 เดือน ถึง 1 ปี

(5) แมลงสาบลายน้ำตาล (Brown banded cockroaches) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Supella Supellectilium เป็นแมลงสาบที่มีขนาดเล็กประมาณ 10 - 14 มม. มีสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะคล้ายแมลงสาบเยอรมัน มีปีกยาว โดยตัวผู้มีปีกยาวเลยส่วนท้อง ส่วนตัวเมียมีปีกคลุมเกือบมิดท้อง มีลักษณะสำคัญ คือ มีแถบสีน้ำตาลพาดบนปีกข้างละ 1 แถบ สามารถพบได้ตามกล่องสินค้า ที่มืดและอับชื้น ห้องครัว ห้องอาหาร ห้องน้ำ ตู้เสื้อผ้า ตู้เก็บของ ชั้นวางหนังสือ กรอบรูป แมลงสาบชนิดนี้มีความว่องไว สามารถบินหรือวิ่งหลบหนีอย่างรวดเร็วเมื่อถูกรบกวน หลังผสมพันธุ์จะผลิตแคปซูล ซึ่งมีขนาดประมาณ 4 - 5 มม. มีไข่จำนวนประมาณ 16 ฟองต่อแคปซูล ไข่ใช้ระยะเวลาฟักตัวประมาณ 40 - 70 วัน ขึ้นกับอุณหภูมิ ตัวอ่อนจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยโดยการลอกคราบประมาณ 7 - 9 ครั้ง ในระยะเวลาประมาณ 2 เดือน จากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์ จึงผสมพันธุ์และวางไข่ ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 4 เดือน ตลอดชีวิตสามารถผลิตแคปซูลได้ประมาณ 10 - 20 แคปซูล และมีชีวิตนาน 8 เดือนถึง 1 ปี

ลักษณะที่ใช้ในการจำแนกชนิดของแมลงสาบทั้ง 5 ชนิด สรุปได้ดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 การจำแนกชนิดของแมลงสาบ

แมลงสาบ อเมริกัน	แมลงสาบ ออสเตรเลีย	แมลงสาบ ตะวันออก	แมลงสาบ เยอรมัน	แมลงสาบ ลายน้ำตาล
				
จำนวนไข่ในแคปซูล				
16 - 28 ฟอง	22 - 24 ฟอง	16 - 18 ฟอง	37 - 44 ฟอง (มักพบแคปซูลที่ก้นตัวเมีย)	ประมาณ 16 ฟอง
จำนวนแคปซูล				
21 - 59	20 - 30	8	7	10 - 20

ตารางที่ 8.6 การจำแนกชนิดของแมลงสาบ (ต่อ)

แมลงสาบ อเมริกัน	แมลงสาบ ออสเตรเลีย	แมลงสาบ ตะวันออก	แมลงสาบ เยอรมัน	แมลงสาบ ลายน้ำตาล
จำนวนครั้งของการลอกคราบในระยะตัวอ่อน				
7 - 13	9 - 12	7 - 10	5 - 7	7 - 9
ระยะเต็มวัย ขนาด (มม.)				
35 - 40	27 - 33	22 - 27	12 - 16	10 - 14
สี				
สีน้ำตาลออกแดง	สีน้ำตาลออกแดงเข้ม	สีดำหรือน้ำตาลดำ	สีน้ำตาลอ่อน	สีน้ำตาลอ่อน
ลักษณะปีก				
ปีกยาวคลุมส่วนท้อง	ปีกยาวคลุมส่วนท้อง มีแถบสีอ่อนอยู่ด้านข้างของปีกคู่แรก ข้างละ 1 แถบ	ปีกสั้น ตัวเมียปีกสั้นกุด ตัวผู้ปีกคลุม 2/3 ของลำตัว	ปีกยาวคลุมส่วนท้อง	ปีกยาวคลุมส่วนท้อง ปีกตัวผู้ยาวเลยส่วนท้อง
ลักษณะสำคัญ				
ส่วนนอกของอกปล้องแรกมีสีเหลือง ตรงกลางเป็นสีน้ำตาล	ส่วนนอกของอกปล้องแรกมีสีน้ำตาล ตรงกลางเป็นสีเหลือง	ส่วนอกสีดำ หรือสีน้ำตาลดำ	ปล้องแรกของอกจะมีแถบสีน้ำตาลหรือสีดำ 2 แถบ	ปีกมีแถบสีน้ำตาลหรือสีดำพาดข้างละ 1 แถบ

ที่มา: ลินจง บ่อหิรัญรัตน์ อนามัยสิ่งแวดล้อม 2546; สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย การควบคุมพาหะนำโรคแมลงสาบ 2560

2) การสำรวจและประเมินความชุกชุมของแมลงสาบ

การสำรวจความชุกชุมของแมลงสาบ นิยมใช้กับดักกาว (Trapping method) โดยใช้อุปกรณ์คือ บ้านแมลงสาบทากาวแล้วใส่เหยื่อนำไปวางดักในบริเวณที่ต้องการสำรวจ ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

(1) ทดสอบหาเหยื่อที่แมลงสาบชอบมากที่สุด โดยสุ่มตัวอย่างพื้นที่ที่จะทำการทดสอบจำนวน 10 จุด แต่ละจุดให้วางเหยื่อที่จะทำการทดสอบทุกชนิด ชนิดละ 50 กรัม ในกับดักแมลงสาบ หรือบ้านแมลงสาบวางทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำเหยื่อแมลงสาบที่เหลือมาชั่งเพื่อหาร้อยละของเหยื่อที่หมดไป (ถูกแมลงสาบกิน) การควบคุมกำจัดแมลงสาบจะใช้เหยื่อชนิดที่เหยื่อชอบมากที่สุด แต่ถ้าร้อยละของเหยื่อที่หมดไปมีจำนวนใกล้เคียงกัน แสดงว่าแมลงสาบชอบเหยื่อเหล่านั้นพอ ๆ กัน ดังนั้น การควบคุมกำจัดแมลงสาบในพื้นที่ดังกล่าวอาจต้องใช้เหยื่อหลายชนิด

(2) วางกับดักแมลงสาบ หรือบ้านแมลงสาบโดยใช้เหยื่อที่แมลงสาบชอบ 1 อันต่อพื้นที่ประมาณ 10 ตารางเมตร โดยเลือกวางบริเวณแหล่งเพาะพันธุ์ แหล่งที่พบแมลงสาบ ตามที่มืด อับชื้นหรือซอกมุมห้อง เป็นเวลา 3 วัน พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนเหยื่อและบันทึกจำนวนแมลงสาบแต่ละชนิดทุกวัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาจำนวนความชุกชุมของแมลงสาบต่อพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (ประมาณ 10 ตารางเมตร)

3) การควบคุมและป้องกันแมลงสาบ

แนวทางในการควบคุมและป้องกันแมลงสาบ มี 2 แนวทาง ดังนี้

(1) การปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม การปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เป็นการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์และที่หลบซ่อน รวมทั้งเป็นการป้องกันและควบคุมแหล่งอาหารของแมลงสาบที่สำคัญและยั่งยืน โดยมีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้

- ควรติดตะแกรงถี่ ๆ ที่ปากท่อระบายน้ำในห้องครัวและห้องน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงสาบเข้าสู่อาคารที่พักอาศัย
- ต้องมีขวดโหล กระป๋อง และตู้เก็บอาหารที่มิดชิด เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงสาบเข้าไปหาอาหาร
- ตรวจตราและทำการซ่อมแซมรอยแตก รอยแยกต่าง ๆ เพื่อทำลายที่หลบซ่อนและแหล่งเพาะพันธุ์
- ต้องมีการเก็บรวบรวมและจัดการขยะมูลฝอยที่ถูกหลักสุขาภิบาล ถังขยะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ ไม่รั่วซึม ทำความสะอาดง่าย มีฝาปิดมิดชิดและนำขยะมูลฝอยไปกำจัดทุกวัน
- ต้องจัดระเบียบและรักษาความสะอาดในอาคารที่พักอาศัย โดยเฉพาะในบางพื้นที่ที่ต้องดูแลเป็นพิเศษ เช่น บริเวณห้องครัว ห้องอาหาร ไม่ให้มีเศษอาหารตกหล่น และห้องน้ำห้องส้วม

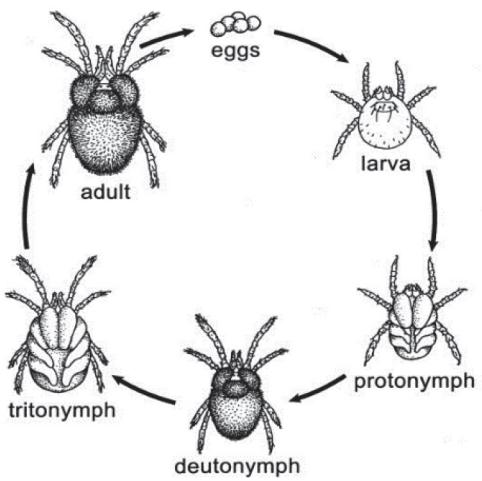
(2) การกำจัดไข่และตัวแมลงสาบ เป็นแนวทางที่จะช่วยให้จำนวนแมลงสาบลดลงได้อย่างรวดเร็ว สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- ควรหมั่นตรวจตรามุมต่าง ๆ ในอาคาร เครื่องเรือน ซอกตู้ ลังไม้ กล่องกระดาษ ตู้เอกสาร ซึ่งเป็นสถานที่ที่แมลงสาบมักจะวางแคปซูลไข่ติดไว้ เมื่อพบแคปซูลควรรีบนำไปกำจัดทิ้ง โดยการเผา การกำจัดแคปซูล 1 แคปซูล ถือเป็นการกำจัดแมลงสาบได้จำนวน 14 - 30 ตัว
- การใช้กับดัก โดยใช้เหยื่อที่แมลงสาบชอบ เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวคั่ว ขนมไข่หรืออาหารที่มีส่วนประกอบของแป้งและน้ำตาลไปวางในช่องที่ใส่เหยื่อ บริเวณที่วางกับดักอาจเลือกวางไว้ตามซอกมุมที่มืดและอับชื้น เช่น ห้องครัว ห้องส้วม ห้องเก็บของ บริเวณใกล้ ๆ ถังขยะ
- การใช้สารเคมี อาจฉีดพ่น โรยผงเคมีหรือการวางเหยื่อพิษ โดยสารเคมีที่ใช้มีหลากหลายรูปแบบ เช่น ไดอะซินอน 2% (ในรูปสเปรย์) หรือผงมาลาไทออน 3% (ในรูปสเปรย์) และ 4% (ในรูปผง) การพ่นสารเคมี ควรพ่นเฉพาะตามแนวผนังและพื้นเป็นแถบกว้างประมาณ 30 - 50 ซม. เนื่องจากแมลงสาบมีนิสัยชอบไต่คลานตามพื้นและผนัง ไม่ควรพ่นฟุ้งกระจายในอากาศ อาจฉีดพ่นสารเคมีตามรอยแตก ซอกรอยต่อของท่อประปา ปากท่อระบายน้ำ ซอกห้องเก็บของที่มืดและอับชื้น

- การใช้เจลสารเคมีกำจัดแมลงสาบ สำหรับพื้นที่ที่เป็นช่องแคบ ๆ หรือบริเวณที่ไม่สะดวกในการพ่นสารเคมี เช่น บริเวณที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีลงสู่อาหาร ข้อดีของสารเคมีชนิดนี้ คือ ไม่ฟุ้งกระจาย อยู่ทนนาน ไม่ต้องใช้สารเคมีมากหรือบ่อยครั้ง และมีประสิทธิภาพ
- การใช้ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin) 1% และไดอะซินอน (Diazinon) 2% ผสมน้ำมันชักเงาแลคเกอร์ทาด้านหลังเครื่องเรือน ซึ่งช่วยกำจัดแมลงสาบได้ดีและมีฤทธิ์ตกค้างนานหลายเดือน

8.5 ไร (Mites)

ไร เป็นสัตว์ขาข้อ จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโพดา (Phylum Arthropoda) อยู่ในชั้นอะแรคนิดา (Class Arachnida) ชั้นย่อยอะคารี (Subclass Acari) อันดับอะคาริฟอร์ม (Order Acariformes) ไรเป็นแมงชนิดที่ไม่มีปีก มีขนาดเล็กมาก ประมาณ 0.1 - 1 มม. โครงสร้างลำตัวมีลักษณะเรียบง่ายไม่แบ่งส่วน บอบบาง มีขนปกคลุมจำนวนมาก ส่วนปากไม่มีหนาม มีการเจริญเติบโตแบบไม่สมบูรณ์ประกอบด้วย ระยะไข่ (Egg stage) ระยะตัวอ่อน 6 ขา (Larva stage) ระยะตัวอ่อน 8 ขา (Nymph stage) และตัวเต็มวัย (Adult stage) ดังภาพที่ 8.5



ภาพที่ 8.5 วงจรชีวิตของไร

ที่มา: Mullen, G. R., & OConnor, B. M. (2019). Mites (Acari).

1) ชนิดของไรฝุ่น

ไรที่มีความสำคัญทางอนามัยสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายชนิด เช่น ไรนก (Tropical fowl mite) ไรฝุ่น (Dust mite) ไรหิด (Itch mite) ไรอ่อน (Chiggers) และไรขุมขน (Follicle mites) ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะไรฝุ่น (ภาพที่ 8.6) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ก่อให้เกิดปัญหากับสุขภาพ มักเกิดจากการหายใจหรือการสัมผัสมูลของไรฝุ่นที่มาจากการฟุ้งกระจายของผลิตภัณฑ์เครื่องนอน ขณะมีการขยับตัวหรือเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยต่าง ๆ เช่น การคลี่ผ้าห่ม การพลิกตัวบนที่นอน การโยนหมอน ทำให้ร่างกายแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมหรือที่เรียกว่า สารก่อภูมิแพ้ (Allergen) เป็นสาเหตุของการเกิดโรคได้หลายชนิด ได้แก่ โรคทางเดินหายใจ โรคผิวหนังอักเสบ โรคตาอักเสบ อาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้มักจะรักษาไม่หายขาด ทำให้ต้องเสียค่ารักษาพยาบาลและอาจส่งผลต่อสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจได้

ไรฝุ่น (Dust mite) จัดอยู่ใน Family Pyroglyphidae มีรูปร่างกลมรี สีขาวขุ่น มีขา 8 ขา ไม่มีตาไม่มีหนวด ขนาดประมาณ 0.1 - 0.3 มม. ดังภาพที่ 8.6 มักหลบซ่อนภายในฝุ่น ทำให้มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ยาก ไม่ชอบแสงสว่างจึงมักอาศัยอยู่ในซอกมุมมืดภายในบ้าน ได้แก่ ที่นอน หมอน ผ้าห่ม เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่มีวัสดุเส้นใยที่สามารถสะสมฝุ่นได้ ไรฝุ่นชอบกินเศษรังแค ขี้ไคลและสะเก็ดผิวหนังของคน รวมถึงสปอร์ของเชื้อรา และสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่สะสมอยู่ในฝุ่นเป็นอาหาร เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิประมาณ 25 - 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 75 - 80 ประเทศไทยมีสภาพเอื้อต่อการเจริญเติบโตของไรฝุ่นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไรฝุ่นจึงขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และอาหาร

วงจรชีวิตประกอบด้วยระยะต่าง ๆ ได้แก่ (1) ระยะไข่ ไข่มีลักษณะเป็นวงรี สีขาวขุ่น มีสารเหนียวห่อหุ้ม เพื่อช่วยให้ยึดเกาะกับเศษซากต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น (2) ระยะตัวอ่อน 6 ขา และ (3) ระยะตัวอ่อน 8 ขา ไรฝุ่นจะมีสีขาวใส การเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัยจะใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ตัวเมียวางไข่ 1 - 3 ฟองต่อวัน เฉลี่ยตลอดชีวิตสามารถวางไข่ได้ประมาณ 40 - 80 ฟอง โดยมีอายุขัยประมาณ 1 - 2 เดือน



ภาพที่ 8.6 ไรฝุ่น (Dust mite)
ที่มา : National Asthma Council Australia

2) การควบคุมและป้องกันไรฝุ่น

การควบคุมและป้องกันไรฝุ่นมีทั้งวิธีทางกายภาพและการใช้สารเคมี วิธีทางกายภาพถือเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและค่อนข้างมีประสิทธิภาพ ทำได้โดยการกำจัดปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไรฝุ่น เช่น ควบคุมความชื้นภายในห้อง จัดห้องนอนให้มีอากาศถ่ายเทสะดวกและมีแสงแดดส่องถึง หลีกเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากขนสัตว์หรือเส้นใยเพื่อกำจัดแหล่งหลบซ่อนของไรฝุ่น โดยอาจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ผ้าป้องกันไรฝุ่นมาใช้แทน รวมถึงการจัดระเบียบและทำความสะอาดบริเวณต่าง ๆ เช่น ชุดเครื่องนอน เครื่องนุ่งห่ม เฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ทำจากเส้นใยอย่างสม่ำเสมอ วิธีควบคุมด้วยการใช้สารเคมีสามารถทำได้เช่นเดียวกัน อาทิ การใช้วิธีรมด้วยก๊าซ Methyl bromide ร่วมกับการใช้สาร Denaturant แต่วิธีนี้ควรกระทำโดยผู้มีความเชี่ยวชาญเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีการใช้วัตถุอันตรายชนิด Benzyl banzoate (ในรูปผง) โรยบนพรมเพื่อกำจัดไรฝุ่น ซึ่งวิธีการใช้สารเคมียังไม่เป็นที่นิยมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องนอนต่าง ๆ เนื่องจากทำให้เกิดการระคายเคืองและมีสารพิษตกค้างได้

บทที่ 9

เหตุรำคาญ

ปัญหาเหตุรำคาญ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหตุรำคาญที่มีสาเหตุมาจากมลพิษสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาเสียงดัง ฝุ่นละออง กลิ่นเหม็น ไอระเหยจากสารเคมี น้ำเสีย หรือกากขยะอุตสาหกรรม ปัญหาเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องดำเนินการกับแหล่งกำเนิดของปัญหาตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุขซึ่งเป็นหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

9.1 ความหมายของเหตุรำคาญ

เหตุรำคาญ หมายถึง สภาวะหรือการกระทำใด ๆ ที่ทำให้เกิดสภาวะที่ก่อให้เกิดกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน สิ่งมีพิษ ความสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง เขม่า เถ้า หรือกรณีอื่นใด ที่อาจมีผลให้เกิดความเสื่อมหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของบุคคลหรือชุมชน เช่น ก่อให้เกิดเสียงดังรบกวนจนนอนไม่หลับ มีเสียงดังมากจนอาจทำให้หูเสื่อม เผาสิ่งของหรือมูลฝอยจนเกิดมีควัน เขม่า ฝุ่นละออง ฟุ้งกระจาย รบกวนคนอื่นจนเกิดการระคายเคืองตาและหายใจไม่สะดวก มีกลิ่นเหม็นเน่ารบกวนมากจนไม่อาจดำรงชีวิตได้โดยปกติสุข มีสภาพที่สกปรกและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและสัตว์นำโรค หรือเกิดความสั่นสะเทือนจนทำให้ที่อยู่อาศัย แตกร้าว เป็นต้น

สำหรับกรณีที่ถือว่าเป็น “เหตุรำคาญ” ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ซึ่งบัญญัติไว้ในมาตรา 25 ได้กำหนดลักษณะของเหตุรำคาญไว้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งไม่ได้จำกัดเฉพาะเหตุที่เกิดจากสถานประกอบการเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการกระทำอย่างอื่นจากครัวเรือนหรือบุคคลที่เป็นเหตุอันอาจก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง หรือผู้ที่ต้องประสบกับเหตุนั้น ลักษณะดังต่อไปนี้ กฎหมายการสาธารณสุขให้ถือว่าเป็นเหตุรำคาญ

(1) แหล่งน้ำ ทางระบายน้ำ ที่อาบน้ำ ส้วม หรือ ที่ใส่มูลหรือเถ้า หรือสถานที่อื่นใด ซึ่งอยู่ในทำเลไม่เหมาะสม สกปรก มีการสะสมหรือหมักหมมสิ่งของ มีการเททิ้งสิ่งใดเป็นเหตุให้มีกลิ่นเหม็น หรือละอองเป็นพิษ หมายถึง กรณีที่ผู้ใดจัดให้มี ห้องน้ำห้องส้วม คู/ทางระบายน้ำ ร่อง/รางเก็บน้ำเสีย หรือที่ใส่มูลหรือเถ้า หรือสถานที่อื่นใด ในทำเลที่ไม่เหมาะสมใกล้บ้านข้างเคียง แหล่งน้ำบริโภคของผู้อื่น ปล่อยปละละเลยไม่ดูแลรักษาความสะอาด เกิดสภาพที่สกปรก มีกลิ่นเหม็นเน่า หรือ รกรุงรังจนเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์พาหะนำโรค จนเป็นเหตุให้เสื่อมหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(2) การเลี้ยงสัตว์ในที่ หรือวิธีใด หรือมีจำนวนเกินสมควร จนเป็นเหตุให้เสื่อม หรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ หมายถึง การเลี้ยงสัตว์ทุก ๆ ชนิดในสถานที่เลี้ยงที่ไม่เหมาะสม หรือเลี้ยงจำนวนมากเกินไปในสถานที่เลี้ยงที่คับแคบ โดยวิธีการเลี้ยงที่สกปรก ปล่อยปละละเลย จนเกิดกลิ่นเหม็นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์พาหะนำโรค เช่น หนู แมลงวัน แมลงสาบ จนเป็นเหตุให้เสื่อมหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(3) อาคาร อันเป็นที่อยู่ของคน หรือสัตว์ โรงงาน หรือสถานที่ประกอบการใด ไม่มีการระบายอากาศ การระบายน้ำ การกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือการควบคุมสารเป็นพิษ หรือมีแต่ไม่มีการควบคุม ให้ปราศจากกลิ่นเหม็น หรือละอองสารเป็นพิษอย่างเพียงพอ จนเป็นเหตุให้เสื่อม หรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ หมายถึง กรณีที่บ้านเรือนที่เป็นที่อยู่อาศัยของประชาชน หรือโรงเรือนที่เลี้ยงสัตว์หรือโรงงานหรือสถานประกอบการใด ๆ ที่จำเป็นต้องมีระบบการระบายอากาศหรือระบายน้ำเสีย หรือการกำจัดสิ่งปฏิกูล น้ำเสีย น้ำโสโครก รวมทั้งระบบการควบคุมสารพิษที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการนั้น ๆ เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยข้างเคียง แต่เจ้าของกลับมิได้จัดให้มีระบบดังกล่าวนั้น หรือจัดให้มีระบบดังกล่าวข้างต้นแล้ว แต่มิได้ดูแลบำรุงรักษาหรือควบคุมระบบนั้น ให้ปราศจากกลิ่นเหม็นหรือเกิดละอองสารพิษขึ้น จนเป็นเหตุให้เสื่อมหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(4) การกระทำใด ๆ อันเป็นเหตุให้เกิดกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน สิ่งมีพิษ ความสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง เขม่า เถ้า หรือกรณีอื่นใด จนเป็นเหตุให้เสื่อม หรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ หมายถึง กรณีที่บุคคลใด หรือกลุ่มบุคคล หรือสถานประกอบการ กระทำการใด ๆ ที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางด้านกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน ความสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง เขม่า เถ้าหรือสารเป็นพิษอื่น ๆ เช่น การเผามูลฝอย เผาต้นหญ้าจนเกิดเขม่าควัน เถ้า การเคาะ ตี ทุบโลหะจนเกิดเสียงดัง การตอกเสาเข็มจนเกิดการสั่นสะเทือน การโม่ บดสิ่งของหรือสีข้าวจนเกิดฝุ่น ละออง เป็นต้น จนเป็นเหตุให้เสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ทั้งนี้ การกระทำดังกล่าวต้องมีลักษณะที่ทำการเป็นประจำ

