บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลพิษทางอากาศ

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมายของอากาศเสียว่าหมายถึงของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสีย กลิ่นควัน ก๊าซ เขม่า ฝุ่นละออง เถ้าถ่านหรือมลสารอื่นที่มีสภาพละเอียดบางเบาจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O_3) (นพภาพร พานิช, 2550)

2.2 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

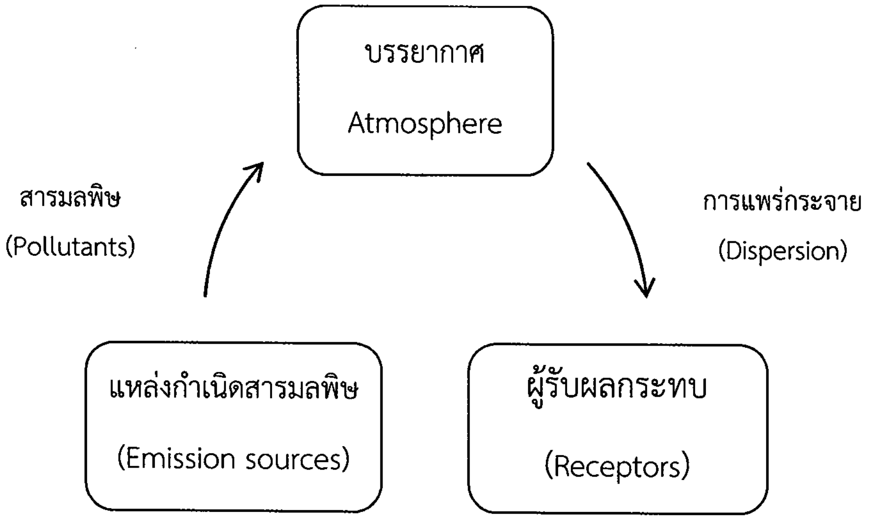
ระบบภาวะมลพิษอากาศ ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (emission sources) อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) และผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (receptor) ซึ่งทั้งสามส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันดังแสดงในภาพที่ 2.1

2.2.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (emission sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษ

2.2.2 อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (media) ให้สารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ

2.2.3 ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (receptors) ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบเป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหาย หรืออันตรายโดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

การรู้ถึงชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถคาดเดาถึงผลกระทบของมลพิษได้ เนื่องจากสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา (meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (topography) จะเป็นตัวกำหนดการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศในพื้นที่โดยรอบ (นพภาพร พานิช, 2550)



ภาพที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ
(ที่มา: นพภาพร พานิช, 2550)

2.3 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศสามารถแบ่งเป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (natural sources) และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (man-made sources) ดังนี้

2.3.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (natural sources)

1) ภูเขาไฟระเบิด การที่เกิดภูเขาไฟระเบิดจะมีเขม่าและก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และขี้เถ้า (ash) ออกมาในบรรยากาศจำนวนมาก ซึ่งเขม่าเหล่านั้นก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศและเขม่าที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิดจะสามารถอยู่ในอากาศได้นานนับปี

2) ไฟป่า เป็นการเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ โดยเฉพาะในฤดูร้อนซึ่งอากาศในบรรยากาศมีอุณหภูมิสูงและการเสียดสีของต้นไม้ใบหญ้าที่อยู่ในป่าทำให้เกิดการลุกไหม้เป็นไฟขึ้น สารมลพิษที่อาจปล่อยออกมาจากการเกิดไฟไหม้ป่า ได้แก่ ควัน เถ้า หรือก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นต้น เมื่อเกิดไฟป่าแต่ละครั้งจะเกิดควันขึ้นมาจำนวนมหาศาล ซึ่งควันที่เกิดจากไฟป่านั้นก็เป็นส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

3) จุลินทรีย์ การเน่าเปื่อยและการหมักสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาเคมีอาจทำให้เกิดสารมลพิษออกสู่บรรยากาศ จุลินทรีย์จะมีการย่อยสลายสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นซากพืชซากสัตว์ ซึ่งในการย่อยสลายจะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) เป็นก๊าซที่ทำในเกิดกลิ่นเหม็น

4) อนุภาคสาร เป็นอนุภาคขนาดเล็กซึ่งสามารถลอยไปตามอากาศซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดโรคต่างๆ มากมาย การฟุ้งกระจายของดิน เมล็ดพืช สปอร์หรือเกสรของพืชอาจก่อให้เกิดการปล่อยสารมลพิษในรูปของอนุภาคของแข็ง เช่น ฝุ่น เปลือกของเมล็ดพืช หรือการฟุ้งกระจายของน้ำทะเลหรือน้ำในมหาสมุทร อาจก่อให้เกิดมลพิษในรูปของละอองลอย (aerosols) ซึ่งมีทั้งอนุภาคของของแข็งและของเหลวถูกปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น อนุภาคของเกลือ

2.3.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (man-made sources)

1) การคมนาคมขนส่ง เกิดจากยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน เรือยนต์ สารมลพิษที่สำคัญออกจากท่อไอเสียรถยนต์ ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เขม่า ควัน ฝุ่นละออง และโลหะหนัก

2) โรงงานอุตสาหกรรม เป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยสารพิษออกสู่อากาศ ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมถลุงโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ในกระบวนการผลิตจะมีสารพิษออกมา เช่น ฝุ่นละออง เขม่าควัน ไอกรด ไอของสารประกอบตะกั่ว ออกไซด์ของกำมะถัน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของคาร์บอน เป็นต้น

3) กิจกรรมด้านการเกษตร เช่น การเผาเศษเหลือทิ้งการเกษตร การฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ทำให้ละอองสารพิษและฝุ่นละอองลอยไปตามกระแสลม

4) การกำจัดขยะมูลฝอย เมืองที่ไม่มีการกำจัดของเสียอย่างถูกหลักสุขาภิบาลหรือตรงตามมาตรฐานจะทำให้ก๊าซมลพิษจากกองขยะหรือเขม่า ควัน ฝุ่นละออง การเผาขยะมูลฝอยจะปนเปื้อนไปในอากาศและเป็นอันตรายได้

5) กิจกรรมการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างอาคารสถานที่ ถนน การถมดิน การผสมปูน การทาสี เป็นต้น ทำให้เกิดฝุ่นละอองสีที่มีพวกโลหะหนัก น้ำมันระเหย เช่น เบนซิน แลกเกอร์ เป็นต้น

2.4 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ

มลพิษอากาศสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (primary air pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นและถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ขี้เถ้า (ash) และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2) สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (secondary air pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วๆไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน (O_3) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี (photochemical oxidation) ระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) กับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) อื่นๆ และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทีรย์ เช่น ก๊าซไฮโดรเจซัลไฟด์ และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น

มลพิษอากาศสามารถแบ่งตามแหล่งการเกิดได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (natural sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของละอองเกลือ เป็นต้น

2) แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (man-made sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้มีการระบายสารมลพิษอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (mobile source) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น และแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (stationary sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารมลพิษอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ

มลพิษอากาศสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) อนุภาคมลสาร (particulates) หมายถึง อนุภาคของสารที่ปนอยู่ในอากาศในสภาพของแข็งหรือของเหลว ณ อุณหภูมิและความดันปกติ ยกเว้นไอน้ำในอากาศ อนุภาคจะมีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดและแหล่งที่ปล่อยออกมา โดยจะมีขนาดตั้งแต่ 0.01-1,000 ไมครอน แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีขนาดเล็กกว่า 50 ไมครอน อนุภาคที่ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและเข้าสู่ร่างกายได้ คือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยจะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ อนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอนเรียกว่าสารอนุภาคที่เรียกโดยทั่วไปว่าฝุ่นละออง (suspended particulate matter) หรือ PM_{10} สามารถจะลอยและฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศได้เป็นเวลาค่อนข้างนาน โดยจะถูกแรงดึงดูดของโลกทำให้ตกลงบนพื้น และอาจจะกลับฟุ้งกระจายขึ้นไปใหม่ได้ ขึ้นอยู่กับขนาด และน้ำหนักของอนุภาคสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานๆ จนกว่าจะมีการรวมตัวกับอนุภาคอื่นๆ มีขนาดโตขึ้นและตกลงไปยังพื้นดิน นอกจากนี้ฝุ่นยังทำให้เกิดปัญหาทัศนวิสัยเนื่องจากการดูดกลืนแสงและทำให้เกิดการกระจายของแสงที่ส่องมาสู่พื้นโลกได้ อากาศจะมืดครึ้มแสงสว่างส่องได้น้อยกว่าปกติ ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย โดยเฉพาะอุบัติเหตุจากการจราจร มลสารที่เป็นอนุภาคสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1.1) ฝุ่น (dust) เป็นอนุภาคของแข็งขนาดตั้งแต่ 0.1 - 200 ไมครอน อาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ สามารถลอยในอากาศได้ระยะหนึ่ง ขึ้นกับขนาดของฝุ่น ฝุ่นที่มีขนาดเล็กฟุ้งกระจายและลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่าขนาดใหญ่ ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

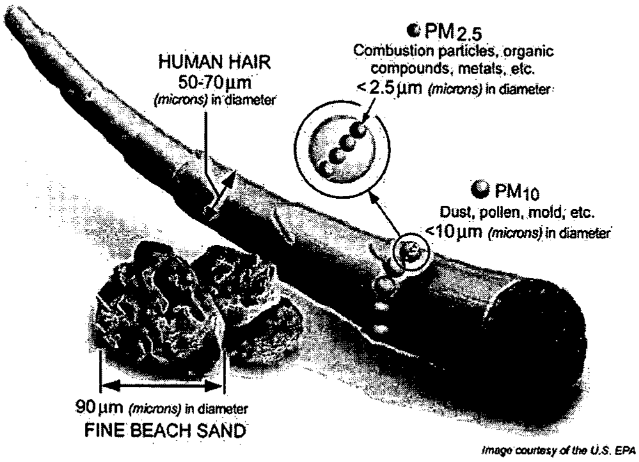
อนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนะวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละออง ในบรรยากาศขึ้น (นพภาพร พานิช, 2550) สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US. EPA (United state Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (total suspended particulate) และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัย ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่า ฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐาน ฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

ในปัจจุบันมีการจำแนกฝุ่นเป็น 3 ประเภท ตามขนาดของฝุ่น (ภาพ 2.2) คือ

1.1.1) ฝุ่นทั้งหมด (total suspended particulate) คือ ฝุ่นทั้งหมดที่มีขนาดเล็กว่า 100 ไมครอน ฝุ่นชนิดนี้จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ จะก่อให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โดยจะเกิดจากกระบวนการผลิต คือ การบด โม่ และการขัด การเกษตรกรรมจากการไถนา การสีข้าว และการฉีดพ่นสารเคมี และยังสามารถเกิดจากการก่อสร้างและการขนส่ง เป็นต้น

1.1.2) ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ฝุ่นชนิดนี้มีขนาดเล็กมากจึงสามารถที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้ โดยจะไปเกาะอยู่ตามแขนงและผนังของทางเดินหายใจ ซึ่งจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคืองและอักเสบได้ ยิ่งถ้าร่างกายอยู่ในสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโรคด้วยแล้ว ก็จะยิ่งเพิ่มความอันตรายมากขึ้น ฝุ่นชนิดนี้ดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีขนาดเล็กมาก ดังนั้นอาจจะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยที่ไม่รู้ตัว ถ้าได้รับในปริมาณที่มาก หรือได้รับในปริมาณที่น้อย แต่ได้รับทุกวันก็จะทำให้เกิดการสะสมในร่างกาย เมื่อเวลาผ่านไปก็จะก่อให้เกิดอาการที่ชัดเจนขึ้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ได้แก่ การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็จะสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กได้อีกด้วย ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปได้กำหนดค่าเฉลี่ยมาตรฐานความเข้มข้นในช่วง 24 ชั่วโมงของ PM_{10} ในบรรยากาศทั่วไปไว้ ไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.1.3) ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ปัจจุบันมีการจำแนกฝุ่นออกเป็นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ซึ่งมีความสำคัญมาก เพราะมีการศึกษาแล้วพบว่ามีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกสุดได้ US.EPA. ได้กำหนดมาตรฐานความเข้มข้นในช่วง 24 ชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไปไว้ ไม่เกิน 0.065 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม กฎหมายในเรื่องมลพิษทางอากาศของประเทศไทยเพิ่งมีการกำหนดค่ามาตรฐานของ $PM_{2.5}$ ในช่วง 24 ชั่วโมงของ $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไปไว้ ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และในช่วง 1 ปี ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 2.2 ขนาดของฝุ่นละออง
(ที่มา: U.S.EPA, 2010)

1.2) ควัน (smoke) เป็นอนุภาคขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.0 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน และไม้ฟืน องค์ประกอบของควันได้แก่ ถ่าน (C) ขี้เถ้า (ash) และทาร์ (tar) สารจำพวกขี้เถ้าและถ่านจะทำให้ควันมีสีดำ ควันสีขาวจะเกิดจากการระเหยของน้ำมัน ซึ่งก่อนการเผาไหม้อาจมีไอน้ำระเหยปนอยู่ด้วย ในควันที่ถูกปล่อยจากท่อไอเสียอาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ หรือก๊าซอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง

1.3) ละอองลอย (aerosol) เป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ฟุ้งกระจายในอากาศและลอยในอากาศได้เป็นเวลานานๆ เช่น ละอองน้ำ หมอก ควัน เป็นต้น

1.4) ละออง (mist) คือ อนุภาคที่เป็นของเหลวซึ่งเกิดจากการควบแน่นของไอหรือก๊าซบางอย่าง หรือเกิดจากการแยกตัวของของเหลวออกจากกระบวนการบางอย่าง เมื่อความเข้มข้นของละอองไอสูงจนลดความสามารถในการมองเห็นเรียกว่า หมอก (fog) ซึ่งเป็นละอองน้ำขนาดเล็กๆ ลอยใกล้พื้นดินในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละ 100 ส่วนหมอกควัน (smog) เป็นสภาวะที่ใช้เรียกการเกิด smoke และ fog ร่วมกัน

1.5) ไอควัน หรือ ฟูม (fume) คือ ของแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ส่วนใหญ่เกิดจากการควบแน่น (condensation) ของไอจากปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่าง

1.6) ตะกั่ว (Pb) ตะกั่วเป็นโลหะหนักมีเป็นพิษอย่างแรงต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งพืชและสัตว์ มนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์ทางอ้อมได้ในหลายๆ ลักษณะ เช่น ใช้ทำแบตเตอรีรถยนต์ทั่วไป ใช้ผสมน้ำมันเบนซินเพื่อกันเครื่องยนต์กระตุก ใช้ในงานบัดกรี ทำโลหะผสมทำท่อ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และผสมสีทาต่างๆ จะทำให้สีติดแน่นทนไม่ลอกง่าย แต่อย่างไรก็ตามแม้ตะกั่วจะมีประโยชน์มากแต่ก็ให้โทษแก่

มนุษย์มากมาย เมื่อมนุษย์ได้รับสารตะกั่วเข้าไปในร่างกายโดยการสูดเข้าไปกับลมหายใจหรือเข้าไปกับอาหาร สารตะกั่วบางส่วนจะสะสมในเส้นผมและกระดูก บางส่วนจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะและอุจจาระ โดยองค์การอนามัยโลกกำหนดระดับตะกั่วในเลือดของคนว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยคือ 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

2) ก๊าซ (gases) นอกจากอนุภาคมลสารที่อยู่ในอากาศแล้วยังมีก๊าซบางชนิดและสารบางชนิดเป็นมลพิษในอากาศ เช่น

2.1) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) จัดเป็นก๊าซพิษที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน พบมากที่เมืองใหญ่ๆ ที่มีการจราจรคับคั่งและเขตโรงงานอุตสาหกรรม ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ไม่ปรากฏเป็นพิษต่อพืชหรือทำความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง แต่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์อย่างมาก ร่างกายมนุษย์ไม่มีภูมิต้านทานหรือป้องกันก๊าซนี้ได้ เมื่อก๊าซนี้เข้าสู่ร่างกาย จะผ่านระบบหายใจเข้าสู่ระบบเลือด ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จะรวมตัวกับฮีโมโกลบิลในเซลล์เม็ดเลือดเกิดเป็นคาร์บอนซีฮีโมโกลบิน ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงได้เกิดภาวะขาดออกซิเจนในเลือด ทำให้เกิดอาการวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย สายตาพล่า เป็นลม หายใจแรงกว่าปกติ ถ้าได้รับก๊าซนี้ปริมาณมาก และเป็นโรคหัวใจ อาจถึงตายได้ และเนื่องจากก๊าซนี้มีคุณสมบัติรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนถึง 200-450 เท่า จึงเป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังพิษจากคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นอย่างมาก

2.2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยมากเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (fossil fuels) เช่น น้ำมัน และถ่านหิน ซึ่งมีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ แหล่งปลดปล่อยที่สำคัญคือ โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเตาที่เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมถลุงแร่ตะกั่ว สังกะสี และสินแร่ที่สำคัญของตะกั่วคือ กาลีน่า (galena) ซึ่งมี PbS เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วนสังกะสีอยู่ในรูปของ ZnS เมื่อถลุงแร่ดังกล่าวจะปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศเสมอ ถ้าอากาศมีความชื้นสูงก๊าซนี้จะรวมกับน้ำเกิดเป็น H_2SO_3 และสามารถออกซิไดซ์ต่อไปเป็นกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) และเมื่อจับกับฝุ่นละอองตกลงสู่พื้นดินพร้อมกับน้ำฝน น้ำฝนที่มี pH ต่ำกว่า 7 เรียกว่า ฝนกรด (acid rain) ซึ่งโดยทั่วไปฝนกรดจะมี pH ระหว่าง 2.1-5.0 ฝนกรดจะทำความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตทำให้เกิดการผุกร่อนได้ง่าย และยังเป็นอันตรายต่อพืช และมีผลทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้นด้วย เมื่อมนุษย์สูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไปในระบบหายใจ ความชื้นในระบบหายใจจะทำให้เกิดกรดซัลฟูริค เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเป็นพิษต่อมนุษย์มากขึ้น ถ้าอยู่ร่วมกับอนุภาคที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียม-คลอไรด์ เหล็ก แมงกานีส และวานาเดียม เป็นต้น อย่างไรก็ตามก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเพิ่มความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นถ้ามีออกไซด์ของไนโตรเจน และอนุภาคอื่นๆ อยู่ร่วมด้วย

2.3) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนตรัสออกไซด์ หรือก๊าซหัวเราะ (N_2O) เป็นต้น ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์สีน้ำตาล กลิ่น

คล้ายคลอรีน อาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ภูเขาไฟระเบิด จากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดก๊าซดังกล่าว ได้แก่ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการประกอบอุตสาหกรรม เช่น การชุบโลหะ การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน และวัตถุระเบิด การใช้เครื่องยนต์ในโรงงานที่มีการสันดาปที่อุณหภูมิสูงกว่า 550 องศาเซลลเซียส ก๊าซไนตริกออกไซด์ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนหรือโอโซน กลายเป็นไนตรัสออกไซด์ ซึ่งละลายน้ำได้ดีกลายเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ยังทำให้น้ำฝนเป็นกรดเช่นเดียวกับกรณีของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศปกติไนตริกออกไซด์จะไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ เว้นแต่เมื่อถูกเปลี่ยนเป็นไนตรัสออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ระบบหายใจระคายเคือง เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรืออาจถึงตายได้ ถ้าความเข้มข้นมากว่า 1,000 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2.4) โอโซน (O_3) เกิดจากปฏิกิริยา photochemical oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวเติมออกซิเจนอย่างดี ทำหน้าที่ในการป้องกันโลกจากรังสีอุลตราไวโอเลต ซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ ผลของโอโซนที่มีต่อมนุษย์คือจะไปเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอ็กซเรย์ และทำลายโครโมโซมได้ นอกจากนี้ในระดับประมาณ 200 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ยังทำให้เกิดการระคายเคืองตาและสายตาผิดปกติ การทำงานของปอดผิดปกติ มีผลต่อระบบหายใจ โดยจะไปกระตุ้นให้ช่องจมูกบีบรัดตัวและทำปฏิกิริยาโดยตรงกับทางเดินหายใจส่วนปลาย