(5) เหตุอื่นใด ที่รัฐมนตรีกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา หมายถึง กรณีอื่น ๆ ที่มิได้บัญญัติไว้ใน (1) - (4) ข้างต้น ซึ่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขโดยคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขในราชกิจจานุเบกษา เช่น การประกาศให้ “แหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายเป็นเหตุรำคาญ”

การวินิจฉัยกรณีของเหตุรำคาญจึงต้องยึดตามบทบัญญัติมาตรา 25 เป็นหลัก โดยมีต้องพิจารณาข้อบ่งชี้ที่สำคัญ คือ การกระทำที่ทำให้เกิดสภาวะดังกล่าว อาจเป็นเหตุให้เสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของชุมชนได้ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องหลายด้าน และดุลพินิจของเจ้าพนักงานสาธารณสุขโดยมุ่งเน้นเพื่อประโยชน์ในการรักษาความสงบสุขของชุมชน ให้อยู่ร่วมกันอย่างเป็นปกติ มีความเคารพสิทธิและไม่เบียดเบียนซึ่งกันและกัน

9.2 อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานสาธารณสุขและเจ้าพนักงานท้องถิ่น

เจ้าพนักงานสาธารณสุข ถือว่าเป็นเจ้าพนักงานสายวิชาการ ที่จะต้องทำงานประสานงานอย่างใกล้ชิดกับเจ้าพนักงานท้องถิ่น ซึ่งเป็นผู้มีอำนาจในการออกคำสั่งให้ระงับ ป้องกัน แก้ไข จัดการ รวมทั้งสั่งห้ามใช้สถานที่ที่ก่อปัญหาเหตุรำคาญนั้นได้ โดยเจ้าพนักงานสาธารณสุขจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแนะนำแก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นในการปฏิบัติงานในเรื่องเหตุรำคาญนี้ ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ได้บัญญัติให้เจ้าพนักงานสาธารณสุขและเจ้าพนักงานท้องถิ่น มีอำนาจหน้าที่ในการปฏิบัติการให้เป็นไปตามกฎหมายการสาธารณสุข ดังนี้

1) อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานสาธารณสุข

(1) ตรวจตราดูแลกิจการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายการสาธารณสุข กรณีที่พบว่ามีการปฏิบัติไม่ถูกต้อง หรือฝ่าฝืนพระราชบัญญัติหรือกฎกระทรวง หรือข้อกำหนดท้องถิ่น ให้แจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นเพื่อออกคำสั่งให้แก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง (ตามมาตรา 46 วรรค 1)

(2) กรณีที่พบว่าการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องนั้น จะเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพของประชาชนโดยส่วนรวม ซึ่งสมควรจะดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน ให้เจ้าพนักงานสาธารณสุขมีอำนาจออกคำสั่งให้ผู้ประกอบการแก้ไขหรือระงับเหตุนั้นได้ แล้วแจ้งให้พนักงานท้องถิ่นทราบ (ตามมาตรา 46 วรรค 2)

(3) เพื่อให้เจ้าพนักงานสาธารณสุขสามารถปฏิบัติงาน ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้ จึงได้กำหนดให้มีอำนาจตาม มาตรา 44 ดังนี้

(ก) มีหนังสือเรียกบุคคลใด ๆ มาให้ถ้อยคำหรือแจ้งข้อเท็จจริง หรือคำชี้แจงเป็นหนังสือ หรือให้ส่งเอกสารหลักฐานใดเพื่อตรวจสอบหรือเพื่อประกอบการพิจารณา

(ข) เข้าไปในอาคารหรือสถานที่ใด ๆ ในระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก หรือในเวลาทำการเพื่อตรวจสอบ หรือควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนดของท้องถิ่น หรือตามพระราชบัญญัตินี้ ในการนี้ ให้มีอำนาจสอบถามข้อเท็จจริงหรือเรียกหนังสือรับรองการแจ้ง หรือหลักฐานที่เกี่ยวข้องจากเจ้าของหรือผู้ครอบครองเอกสารหรือสถานที่นั้นได้

(ค) แนะนำให้ผู้ได้รับอนุญาตหรือหนังสือรับรองการแจ้งปฏิบัติให้ถูกต้องตามเงื่อนไขในใบอนุญาตหรือหนังสือรับรองการแจ้งหรือตามข้อกำหนดท้องถิ่นหรือตามพระราชบัญญัตินี้

(ง) ยึดหรืออายัดสิ่งของใด ๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน เพื่อประโยชน์ในการดำเนินคดี หรือเพื่อนำไปทำลายในกรณีจำเป็น

(จ) เก็บหรือนำสินค้าหรือสิ่งของใด ๆ ที่สงสัยว่าจะไม่ถูกสุขลักษณะหรือจะก่อให้เกิดเหตุรำคาญจากอาคารหรือสถานที่ใด ๆ เป็นปริมาณตามสมควร เพื่อเป็นตัวอย่างในการตรวจสอบตามความจำเป็นโดยไม่ต้องใช้ราคา

2) อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น

(1) กรณีเจ้าพนักงานท้องถิ่นเห็นว่าการประกอบกิจการใด ๆ หรือการกระทำใด ๆ อาจก่อให้เกิดเหตุรำคาญขึ้นได้ กฎหมายการสาธารณสุขได้รับรองอำนาจเจ้าพนักงานท้องถิ่นเป็นการทั่วไป ตามมาตรา 26 ให้ออกคำสั่งเป็นหนังสือ ได้ดังนี้

(1.1) ห้ามผู้หนึ่งผู้ใดก่อเหตุรำคาญ รวมทั้งการระงับเหตุรำคาญด้วย ทั้งในที่หรือทางสาธารณะ หรือในที่เอกชน

(1.2) ให้ผู้หนึ่งผู้ใดต้อง ดูแล ปรับปรุง บำรุงรักษา บรรดาถนน ทางบก ทางน้ำ รางระบายน้ำ คู คลอง และสถานที่ต่าง ๆ ในเขตของตนให้ปราศจากเหตุรำคาญ ข้อสังเกตสำหรับอำนาจในการออกคำสั่งตามมาตรา 26 นี้ จะไม่มีสภาพบังคับ เนื่องจากในบทกำหนดมิได้มีการกำหนดโทษไว้ ดังนั้นการออกคำสั่งให้กรณีเกิดเหตุรำคาญ เพื่อให้เกิดการบังคับใช้ได้ จึงต้องใช้มาตรา 27 และมาตรา 28 แล้วแต่กรณี

- **มาตรา 27** เป็นกรณีที่มีเหตุรำคาญเกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นในที่หรือทางสาธารณะ กฎหมายการสาธารณสุข ให้อำนาจแก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นควบคุมเหตุรำคาญ ดังนี้

(ก) ออกคำสั่งเป็นหนังสือให้บุคคลที่เป็นต้นเหตุเกี่ยวข้องกับการก่อ หรืออาจก่อให้เกิดเหตุรำคาญนั้นระงับหรือป้องกันเหตุรำคาญภายในเวลาอันสมควรตามที่กำหนด

(ข) ออกคำสั่งให้กระทำการเพื่อป้องกันมิให้เหตุรำคาญเกิดขึ้นในอนาคต โดยกำหนดวิธีการไว้ในคำสั่งระงับเหตุรำคาญไว้ด้วยก็ได้

(ค) ถ้าผู้ที่ได้รับคำสั่งไม่ปฏิบัติตามคำสั่ง และเหตุรำคาญนั้นอาจเกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นสามารถเข้าระงับเหตุนั้นและจัดการตามความจำเป็นเพื่อป้องกันมิให้เกิดขึ้นอีกก็ได้ โดยผู้ได้รับคำสั่งต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่าย

● **มาตรา 28** เป็นกรณีที่มีเหตุรำคาญเกิดขึ้นในสถานที่เอกชน กฎหมายการสาธารณสุข ให้อำนาจแก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นควบคุมเหตุรำคาญ ดังนี้

(ก) ออกคำสั่งเป็นหนังสือให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานที่เอกชนที่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญนั้น ระงับหรือป้องกันเหตุรำคาญภายในเวลาอันสมควรตามที่กำหนด

(ข) ถ้าผู้ที่ได้รับคำสั่งไม่ปฏิบัติตามคำสั่ง เจ้าพนักงานท้องถิ่น สามารถเข้าระงับและจัดการตามความจำเป็น เพื่อป้องกันมิให้เกิดขึ้นอีกก็ได้ และถ้าการนั้นเกิดจากการกระทำหรือการละเลยหรือการผ่อนผันของเจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานที่นั้น ก็ต้องเป็นผู้เสียค่าใช้จ่ายด้วย

(ค) กรณีที่เหตุรำคาญนั้น อาจเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพหรือมีผลกระทบต่อสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพของประชาชน ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจออกคำสั่งห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครอง ใช้หรือยินยอมให้บุคคลใดใช้สถานที่นั้น ทั้งหมดหรือบางส่วนได้ จนกว่าจะเป็นที่พอใจว่าได้ระงับเหตุรำคาญนั้นแล้ว

(2) พิจารณาออกใบอนุญาตหรือออกหนังสือรับรอง การแจ้งแก่ผู้ประกอบกิจการตามที่กฎหมายกำหนดให้ ต้องขออนุญาตหรือต้องแจ้งแล้วแต่กรณี (ตามมาตรา 56 หรือมาตรา 48)

(3) ออกคำสั่งทางปกครอง ให้ผู้ประกอบการที่ไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามกฎหมายการสาธารณสุข เพื่อให้แก้ไขและปรับปรุงให้ถูกต้อง ถ้าไม่แก้ไขก็สั่งให้หยุดกิจการนั้นได้ (ตามมาตรา 45)

(4) ออกคำสั่งทางปกครองให้ผู้ประกอบกิจการที่มีใบอนุญาต พักใช้ใบอนุญาตตามมาตรา 59 เมื่อปฏิบัติไม่ถูกต้องตามข้อกำหนดของท้องถิ่น กฎกระทรวง หรือเงื่อนไขในใบอนุญาต หรือเพิกถอนใบอนุญาตตามมาตรา 60 กรณีที่ที่ถูกพักใช้ใบอนุญาตมาแล้ว 2 ครั้งและจะถูกพักใช้อีก หรือมีคำพิพากษาว่าผิดจริง หรือเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง

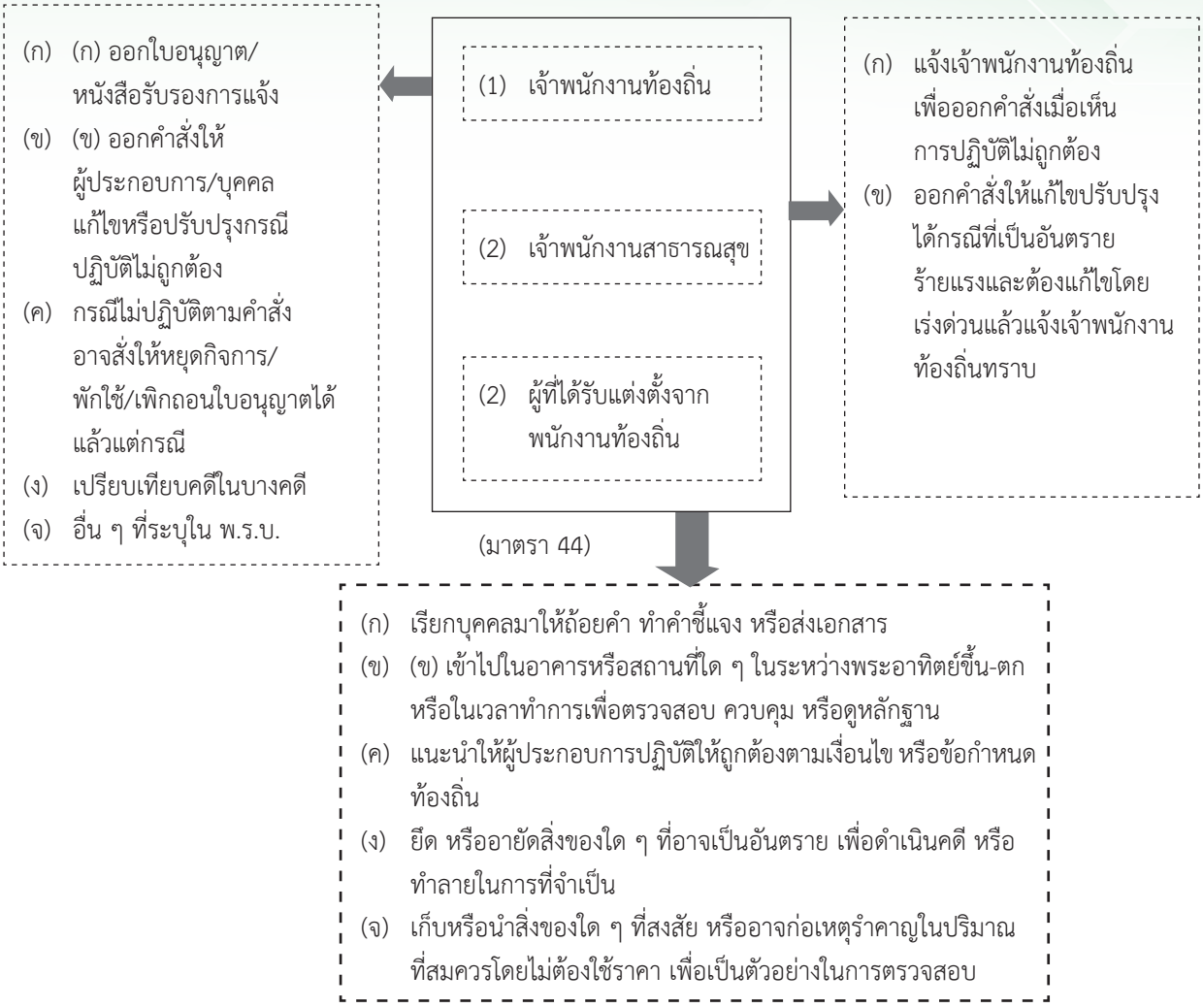
(5) ออกคำสั่งทางปกครองให้หยุดกิจการ กรณีที่ค้างชำระค่าธรรมเนียมติดต่อกันเกินกว่า 2 ครั้ง จนกว่าจะเสียค่าธรรมเนียมและค่าปรับ ตามมาตรา 65

(6) ออกคำสั่งทางปกครองให้หยุดกิจการ สำหรับกิจการที่ต้องแจ้งแต่ไม่แจ้งซึ่งเคยได้รับโทษมาแล้วแต่ยังฝ่าฝืนอีก และถ้ายังไม่หยุดอีก ให้ออกคำสั่งห้ามดำเนินกิจการนั้นได้ตามที่กำหนด แต่ต้องไม่เกิน 2 ปี ตามมาตรา 52

(7) ตรวจตราดูแลกิจการต่าง ๆ ตามอำนาจหน้าที่ในมาตรา 44 (1) - (5) ได้

(8) มีอำนาจแต่งตั้งข้าราชการหรือพนักงานส่วนท้องถิ่น ในสังกัดราชการส่วนท้องถิ่นตนเป็น “ผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งจากพนักงานท้องถิ่น” ทั้งนี้ เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะกำหนดให้มีอำนาจหน้าที่ตามมาตรา 44 (1) - (5) ทุกข้อหรือบางข้อ หรือ ข้อใดข้อหนึ่งก็ได้

ภาพ 9.1 อธิบายอำนาจหน้าที่หลักของเจ้าพนักงานท้องถิ่น เจ้าพนักงานสาธารณสุข และสำหรับผู้ได้รับการแต่งตั้งจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น



ภาพที่ 9.1 อำนาจหน้าที่หลักของผู้ที่มีหน้าที่ควบคุมเหตุรำราญ

หมายเหตุ : เจ้าพนักงานท้องถิ่น และเจ้าพนักงานสาธารณสุข นอกจากจะมีอำนาจหน้าที่ตามกรอบ (เส้นประ) แล้ว ยังมีอำนาจหน้าที่ตามมาตรา 44 (ก)-(จ) ด้วย แต่สำหรับผู้ได้รับการแต่งตั้งจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น มีอำนาจหน้าที่ตามมาตรา 44 ทั้ง (ก)-(จ) หรือบางข้อ ก็ได้ตามแต่เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะระบุอำนาจหน้าที่ไว้ในคำสั่งแต่งตั้งนั้น

9.3 แนวทางในการควบคุมเหตุรำคาญ

ในการดำเนินการควบคุมป้องกันเหตุรำคาญ ราชการส่วนท้องถิ่นอาจแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ การควบคุมก่อนเกิดเหตุรำคาญ และการควบคุมหลังเกิดเหตุรำคาญ

1) การควบคุมก่อนเกิดเหตุรำคาญ

การควบคุมป้องกันก่อนเกิดเหตุรำคาญเป็นมาตรการเชิงรุกในการควบคุมและป้องกันปัญหาเหตุรำคาญที่อาจจะเกิดขึ้น และเตรียมการลดผลกระทบจากปัญหาเหตุรำคาญในภาพรวมของพื้นที่ที่รับผิดชอบอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยแนวทางการดำเนินงาน ดังนี้

(1) สำรวจข้อมูลพื้นฐานในพื้นที่ที่รับผิดชอบ เนื่องจากสภาพแวดล้อม สภาพปัญหาและทรัพยากรที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป ดังนั้นในเบื้องต้นจึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานในพื้นที่ที่รับผิดชอบ เพื่อจะได้วางแผนควบคุมป้องกันได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ ควรจะต้องมีการสำรวจปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติมเป็นประจำทุกปี

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการควบคุมปัญหาเหตุรำคาญที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ มีดังนี้

- ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการควบคุมป้องกันแก้ไขปัญหาเหตุรำคาญในพื้นที่ เช่น แผนที่แสดงสภาพแวดล้อม แหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ และบริเวณที่อยู่อาศัย การกระจายตัวของประชากร และลักษณะการใช้ที่ดิน
- ข้อมูลหน่วยงาน องค์กร และเครือข่ายที่เกี่ยวข้องในการควบคุมเหตุรำคาญ
- ทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบ เฝ้าระวัง และควบคุมเหตุรำคาญ
- ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ เช่น สถานประกอบการที่ก่อให้เกิดมลพิษ สถานที่เก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอย เป็นต้น พร้อมทั้งรวบรวม จัดทำเป็นทะเบียนแหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ ประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผนควบคุมป้องกัน เช่น ชนิด ขนาด และสถานที่ตั้งของแหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ ประเภทและปริมาณของเหตุรำคาญที่เคย/อาจจะเกิดขึ้น ขนาดความรุนแรง ลักษณะการแพร่กระจายของผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น สภาพแวดล้อมใกล้เคียง และจำนวนผู้ได้รับผลกระทบ
- สถิติการร้องเรียนปัญหาเหตุรำคาญ ผลการควบคุมแก้ไขเหตุรำคาญที่การประเมินสภาวะสุขภาพของคนในชุมชน และสถิติการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องหรือมีสาเหตุจากปัญหาเหตุรำคาญ เช่น จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคภูมิแพ้ เป็นต้น
- แนวทางการควบคุมป้องกันเหตุรำคาญที่ดำเนินการอยู่ พร้อมทั้งปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานที่ผ่านมา
- ผลการตรวจสอบและเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมในบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาเหตุรำคาญ เช่น การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการสำรวจสภาพปัญหา การคาดการณ์ผลกระทบ พร้อมทั้งประเมินทรัพยากรและมาตรการควบคุมป้องกันปัญหาเหตุรำคาญในพื้นที่นั้น มีปริมาณมาก บางชนิดต้องอาศัยการสำรวจ (ข้อมูลปฐมภูมิ) บางชนิดต้องตรวจสอบจากข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว (ข้อมูลทุติยภูมิ) ในบางกรณีอาจจะต้องใช้การสอบถามหรือสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ก่อให้เกิดเหตุรำคาญ ชุมชนข้างเคียง และผู้ได้รับผลกระทบ เป็นต้น ดังนั้น จึงควรมีการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลให้รอบคอบ มีการกำหนดทีมงานที่รับผิดชอบรวมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์ แบบบันทึก และแบบสำรวจข้อมูลที่จำเป็นให้พร้อมล่วงหน้า เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วน ตามที่ต้องการ และเกิดประโยชน์ต่อการวางแผนควบคุมปัญหาเหตุรำคาญ

(2) การวิเคราะห์แนวโน้มของปัญหา และจัดลำดับของปัญหา จากข้อมูลที่ได้ควรจะรวบรวมเป็นหมวดหมู่คำนวณเป็นค่าดัชนีหรือพารามิเตอร์ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน หรือเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ หรือเวลาต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งวิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาและจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ดังนี้

- ระบุปัญหาเหตุรำคาญที่อาจเกิดขึ้นในชุมชน โดยอาจจำแนกเป็นกลุ่มตามชนิด หรือลักษณะของปัญหา พร้อมทั้งข้อมูลสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพและแนวโน้มของปัญหา พื้นที่เสี่ยง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

- จัดลำดับความสำคัญของปัญหาหรือความจำเป็นในการควบคุมป้องกันปัญหาเหตุรำคาญ เพื่อพิจารณาว่าปัญหาใดมีความจำเป็นเร่งด่วนต้องได้รับการแก้ไขก่อน ภายใต้ทรัพยากร งบประมาณและระยะเวลาที่มีอยู่จำกัด ทั้งนี้ การกำหนดเกณฑ์ ในการพิจารณาให้ชัดเจน และใช้ข้อมูลสนับสนุนที่เกี่ยวข้องจากการสำรวจมาใช้ประกอบการตัดสินใจให้มากที่สุด

ในขั้นตอนนี้ อาจกำหนดประเด็นที่จะให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น หรือให้ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ โดยจัดให้มีการประชุม หรือสอบถามความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เครือข่าย หรือตัวแทนชุมชน เพื่อเสริมสร้างความตระหนักถึงปัญหาและก่อให้เกิดความร่วมมือในการควบคุม ป้องกันปัญหาเหตุรำคาญในชุมชน ทั้งนี้ จะต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลหรือข้อเท็จจริง การเคารพสิทธิซึ่งกันและกันและการลดความขัดแย้ง

(3) การวางแผนควบคุมป้องกันปัญหาเหตุรำคาญ ควรพิจารณาทั้งในส่วนของการควบคุมที่แหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ (source) ทางผ่าน (path) และผู้รับผลกระทบ (receiver) โดยมีแนวทางการดำเนินงาน ดังนี้

1. การให้ความรู้และคำแนะนำแก่ผู้ก่อเหตุรำคาญ ในการควบคุมป้องกันเหตุรำคาญที่แหล่งกำเนิด

2. ประสานความร่วมมือจากหน่วยงาน องค์กร ผู้นำชุมชนและเครือข่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อขอการสนับสนุนทางวิชาการ เทคโนโลยี และแนวทางในการดำเนินการแก้ไขปัญหาที่ผ่านมา

3. การออกข้อบัญญัติท้องถิ่น เพื่อป้องกัน ระงับ และลดผลกระทบจากปัญหาเหตุรำคาญ เช่น การกำหนดสุขลักษณะเกี่ยวกับระบบการควบคุม/ป้องกันมลภาวะของกิจการที่เป็นแหล่งก่อเหตุรำคาญ หรือกำหนดเงื่อนไขในการอนุญาตกิจการที่เป็นแหล่งก่อเหตุรำคาญ รวมทั้งการออกประกาศกำหนดเขตพื้นที่ที่ห้ามให้มีการกระทำหรือประกอบกิจการที่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญ เป็นต้น ทั้งนี้ ควรให้ประชาชนได้รับรู้และมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น เพื่อประโยชน์ในการบังคับใช้มาตรการด้านกฎหมาย

4. การเฝ้าระวังปัญหาเหตุรำคาญ เป็นมาตรการสำคัญที่จะติดตามสภาพของปัญหาเหตุรำคาญ เพื่อจะได้ดำเนินการป้องกันได้ทันกับแนวโน้มของปัญหาเหตุรำคาญที่เพิ่มขึ้นจนอาจก่อให้เกิดอันตราย อีกทั้งยังเป็นการประเมินมาตรการควบคุมป้องกันที่ดำเนินการอยู่ เพื่อจะได้นำไปปรับแก้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีแนวทางดำเนินการ ดังนี้ เช่น

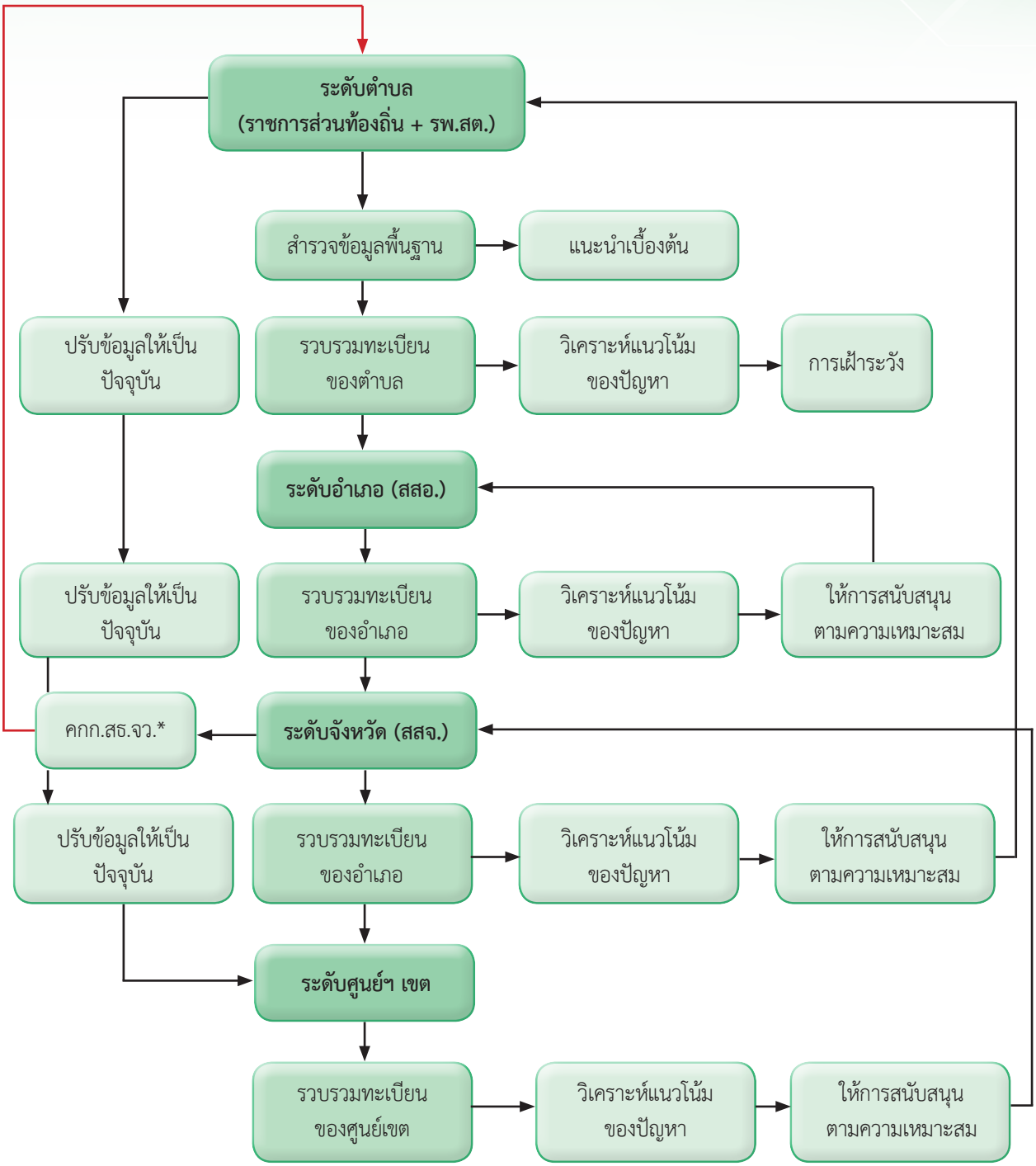
- กำหนดวัตถุประสงค์ รูปแบบการดำเนินงาน พื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบและผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบและเฝ้าระวังปัญหาเหตุรำคาญให้ชัดเจน
- เปิดโอกาสให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการตรวจสอบและเฝ้าระวังเหตุรำคาญในพื้นที่ที่ตนอาศัยอยู่ โดยการอบรมให้ความรู้ พร้อมทั้งสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นให้แก่กลุ่มเครือข่าย หรืออาสาสมัครในชุมชน
- ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อขอสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการ อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็น และแนวทางการเฝ้าระวังปัญหาเหตุรำคาญในแต่ละประเภทกิจการ

ดังนั้น แนวทางปฏิบัติในการควบคุมก่อนเกิดเหตุรำคาญของราชการส่วนท้องถิ่น จึงต้องประสานความร่วมมือกับหน่วยงานสาธารณสุขที่ดำเนินการในระดับตำบล (รพ.สต.) อย่างใกล้ชิด ทั้งนี้ จะมีหน่วยงานสาธารณสุขระดับอำเภอ (สสอ.) และ จังหวัด (สสจ.) เป็นหน่วยงานประมวลภาพรวมของปัญหาเรื่องเหตุรำคาญในระดับอำเภอ และระดับจังหวัด เพื่อประโยชน์ในการสนับสนุนช่วยเหลือการจัดการ และการกำหนดนโยบายและมาตรการจัดการเหตุรำคาญของคณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัดในแต่ละจังหวัดได้ รวมทั้งการรวบรวมประมวลสถานการณ์อนามัยสิ่งแวดล้อมในระดับเขตโดยศูนย์อนามัยที่ 1-12 ดังแสดงในตารางที่ 9.1 และภาพที่ 9.2

ตารางที่ 9.1 แนวทางปฏิบัติสำหรับการควบคุมเหตุรำคาญก่อนเกิดเหตุในระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด

ระดับตำบล (ราชการส่วนท้องถิ่น และ รพ.สต.)	ระดับอำเภอ (สสอ.)	ระดับจังหวัด (สสจ. และ คคก. สธ. จังหวัด)
• สำรวจข้อมูลพื้นฐานในเขตรับผิดชอบและจัดทำทะเบียนแหล่งก่อเหตุรำคาญ • วิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาจากข้อมูลที่ได้ • จัดลำดับความสำคัญของปัญหา/ความจำเป็นของปัญหา • ดำเนินการเฝ้าระวัง • ให้คำแนะนำแก่เจ้าของกิจการหรือแหล่งก่อเหตุรำคาญเพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาจากกิจการ หรือแหล่งก่อเหตุรำคาญนั้น ๆ • จัดทำฐานข้อมูลการจัดการเหตุรำคาญระดับตำบลไว้ที่ราชการส่วนท้องถิ่นในฐานะเจ้าพนักงานท้องถิ่นที่มีอำนาจหน้าที่ในการควบคุมเหตุรำคาญในพื้นที่ • ส่งทะเบียนแหล่งก่อเหตุรำคาญ ในเขตรับผิดชอบให้แก่ระดับอำเภอ เพื่อรวบรวมเป็นข้อมูลระดับอำเภอต่อไป และควรมีการแก้ไขเพิ่มเติมเป็นประจำทุกปี	• รวบรวมข้อมูล ซึ่งได้รับจากระดับตำบลเพื่อจัดทำทะเบียนแหล่งก่อเหตุรำคาญของอำเภอ และควรมีการแก้ไขเพิ่มเติมเป็นประจำทุกปี • วิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาจากข้อมูลที่ได้จากทุกตำบล • ให้การสนับสนุนในการดำเนินการเฝ้าระวังกิจการ หรือแหล่งก่อเหตุรำคาญตามความเหมาะสม • ส่งทะเบียนแหล่งก่อเหตุรำคาญให้แก่ระดับจังหวัดเพื่อรวบรวม หากมีการแก้ไข ควรแจ้งให้จังหวัดทราบเป็นประจำทุกปี	• รวบรวมข้อมูลและทะเบียนซึ่งได้รับจากอำเภอเพื่อจัดทำทะเบียนของจังหวัดและตรวจสอบการแก้ไขให้ทันสมัยอยู่เสมอ • วิเคราะห์แนวโน้มของปัญหาจากข้อมูลที่ได้รับแล้วรายงานต่อคณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัด พร้อมข้อเสนอตามความเหมาะสม • ประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมจังหวัด เทศบาล ฯลฯ เพื่อขอข้อมูลด้านวิชาการที่จำเป็นในการเฝ้าระวัง เช่น ปัญหามลพิษจากกิจการประเภทต่าง ๆ และการแก้ไขปัญหาที่ผ่านมา • ให้การสนับสนุนการเฝ้าระวัง การตรวจสอบ หรือการสืบค้นปัญหาเหตุรำคาญ หรือกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น แบบฟอร์มสำรวจ/สอบถาม อุปกรณ์เครื่องมือ • ประสานงานกับศูนย์อนามัยที่ 1-12 เพื่อขอรับการสนับสนุนตามความจำเป็น เช่น เอกสาร เครื่องมือและอุปกรณ์

ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย คู่มือปฏิบัติงานควบคุมปัญหาเหตุรำคาญ สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข 2540



ภาพที่ 9.2 แผนผังแสดงแนวทางปฏิบัติในการควบคุมก่อนเกิดเหตุรำคาญของราชการส่วนท้องถิ่น

รพ.สต. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล; สสอ. สาธารณสุขอำเภอ; สสจ. สาธารณสุขจังหวัด; คคก.สธ.จว. คณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัด

2) การควบคุมหลังเกิดเหตุรำคาญ

การควบคุมหลังเกิดเหตุรำคาญ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้ การรับแจ้งเรื่องร้องเรียนเหตุรำคาญ การตรวจสอบหาข้อเท็จจริง การวินิจฉัยเหตุรำคาญ การระงับเหตุรำคาญ (กรณีที่วินิจฉัยว่าเป็นเหตุรำคาญ) และการติดตามผลการแก้ไขเหตุรำคาญ โดยมีแนวทางในการดำเนินงาน ดังนี้

1) การรับแจ้งเรื่องร้องเรียนเหตุรำคาญ เมื่อมีกรณีเหตุรำคาญเกิดขึ้น ประชาชนที่อยู่ข้างเคียงที่ประสบเหตุ หรือผู้ที่ไปประสบพบเห็น มีสิทธิที่จะร้องเรียนต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือเจ้าพนักงานสาธารณสุขทุกระดับ หรือ หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น หรือราชการส่วนภูมิภาคที่เกี่ยวข้องได้ โดยอาจแจ้งด้วยตนเอง ทางโทรศัพท์ ทางหนังสือหรือทางจดหมาย หรืออื่น ๆ เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบจะต้องบันทึกรายละเอียดที่ได้รับแจ้งไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนติดตามตรวจสอบต่อไป ในบางกรณีเจ้าหน้าที่อาจประสบเหตุด้วยตนเองจากการตรวจพื้นที่ที่รับผิดชอบ หรือรับทราบจากการติดตามข้อมูลในสื่อต่าง ๆ ก็ได้

2) การตรวจสอบเหตุรำคาญ เจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือเจ้าพนักงานสาธารณสุขของหน่วยงานที่ได้รับการร้องเรียนต้องดำเนินการตรวจสอบกรณีเหตุร้องเรียนนั้น โดยอาจประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมกันตรวจสอบข้อเท็จจริง หรืออาจจะแต่งตั้งเป็นคณะกรรมการและคณะทำงานตรวจสอบข้อเท็จจริงก็ได้ ซึ่งในการดำเนินการตรวจสอบเหตุรำคาญนั้น ควรจะต้องรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานที่ตั้งและสภาพสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง แผนที่ แผนผังของแหล่งกำเนิดเหตุรำคาญ และชุมชนที่ได้รับผลกระทบหรือได้รับความเดือดร้อน
- ใบอนุญาตการประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน หรือพระราชบัญญัติการสาธารณสุข ในกรณีที่ผู้ก่อเหตุรำคาญเป็นสถานประกอบการหรือโรงงาน
- กระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิต วัตถุดิบ สารเคมีที่ใช้ และจุดที่ก่อให้เกิดปัญหาเหตุรำคาญ รวมทั้งลักษณะเหตุรำคาญที่เกิดขึ้นด้วย
- ระบบบำบัดหรือกำจัดมลพิษ และจัดเก็บตัวอย่างตามความจำเป็นและเหมาะสม ในกรณีที่สามารถดำเนินการได้ การสอบถามข้อมูลจากประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาเหตุรำคาญดังกล่าว

ทั้งนี้ แนวทางการตรวจสอบเหตุรำคาญในทางปฏิบัติ โปรดดูรายละเอียดในหัวข้อ 4)

3) การวินิจฉัยเหตุรำคาญ ให้นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบสถานที่และพฤติการณ์ ที่คาดว่าจะก่อให้เกิดเหตุรำคาญ รวมตลอดถึงข้อมูลจากการตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการ (ถ้ามี) มาสรุปวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยเรื่องร้องเรียนดังกล่าวว่าเป็นเหตุรำคาญที่จะต้องดำเนินการแก้ไข เพื่อระงับเหตุรำคาญนั้นหรือไม่ แล้วจัดทำรายงานผลการตรวจสอบและวินิจฉัยปัญหาเหตุรำคาญ พร้อมทั้งทำหนังสือแจ้ง ผู้บังคับบัญชา หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าของกิจการและผู้ร้องเรียน ซึ่งการวินิจฉัยอาจเป็นไปได้ 2 ทาง คือ

- กรณีที่ผลการตรวจสอบพบว่า ไม่เป็นเหตุรำคาญ เจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือเจ้าพนักงานสาธารณสุขต้องแจ้งให้ผู้ร้องเรียนทราบ (ถ้าทราบชื่อ/ที่อยู่ของผู้ร้องเรียน) แล้วให้ถือว่ากรณีเรื่องร้องเรียนนี้เป็นอันยุติ
- กรณีที่ตรวจสอบพบว่าเป็นเหตุรำคาญ เจ้าพนักงานสาธารณสุขมีหน้าที่ ต้องเสนอให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นที่ซึ่งมีอำนาจในเขตท้องถิ่นนั้น ออกคำสั่งเป็นหนังสือให้ผู้ที่ก่อเหตุนั้น

4) การออกคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่น จะต้องพิจารณาออกคำสั่งให้ผู้ที่ก่อเหตุ (กรณีเป็นเหตุรำคาญที่เกิดขึ้นในที่/ทางสาธารณะ) หรือต้องสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานที่เอกชน (กรณีที่เกิดขึ้นในสถานที่เอกชน) ปรับปรุงแก้ไข หรือระงับเหตุรำคาญนั้น ทั้งนี้ตามมาตรา 27 หรือมาตรา 28 แล้วแต่กรณี ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อเรื่องอำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ซึ่งตามกฎหมายว่าด้วยวิธีปฏิบัติราชการทางปกครอง กำหนดให้การออกคำสั่งนั้นต้องมีสาระที่สำคัญ ดังนี้

- ชื่อหน่วยงาน ชื่อเจ้าพนักงาน พร้อมตำแหน่ง และวันเดือนปีที่ออกคำสั่ง
- อ้างอิงข้อกฎหมาย ที่ให้อำนาจในการออกคำสั่งนั้น เช่น อาศัยอำนาจตามมาตรา....แห่งพระราชบัญญัติ....เป็นต้น
- อธิบายข้อเท็จจริงอันเป็นเหตุให้ต้องออกคำสั่ง ตามที่กฎหมายกำหนด
- สั่งให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข หรือระงับ หรือกำหนดวิธีการเพื่อการป้องกันเหตุรำคาญในอนาคตตามหลักวิชาการที่สอดคล้องกับเหตุการณ์ ข้อเท็จจริงเรื่องนั้น พร้อมทั้งต้องกำหนดระยะเวลาที่ต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้น ตามความเหมาะสมด้วย ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาความยากง่ายในการแก้ไขปัญหานั้น ๆ
- กรณีที่คำสั่งใดที่ผู้รับคำสั่งมีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งได้ กฎหมายว่าด้วยวิธีปฏิบัติราชการทางปกครองกำหนดให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นต้องแจ้งสิทธิ์ ระยะเวลาที่จะอุทธรณ์ได้ และให้ยื่นต่อบุคคลใดไว้ด้วย สำหรับกรณี เหตุรำคาญนี้ กฎหมายสาธารณสุขได้กำหนดให้ผู้รับคำสั่งมีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งต่อคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ (ที่มีอธิบดีกรมอนามัยเป็นประธาน) ได้ภายใน 30 วัน นับแต่วันที่ได้รับคำสั่ง

5) เมื่อครบกำหนดเวลาที่ให้ไว้ในคำสั่งนั้น เจ้าพนักงานสาธารณสุขต้องไปตรวจสอบว่ามีการปรับปรุงแก้ไข หรือไม่อย่างไร ในกรณีที่ไม่มีการแก้ไข โดยเหตุผลอันสมควร ก็เป็นอำนาจของเจ้าพนักงานฯ ที่จะผ่อนผันระยะเวลาตามข้อเท็จจริงได้ตามความเหมาะสม แต่หากเป็นกรณีที่ผู้รับคำสั่งไม่ใส่ใจ หรือไม่นำพาต่อคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่น เจ้าพนักงานท้องถิ่นก็อาจดำเนินการได้ 2 กรณี คือ

(ก) กรณีที่เหตุรำคาญนั้นเกิดในที่หรือทางสาธารณะ เจ้าพนักงานท้องถิ่นและเจ้าพนักงานสาธารณสุขต้องพิจารณาว่า เหตุรำคาญนั้นยังคงเกิดขึ้น และก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพหรือไม่

- ถ้าไม่เป็นอันตรายอย่างร้ายแรง ก็ให้ดำเนินการลงโทษผู้ก่อให้เกิดเหตุรำคาญนั้น โดยเจ้าพนักงานท้องถิ่นอาจดำเนินการเปรียบเทียบปรับ หรือดำเนินคดีทางศาลแล้วแต่กรณี ตามอำนาจในมาตรา 85 วรรค 3
- ถ้าเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นร่วมกับเจ้าพนักงานสาธารณสุขดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เพื่อมิให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป แล้วให้คิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดจากผู้ที่ก่อเหตุรำคาญนั้น แล้วให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นดำเนินการเปรียบเทียบปรับ หรือดำเนินคดีทางศาลแล้วแต่กรณีตามอำนาจในมาตรา 85 วรรค 3 และหากผู้ที่ก่อเหตุไม่ยินยอมเสียค่าใช้จ่ายดังกล่าว เจ้าพนักงานท้องถิ่นก็สามารถฟ้องเรียกค่าใช้จ่ายทางศาลได้ด้วย

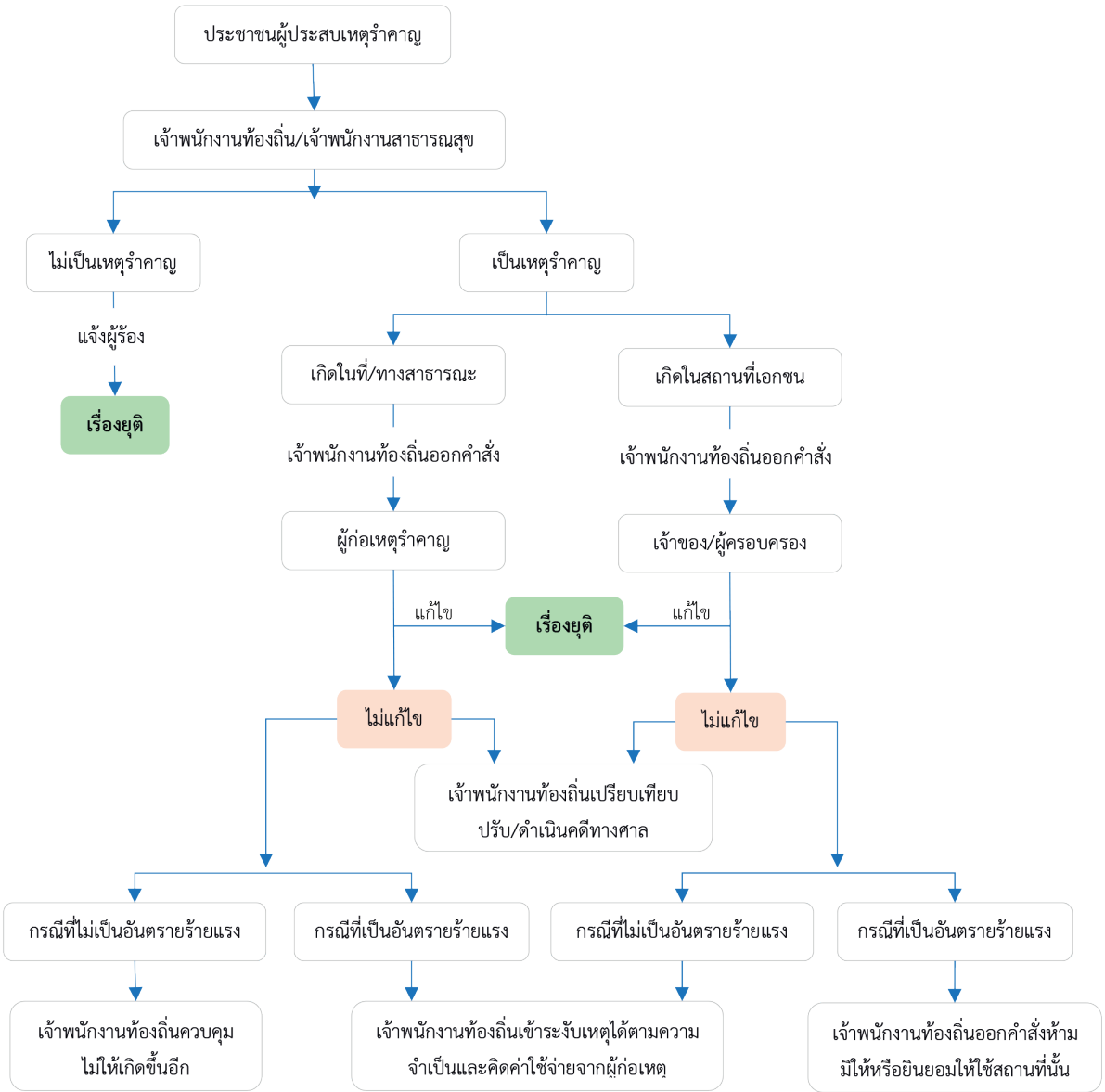
(ข) กรณีที่เหตุรำคาญนั้นเกิดในสถานที่เอกชน เจ้าพนักงานท้องถิ่นและเจ้าพนักงานสาธารณสุขต้องพิจารณาว่าเหตุรำคาญนั้นยังคงเกิดขึ้น และก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพหรือไม่