โอโซนประกอบด้วยโมเลกุลของออกซิเจน 3 โมเลกุล โดยปกติแล้วจะกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ 2 ระดับ ในบรรยากาศชั้นบนหรือชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) โอโซน (O_3) เป็นก๊าซซึ่งสามารถผลิตขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ช่วยปกป้องรังสีอุลตราไวโอเลต (ultraviolet) ซึ่งส่งผลเสียต่อร่างกาย โดยรังสีดังกล่าวนั้นเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งผิวหนัง ด้วยเหตุนี้ โอโซนซึ่งอยู่ในบรรยากาศชั้นบนจึงจัดเป็นก๊าซซึ่งสร้างประโยชน์ สำหรับโอโซนซึ่งอยู่ในบรรยากาศชั้นล่างหรือโทรโพสเฟียร์ (troposphere) เป็นโอโซนก่อให้เกิดโทษต่อร่างกาย ไม่สามารถผลิตได้เองตามธรรมชาติหรือมีแหล่งกำเนิดที่จำเพาะ แต่เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO) และสารในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหย (volatile organic compounds) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปตามแหล่งของโรงงานอุตสาหกรรม โดยหากร่างกายได้รับสารดังกล่าวจะก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจ โดยก่อให้เกิดการอักเสบในระบบทางเดินหายใจ และลดการทำงานของปอด ส่งผลให้เกิดโรคทางระบบทางเดินหายใจเรื้อรังต่างๆ ตามมา ไม่ว่าจะเป็น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หรือโรคถุงลมโป่งพอง โดยนอกจากผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์แล้วโอโซนยังเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งก่อผลเสียต่อการเกษตรเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถทำลายผลผลิต ลดการเจริญเติบโต รวมถึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลในธรรมชาติเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 2.1 แหล่งกำเนิดที่สำคัญและผลกระทบของมลพิษทางอากาศ

มลพิษ	แหล่งกำเนิดที่สำคัญ	ผลกระทบ
PM_{10}	การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ฝุ่นละอองแขวนลอยคงค้างในถนน ฝุ่นจากการก่อสร้างและจากอุตสาหกรรม	ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนเพราะมีขนาดเล็กจึงสามารถแทรกตัวเข้าไปในปอดได้
CO	การเผาไหม้ของน้ำมันที่ไม่สมบูรณ์	ขัดขวางปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ร่างกายจำเป็นต้องใช้ ดังนั้นผู้ที่มีอาการโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดจึงมีความเสี่ยงสูงจนอาจถึงแก่ชีวิตได้
SO_2	การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบซึ่งส่วนใหญ่คือ ถ่านหินและน้ำมัน และอาจเกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมบางชนิด	การสะสมของ SO_2 จำนวนมากอาจทำให้เป็นโรคหอบหืดหรือมีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้
NO_x	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และยังมีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของ O_3 และฝุ่นละออง	การรับ NO_x ในระดับต่ำ อาจทำให้คนที่มีโรคระบบทางเดินหายใจอยู่แล้วมีความผิดปกติของปอด และอาจเพิ่มการเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจในเด็ก ขณะที่การรับ NO_x เป็นเวลานานอาจเพิ่มความไวที่จะติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจและทำให้ปอดมีความผิดปกติอย่างถาวร
O_3	การทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย และออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีความร้อนและแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	O_3 อาจทำให้เกิดอันตรายเฉียบพลันต่อสุขภาพ เช่น ความระคายเคืองต่อสายตา จมูก คอ ทรวงอก หรือมีอาการไอ ปวดหัว นอกจากนี้ ยังอาจทำให้ผลผลิตทางการเกษตรต่ำลง
Pb	การเผาไหม้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสมอยู่	สารตะกั่วเป็นสารอันตรายที่ส่งผลทำลายสมอง ไต โลหิต ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบสืบพันธุ์ โดยเด็กที่ได้รับสารตะกั่วในระดับสูงอาจมีพัฒนาการรับรู้ช้ากว่าปกติ และการเจริญเติบโตลดลง

ที่มา: วนิดา จีนศาสตร์ (2551)

2.5 มลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution)

ผู้คนส่วนใหญ่ไม่เพียงอยู่อาศัยในเขตเมืองที่หนาแน่น แต่ยังใช้เวลามากกว่า ร้อยละ 90 อยู่ในอาคาร มลพิษอากาศหลายชนิดเป็นอันตรายมากกว่าพิษจากภายนอกอาคาร แต่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารมีการศึกษาน้อยกว่าภายนอกอาคาร มลพิษจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากยานพาหนะ บางคนอาจเข้าใจดีเกี่ยวกับมลพิษอากาศริมถนนที่มีทั้งฝุ่นละออง แก๊สพิษจากท่อไอเสีย ไฮโดรคาร์บอนและสารอินทรีย์ระเหย แต่อาจจะละเลยเรื่องของมลพิษในบ้านและที่ทำงานที่มนุษย์รับสัมผัสอยู่ตลอดเวลา อากาศภายในอาคารมีความสำคัญต่อผู้อาศัยมากเพราะมีผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิต (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

ประชาชนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคาร ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะมีโอกาสสัมผัสมลพิษทางอากาศภายในอาคาร ฝุ่นละอองภายในอาคารมีแหล่งที่มาหลายแหล่ง โดยอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น กระแสลมพัดพาฝุ่นละอองภายนอกเข้ามาในอาคาร หรือบ้านเรือนที่อยู่ใกล้ทะเลอาจพบว่ามีปริมาณฝุ่นในบ้านมากเนื่องจากกระแสลมที่พัดมาจากทะเลอาจมีละอองน้ำขนาดเล็กปะปนมาด้วย นอกจากนี้ฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การสูบบุหรี่ การทำอาหาร การผิงไฟ โดยใช้เตาเผา รวมทั้งจากการสะสมตัวของฝุ่นในห้องเก็บของ หรือบริเวณที่ไม่ได้มีการทำความสะอาดบ่อย ๆ เช่น ใต้โต๊ะ ตู้ เตียง หรือแม้กระทั่งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ ก็เป็นแหล่งสะสมตัวของฝุ่นในอาคารได้เช่นกัน อากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนหรือมลภาวะทางอากาศสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ มีสาเหตุต่างกันหลายประการ เช่น ไอเสียจากรถยนต์ที่มาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เรดอนที่แพร่ออกมาจากดิน และวัสดุก่อสร้าง เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคอยล์ทำความเย็น สภาวะการปรับอากาศภายในอาคารไม่เหมาะสมทำให้น้ำที่รั่วซึมเข้ามาตามรอยร้าวของอาคาร หรือไอน้ำที่กลั่นตัวภายในอาคารทำให้เกิดเชื้อรา และจุลินทรีย์ การนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาสู่อาคารไม่เพียงพอ กลิ่นจากระบบสุขาภิบาลไหลย้อนเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคารปล่อยสารเคมีออกมา การเคลื่อนที่ของอากาศภายในตัวอาคารลดลง มลพิษจากอุปกรณ์และเครื่องใช้สำนักงาน ควันบุหรี่ สาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ สารแต่ละชนิดมีผลต่อสุขภาพต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณ และระยะเวลาที่ได้รับสารมลพิษ (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