- หากเหตุรำคาญยังคงเกิดขึ้น แต่ไม่เป็นอันตรายอย่างร้ายแรง เจ้าพนักงานท้องถิ่นและเจ้าพนักงานสาธารณสุข อาจร่วมกันดำเนินการแก้ไขในสถานที่เอกชนนั้นได้ โดยคิดค่าใช้จ่ายจากเจ้าของหรือผู้ครอบครองสถานที่นั้นได้ (ในกรณีที่เหตุรำคาญเกิดขึ้นเป็นเพราะการละเลย หรือยินยอมให้กระทำจาก

ผู้เป็นเจ้าของ หรือผู้ครอบครองนั้น) แล้วให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นดำเนินการลงโทษ โดยการเปรียบเทียบปรับ หรือดำเนินคดี ทางศาล แล้วแต่กรณี ตามอำนาจในมาตรา 85 วรรค 3 และหากผู้ที่ก่อเหตุไม่ยินยอมเสียค่าใช้จ่ายดังกล่าว เจ้าพนักงานท้องถิ่นก็สามารถเรียกค่าใช้จ่ายทางศาลได้ด้วย

- หากเหตุรำคาญนั้นยังคงเกิดขึ้น และเป็นอันตรายอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพด้วย นอกจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นจะดำเนินการลงโทษ โดยการเปรียบเทียบปรับ หรือดำเนินคดีทางศาล แล้วแต่กรณีตามอำนาจในมาตรา 85 วรรค 3 ต่อเจ้าของ หรือผู้ครอบครองสถานที่เอกชนนั้นแล้ว เจ้าพนักงานสาธารณสุขอาจเสนอให้เจ้าพนักงานท้องถิ่น ออกคำสั่งเป็นหนังสือ ห้ามมิให้ใช้ หรือยินยอมให้บุคคลใด ใช้สถานที่นั้นทั้งหมดหรือบางส่วนจนกว่าจะได้มีการระงับเหตุรำคาญนั้นแล้วก็ได้ ซึ่งกรณีนี้มิใช่การสั่งให้หยุดดำเนินกิจการแต่เป็นการให้งดใช้พื้นที่เฉพาะส่วนที่มีเหตุรำคาญปรากฏอยู่เท่านั้น

แนวทางการควบคุมเหตุรำคาญตามที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ดังภาพ 9.3



ภาพที่ 9.3 แนวทางควบคุมเหตุรำคาญหลังเกิดเหตุ

ที่มา: http://advisor.anamai.moph.go.th

6) การประกาศ “พื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ” โดยที่พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560 ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติให้มีมาตรการเชิงรุก หลังจากที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นใช้มาตรการออกคำสั่งควบคุมเหตุรำคาญตามมาตรา 27 และมาตรา 28 แล้ว โดยเพิ่มเติมเป็นมาตรา 28/1 คือ ให้อำนาจเจ้าพนักงานท้องถิ่นออกประกาศ “พื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ” ได้ ซึ่งหมายถึงการที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะ (ก) กำหนดเขตพื้นที่ที่จะควบคุมเหตุรำคาญเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (ข) กำหนดห้ามการกระทำใด ๆ ที่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญในพื้นที่นั้น รวมทั้ง (ค) ให้ผู้ประกอบกิจการใดที่อาจก่อเหตุรำคาญนั้นได้ ต้องงดเว้นปฏิบัตินั้น ซึ่งเมื่อประกาศแล้ว หากมีผู้ใดในเขตพื้นที่นั้นฝ่าฝืนประกาศดังกล่าว ก็จะมีโทษความผิดได้ ตาม ม.74 คือ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 3 เดือน หรือปรับไม่เกิน 25,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ จึงถือได้ว่าเป็นมาตรการเชิงรุกหลังเกิดเหตุรำคาญในพื้นที่แล้ว

อย่างไรก็ตามการที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญเช่นนี้ได้นั้น จะต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ พ.ศ. 2561 (ประกาศราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2561) ซึ่งมีเงื่อนไข ดังนี้

1) ในพื้นที่นั้น จะต้องมีเหตุรำคาญเช่นว่านั้นเกิดขึ้นมาก่อน และเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้เคยใช้อำนาจตาม ม.27 หรือ ม.28 ออกคำสั่งเพื่อแก้ไข/ระงับเหตุรำคาญนั้นมาแล้ว

2) ในเขตพื้นที่นั้น จะต้องมีแหล่งกำเนิดเหตุรำคาญนั้น ตั้งแต่ 2 แห่งขึ้นไป

3) มีแนวโน้มว่าในพื้นที่นั้น ประชาชนอาจจะได้รับผลกระทบด้านสุขภาพ และสภาวะความเป็นอยู่ที่เหมาะสมกับการดำรงชีพจากเหตุรำคาญนั้นเป็นจำนวนมาก หรือในบริเวณที่กว้างขวาง ซึ่งเรื่องนี้ให้พิจารณาจาก (ก) ผลกระทบต่อสุขภาพหรือสภาวะความเป็นโดยปกติสุขเกิดมาจากเหตุรำคาญนั้นชัดเจน หรือ (ข) มีผลการตรวจวัดทางกายภาพว่ามีมลภาวะที่อาจก่อผลต่อสุขภาพจนเป็นเหตุรำคาญนั้นได้ หรือ (ค) มีรายงานการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ หรือรายงานผลด้านสุขภาพพบว่า มีการเจ็บป่วยอันเกิดจากเหตุรำคาญนั้น

ดังนั้น การประกาศ “พื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ” จึงต้องเป็นกรณีที่มีเหตุรำคาญเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นแล้วและมีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นอีกในพื้นที่นั้นอีก ซึ่งจะส่งผลกระทบกับสุขภาพของชุมชนได้กว้างขวาง เจ้าพนักงานท้องถิ่นก็จะประกาศเขต “พื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ” นั้นได้ ทั้งนี้ เมื่อไม่มีเหตุรำคาญเช่นว่านั้นระงับไปแล้ว เจ้าพนักงานท้องถิ่นต้องประกาศยกเลิกโดยไม่ชักช้าด้วย โปรดดูแผนผังแสดงเงื่อนไขในการประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ ตาม ม.28/1 (ภาพที่ 9.4)

---

[1] มาตรา 28/1 เมื่อปรากฏว่ามีเหตุรำคาญเกิดขึ้นตามมาตรา 27 หรือมาตรา 28 เป็นบริเวณกว้างจนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของสาธารณชน ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจประกาศกำหนดให้บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดโดยคำแนะนำของคณะกรรมการ และประกาศในราชกิจจานุเบกษา

การระงับเหตุรำคาญตามวรรคหนึ่ง และการจัดการตามความจำเป็นเพื่อป้องกันมิให้มีเหตุรำคาญนั้นเกิดขึ้นอีกในอนาคต ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขตามที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นประกาศกำหนด

ในกรณีที่เหตุรำคาญตามวรรคหนึ่งได้ระงับจนไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของสาธารณชนแล้ว ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นประกาศยกเลิกพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญนั้นโดยไม่ชักช้า



ภาพที่ 9.4 ขั้นตอนของมาตรการประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญ (ตามมาตรา 28/1)
ที่มา: ศุมล ศรีสุขวัฒนา ศูนย์บริหารกฎหมายฯ กรมอนามัย

9.4 การตรวจสอบเหตุรำคาญ

การตรวจสอบเหตุรำคาญมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงว่ามีเหตุรำคาญที่ก่อให้เกิดความเสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ พร้อมทั้งรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนแก้ไขและระงับเหตุ ดังนั้น ประเด็นที่ต้องตรวจสอบจึงประกอบด้วย

- ปัญหาเหตุรำคาญคืออะไร (กลิ่นเหม็น ฝุ่นละออง เขม่าควันและเถ้า เสียงดัง น้ำเสีย ก๊าซและไอระเหยของสารเคมีและสารพิษ หรืออื่น ๆ เช่น แสง รังสี ความร้อน และความสั่นสะเทือน เป็นต้น)
- เหตุรำคาญเกิดจากสาเหตุอะไร ผู้ก่อเหตุเป็นใครหรือสถานที่ไหน เหตุรำคาญเกิดขึ้นในบริเวณไหน มักเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด (เช่น กลางคืน เช้ามืด ไม่แน่นอน เป็นต้น)
- ความถี่หรือลักษณะการเกิดเป็นอย่างไร (เช่น มีการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นระยะ เกิดเป็นครั้งคราว หรือเกิดขึ้นนานพอที่จะเกิดเป็นเหตุรบกวนหรือไม่ เป็นต้น)
- จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบเท่าไร และมีความรุนแรงมากน้อยแค่ไหน
- ก่อให้เกิดความเสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ อย่างไร

ในการตรวจสอบข้อเท็จจริงดังกล่าว จะต้องอาศัยบุคลากรและทีมงานที่มีความรู้ แบบบันทึก กล้องบันทึกภาพ และเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นในการตรวจวัดสภาวะสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังต้องได้รับความร่วมมือจากทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น จึงต้องมีการเตรียมการอย่างรอบคอบและระมัดระวัง เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นธรรมทั้งผู้ถูกร้องเรียนและผู้ได้รับผลกระทบ

แนวทางในการตรวจสอบเหตุรำคาญโดยทั่วไป ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การเตรียมการการตรวจสอบ การลงพื้นที่ตรวจสอบและรายงานผลการตรวจสอบ

1) การเตรียมการตรวจสอบ

การเตรียมการตรวจสอบเหตุรำคาญเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ นำไปเป็นหลักฐานได้ และสามารถระงับเหตุรำคาญอย่างได้ผล แนวทางในการเตรียมการตรวจสอบเหตุรำคาญ มีดังนี้

(1) การพิจารณาประเด็นการร้องเรียน

เมื่อได้รับเรื่องร้องเรียน ไม่ว่าจะเป็นจดหมาย ไปรษณียบัตร หนังสือ โทรศัพท์ สื่อมวลชน ตลอดจน หนังสือร้องเรียนผ่านหน่วยงานบังคับบัญชา จะต้องพิจารณาดูคำร้องว่า ผู้แจ้งมีตัวตนจริงหรือไม่ พร้อมที่จะให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เกิดเหตุนั้น ๆ ว่าข้อมูลเป็นอย่างไร โดยต้องสอบถามให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจน ในเรื่องหรือประเด็นที่ร้องเรียน รวมทั้งข้อมูล ที่เป็นประโยชน์และสามารถตอบคำถามที่จะใช้ในการวางแผนการดำเนินการตรวจสอบ เพื่อจะวินิจฉัยเหตุรำคาญให้สอดคล้องกับข้อเท็จจริง ทั้งนี้ เช่น

- จะตรวจสอบอย่างไร
- ควรเก็บข้อมูลอะไรบ้าง
- ใช้เครื่องมืออะไรบ้าง
- ต้องเก็บตัวอย่างส่งที่ห้องปฏิบัติเพื่อวิเคราะห์หรือไม่
- ต้องสอบปากคำผู้ใดบ้าง เป็นจำนวนเท่าใด

(2) การเลือกใช้มาตรฐานมลพิษและสิ่งแวดล้อม

การตรวจสอบปัญหาเหตุรำคาญในบางกรณี อาจจำเป็นต้องทำการตรวจวัด ปริมาณสารมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำ อากาศ และกากตะกอน) ผลการตรวจวัดที่ได้จะต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือข้อกำหนดทางวิชาการ เพื่อวิเคราะห์ว่าปริมาณสารมลพิษที่ตรวจวัดได้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน หรือส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศหรือไม่

ในการพิจารณาเลือกใช้มาตรฐานมลพิษสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน ลดความขัดแย้งและเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายนั้น มีข้อควรคำนึง ดังนี้

(ก) ก่อนที่จะทำการตรวจวัดมลพิษ ควรพิจารณาว่ามีมาตรฐานใดที่จะนำมาใช้อ้างอิงได้ โดยพิจารณาเลือกใช้มาตรฐานที่ใช้บังคับตามกฎหมาย (Regulation standard) ก่อนเป็นลำดับแรก รองลงมาเป็นมาตรฐานที่เป็นข้อเสนอแนะ (Guideline standard) ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ อาจใช้ข้อกำหนดหรือข้อมูลทางวิชาการ หรือใช้ที่เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดในพื้นที่อื่น ๆ ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากมลพิษชนิดนั้น ๆ

(ข) ค่าผลการตรวจวัด ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน จะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน โดยมีวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและการตรวจวัด เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานนั้น หากใช้วิธีการ หรือเครื่องมือที่มีลักษณะเทียบเคียงหรือเทียบเท่าได้ (equivalent) จะต้องมีการระบุ หรืออ้างถึงแหล่งที่มาด้วย

(3) การเตรียมความพร้อม

การเตรียมความพร้อมในการตรวจสอบ ประกอบด้วย

(ก) การเตรียมทีมตรวจสอบ ในการตรวจสอบจะต้องประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อร่วมตรวจสอบข้อเท็จจริง เช่น เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นผู้มีอำนาจในการตรวจสอบ ในบางกรณี อาจต้องการบุคลากรผู้ตรวจสอบที่มีความรู้ทักษะ และประสบการณ์เฉพาะ ในการตรวจสอบเรื่องที่เป็นประเด็นการร้องเรียน ซึ่งต้องขอสนับสนุนจากหน่วยงานที่มีความพร้อม

(ข) การเตรียมเอกสาร/แบบบันทึก การลงพื้นที่ตรวจสอบเหตุรำคาญนั้น จะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมาก ในพื้นที่บริเวณกว้าง ภายใต้เวลาและทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องใช้ในการเดินทางไปเก็บข้อมูล เช่น แผนที่ และแบบบันทึกต่าง ๆ ให้พร้อม ในบางครั้งอาจต้องเตรียมกล้องไปบันทึกเป็นหลักฐานหรือใช้ประกอบการพิจารณาด้วย

(ค) การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ก่อนที่จะลงพื้นที่จะต้องเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในภาคสนาม เช่น กล้องบันทึกภาพ เครื่องบอกพิกัด วัดระยะทาง เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบสภาพการใช้งานให้พร้อมสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน

(ง) สำหรับอุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม จะต้องมีสภาพที่ใช้การได้ดี มีความเที่ยงตรง เหมาะสมกับสภาพที่จะนำไปใช้ และจะต้องมีการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือ (calibration) ให้ได้ตามมาตรฐานทุกครั้งก่อนที่จะนำไปตรวจวัด

(จ) การประสานงานและนัดหมายผู้ร้องเรียน ในการตรวจสอบเหตุรำคาญนั้น จะต้องเก็บรวบรวมและสอบถามข้อมูลจากผู้เกี่ยวข้องหลายคน ทั้งในส่วนของผู้ก่อเหตุ ผู้ที่ได้รับผลกระทบและผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ ควรจะต้องให้เจ้าของสถานที่รับรู้ด้วย ดังนั้น จึงควรต้องนัดหมายวัน และเวลาที่จะเข้าไปตรวจสอบกับผู้ร้องเรียน พร้อมทั้งขอเอกสารที่จำเป็น เช่น แผนผังกระบวนการผลิต ก่อนล่วงหน้า เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

2) การลงพื้นที่ตรวจสอบ

ในการลงพื้นที่ตรวจสถานที่จริงควรจะตรวจสอบ ทั้งสถานที่ที่ถูกร้องเรียน สถานที่ที่ได้รับผลกระทบ (ผู้ร้องเรียน) รวมตลอดถึงสถานที่ที่คาดว่าน่าจะได้รับผลกระทบด้วย (อาคารข้างเคียง) ตามแนวทางหรือแผนงานที่วางไว้แล้ว มีการรวบรวมหลักฐานทางเอกสาร วัตถุ ภาพถ่าย หรือวิดีทัศน์ แม้แต่พยานบุคคล หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการวินิจฉัยที่สำคัญคือควรจะต้องเก็บรายละเอียดที่คาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องมาด้วยทั้งหมด ดังนี้

(1) ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมใกล้เคียง แผนที่ แผนผังของแหล่งกำเนิดปัญหาและชุมชนที่ได้รับผลกระทบหรือได้รับความเดือดร้อน

(2) ใบอนุญาตประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน หรือพระราชบัญญัติการสาธารณสุขสำหรับสถานประกอบการหรือโรงงาน

(3) กระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิต วัตถุดิบ สารเคมีที่ใช้ และจุดที่ก่อให้เกิดปัญหาหลัก

(4) ระบบบำบัดหรือกำจัดมลพิษ ทั้งในด้านน้ำ อากาศ หรือตามปัญหาที่เกิดขึ้นว่ามีระบบบำบัดหรือกำจัดมลพิษหรือไม่ และมีประสิทธิภาพหรือไม่

(5) การตรวจวัดสารมลพิษ หรือการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ตามความจำเป็น และเหมาะสม ในกรณีที่สามารถดำเนินการได้

(6) การสอบถามข้อมูลจากประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และในบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาดังกล่าว

หากเป็นไปได้ควรตรวจสอบในเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ประเด็นที่ร้องเรียนด้วยก็ได้ หากเห็นว่ายังมีเรื่องที่เป็นเหตุให้เสื่อมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น การจัดการเกี่ยวกับสุขลักษณะภายในสถานประกอบการ การระบายอากาศ การจัดแสงสว่าง และการเก็บและกำจัดมูลฝอย เป็นต้น

3) การรายงานผลการตรวจสอบ

การรายงานผลการตรวจสอบเบื้องต้นระดับต่าง ๆ มีแนวทางในการดำเนินงาน ดังนี้

(1) การรายงานผลการตรวจสอบปัญหาเหตุรำคาญ ควรต้องระบุสาเหตุ และข้อเท็จจริง พร้อมทั้งข้อปฏิบัติที่ต้องแก้ไขที่ชัดเจน โดยอาจทำเป็นบันทึกผลการตรวจสอบ และให้ผู้ตรวจสอบและผู้ประกอบการ (ผู้ถูกร้องเรียน) ลงลายมือชื่อรับทราบ

(2) ในกรณีสภาพปัญหาที่พบไม่สามารถแก้ไขได้ ให้ดำเนินการรายงานผลการตรวจสอบเบื้องต้น ไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในแต่ละกรณี เพื่อประสานงานในเรื่องการตรวจสอบ และระงับเหตุรำคาญต่อไป

(3) การรายงานผลต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่น ให้รายงานโดยใช้บันทึกผลการตรวจสอบเบื้องต้น ที่ได้สำเนาส่งให้ผู้ถูกร้องเรียน เพื่อให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นพิจารณาออกคำสั่งให้ผู้ถูกร้องเรียนดำเนินการแก้ไขต่อไป

(4) การสรุปผลการตรวจสอบ ในกรณีมีผู้ร้องเรียนที่เป็นทางการ ให้มีการแจ้งผู้ร้องเรียนทราบผลการตรวจสอบด้วย

(5) การดำเนินการตรวจสอบเหตุร้องเรียนทุกกรณี จะต้องมีการสรุปผลการดำเนินการทุกขั้นตอนเพื่อรายงานให้กับผู้บังคับบัญชาทราบตามลำดับ

9.5 การจัดการเหตุรำคาญแบบมีส่วนร่วม

การนำกลวิธีการมีส่วนร่วมมาใช้ในการจัดการเหตุรำคาญ ถือเป็นกลวิธีสำคัญที่ทำให้บุคคล/ทุกคนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเหตุรำคาญ (ผู้ร้องเรียน/ผู้ได้รับผลกระทบ และผู้ถูกร้องเรียน/ผู้ก่อเหตุรำคาญ) หันหน้าเข้ามาร่วมกันป้องกันและแก้ไขปัญหาเหตุรำคาญ โดยมักจะเริ่มต้นที่การออกข้อบัญญัติท้องถิ่น หรือกติกาของการอยู่ร่วมกันในชุมชนผ่านกระบวนการประชาพิจารณ์เพื่อป้องกันปัญหาร่วมกัน

ในกรณีของขั้นตอนการแก้ปัญหา มักจะเป็นเรื่องของการเจรจาไกล่เกลี่ย การต่อรอง หรือการบังคับโดยการแต่งตั้งคณะกรรมการ/คณะทำงานที่เป็นกลาง เข้าร่วมในการระงับเหตุ เพื่อให้ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาด้วย

การจัดการแบบมีส่วนร่วมมีหลายกลวิธี แต่ที่สำคัญและใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ การใช้กระบวนการกลุ่ม (Group panel) ซึ่งเป็นกลวิธีสำคัญในการรวบรวมความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ของผู้เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดข้อกำหนดท้องถิ่น และการวางแผนป้องกันปัญหาเหตุรำคาญ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

- คัดเลือกสมาชิกกลุ่มโดยการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่เกี่ยวข้อง
- สร้างประเด็น ให้ความรู้ (บรรยาย) การศึกษาในพื้นที่
- สนับสนุนข้อเท็จจริงทุกด้านในทุกวิธีการ (บรรยาย อภิปราย รูปภาพ วีดิทัศน์)
- ชี้ให้เห็นถึงประเด็นหรือเงื่อนไขต่าง ๆ ของปัญหา
- นำข้อเท็จจริงที่ได้ทั้งหมดไปถกเถียงหาข้อสรุปในกลุ่ม (มากกว่า 1 กลุ่ม)
- นำข้อสรุปของกลุ่มมาจัดทำแบบสอบถามเป็นรายบุคคล แล้วรวบรวมเป็นประเด็นใหม่ที่ยังไม่ลงตัว เพื่อให้กลุ่มร่วมกันพิจารณาหาข้อยุติอีกครั้งหนึ่ง
- จัดทำรายงานผลสรุปและดำเนินการตามแนวทางนั้น

นอกจากนี้ บทบาทสำคัญอีกประการหนึ่งของเจ้าหน้าที่ ในการเข้าไปทำหน้าที่ตรวจพิสูจน์ และระงับเหตุรำคาญ คือ การเป็นคนกลางในการเจรจาไกล่เกลี่ยข้อพิพาทระหว่างผู้ร้องเรียนและผู้ถูกร้องเรียน โดยควรต้องคำนึงถึงการให้ข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการเจรจา และการเลือกใช้เกณฑ์ในการวินิจฉัยหรือชี้วัดทางออกอย่างยุติธรรม ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดข้อยุติที่เป็นธรรมและเกิดสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน

บทที่ 10

การจัดการและเทคนิคการวางแผนอนามัยสิ่งแวดล้อมของชุมชนและท้องถิ่น

การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย มีการดำเนินงานตามภารกิจของแต่ละหน่วยงานระดับกระทรวง กรม จังหวัด และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างไรก็ตามด้วยสถานการณ์ทั่วโลกในปัจจุบันทำให้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมีความหลากหลาย ซับซ้อน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมากขึ้น ดังนั้น การแก้ไขปัญหาและการพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วนทุกระดับ ตั้งแต่ระดับท้องถิ่น ประเทศ ภูมิภาค และโลก ทั้งนี้เป้าหมายสำคัญของการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมคือการจัดการปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อคนทุกกลุ่มวัย การป้องกันความเสี่ยงสุขภาพก่อนการเกิดเจ็บป่วย การพัฒนานโยบายและมาตรการทางกฎหมาย และมาตรฐานทางวิชาการบนฐานความรู้และการสื่อสารสาธารณะ รวมถึงการมีระบบสนับสนุนติดตาม และประเมินผลการดำเนินงาน เพื่อให้สนับสนุนการพัฒนาประเทศและการเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสมดุลและยั่งยืน

10.1 หลักการและแนวคิดการบริหารจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม

การดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนในการส่งเสริมสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยการป้องกันและควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสุขภาพตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงประชาชนที่เป็นแหล่งรับสิ่งอันตรายต่อสุขภาพ รวมทั้งการพัฒนาสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดี ปัจจุบันการจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นเป็นการดำเนินงานทั้งในแบบองค์กรในระบบราชการและการบริหารจัดการสมัยใหม่ ดังนั้นการดำเนินงานจึงเกี่ยวข้องกับการบริหาร (Administration) และการจัดการ (Management)

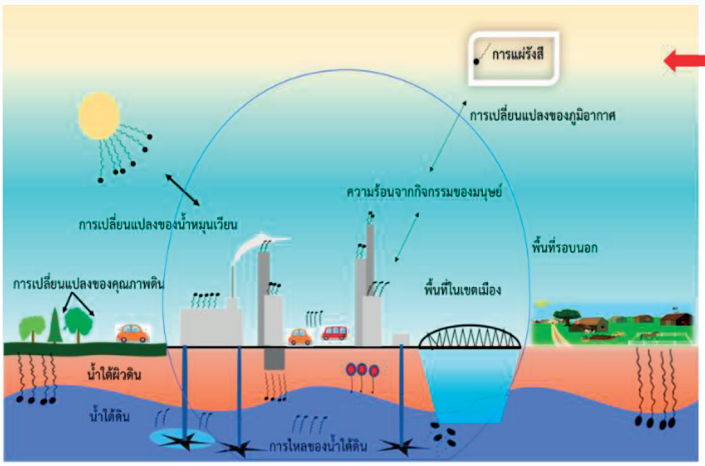
การบริหารเป็นการอำนวยการ สนับสนุนส่งเสริมและการใช้ทรัพยากรเพื่อให้งานขององค์กรสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย มักเป็นงานในองค์การในระบบราชการซึ่งมีการบริหารที่เป็นไปตามตัวระเบียบกฎหมาย มีการดำเนินการที่แน่นอนและชัดเจน และให้มีความเป็นระเบียบในทางปฏิบัติอย่างคงเส้นคงวา มีลำดับขั้น ดังแสดงในภาพที่ 10.1



ภาพที่ 10.1 องค์ประกอบของการบริหาร (Administration)

ส่วนการจัดการ (Management) นั้น เป็นการบริหารงานสมัยใหม่ที่ใช้ได้ทั้งในองค์กรภาครัฐและเอกชน เป็นลักษณะของการดำเนินการที่มีความรวดเร็ว คล่องตัวและทันต่อสถานการณ์ มีความยืดหยุ่นในการบริหารทรัพยากรให้สามารถเลื่อนไหล เพื่อการใช้งานที่ได้ประโยชน์สูงสุดปรับตัวได้ตามสถานการณ์ และเน้นผลลัพธ์ที่มีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับ (Cost benefit analysis) ปัจจุบันยังได้ใช้การวิเคราะห์ต้นทุน-อรรถประโยชน์ (Cost-Utility Analysis) มาร่วมด้วย เนื่องจากในบางครั้งการประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นเป็นตัวเงินทำได้ยากโดยเฉพาะในระยะสั้น จึงวิเคราะห์ถึงอรรถประโยชน์ที่เกิดขึ้นแก่คนกลุ่มใดและในรูปแบบใด

การบริหารจัดการภาครัฐแนวใหม่ตามกระแสโลกาภิวัตน์ และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนต้องมุ่งสู่ผลลัพธ์ที่คุ้มค่าในการลงทุนและเกิดความยั่งยืนของสังคม สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ และบุคลากรทุกคนต้องมีบทบาทหน้าที่และวัตถุประสงค์ชัดเจน ปฏิบัติงานโดยมืออาชีพที่มีความเป็นกลาง และข้อมูลเพียงพอสำหรับการเกิดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งส่งผลดีต่อสถานะสุขภาพอนามัยของสังคมและประเทศชาติ ดังนั้นการบริหารจัดการ จึงต้องบูรณาการหลักการบริหารและการจัดการเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะการบริหารจัดการความเป็นเมือง (Urban management) ที่เป็นปัญหาสำคัญระดับโลก อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว การเคลื่อนย้ายของประชากรมากระจุกตัวในพื้นที่ที่มีการเติบโตของเศรษฐกิจ การใช้พื้นที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ปัญหาสังคม ความเหลื่อมล้ำทางสังคมเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของกลุ่มคนที่รายรับไม่สมดุลกับรายจ่าย การเปลี่ยนแปลงของเมืองแบบนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ สังคม เศรษฐกิจและลักษณะของพื้นที่สูงมาก (ภาพที่ 10. 2)

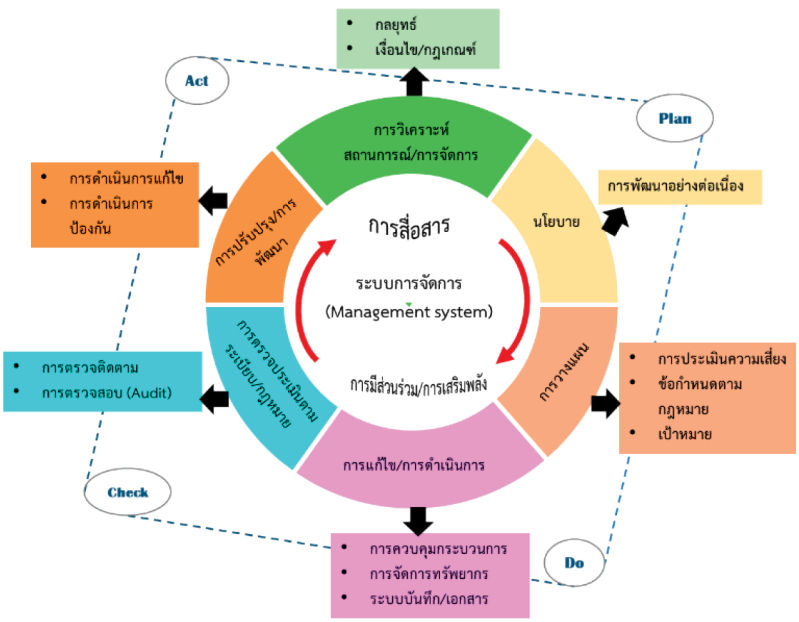


ผลกระทบจากความเป็นเมือง

- ปัญาสิ่งแวดล้อม มลพิษต่าง ๆ
- คุณภาพของที่อยู่อาศัย
- สุขาภิบาลและคุณภาพของน้ำกิน น้ำใช้
- ของเสีย
- อุบัติเหตุ
- พลังงาน
- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก
- ความหลากหลายทางชีวภาพ
- จุลินทรีย์ก่อโรคและโรคติดเชื้อ
- ปัญหาอาชญากรรม สิ่งเสพติดและสุขภาพจิต
- ความเท่าเทียมอย่างเป็นธรรมทางสุขภาพ

ภาพที่ 10.2 ความเป็นเมืองและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศและสุขภาพ

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประเทศไทยและทั่วโลกสู่ความเป็นเมืองเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การบริหารจัดการจึงต้องเดินตามหลักคิดของการจัดการที่ยั่งยืนเพื่อให้ประชาชนสามารถดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพและสุขภาพที่ดี ต้องมีระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองต่อนโยบายทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่น เน้นการป้องกันมากกว่าการแก้ไขปัญหา สามารถเปลี่ยนแปลงและยืดหยุ่นได้ตามสถานการณ์ของประเทศ และท้องถิ่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้ต้องใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geographic information) มาร่วมในการทำงาน ประการสำคัญที่สุดคือสภาวะทางอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ดีในชุมชน หรือท้องถิ่นนั้น ๆ จะต้องเกิดขึ้นอย่างยั่งยืน ดังนั้นในการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม จึงต้องคำนึงถึงการพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่ หลักการบริหารจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมควรอยู่บนพื้นฐานของวงจร PDCA (Plan-Do-Check-Act) และเมื่อผนวกเข้ากับหลักการสื่อสารและการมีส่วนร่วม จะได้องค์ประกอบหลักดังแสดงในภาพที่ 10.3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 10.3 องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ

1) การวิเคราะห์สถานการณ์และระบบการจัดการ ต้องมีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญเกี่ยวกับสถานการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมทั้งในอดีตและปัจจุบัน ทำให้ประมวลรูปแบบปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และเข้าใจปัญหาได้ชัดเจน นำไปสู่การเฝ้าระวังและคาดการณ์ปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น ส่งผลให้สามารถกำหนดยุทธศาสตร์ ข้อกำหนดและเงื่อนไขต่าง ๆ สำหรับการดำเนินงานขั้นต่อไปได้

2) นโยบาย ต้องมีนโยบายที่สอดคล้องกับสถานการณ์ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการพัฒนาศักยภาพและสมรรถนะของหน่วยงาน และบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของหน่วยงานและบุคลากร ให้สามารถรองรับการดำเนินการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมได้

3) การวางแผน ต้องมีแผนปฏิบัติการที่สอดคล้องกับผลการเฝ้าระวังด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์ผลที่ได้ โดยพิจารณาร่วมกับการประเมินความเสี่ยง การเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามกฎหมาย หรือมาตรฐานต่าง ๆ

4) การดำเนินงานตามมาตรการการป้องกันและแก้ไขแผนงาน หรือโครงการต่าง ๆ โดยได้พิจารณาควบคุมกระบวนการต่างๆ ในแผนงาน การจัดสรรทรัพยากร บุคคล งบประมาณ เครื่องมือเครื่องใช้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ มาสนับสนุนการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม และการบันทึกรายงานต่าง ๆ อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง มีการจัดเก็บและสร้างเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

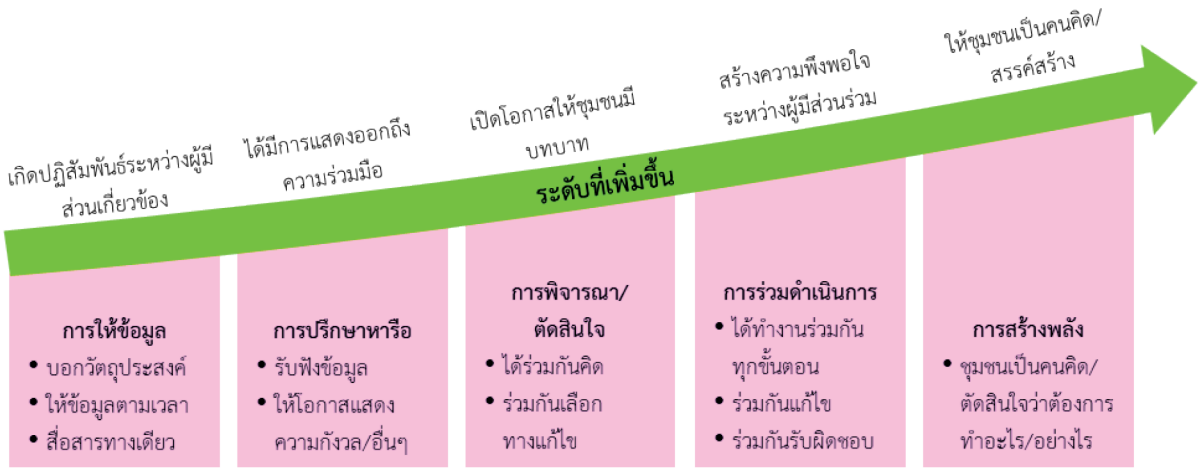
5) การตรวจสอบประเมินผล ปัจจุบันการบริหารจัดการสมัยใหม่เป็นการบริหารจัดการที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ (Results-based management: RBM) ซึ่งสามารถประเมินได้หลายเทคนิค เช่น

- การวัดผลการปฏิบัติงาน (Performance Measurement) เป็นกระบวนการติดตามประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยกำหนดเป้าหมายและเทียบผลการปฏิบัติงานกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ เพื่อการรายงานผลการปฏิบัติงานหรือเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพัฒนางาน
- การเทียบงาน (Benchmarking) เป็นการหาองค์การที่ปฏิบัติงานดีที่สุดในสาขาเดียวกับที่ตนปฏิบัติอยู่ แล้วศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้องค์การนั้นประสบผลสำเร็จ และนำมาวางแผนยกระดับการปฏิบัติงานองค์การของตนให้ถึงระดับองค์การต้นแบบ แล้วประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์เพื่อหาทางปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น
- การตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน (Performance Audit) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการจัดทำข้อมูลการปฏิบัติงาน ทั้งการตรวจสอบภายในองค์การ และการตรวจสอบจากภายนอกองค์การ ซึ่งปัจจุบันจุดเน้นของการตรวจสอบอยู่ที่ผลการปฏิบัติงาน
- การประเมินผลโครงการ (Project Evaluation) เป็นกระบวนการกระเมินอย่างเป็นระบบเพื่อสรุปผลว่าโครงการนั้น ๆ ได้บรรลุวัตถุประสงค์/เป้าหมาย และมีประสิทธิภาพเพียงใด

6) การปรับปรุงและพัฒนา การดำเนินการป้องกันและแก้ไข การใช้มาตรการทางกฎหมายเพื่อให้การดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้น ต้องมีการทบทวนหรือทวนสอบ เพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัด เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาให้ดีขึ้น

7) การสื่อสาร ต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อม ให้แก่ประชาชนเพื่อสร้างจิตสำนึกและทำให้เกิดความร่วมมือจากประชาชนในการจัดการและพัฒนาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้เป็นการประชาสัมพันธ์และประสานงานระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การดำเนินงานมีความประสานสอดคล้องกันทั้งในขั้นตอนของการวางแผน การปฏิบัติงาน และการประเมินผล ซึ่งจะตรงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนที่ 17 การสร้างเครือข่ายความร่วมมือทั้งภายในประเทศ ภูมิภาคและระดับสากล

8) การมีส่วนร่วมและการเสริมสร้างพลังให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง กระบวนการที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องมีโอกาสได้แสดงทัศนะและเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีผลต่อชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน รวมทั้งมีการนำความคิดเห็นดังกล่าวไปประกอบการพิจารณา กำหนดนโยบายและการตัดสินใจของรัฐ กระบวนการมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือที่ดีในการพัฒนาศักยภาพของทุกภาคส่วน และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อทุกภาคส่วนตั้งแต่องค์กรภาครัฐจนถึงภาคประชาชน สร้างการพึ่งตนเอง การพึ่งพากันจนชุมชนมีความเข้มแข็งสามารถร่วมรับผิดชอบในการบริหารจัดการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และการควบคุมป้องกันปัญหาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความต่อเนื่องยั่งยืน ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนมี 6 ระดับ ดังแสดงในภาพที่ 10.4



ภาพที่ 10.4 ระดับของการมีส่วนร่วมของประชาชน

ที่มา: ดัดแปลงจาก https://iap2.org.au/resources/spectrum/

ทั้งนี้ขึ้นกับความพร้อมของประชาชน ไม่จำเป็นต้องเริ่มตามลำดับขั้นจากที่ผ่านมาระดับการมีส่วนร่วมในประเทศไทยที่เกิดขึ้นนั้นมีหลายระดับ ตั้งแต่ได้รับทราบข้อมูลข่าวสารว่ารัฐทำอะไรหลังจากได้ตัดสินใจเรียบร้อยแล้วแจ้งให้ประชาชนทราบ จนถึงการที่ประชาชนได้มีโอกาสประเมินผลตรวจสอบการทำงานตามแผนงานของโครงการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และได้รับผลประโยชน์จากโครงการนั้น ๆ ได้อย่างพอเพียง สิ่งสำคัญประชาชนจะต้องมีอิสระทางความคิด มีความรู้ความสามารถในการกระทำและมีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมกิจกรรมนั้น ๆ โดยหลักการมีส่วนร่วมของประชาชนจะต้องมีลักษณะการเข้าร่วมอย่างครบวงจรตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ

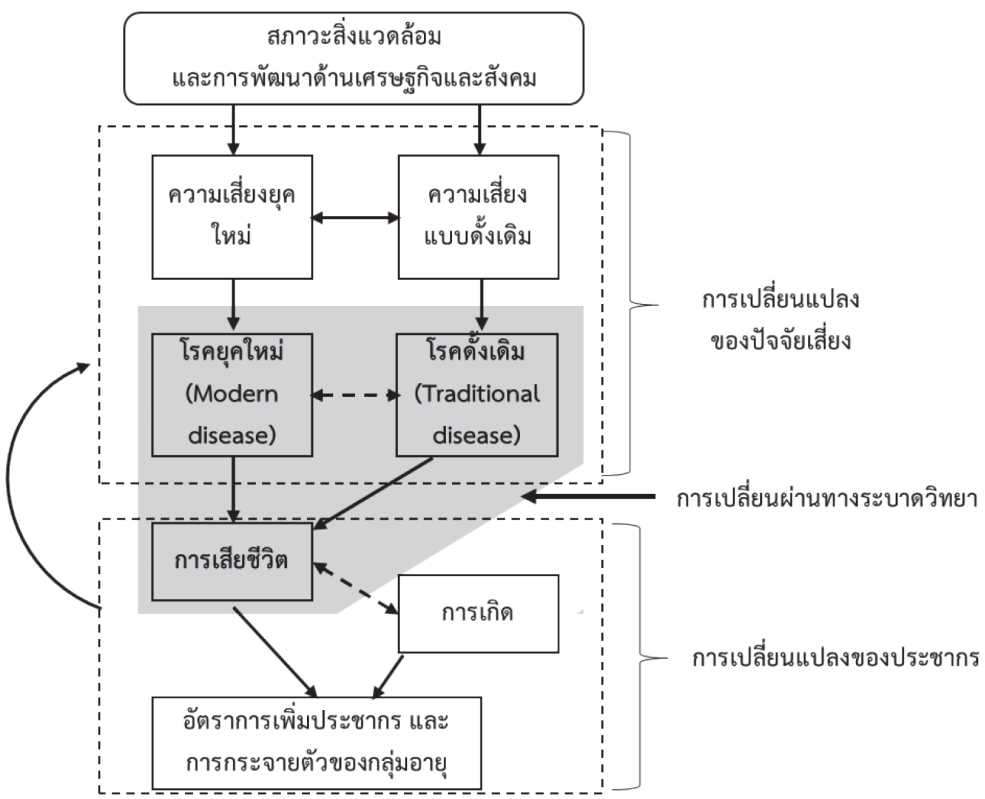
10.2 หลักการและกลยุทธ์การพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อม

เป้าหมายของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ ประชาชนได้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดีและลดการได้รับสัมผัสปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมที่อันตรายต่อสุขภาพอนามัย ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของทั้งระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมตามกิจกรรมการพัฒนาของมนุษย์ รวมทั้งเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ความเป็นเมือง ทำให้การพัฒนางานอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมและมีประสิทธิผล ควรยึดหลักดังต่อไปนี้

1) การให้ความสำคัญกับประชาชนเป็นอันดับแรก และยึดหลักความเท่าเทียม (Equity) ความซื่อสัตย์ (Integrity) และความรับผิดชอบ (Responsibility/Accountability)

2) การวิเคราะห์สถานการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยยึดมิติที่เป็นสากล ได้แก่ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม ระบบนิเวศ ลักษณะของพื้นที่ (Spatial aspect) และความพร้อมในการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมและยั่งยืนควรทำให้เกิดสมดุลระหว่างมิติต่าง ๆ โดยมีกระบวนการพัฒนาชุมชนแบบมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือร่วมในการพัฒนา

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเสี่ยงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีคลังสำหรับจัดเก็บเป็น Big data ซึ่งมีคุณลักษณะสำคัญอยู่ 4 อย่างคือ มีจำนวนข้อมูลมากขนาดมหาศาล (Volume) มีความซับซ้อนหลากหลาย (Variety) มักจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา (Velocity) และยังไม่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลที่สมบูรณ์เพื่อนำมาใช้ในการประกอบการพิจารณาได้จนกว่าจะได้มีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม (Veracity) เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรและการเปลี่ยนผ่านทางระบาดวิทยาตามความซับซ้อนของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะสุขภาพ การเจ็บป่วย การบาดเจ็บ การเสียชีวิต ภาระโรค และย้อนกลับไปมีผลต่อโครงสร้างประชากร ดังแสดงในภาพที่ 10.5



ภาพที่ 10.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนผ่านของปัจจัยด้านความเสี่ยง ระบาดวิทยาและโครงสร้างประชากร
(Smith, K. R., & Ezzati, M., 2005)

3) การประเมินศักยภาพ สมรรถนะ และทรัพยากรของทั้งองค์กรและชุมชนในพื้นที่ ปัจจุบันมีเครื่องมือและเทคนิคหลากหลายสำหรับการทำงาน เช่น SWOT, SOAR (Strengths, Opportunities, Aspirations, and Results), VMOST (Vision, Mission, Objectives, Strategy, and Tactical) RCA (Root Cause Analysis)