2.6 ประเภทแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร

อากาศในอาคารอาจมีสิ่งเจือปนที่เป็นมลพิษหลายประเภทมาจากกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย เครื่องเรือนหรือวัสดุของอาคารหรือมาจากมลพิษตามธรรมชาติที่อยู่ภายนอกเข้าในอาคาร ทางประตู หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ หรือรูรั่วซึมของช่องผนัง (วนิดา จินศาสตร์, 2551)

2.6.1 มลพิษจากการเผาไหม้ เช่น ควันบุหรี่ ควันไฟ ก๊าซและสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหารในครัวเรือน

2.6.2 สารเคมี ซึ่งได้แก่สารเคมีที่นำมาใช้ในอาคาร เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ สารอินทรีย์ระเหยจากเฟอร์นิเจอร์ พื้นไม้ขัดมัน วัสดุตกแต่งภายในอาคาร สเปรย์ปรับอากาศ สารฉีดพ่นทำความสะอาด สารฆ่าแมลง เป็นต้น มลพิษเหล่านี้อาจมีการปล่อยออกมาเป็นครั้งคราวหรือสม่ำเสมอ แต่จะคงตัวอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานาน และตกสะสมอยู่ตามบริเวณพื้นผิวเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไปได้อีก สารระเหยอินทรีย์ (volatile organic compounds : VOC) ส่วนใหญ่พบในวัสดุก่อสร้าง หรือวัสดุตกแต่งภายในอาคาร เช่น ไม้อัด พรม เฟอร์นิเจอร์ สี สารเคลือบเงาไม้ น้ำยาทำความสะอาดพื้น กาวที่ใช้ในการยึดกระเบื้อง และสารระเหยจากเสารฆ่าแมลง ซึ่งสารเหล่านี้จะพบมากในเฟอร์นิเจอร์ใหม่ ส่งผลให้ปัญหาการเจ็บป่วยจากสารประกอบประเภทนี้มักพบในอาคารที่เพิ่งเปิดใช้งานหรือทำการปรับปรุงภายในใหม่

2.6.3 ละอองลอยชีวภาพ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศ (bioaerosol) ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ริกเกตเซีย โปรโตซัว ไรฝุ่น มักพบอยู่ในพื้นผิววัสดุที่มีความชื้นสูง หรือบริเวณที่มีแหล่งน้ำขัง เชื้อจุลชีพเหล่านี้ทำให้เกิดการติดเชื้อ การติดเชื้อภายในอาคารเกิดจากการแพร่เชื้อจากคนสู่คนภายในอาคารมีการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือมีคนอยู่หนาแน่นเกินไป ปัจจัยดังกล่าวยิ่งส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายขึ้น มลพิษภายในอาคารที่เป็นสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ยาวนานมาก เช่น เกสรดอกไม้ เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในเครื่องปรับอากาศ เศษชิ้นส่วนของแมลงสาบ ขนแมว สุนัข เชื้อรา และไวรัส เป็นต้น

2.6.4 กลิ่น สารเคมีบางอย่างมีกลิ่นฉุนทำให้เกิดความไม่สะดวกไม่สบายและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ กลิ่นเป็นมลพิษทางอากาศที่กำจัดยากที่สุดเป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด

2.6.5 สารอินทรีย์ เช่น สารตะกั่วมีในสีทาบ้าน ตะกั่วเป็นพิษต่อระบบประสาทและเข้าสู่กระแสเลือด มีพิษต่อระบบเมแทบอลิซึม อนุภาคฝุ่น เมื่อเข้าสู่ปอดมักจะทำให้เกิดโรคฝุ่นจับปอดที่เรียกว่านิวโมโคนิโอสิส

2.6.6 รังสี เช่น เรดอน (222R) และผลผลิตเป็นสารกัมมันตรังสีภายในอาคารซึ่งเกิดจากการเสื่อมสลายของธาตุกัมมันตรังสีเรเดียมและยูเรเนียมที่อยู่ในดินและชั้นหินซึมผ่านมาจากพื้นผิวโลกและออกมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร ก๊าซเรดอนปล่อยรังสีแอลฟา เมื่อเข้าสู่ทางเดินหายใจรังสีจะทำลายปอดและทำให้เกิดมะเร็งปอด

2.6.7 อนุภาคแขวนลอยในอากาศ (aerosol) อากาศมีอนุภาคแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก และมีหลากหลายชนิด ได้แก่ ควันบุหรี่ ฝุ่น ละอองเกสรดอกไม้ เส้นใยแร่ใยหิน อนุภาคแขวนลอยดังกล่าวมีขนาดเล็กมากที่สามารถเข้าไปยังถุงลมในปอดได้ ผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน และมะเร็งในปอด

ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การคมนาคมขนส่ง รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ขณะแล่นรถจะมีฝุ่นตกอยู่บนถนนแล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศ ไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำ ออกมา ถนนที่สกปรกมีดินทรายตกค้างอยู่มากหรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่นปลิวอยู่ในอากาศ การก่อสร้างถนนใหม่หรือการ

ปรับปรุงผิวจราจรทำให้เกิดฝุ่นมาก ฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์และผ้าเบรก การก่อสร้างมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้างซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร การรื้อถอน ทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะและการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ

2.7 การตกสะสมของฝุ่นละออง

ฝุ่นตก (dust fall) เป็นมวลสารที่ตกโดยเทคนิคเชิงกราวิเมตริก (gravimetric) หรือการตกตะกอน (sedimentation) เป็นการรวบรวมอนุภาคที่มีมวลเพียงพอที่จะตกออกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก หลักการคือ อนุภาคที่ตกผ่านตัวกลาง จะมีความเร็วเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งหลังจากที่ได้เกิดสมดุลระหว่างความต้านทานเชิงโมเลกุลของตัวกลางกับแรงโน้มถ่วง (มาริษา เพ็ญสุตภู่ภิญโญกุล, 2542) กระบวนการตกสะสมของฝุ่นจากบรรยากาศ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ การตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) และการตกสะสมแบบเปียก (wet deposition) การตกสะสมแบบแห้ง และการตกสะสมแบบเปียก คือ กระบวนการที่ก๊าซชนิดต่างๆ ในบรรยากาศ ตลอดจนอนุภาคเคลื่อนย้ายตัวจากบรรยากาศตกลงสู่แหล่งรับที่มีพื้นผิวต่างๆ โดยที่ความสามารถในการตกสะสมทั้งสองชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ สถานะของสิ่งที่สนใจว่าอยู่ในรูปของก๊าซ หรืออนุภาค ความสามารถในการละลายได้ จำนวนการตกในพื้นที่นั้นๆ ลักษณะภูมิประเทศ และชนิดของพื้นที่ผิวปกคลุมในบริเวณที่สนใจ