4) การวางแผนงานเป็นลำดับขั้น

5) การพัฒนาไปสู่ความเป็นเมืองน่าอยู่ การพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต้องพัฒนาไปสู่เมืองหรือชุมชนที่มีองค์ประกอบของเมืองน่าอยู่อย่างครบถ้วน ชุมชนที่ประชาชนได้รับการศึกษา มีความรู้ ได้รับข้อมูลข่าวสารอย่างทั่วถึง มีความปลอดภัยในการดำรงชีวิต และดูแลทรัพย์สิน มีส่วนร่วมในการวางแผนและกำหนดการพัฒนาชุมชน ในด้านเศรษฐกิจต้องเป็นเมืองหรือชุมชนที่ประชาชนมีงานทำและมีรายได้ที่เหมาะสมและค่าครองชีพไม่แพง ในด้านกายภาพ ต้องเป็นเมือง หรือชุมชนที่มีการวางผังเมืองและโครงสร้างพื้นฐานด้านสาธารณูปโภคที่เหมาะสม มีสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และสวนสาธารณะที่เพียงพอ และต้องปราศจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมทุกชนิด มีความสุนทรียภาพ รวมทั้งมีการดูแลทำนุบำรุงโบราณสถาน โบราณวัตถุและศิลปวัฒนธรรมให้อยู่คู่ไปกับชุมชนอย่างยั่งยืน

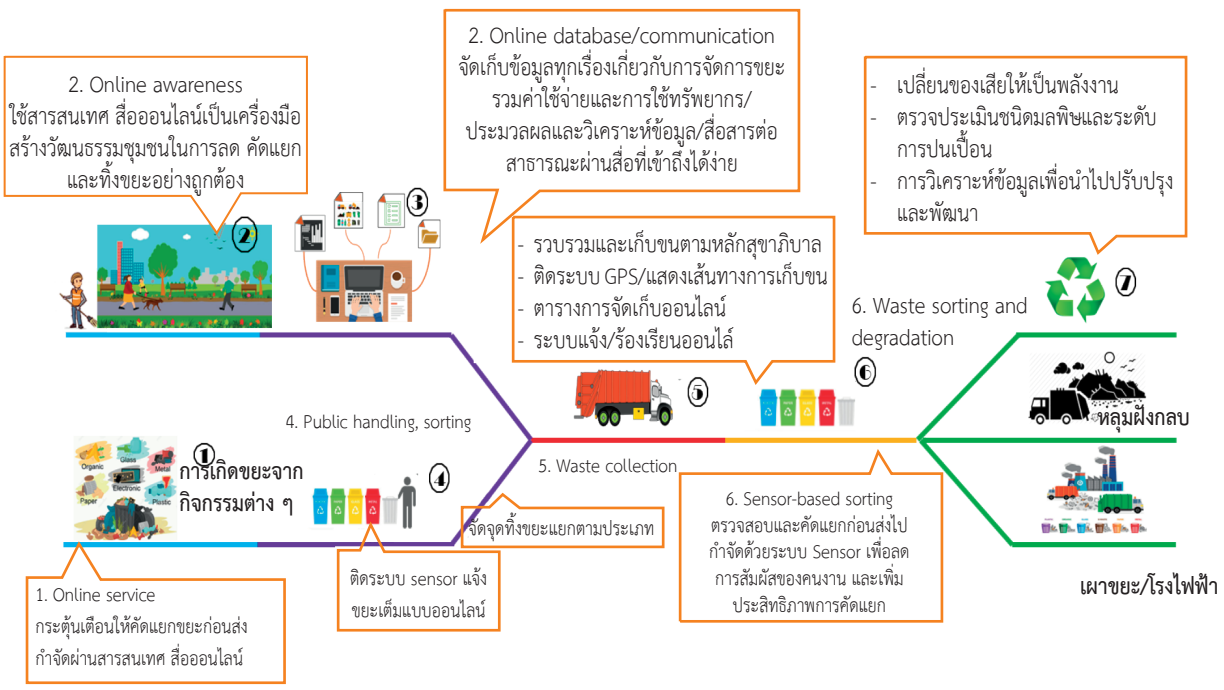
6) การพัฒนาต้องสอดคล้องกับหลักสากล โดยเฉพาะหลักเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้ง 17 เป้าหมายซึ่งรวมทุกมิติตั้งแต่ระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และการสร้างความร่วมมือระหว่างเครือข่ายเพื่อให้มนุษย์มีสุขภาพอนามัยที่ดี ดังแสดงในรูปที่ 10.6



ภาพที่ 10.6 เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน 17 เป้าหมาย โดยมีเป้าหมายเรื่องสุขภาพและสุขภาวะที่ดีเป็นศูนย์กลาง (ดัดแปลงจาก https://sdgs.un.org/goals)

7) **การดำเนินโครงการแบบบูรณาการ** ปัจจุบันการพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมต้องการการดำเนินการที่เร่งด่วน ดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขปัญหาด้วยการบูรณาการโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการด้านการสร้างโครงสร้างพื้นฐานด้านสาธารณูปโภค โครงการด้านการบริหารการพัฒนาเมืองและชุมชน โครงการด้านการกระตุ้นการพัฒนาเมืองและชุมชนแบบมีส่วนร่วม โครงการสร้างการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal design)

8) **การปรับปรุงเครื่องมือทางอนามัยสิ่งแวดล้อมให้ทันยุคทันสมัย** เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของประเทศ และโลกมีความจำเป็นที่ต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT: Information and Communication Technology) ระบบอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT: internet of Things และนวตกรรมในการจัดการตั้งแต่ต้นทางเพื่อลดการเกิดของเสียและมลพิษจากกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ต้องมีทิศทางเดียวกันกับการพัฒนาเมืองสู่เมืองอัจฉริยะ (Smart city) เช่น การออกแบบระบบระบายน้ำของเมือง ส้วมที่สามารถแยกส่วนปัสสาวะออกจากอุจจาระ (Bi-Slant Conveyor Belt Toilet) ทำให้ลดการใช้น้ำและลดของเสียที่ปล่อยออกสู่ระบบบำบัดรวม การใช้ระบบ ICT (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร) มาจัดการขยะของเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ดังแสดงในรูปที่ 10.7 ซึ่งมีการใช้ ICT และ IoT ในทุกขั้นตอนของการจัดการขยะ



ภาพที่ 10.7 ตัวอย่างการใช้ ICI และ IoT ในการจัดการขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดจนถึงการกำจัด

9) **การประเมินผล** เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับขั้นตอนการตรวจสอบผลงาน ดังนั้นการประเมินผลแบบมีส่วนร่วม จึงเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน และถือว่าเป็นการเสริมพลังให้กับสังคม เนื่องจากต้องมีการระดมความคิดเห็นที่หลากหลายก่อให้เกิดมุมมองใหม่และริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดการเรียนรู้ของผู้เกี่ยวข้องจนสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม วิธีคิด และระบบคุณค่าที่จะนำไปสู่กระบวนการแก้ไขปัญหาและพัฒนาอย่างยั่งยืนและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

10) การสื่อสารทั้งภายในและภายนอกองค์กร ในบางกรณีที่อาจก่อให้ประชาชนกังวล หรือรู้สึกว่าสิ่งอันตรายนั้นรุนแรงคุกคามสุขภาพอย่างมาก อาจจำเป็นใช้เทคนิคการสื่อสารความเสี่ยง และเครื่องมือการสื่อสารสมัยใหม่ โดยเฉพาะเครือข่ายสังคม (Social media) การสื่อสารสมัยใหม่มีประโยชน์ทำให้สามารถกระจายข้อมูลได้ทั่วถึง ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตามความสะดวก มีเวลาในการคิดไตร่ตรองให้ความคิดเห็นและรับฟังจากผู้อื่นเป็นการขยายมุมมองและโลกทัศน์ ทั้งหมดนำไปสู่กระบวนการมีส่วนร่วมที่มีความหมายและประสิทธิผล ภาพที่ 10.8 เป็นตัวอย่างความเชื่อมโยงระหว่างการสื่อสารสมัยใหม่และกระบวนการมีส่วนร่วม



ภาพที่ 10.8 ตัวอย่างการใช้การสื่อสารสมัยใหม่ เพื่อเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการมีส่วนร่วม

10.3 การวางแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อม

ปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมได้เกิดขึ้น และยังคงอยู่ในประเทศไทยซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชนมาช้านาน สาเหตุหนึ่งที่ทำให้การแก้ไขปัญหายังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น ได้แก่ ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการชี้บ่งปัญหาที่มีความสำคัญ การขาดแผนการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นการวางแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นกระบวนการในการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ

1) ระดับของการวางแผน

ระดับการวางแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อม แบ่งได้ดังนี้

(1) การวางแผนของผู้บริหารระดับสูง

การวางแผนระดับแผนนโยบายของชาติ เป็นเครื่องมือบริหารประเทศ ประสานงานและการชี้นำทิศทางการพัฒนาประเทศ จำเป็นต้องมีความชัดเจนของแผนและแนวทางการพัฒนาระดับชาติตลอดจนกำหนดบทบาท การปรับองค์กรกลไกระดับชาติ และควรมีการชี้แนะหรือกำหนดผลลัพธ์หรือผลกระทบต่อการพัฒนาที่ต้องการ เช่น แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

(2) การวางแผนของผู้บริหารระดับกลาง หรือแผนกลยุทธ์

การวางแผนระดับนี้เป็นเครื่องมือการบริหารหน่วยงานระดับกระทรวง กรม กอง จังหวัด เพื่อแปลงแผนระดับนโยบายของชาติให้เป็นทิศทางการพัฒนา กลยุทธ์ และยุทธศาสตร์เฉพาะสาขาย่อย สามารถใช้เพื่อให้สอดรับกับแผนระดับชาติ เช่น แผนยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2560 - 2564

(3) การวางแผนของผู้บริหารระดับล่างหรือระดับปฏิบัติการ

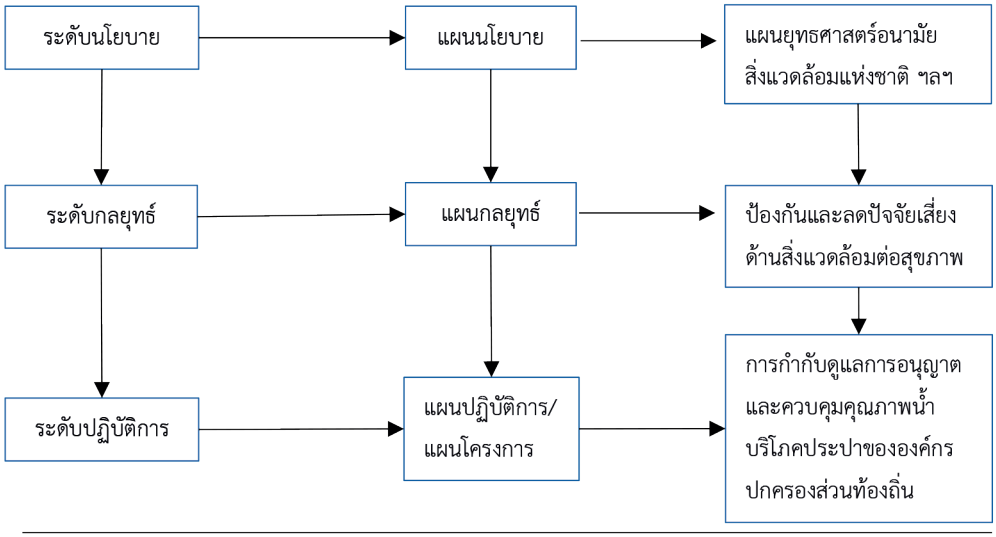
การวางแผนกลยุทธ์ระดับนี้ เป็นเครื่องมือการพัฒนาในระดับปฏิบัติและพื้นที่ระดับท้องถิ่น เน้นความเป็นแผนงานที่เลือกสรรกลวิธีปฏิบัติที่ชัดเจนและสอดรับกับเงื่อนไขทางภูมิศาสตร์ วัฒนธรรมและความต้องการของท้องถิ่น เป็นการแปลงทิศทางแผนงานและกลยุทธ์ไปสู่การปฏิบัติ ตลอดจนการปรับปรุงและกำหนดอำนาจหน้าที่ขององค์กร กลไก และระเบียบของหน่วยปฏิบัติให้สามารถรองรับได้อย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เช่น แผนยุทธศาสตร์การคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดภูเก็ต

นอกจากการแบ่งระดับของแผนแล้ว ยังสามารถแบ่งตามระยะเวลาของแผนได้ ดังนี้

- การวางแผนระยะยาว เป็นการวางแผนที่ใช้เวลาในการดำเนินการหลายปี อาจจะมากกว่า 5 ปี และมีหลายแผนต่อเนื่อง
- การวางแผนระยะสั้น เป็นการวางแผนที่ดำเนินการโดยใช้ระยะเวลาเป็นเดือนหรืออาจจะ 1 ปี แต่ไม่เกิน 2 ปีอย่างไรก็ตามเวลาอาจจะไม่ใช่เครื่องวัดที่ถูกต้องเสมอไป แผนนี้อาจเป็นแผนย่อยจากแผนระยะยาวก็ได้
- การวางแผนปฏิบัติงาน เป็นการวางแผนเพื่อลงมือกระทำ โดยเป็นแผนที่กำหนดรายละเอียดและความรับผิดชอบไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้แผนนั้นสำเร็จลุล่วงลงได้ ตามหลักแล้วไม่ว่าจะเป็นแผนใหญ่จะมีรายละเอียดแค่ไหนก็ตาม ควรต้องทำแผนปฏิบัติงาน เนื่องจากเป็นแผนที่กำหนดตัวบุคคล เงิน เวลา อุปกรณ์

ภาพที่ 10.9 แสดงตัวอย่างการวางแผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมระดับชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564 ซึ่งมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงในแต่ละระดับของแผนงานระดับของวัตถุประสงค์ ชนิดของแผนงาน ตัวอย่างแผนงาน วิสัยทัศน์ ประเทศไทยมีระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เข้มแข็งและยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน

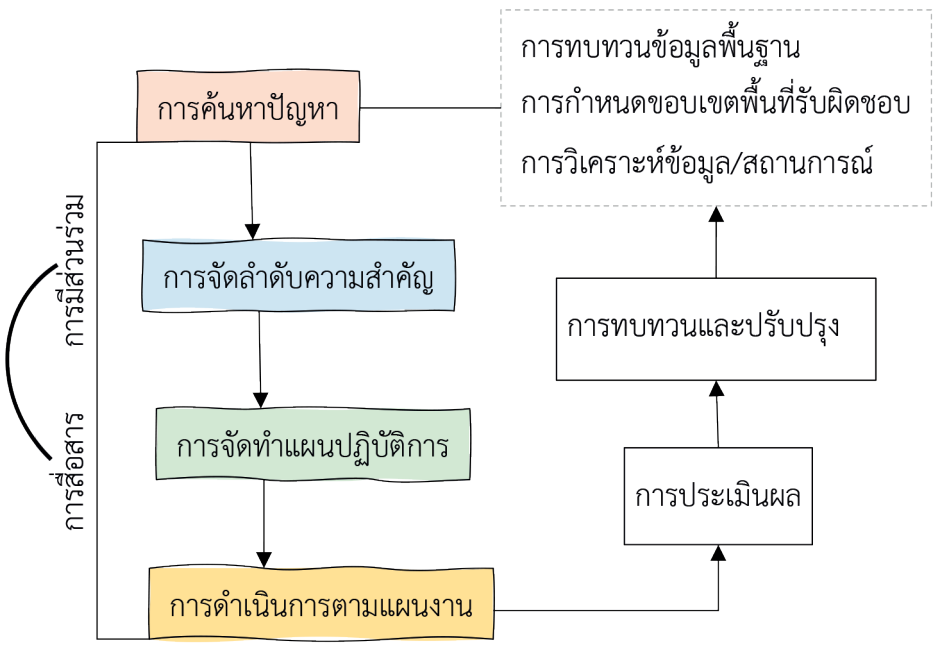
ระดับของวัตถุประสงค์	ชนิดของแผนงาน	ตัวอย่างแผนงาน
วิสัยทัศน์ ประเทศไทยมีระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เข้มแข็งและยั่งยืน โดยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน		



ภาพที่ 10.9 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของแผนในแต่ละระดับ ตั้งแต่ระดับนโยบายจนถึงแผนปฏิบัติการ

2) ขั้นตอนการวางแผนกลยุทธ์

การวางแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อมของชุมชนและท้องถิ่นอยู่ในระดับธงแผนกลยุทธ์และแผนปฏิบัติงานหรือแผนโครงการ ซึ่งถ่ายทอดมาจากแผนนโยบาย ขั้นตอนการจัดทำแผนที่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้



1. การค้นหาปัญหา

เป็นการหาความต้องการของหน่วยงานหรือองค์กร และเป็นกิจกรรมที่สำคัญ ใช้กำหนดเป้าหมายในแผนงานให้ชัดเจน เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลปัญหาหรือความต้องการที่มีในพื้นที่ทั้งหมด แล้วนำมาจำแนก จัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญ มองหาแนวทางวิธีการปรับปรุงแก้ไข โดยควรเลือกใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมเข้ามาช่วย เมื่อข้อมูลพร้อมจึงคัดเลือกงานที่จำเป็นมาทำโครงการก่อน โดยงานที่จะพัฒนานั้นต้องสามารถแก้ปัญหาที่มีและให้ผลประโยชน์กับองค์กรมากที่สุด การดำเนินกิจกรรมในระยะนี้ ได้แก่

(1) การทบทวนและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

การทบทวนและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับสร้างข้อมูลชุมชน (Community profile) และประเมินสถานการณ์อนามัยสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ข้อมูลที่จำเป็น ได้แก่ ลักษณะและโครงสร้างประชากร สภาพเศรษฐกิจและสังคม จำนวนหลังคาเรือน การกระจายตัวของบ้านเรือน ชนิดและขนาดของบ้านเรือน สภาพแวดล้อมทางกายภาพ ข้อมูลสถานสุขภาพ (เช่น อัตราป่วย อัตราตาย ความพิการ) คุณภาพชีวิต ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะการใช้ที่ดินแหล่งน้ำ นอกจากนี้จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเภท และสถานบริการที่เกี่ยวข้องกับด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ รวมทั้งทรัพยากรด้านอื่น ๆ เช่น งบประมาณ กำลังเจ้าหน้าที่และทรัพยากรบุคคลด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (เช่น ครู อาสาสมัครสาธารณสุข) การเก็บรวบรวมข้อมูลอาจทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลของหน่วยงานของรัฐ การสำรวจชุมชน การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์และการสังเกตการสำรวจด้วยแบบสอบถาม การสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้โดยตรงและการสำรวจชุมชน เช่น การสำรวจจำนวนภาชนะรองรับขยะมูลฝอย การสำรวจท่อระบายน้ำทิ้ง นอกจากนี้ยังอาจเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างน้ำเสีย ตัวอย่างอากาศ การตรวจวัดระดับความดังของเสียง สถิติอุบัติเหตุ

ข้อมูลที่ได้มาจะเป็นส่วนหนึ่งของตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการค้นหาปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อม ตัวชี้วัดที่กำหนดขึ้นต้องสามารถสะท้อนถึงสถานะสุขภาพของประชาชน คุณภาพสภาพแวดล้อม คุณภาพชีวิต รวมทั้งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการให้บริการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม การให้บริการสุขาภิบาล เช่น สัดส่วนของประชากรที่ได้รับการบริการน้ำประปา ปริมาณและคุณภาพของน้ำประปา สัดส่วนของจำนวนครัวเรือนที่มีส้วมใช้ สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับบริการการเก็บขนขยะมูลฝอย สัดส่วนของปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้ต่อปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมดในชุมชน สัดส่วนของประชากรที่ได้รับการบริการด้านการบำบัดน้ำเสียและสิ่งปฏิกูล ปริมาณและคุณภาพของน้ำเสียที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ คุณภาพของอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด คุณภาพของอากาศในบรรยากาศ อาจกล่าวได้ว่าตัวชี้วัดกลุ่มนี้คือปัจจัยกำหนดสุขภาพ

(2) การจัดทำแผนที่บริเวณที่รับผิดชอบ

การดำเนินการในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้จัดทำแผนงานอนามัยสิ่งแวดล้อมทราบถึงบริเวณพื้นที่ที่รับผิดชอบของงานอนามัยสิ่งแวดล้อม รวมทั้งประชากรกลุ่มเป้าหมายที่จะให้บริการ และสภาพภูมิประเทศโดยรอบของบริเวณดังกล่าว โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- การกำหนดขอบเขตที่รับผิดชอบ บริเวณที่รับผิดชอบสามารถกำหนดโดยใช้ขอบเขตพื้นที่ที่หน่วยงานบริการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของชุมชนและท้องถิ่นรับผิดชอบในการให้บริการ เช่น พื้นที่รับผิดชอบของสถานีอนามัย พื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบล พื้นที่รับผิดชอบของเทศบาล ทั้งนี้อาจกำหนดขอบเขตที่รับผิดชอบหรือขอบเขตพื้นที่สำหรับการวางแผนให้แคบกว่าขอบเขตพื้นที่ ทั้งหมดที่หน่วยงานเหล่านั้น

รับผิดชอบในการให้บริการก็ได้ เช่น การใช้สภาพทางภูมิศาสตร์ที่คล้ายคลึงกันในการกำหนด ได้แก่ พื้นที่ริมแม่น้ำ พื้นที่ชายทะเล พื้นที่เชิงเขา การใช้ระยะทางเป็นรัศมีโดยรอบหน่วยงานบริการในการกำหนด เช่น พื้นที่ที่อยู่ในรัศมี 5 กิโลเมตร โดยรอบหน่วยงานบริการ การใช้กลุ่มประชากร เป้าหมายที่ต้องให้บริการงานอนามัยสิ่งแวดล้อม เช่น บริเวณตลาดหรือย่านพาณิชยกรรม บริเวณชุมชน ที่อยู่อาศัย บริเวณที่พักตากอากาศ นอกจากนี้ก็อาจใช้หน่วยการปกครองเป็นหลัก เช่น เขต อำเภอ ตำบล หรือหมู่บ้าน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพปัญหาและบริบทของพื้นที่

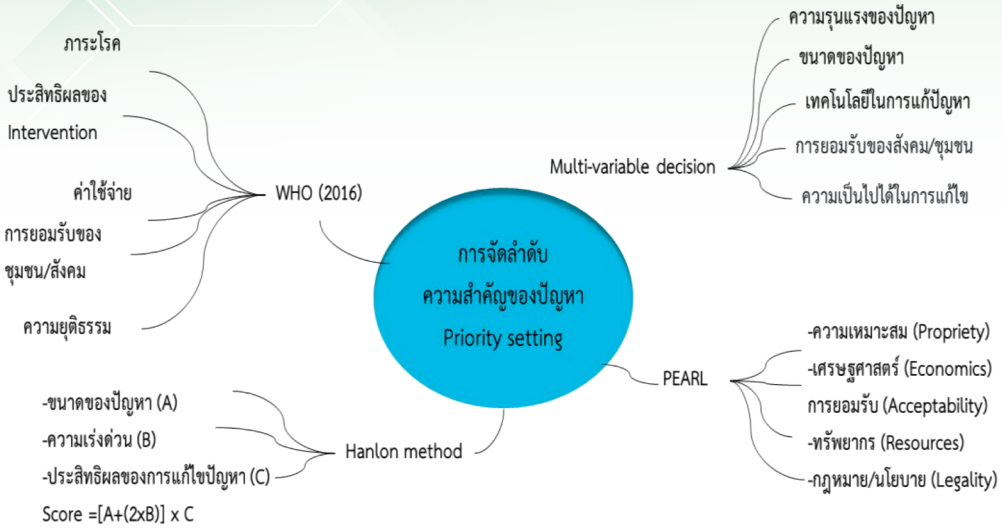
- การจัดทำแผนที่ แผนที่มีความสำคัญต่องานอนามัยสิ่งแวดล้อมมาก โดยสามารถใช้สำหรับการวางแผนงาน การสำรวจ การควบคุมกำกับการดำเนินงาน ขอบเขตของแผนที่ ต้องครอบคลุมพื้นที่ให้บริการและมีรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงาน เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ถนน แหล่งน้ำ บริเวณพื้นที่บำบัดน้ำเสีย การกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล อาคารสถานที่สำคัญต่าง ๆ เช่น ศูนย์บริการ วัด โรงเรียน ลักษณะการกระจายตัวของบ้านเรือนและอาคารในชุมชน สเกลที่ใช้ควรแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ปรากฏบนแผนที่กับระยะทางจริง และต้องมีการปรับปรุงให้ทันสมัยตรงตามลักษณะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อาจใช้ระบบภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics) ช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลพื้นที่กับค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

(3) การวิเคราะห์ข้อมูลและการชี้บ่งปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนนี้เป็นการค้นหาปัญหา ความจำเป็นหรือความต้องการของชุมชน โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานและแผนที่ และเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณหาอัตราและสัดส่วนต่าง ๆ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ หรือใช้หลักการประเมินผลกระทบสุขภาพ การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ แม้กระทั่งการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ สิ่งใดที่ไม่เป็นไปตามตัวชี้วัดสิ่งนั้นก็เป็นปัญหาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขต่อไป ผลจากขั้นตอนนี้ทำให้สามารถชี้บ่งปัญหาต่าง ๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่หรือชุมชนนั้น ๆ ซึ่งอาจจะมีปัญหาที่ต้องการแก้ไขหลายประการ แต่เนื่องจากในความเป็นจริง แต่ละหน่วยงานไม่สามารถจัดการได้ทุกเรื่องพร้อม ๆ กัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องจัดลำดับความสำคัญของปัญหาสำหรับการตัดสินใจการจัดทำแผนและโครงการสำหรับการแก้ไขปัญหา

2. การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Priority setting)

การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา มีความสำคัญสำหรับขั้นการตัดสินใจว่าปัญหาใดควรมีการแก้ไขก่อน ปัญหาใดสามารถดำเนินการแก้ไขในภายหลังได้ วิธีและเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญปัญหามีหลายแนวคิด แต่เดิมทางด้านสาธารณสุขเน้นที่การเจ็บป่วยหรือการเกิดโรค อย่างไรก็ตามปัญหาด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมถ้าจะมุ่งที่โรค ดัชนีที่ใช้อาจไม่เหมาะสมและไม่สนับสนุนหลักการที่ว่างานอนามัยสิ่งแวดล้อมเป็นงานป้องกันที่แหล่งกำเนิด และลดการได้รับสัมผัส เกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาสาธารณสุขมีหลายหน่วยงานที่ได้กำหนดขึ้นมา เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO), Hanlon method, PEARL, Multi-variable decision ซึ่งแต่ละแนวคิดอาจมีเกณฑ์ที่เหมือนหรือต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 10.10



ภาพที่ 10.10 ตัวอย่างเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

ในที่นี้นำเสนอเกณฑ์แบบผสมผสานระหว่างวิธีเหล่านี้ ดังนี้

1) ขนาดของปัญหา พิจารณาจากจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากปัญหานั้น ๆ ว่ามีจำนวนมากน้อยอย่างไร สำหรับบางประเด็นอาจจะคาดเดาจำนวนคนที่ได้รับผลกระทบลำบากเพราะผลกระทบบางเรื่องไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้นประชากรอาจหมายถึงอัตราส่วนของตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน/ผิดปกติ เช่น ร้อยละของตัวอย่างน้ำแข็งที่ปนเปื้อนเชื้อ *E.coli* หรืออาจจะใช้ขอบเขตของการเกิดปัญหานั้นก็ได้ เช่น เกิดเฉพาะพื้นที่ หรือเกิดผลในหลายพื้นที่

2) ความรุนแรงของปัญหา หรือระดับผลกระทบ พิจารณาจากอัตราการตาย ความพิการ การเจ็บป่วยด้วยโรคต่าง ๆ โรคที่มีอัตราการตายหรือความพิการมากมีความรุนแรงของปัญหามาก การได้รับสัมผัสสิ่งอันตรายทางเคมีที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ อาจจะยังไม่สามารถวัดอัตราป่วยที่สัมพันธ์กับสิ่งอันตรายนั้น ๆ ได้ ดังนั้นถ้าวัดที่ระดับผลกระทบอาจจะใช้ตัวชี้วัดอื่นร่วมด้วย เช่น ผลกระทบต่องบประมาณ ชื่อเสียงของหน่วยงาน ความเร่งด่วนที่เกี่ยวกับการป่วยหรือเสียชีวิต (เช่น คุณภาพของน้ำประปาเกินค่ามาตรฐานต้องเร่งแก้ไขให้ได้ตามมาตรฐาน) ผลผลิต/ผลงานลดลง

3) ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา พิจารณาจากเทคโนโลยีที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ ค่าใช้จ่ายทรัพยากร และข้อจำกัด รวมทั้งบุคลากร สมรรถนะ ความรู้ ความเชี่ยวชาญ ทักษะ ประสบการณ์ ภาคีเครือข่าย

4) การยอมรับของชุมชน ปัญหาที่ชุมชนมีความต้องการร่วมกันในการแก้ไขมากเป็นปัญหาที่มีการยอมรับของชุมชนสูง

5) ความยุติธรรมหรือความเท่าเทียมทางสุขภาพอย่างยุติธรรม ผู้ให้บริการ สถานบริการและระบบบริการของแต่ละพื้นที่จัดสรรทรัพยากรตามความจำเป็นของการใช้เพื่อคุณภาพชีวิต อย่างมีหลักเกณฑ์ มีมาตรฐานและมีความเท่าเทียมของประชาชน ทั้งในระดับรายบุคคล ครอบครัวและชุมชนการกำหนดให้คะแนนของแต่ละเกณฑ์เป็นได้ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป โดยทั่วไปนิยมค่าคะแนนระหว่าง 1-5 แล้วบันทึกลงในตารางดังแสดงในตารางที่ 10.1 แล้วคำนวณผลลัพธ์ โดยนำคะแนนมาบวกกันหรือคูณกันอย่างใดอย่างหนึ่ง ปัญหาใดที่มีคะแนนผลลัพธ์สูงสุดเป็นปัญหาที่มีความจำเป็นต้องแก้ไขโดยเร่งด่วนที่สุด ปัญหาที่มีคะแนนมากถัดมาเป็นปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขเรียงกันไปตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าปัญหาน้ำแข็ง ปนเปื้อนเชื้อ *E.coli* มีความสำคัญสูงสุด ตามมาด้วยขยะตกค้าง ไข้หวัดใหญ่ ขยะติดเชื้อปนในขยะทั่วไป และน้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ตามลำดับ

ตารางที่ 10.1 ตัวอย่างการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อม แขวงสีกัน เขตดอนเมือง

ปัญหา	ขนาดของปัญหา	ความรุนแรงของปัญหา	ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา	การยอมรับของชุมชน	ความยุติธรรม	คะแนนผลบวก
1. น้ำแข็งปนเปื้อนเชื้อ *E.coli*	4	3	2	5	4	18
2. ขยะตกค้าง	4	3	1	1	5	14
3. ไข้หวัดใหญ่ ในกลุ่มที่พักคนงานก่อสร้าง	4	5	1	2	1	13
4. ขยะติดเชื้อปนในขยะทั่วไป	2	2	1	3	1	9
5. น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	1	1	1	3	1	7

ข้อแนะนำการกำหนดเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญ

1) **แยกแยะสาเหตุของปัญหา**
2) **การตั้งเกณฑ์หลัก** ควรมองเป็นเรื่องการจัดการเพื่อป้องกันและคุ้มครองประชาชน หรือผู้ปฏิบัติงาน
3) **เรื่องของสุขภาพ** ให้มองสถานะสุขภาพเป็นหลัก ถ้ามองเป็นเรื่องโรคอาจจะยากในการโยงกลับไปที่สาเหตุ
4) **กำหนดตัวชี้วัด** ที่สามารถใช้ได้กับทุกปัญหา ดังนั้นต้องกว้างแต่ยังเก็บสาระสำคัญของเกณฑ์หลักได้
5) **ไม่ระบุหน่วยวัดที่เฉพาะเจาะจง** ใช้เป็นอัตรา กลุ่ม ระดับแบบเชิงคุณภาพ
6) **แบ่งเกณฑ์ย่อยของเกณฑ์หลักเป็นหมวดหมู่** เช่น งบประมาณ ระบบการทำงาน แผนงานที่เกี่ยวข้อง

3. การวางแผนกลยุทธ์

การวางแผนกลยุทธ์หรือกลวิธี เป็นการวางแผนหลังจากทราบว่าปัญหาใดมีความสำคัญและจำเป็นต้องได้รับการจัดการ ทั้งนี้ปัญหาที่มีความสำคัญสูงจะได้รับการพิจารณาแก้ไขก่อนปัญหาที่มีความสำคัญต่ำกว่า จำนวนของปัญหาที่จะนำมาแก้ไขนั้นขึ้นกับทรัพยากรที่มีอยู่ หากมีกำลังบุคลากรมาก งบประมาณมากก็สามารถแก้ไขปัญหาพร้อม ๆ กันได้หลายปัญหาในคราวเดียวกัน แต่หากมีทรัพยากรน้อย จำนวนของปัญหาที่จะนำมาแก้ไขก็ต้องมีจำนวนน้อยลงให้สอดคล้องกับทรัพยากร เมื่อทราบว่าจะนำปัญหาใด มาแก้ไขแล้วก็นำปัญหานั้นมาจัดทำแผนงานหลักหรือแผนยุทธวิธีเพื่อการแก้ไขต่อไป ซึ่งแผนงานหลักจะต้อง มีสาระสำคัญตามหัวข้อต่อไปนี้

หัวข้อ	แนวปฏิบัติ
ปัญหาและสาเหตุของปัญหา	ปัญหาและสาเหตุของปัญหา ระบุชื่อของปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เลือกมาจัดทำแผนงานหลัก และระบุเหตุผลที่เลือกให้ชัดเจนอย่างเฉพาะเจาะจงจะได้กำหนดจุดประสงค์ และวิธีในการแก้ไขได้ตรงกับสาเหตุ
วัตถุประสงค์	ระบุวัตถุประสงค์สำหรับแก้ไขปัญหา หรือทำให้ปัญหาหมดไปหรือลดลงจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วัตถุประสงค์ที่ดีจะต้องสอดคล้องกับปัญหามีความเป็นไปได้ที่จะดำเนินการ และสามารถวัดผลได้
เป้าหมาย	ระบุผลสัมฤทธิ์ขั้นต่ำที่จะทำให้วัตถุประสงค์บรรลุได้ โดยระบุเป็นจำนวนที่สามารถวัดได้
กลวิธี	รวมแนวทางปฏิบัติหรือมาตรการในการดำเนินการที่ได้ผ่านการพิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสม และเมื่อดำเนินการแล้วจะทำให้เป้าหมายบรรลุ
โครงการหรือแผนปฏิบัติการ	ระบุกิจกรรมสำคัญที่จะดำเนินงานสำหรับแต่ละกลวิธี เพื่อที่จะนำกิจกรรมเหล่านั้นไปจัดทำรายละเอียดเป็นโครงการหรือแผนปฏิบัติต่อไปในแต่ละกลวิธี อาจจะมีกิจกรรมเดียวหรือหลายกิจกรรมที่จะสนับสนุน
พื้นที่ดำเนินงาน	ระบุขอบเขตพื้นที่ที่ชัดเจน
ระยะเวลาดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน ระบุเวลาที่คาดว่าจะเริ่มต้นและสิ้นสุดการดำเนินงาน
หน่วยงานที่รับผิดชอบ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ ระบุหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดำเนินงาน
ทรัพยากรและงบประมาณ	ระบุทรัพยากรและงบประมาณที่จะใช้ในแต่ละโครงการและภาพรวมของแผนงานหลัก
การประเมินผล	ระบุแนวทางในการวัดความสำเร็จของแผนงานหลัก โดยระบุตัวชี้วัดและวิธีการประเมินผลให้ชัดเจน

(ก) หลักการตั้งเป้าหมายที่ดี

สิ่งสำคัญที่สุดของการจัดทำแผนคือสามารถดำเนินการลุล่วงบรรลุเป้าหมายของหน่วยงานในการบริหารธุรกิจได้มีการใช้หลักการตั้งเป้าหมายที่ดี “SMART” มาช่วยในการตั้งวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่มีความเจาะจง วัดผลได้ บรรลุผลได้ สอดคล้องกับความเป็นจริง และอยู่ในกรอบเวลา ความหมายของ SMART มีดังนี้



(ข) กระบวนการประเมินผล

กระบวนการประเมินผล มีองค์ประกอบที่สำคัญตั้งแต่ก่อนเริ่มดำเนินการ ความก้าวหน้าในกระบวนการผลผลิต และผลกระทบต่อสังคม ดังนี้

(1) **ความสอดคล้อง (Relevance)** ของกลยุทธ์ที่กำหนดมีความเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ขององค์กรหรือรัฐบาล

(2) **ความเพียงพอ (Adequacy)** ของทรัพยากรเพื่อการดำเนินกิจกรรมของหน่วยงานนำส่งผลผลิตตามที่กำหนดไว้ในแผนปฏิบัติงาน

(3) **ความก้าวหน้า (Progress)** เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมที่ได้จัดทำจริงกับกิจกรรมที่กำหนดไว้ตามแผน

(4) **ประสิทธิภาพ (Efficiency)** เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับทรัพยากรที่ใช้

(5) **ประสิทธิผล (Effectiveness)** เป็นการศึกษาถึงผลที่ได้รับ (Effect) ที่มีต่อการปรับปรุงสถานการณ์ที่ไม่พึงพอใจให้ดีขึ้นจากการนำผลผลิตไปใช้ประโยชน์ โดยมีการประเมินประสิทธิภาพ รายปี

(6) **ผลลัพธ์และผลผลิต (Outcome and Output)** เป็นการประเมินผลประโยชน์ที่เกิดจากการทำกิจกรรมที่มีต่อกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับบริการ และการประเมินผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมโดยมีการประเมินระดับความสำเร็จตามตัวชี้วัดผลลัพธ์และผลผลิต

(7) **การประเมินผลกระทบเป็นการศึกษาผลที่ได้รับรวบยอด** ที่ระบุความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามทิศทางที่พึงประสงค์ตามนโยบายระยะยาวขององค์กรหรือรัฐบาล

ตัวอย่างของแผนงานหลักหรือแผนกลยุทธ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

1. ปัญหาและสาเหตุของปัญหา

ปัญหาการระบาดของโรคอุจจาระร่วงในเขตอำเภอ ก จังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากส้วมที่ถูกสุขลักษณะมีจำนวนไม่เพียงพอ และขาดความรู้ ความเข้าใจหลักสุขาภิบาลที่ดีในการป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรค

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาให้ส้วมในเขตอำเภอ ก ถูกสุขลักษณะ

2.2 เพื่อส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสุขาภิบาล และการป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรค

3. เป้าหมาย

3.1 จำนวนส้วมถูกสุขลักษณะเพิ่มขึ้นร้อยละ.....

3.2 ลดอัตราการป่วยด้วยโรคอุจาระร่วงไม่ให้เกิน .....รายต่อประชากรแสนคนในปี พ.ศ. .....
(ระยะเวลาอาจจะภายใน 1 ปี ไม่เกิน 2 ปี เนื่องจากโครงการลักษณะนี้ค่อนข้างใช้เวลา)

*ข้อควรระวังของการตั้งอัตราป่วยเป็นเป้าหมาย เช่น ในกรณีนี้โรคอุจจาระร่วงอาจเกิดจากสาเหตุอื่นก็ได้ ดังนั้นการดำเนินตามแผนงานลุล่วงแต่อัตราป่วยโรคอุจจาระร่วงอาจไม่ลดลงตามเป้า เนื่องจากยังไม่ได้จัดการปัญหานี้จากสาเหตุอื่น

4. กลยุทธ์

4.1 ส่งเสริมการสร้างและปรับปรุงแก้ไขส้วมให้ถูกสุขลักษณะ มีจำนวนเพียงพอ

4.2 อบรมและสื่อสารให้ความรู้กับประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับการสร้างส้วมที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและการรักษาทำความสะอาด

4.3 รณรงค์ให้ความรู้แก่ประชาชนเพื่อสร้างความตระหนักในการป้องกันตนจากการสัมผัสเชื้อโรคที่ทำให้เกิดอุจจาระร่วง

5. โครงการหรือแผนปฏิบัติการ

1) โครงการส่งเสริมการสร้างส้วมที่ถูกสุขลักษณะ
2) โครงการปรับปรุงแก้ไขส้วมสาธารณะที่ไม่ถูกสุขลักษณะ
3) โครงการรณรงค์เพื่อให้ความรู้ด้านการป้องกันโรคจากอาหารและน้ำเป็นสื่อ

6. พื้นที่ดำเนินงาน เขตอำเภอ ก จังหวัดกาญจนบุรี

7. ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน .... ปี ระหว่าง ..... - .....

8. หน่วยงานที่รับผิดชอบ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาญจนบุรี

9. ทรัพยากรและงบประมาณ

1) โครงการส่งเสริมการสร้างส้วมที่ถูกสุขลักษณะ .....บาท
2) โครงการปรับปรุงแก้ไขส้วมสาธารณะที่ไม่ถูกสุขลักษณะ.....บาท

3) การวางแผนปฏิบัติการหรือแผนโครงการ

ขั้นตอนของการนำกิจกรรมที่จะดำเนินงานสำหรับแต่ละกลยุทธ์มาจัดทำเป็นโครงการหรือแผนปฏิบัติการ การเขียนโครงการควรประกอบด้วย หัวข้อต่อไปนี้

1) **ชื่อโครงการ** ระบุให้ตรงกับชื่อโครงการหรือแผนปฏิบัติการที่ระบุไว้ในแผนงานหลัก
2) **ความสำคัญของโครงการ** ระบุสภาพของปัญหาที่วิเคราะห์มาได้และความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหา รวมทั้งผลหรือการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีที่จะเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหานั้น ๆ
3) **วัตถุประสงค์** ระบุให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแผนงานหลัก โดยหากวัตถุประสงค์ของทุกโครงการภายใต้แผนงานหลักบรรลุจะทำให้วัตถุประสงค์ของแผนงานหลักบรรลุไปด้วย
4) **เป้าหมาย** ระบุให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป็นตัวเลขที่สามารถวัดได้
5) **วิธีดำเนินงาน** ระบุการดำเนินงานแต่ละกิจกรรมอย่างละเอียด มีขั้นตอนที่เหมาะสม มีความเป็นไปได้ สอดคล้องกับกลวิธีในแผนงานหลัก และผลจากการดำเนินงานต้องทำให้เป้าหมายบรรลุได้
6) **วัสดุอุปกรณ์และงบประมาณ** ระบุวัสดุอุปกรณ์และใช้จ่ายที่ต้องใช้ในโครงการให้ชัดเจน โดยระบุแยกตามหมวดงบประมาณหรือชนิดของวัสดุอุปกรณ์
7) **แผนควบคุมกำกับงาน** ระบุกิจกรรมที่จะปฏิบัติตามขั้นตอน รวมทั้งเวลาที่เริ่มต้นและสิ้นสุดการดำเนินการของแต่ละกิจกรรม และผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม โดยทั่วไปจะใช้ตารางกำกับงาน (Gantt Chart) สำหรับควบคุมกำกับงาน
8) **การประเมินผล** ระบุวิธีการประเมินผลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมาย
9) **ผลที่คาดว่าจะได้รับ** ระบุผลดีที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการโดยต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมาย

ตัวอย่างของแผนปฏิบัติการหรือแผนโครงการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

1. ชื่อโครงการ โครงการส้วมสุขสันต์ในโรงเรียนในอำเภอ ก จังหวัดกาญจนบุรี

2. ความสำคัญของโครงการ

การจัดกระบวนการเรียนในสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องส่งเสริมสนับสนุนให้โรงเรียนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม และสิ่งอำนวยความสะดวกขั้นพื้นฐานที่เพียงพอและมีคุณภาพตามมาตรฐาน เพื่อให้ผู้เรียนมีสุขภาพอนามัยแข็งแรง พร้อมสำหรับการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามในรอบปีที่ผ่านมาพบว่าการระบาดของโรคอุจจาระร่วงของอำเภอ ก เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 2550 เป็น 5,500 ราย หรือ 1,100 รายต่อประชากรแสนคนในปี พ.ศ.....และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในปีต่อ ๆ ไป ซึ่งจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจสังคมอย่างยิ่ง ทั้งนี้พบว่าแหล่งใหญ่ของการระบาดเกิดขึ้นที่โรงเรียนโดยเฉพาะช่วงฤดูร้อน จึงมีความจำเป็นที่สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานร่วมกันพัฒนามาตรฐานส้วมในโรงเรียนได้เกณฑ์มาตรฐานส้วมสาธารณะระดับประเทศ (HAS) โดยจัดทำโครงการส้วมสุขสันต์ในโรงเรียน (Happy Toilet School)

3. วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาส้วมของโรงเรียนให้ได้มาตรฐานใน 3 เรื่อง คือ สะอาด (Healthy) เพียงพอ (Accessibility) และปลอดภัย (Safety)

2) เพื่อปลูกฝังให้นักเรียนมีพฤติกรรมการใช้ส้วมอย่างถูกสุขลักษณะ

4. เป้าหมาย

นักเรียนจำนวน ..... คน ครูโรงเรียนจำนวน..... คนเข้าร่วมโครงการ

5. วิธีดำเนินงาน

1) ประชุมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน
2) ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์
4) ฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานส้วม HAS แก่ผู้อำนวยการโรงเรียน ครู นักเรียน นักการภารโรง และผู้ประกอบการร้านค้าในโรงเรียน จำนวน 500 คน
5) จัดนิทรรศการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขลักษณะส่วนบุคคล การรักษาความสะอาดของส้วม การป้องกันตนเองจากโรคอุจจาระร่วงทุกเดือน ๆ ละ 3 ครั้ง
6) จัดให้มีการปรึกษาทางด้านวิศวกรรมการปรับปรุงแก้ไขส้วมที่ไม่ได้มาตรฐาน
7) ประเมินผลการปฏิบัติงานทุก 4 เดือน

6. วัสดุอุปกรณ์และงบประมาณ การคิดคำนวณงบประมาณพิจารณาจาก 5 หมวดหลัก ดังนี้

1) หมวดค่าตอบแทน
2) หมวดค่าใช้สอย
3) หมวดวัสดุอุปกรณ์
4) หมวดค่าสาธารณูปโภค
5) หมวดค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด

7. แผนควบคุมกำกับงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี ระหว่าง 1 พ.ค. 2551 - 30 ก.ย. 2552 ตามตารางกำกับงาน (Gantt chart) ดังตัวอย่างด้านล่าง

8. การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการสำรวจความรู้ ทัศนคติและการปฏิบัติตนของนักเรียน ครู นักการภารโรง และผู้ประกอบการร้านค้า โดยใช้แบบสอบถาม และสัมภาษณ์
2. สำรวจสภาพห้องส้วมของโรงเรียน

9. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

โรงเรียนในเขตอำเภอ ก มีห้องส้วมตามมาตรฐาน HAS

ตัวอย่างตารางกำกับการดำเนินงาน

เวลา / กิจกรรม	เดือน												หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ประชุมทีมงาน ฯ	—												
ประสานงานหน่วยงาน ฯ	—												
การเตรียมวัสดุอุปกรณ์	—	—											
จัดฝึกอบรม			—	—	—	—	—	—	—	—	—		
จัดนิทรรศการ			—	—	—	—	—	—	—	—	—		
การปรึกษาทีมวิศวกร				—	—	—	—	—	—				
การประเมินผล				▲				▲				▲	
การจัดทำรายงาน										—	—	—	

บรรณานุกรม

Ababa, A. (2017). **National malaria guidelines (3rd edition).** Federal Democratic Republic of Ethiopia, Ministry of Public Health.

American Water College. (2021). **Disinfection breakpoint chlorination.** Retrieved 5 June 2021 from https://www.americanwatercollege.org.

American Water Resources Association Staff, American Society of Civil Engineers Staff, & American Water Works Association. (1998). **Water treatment plant design.** McGraw-Hill Professional.

American Water Works Association. (1984). **Introduction to water treatment (Volume 2).** Colorado: American Water Works Association.

American Water Works Association. (2011). **Water quality and treatment: A handbook for drinking water (6th edition).** McGraw-Hill Education.

American Water Works Association. (2012). **Water Treatment Plant Design.** McGraw-Hill Education.

Barry Judith. (2012). Characterization of DoD Installation Wastewater Treatment.

Barton, H., & Grant, M. (2006). A health map for the local human habitat. Journal of the Royal Society for the Promotion of Health, 126(6), 252-253.

Batstone, R., Smith, J. E. J., Wilson, D., WHO, & UNEP. (1989). **The safe disposal of hazardous wastes: The special needs and problems of developing countries.** World Bank technical paper; no. WTP 93 Washington, D.C.: World Bank Group.

Bentley, M. (2014). An ecological public health approach to understanding the relationships between sustainable urban environments, public health and social equity. **Health Promotion International,** 29(3), 528-537.

Brinkerhoff, D. W., & Bossert, T. J. (2014). Health governance: principal–agent linkages and health system strengthening. **Health Policy and Planning, 29(6),** 685-693.

Carr, R. (2005). WHO guidelines for safe wastewater use—more than just numbers. Irrigation and Drainage: **The Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage, 54**(S1), S103-S111.

Chalkidou, K., Glassman, A., Marten, R., Vega, J., Teerawattananon, Y., Tritasavit, N., ... & Culyer, A. J. (2016). Priority-setting for achieving universal health coverage. **Bulletin of the World Health Organization, 94(6),** 462 – 467.

Cheremisinoff, P. (2013). **Waste incineration handbook.** Butterworth-Heinemann.

Clasen, T. F., Bostoen, K., Schmidt, W. P., Boisson, S., Fung, I. C. H., Jenkins, M. W., ... & Cairncross, S. (2010). Interventions to improve disposal of human excreta for preventing diarrhoea. **Cochrane Database of Systematic Reviews,** (6), CD007180.

Cooper, C. D., & Alley, F. C. (2010). Air pollution control: A design approach. Illinois: Waveland press.

Daly, A., & Zannetti, P. (2007). An introduction to air pollution–definitions, classifications, and history. In: P. Zannetti, D. Al-Ajmi and S. Al-Rashied (Editors), **Ambient air pollution.** (pp.1-14). The Arab School for Science and Technology and The EnviroComp Institute.

Daniel, D. E. (Ed.). (2012). **Geotechnical practice for waste disposal.** Springer Science & Business Media.

Davis M.L. (2010). **Water and Wastewater Engineering.** McGraw-Hill Education.

De Nevers, N. (2010). **Air pollution control engineering.** Waveland press.

Eckenfelder, W. (2000). **Industrial water pollution control.** McGraw-Hill.

EPA. (2018). **Types of septic systems.** Retrieved 31 May 2021 from https://www.epa.gov/septic/types-septic-systems.

FAO (2009) **Good Hygienic practices in the preparation and sale of street food in Africa: Tool for training.** Retrieved 24 May 2021 from http://www.fao.org/3/a0740e/a0740e00.pdf.

Franceys, R., Pickford, J., Reed, R., & World Health Organization. (1992). **A guide to the development of on-site sanitation.** World Health Organization.

Harvey, P. A. (2007). **Excreta Disposal in Emergencies: A field manual.** Water, Engineering and Development Centre (WECD), UK: Loughborough University.

Howard, G., Jahnel, J., Frimmel, F. H., McChesney, D., Reed, B., Schijven, J., & Braun-Howland, E. (2006). Human excreta and sanitation: potential hazards and information needs. In: Schmoll et al. (Editors). **Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources.** (pp. 275-308). Geneva: World Health Organization; London, England: IWA Publishing.

IGRAC. (2021). The Water Module: Poster - Water Cycle. Retrieved 31 May 2021 from https://www.un-igrac.org/resource/water-module-poster-water-cycle.

ITRI. (2018). Innovative UASB e-Reactor. Retrieved 6 May 2021 from https://www.itri.org.tw/english/Innovative-UASB-eactor?CRWP=1070562721270263620.

Jiawkok, S., & Koottatep, T. (2006). **Assessment of on-site sanitation systems in peri-urban communities by using selected sustainability indicators.** (MSc thesis, Asian Institute of Technology, Pathumthani, Thailand).

Ken Ives. (2021). **Coagulation and flocculation.** Retrieved 2 June 2021 from https://vdocuments.mx/14-coagulation-and-flocculation.html.

King, H., & Bedale, W. (2017). **Hazard analysis and risk-based preventive controls: improving food safety in human food manufacturing for food businesses.** Academic Press.

Kodali, R. K., & Ramakrishna, P. S. (2017, December). **Modern sanitation technologies for smart cities.** In 2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), pp. 706-709, doi: 10.1109/R10-HTC.2017.8289055.

Koehler P. G. and Kern, W. H. Jr. Rat and mouse control. Retrieved 30 May 2021 from http://edis.ifas.ufl.edu/DH044.

Koren, H., & Bisesi, M. S. (2002). **Handbook of environmental health, volume I: Biological, chemical, and physical agents of environmentally related disease (Vol. 1).** CRC press.

Koren, H., & Bisesi, M. S. (2016). **Handbook of environmental health, volume II: Pollutant interactions in air, water, and soil.** CRC Press.

Lazaridis, M. (2011). First principles of meteorology. In First Principles of Meteorology and Air Pollution (pp. 67-118). Springer, Dordrecht.

Marriott, N. G., Gravani, R. B., & Schilling, M. W. (2006). **Principles of food sanitation (Vol. 22).** New York: Springer.

McGhee, T. J., & Steel, E. W. (1991). **Water supply and sewerage (Vol. 6).** New York: McGraw-Hill.

McMichael, A., Scholes, R., Hefny, M., Pereira, E., Palm, C., & Foale, S. (2005). Linking ecosystem services and human well-being. In: Capistrano, Doris, Samper K., Cristián, Lee, Marcus J., and Raudsepp-Hearne, Ciara, (Editors), Ecosystems and human well-being: multiscale assessments. (pp. 43-60). Island Press. Washington DC: Island Press.

Menon, D., Stafinski, T., & Martin, D. (2007). Priority-setting for healthcare: who, how, and is it fair?. **Health policy, 84** (2-3), 220-233.

Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (1991). Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse (Vol. 4). New York: McGraw-Hill.

Mullen, G. R., & OConnor, B. M. (2019). Mites (Acari). In: Mullen, G. R. & Durden, L. A. (Editors), *Medical and veterinary entomology.* (pp. 533-602). Academic Press.

NEHA. (2013). **New Perspectives on Environmental Health: The approval of new definitions. Journal of Environmental Health, 76**(3): 72-73. Retrieved 31 May 2021 from https://www.neha.org/sites/default/files/about/JEH-Oct-2013-Definition-Environmental-Health.pdf.

Phalen, R. F., & Phalen, R. N. (2011). **Introduction to air pollution science: a public health perspective.** Jones & Bartlett Publishers.

Rajan, D. (2016). Situation analysis of health sector. In: Schmets, G., Rajan, D. & Kadandale, S. (Editors). **Strategizing national health in the 21st century: a handbook.** (pp. 1-64). Geneva: World Health Organization.

Rendón, O. R., Garbutt, A., Skov, M., Möller, I., Alexander, M., Ballinger, R., ... & Beaumont, N.(2019). A framework linking ecosystem services and human well-being: Saltmarsh as a case study. **People and Nature, 1**(4), 486-496.

Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., & Cartmell, E. (2015). The characterization of feces and urine: a review of the literature to inform advanced treatment technology. Critical Reviews in **Environmental Science and Technology, 45(17),** 1827-1879.

Salvato, J. A., Nemerow, N. L., & Agardy, F. J. (2003). **Environmental engineering (5th edition).** John Wiley & Sons.

Schnelle Jr, K. B., Dunn, R. F., & Ternes, M. E. (2016). **Air pollution control technology handbook (2nd edition).** CRC press.

Shaw, E. M., Beven, K. J., Chappell, N. A., & Lamb, R. (2017). **Hydrology in practice (4th edition).** CRC press.

Sibbald, S. L., Singer, P. A., Upshur, R., & Martin, D. K. (2009). Priority setting: what constitutes success? A conceptual framework for successful priority setting. **BMC Health Services Research, 9(1),** 1-12.

Sinsupan, T., & Koottatep, T. (2004). **Material flux analysis (MFA) for Planning of domestic wastes and wastewater management: case study in Pakkret Municipality, Nonthaburi, Thailand.** (Master thesis, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, Bangkok).

Smith, K. R., & Ezzati, M. (2005). How environmental health risks change with development: the epidemiologic and environmental risk transitions revisited. **Annual Review of Environment Resources, 30,** 291-333.

SUEZ. (2021). Handbook of Industrial Water Treatment. Retrieved 3 June 2021 from https://www.suezwatertechnologies.com/handbook/handbook-industrial-watertreatment.

Tan, Z. (2014). **Air pollution and greenhouse gases: from basic concepts to engineering applications for air emission control.** Springer.

Tchobanoglous, G. (2009). Solid waste management. In: Nemerow, N. L., Agardy, F. J., Sullivan, P. J. & Salvato, J. A. (Editors). **Environmental engineering: Environmental health and safety for municipal infrastructure, land use and planning, and industry.** (pp. 177-307). New Jersey: Wiley.

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). Handbook of solid waste management. McGraw-Hill Education.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). Integrated solid waste management: **Engineering principles and management issues.** McGraw-Hill.

Terwindt, F., Rajan, D., & Soucat, A. (2016). **Priority-setting for national health policies, strategies, and plans.** In: Schmets, G., Rajan, D. & Kadandale, S. (Editors). Strategizing national health in the 21st century: a handbook. (pp. 1-71). Geneva: World Health Organization.

Theodore, L. (2008). **Air pollution control equipment calculations.** John Wiley & Sons.

Tilley, E. (2014). **Compendium of sanitation systems and technologies.** Dübendorf: Eawag.

Tilley, E., Bieri, S., & Kohler, P. (2013). **Sanitation in developing countries: a review through a gender lens.** Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, 3(3), 298-314.

Vallero, D. (2014). **Fundamentals of air pollution.** Academic press.

Wang, L. K., Hung, Y. T., & Shammas, N. K. (2009). **Handbook of advanced industrial and hazardous wastes treatment.** CRC press.

Water, G. (2014). **Sanitation and Hygiene.** Geneva: World Health Organization.

WHO. (1992). **A guide to the development of on-site sanitation.** Geneva: World Health Organization.

WHO. (2001). **Water Quality: Guidelines, Standards and Health.** Edited by Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0

WHO. (2017). **Water, sanitation and health: guidelines for drinking water quality (4th edition).** Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950.

WHO. (2018). **WHO housing and health guidelines.** Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376

WHO. (2018). **Guidelines on sanitation and health.** Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf

กนกพรรณ ศรีมโนภาษ. (ม.ป.ป.). Norovirus กับความปลอดภัยอาหาร. สืบค้น 2 พฤษภาคม 2564 จาก https://www.fisheries.go.th/quality/Norovirus.pdf.

กรมควบคุมมลพิษ (2539). **คู่มือปฏิบัติการสำหรับเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษในการตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรม เล่มที่ 2/2.** กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทสถานศึกษา.** สืบค้น 7 พฤษภาคม 2564 จาก http://cac.pcd.go.th/images/ptechResource/PublishDoc/2557-Buildingschool/2557-Building-school.pdf.

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). **คู่มือความรู้เกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS สำหรับอาคาร.** สืบค้น 12 พฤษภาคม 2564.
จาก http://cac.pcd.go.th/images/ptechResource/PublishDoc/2560-AS/60_-AS.pdf.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรมและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 4).** กรุงเทพฯ: บริษัทหนังสือวันดี จำกัด.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.). **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พุทธศักราช 2535 และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง.**

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2540). **คู่มือการปฏิบัติงานควบคุมปัญหาเหตุรำคาญสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับจังหวัด.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2563). **ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้.** ประกาศ ณ วันที่ 13 กรกฎาคม 2563.

กระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). **แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564.** สืบค้น 31 พฤษภาคม 2564 https://www.pcd.go.th/strategy/แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม-2.

กระทรวงสาธารณสุข. (2524). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท.** ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524.

กระทรวงสาธารณสุข. (2534). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534.** ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534.

กองสุขาภิบาลอาหาร กรมอนามัย. **มาตรฐานด้านสุขาภิบาลอาหาร.** สืบค้นจาก https://foodsanold.anamai.moph.go.th/more_news.php?cid=92&filename=index.

จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. (2547). **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อชีวิต (ฉบับปรับปรุง).** นนทบุรี: สาขาวิชาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. (2530). **น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (รายงานการศึกษาต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ).** กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน.

บุญส่ง ไข่เกษ. (2537). **การบำบัดและกำจัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยด้วยระบบติดกับที่.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2554). สืบค้น 12 พฤษภาคม 2564 จาก https://dictionary.orst.go.th/.

มั่นสิน ตัณฑลเวศม์. (2549)**. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย เล่ม 1-2.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุทธนา ศุขสมิติ. (ม.ป.ป.). **การกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมายในการวางแผนงานสาธารณสุข.** เอกสารศูนย์บริหารกฎหมายสาธารณสุข กรมอนามัย กฎกระทรวงว่าด้วยสุขลักษณะของตลาด ปี 2551. สืบค้นจาก http:/laws.anamai.go.th/index.html.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **ชีววิทยาและการควบคุมแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข (พิมพ์ครั้งที่ 4).** กรุงเทพฯ: บริษัทหนังสือวันดี จำกัด.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2562). **การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักการพิมพ์ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.

ภาคผนวก

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1. สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ	ธ	ธ	-	-
2. อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
3. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter) ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
4. ออกซิเจนละลาย (DO)2/	มก./ล.	P20	ธ	6.0	4.0	2.0	-	Azide Modification
5. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2.0	4.0	-	Azide Modificationที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	5,000	20,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	1,000	4,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
8. ไนเตรต (NO3) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	5.0			-	Cadmium Reduction
9. แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ	0.5			-	Distillation Nesslerization
10. ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ	0.005			-	Distillation, 4-Amino antipyrene
11. ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
12. นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ	0.1			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
13. แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
14. สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ	1.0			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
15. แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ 0.05**	0.005*			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
16. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
17. ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ	0.002			-	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
19. สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ	0.01			-	Atomic Absorption - Direct Aspiration
20. ไซยาไนด์ (Cyanide) - กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ	0.1 1.0				Pyridine-Barbituric Acid Low Background Proportional Counter
21. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	-	ธ	0.05			-	Gas-Chromatography
22. ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	1.0			-	Gas-Chromatography
23. บีเอชซีชนิดแอลฟ่า (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.02			-	Gas-Chromatography
24. ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1			-	Gas-Chromatography
25. อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.1			-	Gas-Chromatography
26. เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	0.2			-	Gas-Chromatography
27. เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-	Gas-Chromatography

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ:

[1/]กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า; [2/] ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด; ธ เป็นไปตามธรรมชาติ; ธ'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส; * น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร; ** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร;ˆช องศาเซลเซียส; P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง; P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง; มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร; MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

2 ภาคผนวก

1. ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1 สี (Colour)	แพลทินัม-โคบอลต์	5	15
	2.ความขุ่น (Turbidity)	หน่วยความขุ่น	5	20
	3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.0-8.5	6.5-9.2
ทางเคมี	4.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
	5.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
	6.ทองแดง (cu)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
	7.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
	8.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	9.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 250	600
	10.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.7	1.0
	11.ไนเตรต (NO_3)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 45	45
	12.ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as $CaCO_3$	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 300	500
	13.ความกระด้างถาวร (as $CaCO_3$)	มก./ล.	ไม่เกิน 200	250
	14.ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolved Solids)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 600	1,200
สารพิษ	15.สารหนู (As)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	16.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.1
	17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	18.ปรอท (Hg)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.001
	19.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
	20.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
ทางบักเตรี	21.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	โคโลนีต่อ ลบ.ซม.	ไม่เกินกว่า 500	-
	22.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Most Probable Number (MPN)	เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 ลบ.ซม.	น้อยกว่า 2.2	-
	23.อี.โคไล (E.coli)	-	ต้องไม่มีเลย	-

ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก. 257-2549)

น้ำบริโภคแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท และประเภทที่ 2 ไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ โดยคุณลักษณะที่ต้องการ มีดังนี้

รายการ	คำอธิบาย
1. ลักษณะทั่วไป	ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์หรือเป็นที่น่ารังเกียจ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
2. คุณลักษณะทางฟิสิกส์	• สี ต้องไม่เกิน 5 หน่วยแพลทินัม-โคบอลต์ การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 2120 B • ความขุ่น ต้องไม่เกิน 5 หน่วยเอ็นทียู การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 2130 B • ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 ข้อ 4500-H+ B
3. คุณลักษณะทางเคมี	• ประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามตารางที่ 1ก. • ประเภทที่ 2 ให้เป็นไปตามตารางที่ 1ก. อาจอนุโลมให้เป็นไปตามตารางที่ 1ข. ได้ชั่วคราว
4. สารที่เป็นพิษ	ให้เป็นไปตามตารางที่ 2
5. สุขลักษณะ	1.สุขลักษณะในการทำน้ำบริโภค ให้เป็นไปตาม มอก.34 2.จุลินทรีย์ที่มีในน้ำบริโภค ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้ (ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข อาทิ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๓๖๔) พ.ศ. ๒๕๕๖ เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P364.pdf)

ตารางที่ 1ก. คุณลักษณะทางเคมี

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (มิลลิกรัม/ลิตร)	วิธีวิเคราะห์*
1	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	500	ข้อ 2540 C
2	เหล็ก	0.3	ข้อ 3111 B หรือข้อ 3111 C
3	แมงกานีส	0.05	ข้อ 3111 B
4	ทองแดง	1.0	ข้อ 3111 B
5	สังกะสี	3	ข้อ 3111 B
6	ความกระด้างทั้งหมด (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	100	ข้อ 2340 C
7	ซัลเฟต	200	ข้อ 4500-SO_4^{2-} E
8	คลอไรด์	250	ข้อ 4500-Cl^- B
9	ฟลูออไรด์	0.7	ข้อ 4500-F^- C
10	ไนเทรต (คำนวณเป็นไนโตรเจน)	4	ข้อ 4500-NO_3^- D
11	ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต	0.2	ข้อ 5540 C
12	ฟีนอลิกซับสแตนซ์	0.001	ข้อ 5530 C

หมายเหตุ: * หมายถึง Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

ตารางที่ 1ข. คุณลักษณะทางเคมีอนุโลมของน้ำบริโภคประเภทที่ 2

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (มิลลิกรัม/ลิตร)	วิธีวิเคราะห์*
1	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด	600	ข้อ 2540 C
2	แมงกานีส	0.1	ข้อ 3111 B
3	ความกระด้างทั้งหมด (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	300	ข้อ 2340 C
4	ซัลเฟต	250	ข้อ 4500-SO_4^{2-} E
5	ฟลูออไรด์	1	ข้อ 4500-F^- C
6	ไนเทรต (คำนวณเป็นไนโตรเจน)	10	ข้อ 4500-NO_3^- D
7	ฟีนอลิกซับสแตนซ์	0.005	ข้อ 5530 C

หมายเหตุ: * หมายถึง Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

ตารางที่ 2 สารที่เป็นพิษ

ลำดับที่	รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (มิลลิกรัม/ลิตร)	วิธีวิเคราะห์*
1	ปรอท	0.001	ข้อ 3112 B
2	ตะกั่ว	0.01	ข้อ 3113 B
3	สารหนู	0.01	ข้อ 3113 B
4	ซีลีเนียม	0.01	ข้อ 3113 B
5	โครเมียม	0.05	ข้อ 3113 B
6	ไซยาไนด์	0.07	ข้อ 4500-CN^- F
7	แคดเมียม	0.003	ข้อ 3113 B
8	แบเรียม	0.7	ข้อ 3113 B

หมายเหตุ: * หมายถึง Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

นายแพทย์สุวรรณชัย วัฒนายิ่งเจริญชัย	อธิบดีกรมอนามัย
นายแพทย์ดนัย ธีวันดา	รองอธิบดีกรมอนามัย
นายสมชาย ตู้แก้ว	ผู้อำนวยการสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการผู้จัดทำ

นางปรียานุช บูรณะภักดี	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
นายประโชติ กราบกราน	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
นางวิมลศิริ วิเศษสมบัติ	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
นางสาวณัฐวดี แมนเมธี	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
นายชัยเลิศ กิ่งแก้วเจริญชัย	สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ
นางสาววราภรณ์ ถาวรวงษ์	สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ
ผศ. ดร. นันทิกา สุนทรไชยกุล	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์
ผศ. ดร.นิรวรรณ แสนโพธิ์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ ฉกส.
ดร. บุษราคัม ฐิตานุวัฒน์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์
ดร. มนพร วงศ์สุนทรชัย	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์
ดร. สาธินี ศิริวัฒน์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ ฉกส.
อาจารย์วิยะดา นิลกาญจนกุล	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์
นายศุมล ศรีสุขวัฒนา	นักวิชาการอิสระ

บรรณาธิการ

นางสาวดรรชนี มหาชานิกะ	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
นางสาววรารัตน์ โสวรรณี	สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม

Environmental Health

Environmental Health

กรมอนามัย
DEPARTMENT OF HEALTH



https://www.env.anamai.moph.go.th

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย
เลขที่ 88/22 หมู่ 4 ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์ : 0 2590 4257