2.7.1 การตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) หมายถึง ก๊าซทุกชนิด เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซค์ อนุภาคที่ตกตะกอนสะสมจากบรรยากาศในสภาวะไอ หรือก๊าซที่ไม่ใช่ฝน ตกลงสู่แหล่งรองรับบนพื้นโลก เช่น การดูดซับหรือดูดซึมโดยพืช ดิน น้ำ และวัสดุต่างๆที่มนุษย์ผลิต การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกของอนุภาคที่ค่อนข้างหยาบ การตกของอนุภาคละเอียดบนผิววัสดุหรือพืช ปัจจัยที่มีผลต่อการตกสะสมแบบแห้งของก๊าซหรืออนุภาค คือ ระดับสภาพความปั่นป่วนของอากาศ คุณสมบัติทางเคมีของอิออนตัวที่ตก และลักษณะพื้นผิวของบริเวณที่สนใจตามธรรมชาติ สำหรับก๊าซความสามารถในการละลายและปฏิกิริยาเคมีจะมีผลต่อการดูดเข้าสู่พื้นผิวของแหล่งรับได้ และสำหรับอนุภาคขนาดความหนาแน่น และรูปทรงของอนุภาคเป็นเครื่องกำหนดความสามารถในการถูกจับโดยพื้นผิวต่างๆ ของแหล่งรับเช่นกัน

2.7.2 การตกสะสมแบบเปียก (wet deposition) หมายถึง ปริมาณของสารที่เคลื่อนย้ายจากบรรยากาศโดยฝน หิมะ หรือน้ำรูปแบบอื่นๆ ลงสู่พื้นโลก และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ ของเหลว และของแข็ง จากบรรยากาศลงสู่พื้นโลกในระหว่างเกิดฝนตก โดยทั่วไปจะปรากฏในรูปฝนกรดที่มีสาเหตุมาจาก H_2SO_4 และ HNO_3 โดย SO_2, SO_3 หรือ NO_3 ทำปฏิกิริยาและละลายอยู่ในเมฆ และน้ำฝน ในรูปของกรดซัลฟิวริก และกรดไนตริก

2.8 สิ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาณฝุ่นภายในอาคาร

2.8.1 ลักษณะการใช้งานของอาคารแต่ละประเภท

1) ลักษณะของอาคารเปิดโล่ง ได้แก่ สถานีรถไฟ โรงเรียน โรงพยาบาลบางแห่ง บ้านพักอาศัย อาคารลักษณะนี้อาจมีปริมาณฝุ่นมาก เพราะฝุ่นถูกนำเข้ามาในตัวอาคารได้ง่าย

2) ลักษณะอาคารแบบปิด ได้แก่ ตัวอาคารสำนักงาน โรงพยาบาลในเขตเมือง บ้านพักอาศัย ห้างสรรพสินค้า ลักษณะของอาคารแห่งนี้จะมีลักษณะปิด ดังนั้นการมาของฝุ่นจะถูกปิดกั้นจากผนัง บานหน้าต่าง บานประตู ซึ่งมิได้เปิดอยู่ตลอดเวลา อาคารแบบนี้ควรมีฝุ่นน้อยกว่าประเภทแรก หากว่าใช้อาคารไปในลักษณะปิดจริงๆ โดยมากอาคารแบบนี้จะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และเครื่องระบายอากาศ

2.8.2 สภาพแวดล้อมภายนอกรอบๆ ตัวอาคาร

ตัวอาคารที่มีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยให้เกิดฝุ่น ได่แก่ อาคารที่ตั้งอยู่ริมถนนที่มีการจราจรคับคั่ง อาคารที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการก่อสร้าง รื้อถอน ซ่อมแซม ปรับปรุงสิ่งก่อสร้าง อาคารที่ไม่มีแนวกันชนในการกรองฝุ่น แนวกันชนที่กล่าวถึง ได้แก่ การปลูกต้นไม้ล้อมรอบอาคารหรือโดยรอบตัวอาคาร มีอาคารที่เท่ากับหรือสูงกว่าระหว่างตัวอาคารกับถนน แนวกันชนเหล่านี้มีประโยชน์ในการช่วยกรองฝุ่นที่ลอยมากับลม โดยฝุ่นจะเข้าปะทะกับใบของต้นไม้ก่อนถึงตัวอาคาร สภาพพื้นผิวการจราจร ที่ผ่านตัวอาคารมีสภาพที่เสียหาย พื้นผิวพุพัง และถูกยานพาหนะเหยียบไปมาจนเกิดฝุ่น บริเวณรอบอาคารเป็นผืนดิน ไม่มีการปลูกพืชคลุมดิน เช่น การปลูกหญ้าคลุมดิน

2.8.3 การระบายอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการนำอากาศภายนอกเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอ การกระจาย และการผสมผสานอากาศภายในอาคารไม่พอเพียง อุณหภูมิและความชื้นสูงหรือไม่คงที่ ระบบการกรองอากาศทำงานไม่มีประสิทธิภาพ (สมชัย บวรกิตติกุล, 2542)

2.9 การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร

มลพิษอากาศภายในอาคารมักจะคงตัวอยู่ในอาคารในระดับต่ำ ส่วนมากจะติดอยู่ตามอาคาร ส่วนมลพิษจากภายนอกอาคารที่เข้ามารวมอยู่ในอาคารอาจถูกกำจัดออกไปโดยง่ายถ้ามีระบบระบายอากาศที่ดี การคงตัวของมลพิษในอาคารขึ้นกับปัจจัย เช่น ลักษณะกิจกรรมภายในห้อง ลักษณะห้อง พื้นผิว วัสดุที่ใช้ การหมุนเวียนของอากาศภายในและการระบายอากาศ (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารเพื่อให้บรรยากาศในอาคารมีคุณภาพดีเหมาะแก่การอยู่อาศัย สามารถดำเนินการได้โดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ เช่น การถ่ายเทอากาศให้เหมาะสม การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ การระบายอากาศเสียออกจากอาคาร การติดตั้งระบบกรอง

อากาศ การควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้เหมาะสม เป็นต้น การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารเพื่อให้บรรยากาศในอาคารมีคุณภาพดีเหมาะแก่การอยู่อาศัยสามารถดำเนินการได้โดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆดังนี้

2.9.1 ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาในอาคารต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดใน The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE standard 62-1989) หรือมาตรฐานตามค่าแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือมาตรฐานของหน่วยงานของรัฐต่างๆ

2.9.2 ช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (fresh air grille) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอากาศสกปรกภายนอกอาคาร เช่น ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ที่จอดรถหรือบริเวณขนถ่ายสินค้า ท่อไอเสียของหม้อน้ำ (boiler) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า อากาศร้อนชื้นที่ออกจากหอหล่อเย็น (cooling tower) ช่องระบายอากาศเสียของห้องน้ำหรือห้องครัวของอาคาร โดยทั่วไปขอบล่างของช่องนำอากาศบริสุทธิ์ควรสูงจากระดับดินไม่น้อยกว่า 2 เมตรหรือสูงจากพื้นหลังคาไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

2.9.3 ช่องระบายอากาศออกจากอาคาร (exhaust air grille) ควรอยู่ห่างจากช่องอากาศบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 9 เมตรหรืออยู่ที่กำแพงคนละด้านโดยคำนึงถึงทิศทางลมในแต่ละฤดูกาลหรือผลจากลมที่ปะทะกับอาคารข้างเคียงประกอบด้วยเพื่อป้องกันมิให้อากาศสกปรกไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคารอีก

2.9.4 ปริมาณลมถ่ายเทภายในอาคารต้องไม่น้อยกว่า 6-10 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง (air change per hour) เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์สามารถกระจายไปสู่ส่วนต่างๆของอาคารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

2.9.5 การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานต้องไม่ทำให้คุณภาพอากาศในอาคารลดลง เช่น

1) การควบคุมการเปิดและปิดระบบปรับอากาศต้องไม่ช้าเกินไปในตอนเช้าและไม่เร็วเกินไปในตอนเย็นเพื่อให้มีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาอย่างเพียงพอในขณะที่ยังมีคนทำงานอยู่ในอาคารและเพื่อระบายอากาศสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ให้หมดไปหลังเลิกงานแล้วอาจทำโดยให้เครื่องเป่าลมเย็นยังคงทำงานอยู่แม้เครื่องปรับอุณหภูมิ (chiller) จะมิได้ทำงานเนื่องจากการควบคุมของระบบเปิดและปิดระบบปรับอากาศแล้ว

2) การควบคุมรอบการทำงาน (duty cycling control) ของระบบระบายอากาศต้องไม่นานเกินไปเพราะหากนานเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกในอาคารและเป็นอันตรายต่อผู้อาศัย ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเสียออกจากบริเวณของอาคารที่มีอากาศสกปรกมาก เช่น บริเวณห้องน้ำโรงพิมพ์ ห้องถ่ายเอกสาร ห้องทดลองปฏิบัติการ ห้องครัว เป็นต้น ในบางกรณีควรใช้ท่อดูด (hood) ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับพัดลมดูดอากาศด้วยเพื่อให้การระบายอากาศเสียเป็นไปอย่างได้ผล เช่น การใช้ท่อดูดฟูม (fume hood) ในห้องปฏิบัติการ การใช้ท่อดูดในห้องครัว (kitchen range hood) เป็นต้น

2.9.7 รักษาความดันอากาศในห้องที่สกปรกให้ต่ำกว่าห้องข้างเคียงเพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆ ของอาคาร เช่น ห้องสูบบุหรี่ ห้องผ่าตัด เป็นต้น

2.9.8 เครื่องเพิ่มความชื้น (humidifier) ที่ใช้เพิ่มความชื้นให้แก่ระบบปรับอากาศ เช่น ที่ใช้ในศูนย์คอมพิวเตอร์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำควรเป็นแบบต้มน้ำให้กลายเป็นไอแล้วฉีดไอน้ำเข้าไปในอากาศ น้ำที่ใช้ควรมีการปรับสภาพให้สะอาดเพื่อมิให้สิ่งสกปรกในน้ำลอยปะปนเข้าสู่บรรยากาศในอาคาร

2.9.9 ระบบปรับอากาศต้องสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่ายและสะดวกโดยเฉพาะส่วนที่ชื้นและมีน้ำขังอยู่เป็นประจำ เช่น ถาดน้ำทิ้งของเครื่องเพิ่มความชื้น คอยล์ทำความเย็นแผงกรองอากาศ เป็นต้น เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา

2.9.10 ติดตั้งระบบกรองอากาศที่เหมาะสมสำหรับอากาศบริสุทธิ์และอากาศหมุนเวียนในอาคาร แผ่นกรองอากาศที่ใช้ขึ้นอยู่กับระดับของความสะอาดที่ต้องการและชนิดของสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นในอาคาร

2.9.11 ควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมที่ 76 °F (24 °C) (แปรผันได้ระหว่าง 73 – 79 °F หรือ 23 – 26 °C ได้โดยเป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้อยู่ในอาคาร) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 20 – 60 ช่องระบายอากาศออกจากอาคารควรอยู่ห่างจากช่องอากาศที่นำอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่อาคารไม่น้อยกว่า 9 เมตร (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

2.10 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศเป็นเป้าหมายระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษแต่ละชนิดที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศ ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดโดยใช้ข้อมูล และผลการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบ่งบอกถึงผลเสียหาย และอันตรายของมลพิษแต่ละชนิด หากสัมผัสกับสารมลพิษนั้นๆ ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาสัมผัสต่างๆกันเป็นพื้นฐานหลัก และอาจใช้ปัจจัยอื่นๆ ประกอบเข้าด้วย เช่น ปัจจัยทางเทคโนโลยี และปัจจัยทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ดังนั้นมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจะต้องได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นระยะๆ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) และฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2538) แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพในบรรยากาศโดยทั่วไป (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

สารมลพิษ	**ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา**	**ค่ามาตรฐาน**
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม)
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.)
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.)
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)
ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.

สำหรับประเทศไทย งานวิจัยทางด้านมลพิษทางอากาศในอาคารมีน้อยและยังไม่มีมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร โดยมีหน่วยงานต่างประเทศ เช่น American Society of Heating, Air conditioning and Refrigeration Engineers, US (ASHARE) Department of Occupational Safety and Health, Malaysia (DOSH) National Institute for Occupational Health and Safety, US (NIOSH) Singapore Indoor Air Quality Guidelines (SIAQG) และ World Health Organization (WHO) ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพในอาคารของต่างประเทศ

Parameter	Time average	Air standard	Organization
Carbon Monoxide	1 hour	35 ppm / 40,000 μgm^{-3}	EPA, NPAAQS
	8 hour	9 ppm / 10,000 μgm^{-3}	SIAQG
	8 hour	10 ppm	DOSH
Carbon Dioxide	Ventilation rate/air exchange rate to achieve carbon dioxide level below	1,000 ppm / 1800 mg m^{-3}	ASHRAE, SIAQG
	8 hour	1000 ppm	DOSH
Formaldehyde	8 hour	0.1 ppm	DOSH
		1 ppm	OHSA
		0.4 ppm	ASHRAE
		0.1 ppm / 120μgm^{-3}	SIAQG
Total Volatile Organic Compounds		3 ppm	SIAQG
	8 hour	3 ppm	DOSH
Ozone	1 hour	0.12 ppm / 5μgm^{-3}	EPA, NPAAQS
	8 hour	0.05 ppm / 100 μgm^{-3}	WHO, ASHRAE, SIAQG
Respirable Suspended Particulates (PM_{10})	24 hour	150 μgm^{-3}	EPA, NPAAQS
	annual mean	50 μgm^{-3}	
	24 hour	0.15 mgm^{-3}	SIAQG
	8 hour	0.15 mgm^{-3}	DOSH
Bacteria		500 CFU as a maximum	WHO,SIAQG
Air Movement		0.25ms^{-1}	WHO,SIAQG

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยทางด้านมลพิษทางอากาศภายในอาคารของประเทศไทย รวมทั้งปัญหาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก และผู้สูงอายุ ที่มีความต้านทานต่ำยังมีอยู่น้อย สำหรับการศึกษาในต่างประเทศมีดังนี้ เช่น Janssen et al. (1999) ทำการศึกษาในเด็กอายุ 10-12 ปี จาก 4 โรงเรียน ในเมือง Wageningen และเมือง Amsterdam ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยวัดปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} ภายในและนอกห้องเรียน และวัดในแต่ละคนด้วย พบว่าค่า Pearson's correlation ในเด็กที่พ่อแม่สูบบุหรี่นั้นมีค่าเท่ากับ 0.59 ส่วนเด็กที่พ่อแม่ไม่สูบบุหรี่มีค่าเท่ากับ 0.63 และเมื่อตัดวันที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีการสูบบุหรี่จะมีค่าเท่ากับ 0.73 ค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM_{10} ที่แต่ละคนได้รับนั้นมีค่าเท่ากับ 105 μgm^{-3} มากกว่าในบรรยากาศ 67 μgm^{-3} ส่วนที่เกินนี้เนื่องจากเป็นผลรวมจากปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} ในห้องเรียน การอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีการสูบบุหรี่ และทำกิจกรรมภายในอาคาร

Lee and Change (2000) ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในและภายนอกอาคารในโรงเรียนบนเกาะฮ่องกง พบว่า PM_{10} มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศและมีค่ามากกว่า 1 mgm^{-3} ปริมาณก๊าซ CO_2 ในอาคารมีค่าเกินค่ามาตรฐานและมีค่าสูงสุดที่ 5900 ppm ในห้องเรียนที่มีการระบายอากาศไม่ดี ซึ่งการติดตั้งระบบระบายอากาศและการหยุดพักระหว่างการเรียนสามารถช่วยระยะเวลาการสัมผัสก๊าซ CO_2 ได้

Latif et al. (2011a) พบว่าการปรับปรุงอาคารมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพภายในอาคาร สารมลพิษภายในอาคารเช่น ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โลหะหนักและเส้นใยขนาดเล็กซึ่งมักจะมีการแพร่กระจายในการปรับปรุงอาคาร การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก เส้นใยในอากาศและฝุ่นแขวนลอยในอาคารชีววิทยาในมหาวิทยาลัยเคบางซาน มาเลเซีย (UKM) โดยใช้เครื่องตรวจวัดอากาศแบบปริมาตรต่ำใช้เก็บฝุ่นละอองแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10}ในระหว่างการปรับปรุงอาคาร อยู่ในช่วง 166 - 542 μgm^{-3} มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของฝุ่นละอองที่กำหนดโดยองค์กรด้านสาธารณสุขและความปลอดภัย (150 μgm^{-3}) ยิ่งกว่านั้นมีค่าสูงกว่า PM_{10} ภายในอาคาร จากการศึกษาอื่นๆองค์ประกอบของโลหะหนักใน PM_{10} และฝุ่นภายในอาคารที่พบมากคือสังกะสีและผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นภายในอาคารและ PM_{10} ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาอื่นๆที่คล้ายกัน การศึกษาครั้งนี้แนะนำว่าในการปรับปรุงอาคารมีความเสี่ยงที่เกิดผลกระทบกับมนุษย์และสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

Latif et al. (2011b) ศึกษาปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} ในเมืองเซลังงอ ประเทศมาเลเซีย โดยใช้เครื่องตรวจวัดอากาศแบบปริมาตรต่ำ เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM_{10} ทำการตรวจวัดภายในอาคารของโรงเรียนประถมศึกษามีค่าเท่ากับ 52.7 ngm^{-3} และโรงเรียนอนุบาล มีค่าเท่ากับ 22.6 ngm^{-3} ภายนอกอาคารของโรงเรียนประถมศึกษามีค่าเท่ากับ 33.9 ngm^{-3} และโรงเรียนอนุบาล มีค่าเท่ากับ 37.2 ngm^{-3} ทำ

การตรวจวัดตะกั่วในฝุ่นตกของ โรงเรียนประถมศึกษามาเลเซีย มีค่าเท่ากับ 118.9 ไมโครกรัมต่อกรัม ตะกั่วในฝุ่นตกของโรงเรียนอนุบาล มีค่าเท่ากับ 26.38 μgg^{-1}

สำหรับประเทศไทย การวิจัยทางด้านความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นละอองภายในโรงเรียนมีน้อยมาก โดย ยศกิต เรืองทวีป (2552) ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องเรียน อาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง และความเสี่ยงสัมพัทธ์ต่อการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ (relative risk) ในโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง ตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีพื้นที่อยู่ติดกับอุตสาหกรรมโรงโม่หิน และโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส ตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไปจากโรงโม่หิน โดยวิธีการศึกษาเป็นแบบ cohort study ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ทั้งในภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลาย มีค่าเฉลี่ย 0.33 ±0.18 mgm^{-3} และ 0.64 ±0.29 mgm^{-3} ตามลำดับ ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ทั้งในภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลายมีค่าเฉลี่ย 0.144±0.07 mgm^{-3} และ 0.39±0.27 mgm^{-3} ส่วนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ทั้งในภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลาย มีค่าเฉลี่ย 0.15±0.07 mgm^{-3} และ 0.29±0.09 mgm^{-3} ตามลำดับ ด้านข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง พบว่า ในภาคการศึกษาต้น เด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีอาการและอาการแสดงไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.056$) และในภาคการศึกษาตอนปลาย เด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจแตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.049$) ส่วนความเสี่ยงสัมพัทธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างเด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงกับเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส พบว่า ในภาคการศึกษาต้น เด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีความเสี่ยงสัมพัทธ์เป็น 1.29 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส และในภาคการศึกษาปลาย เด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีความเสี่ยงสัมพัทธ์เป็น 1.45 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส