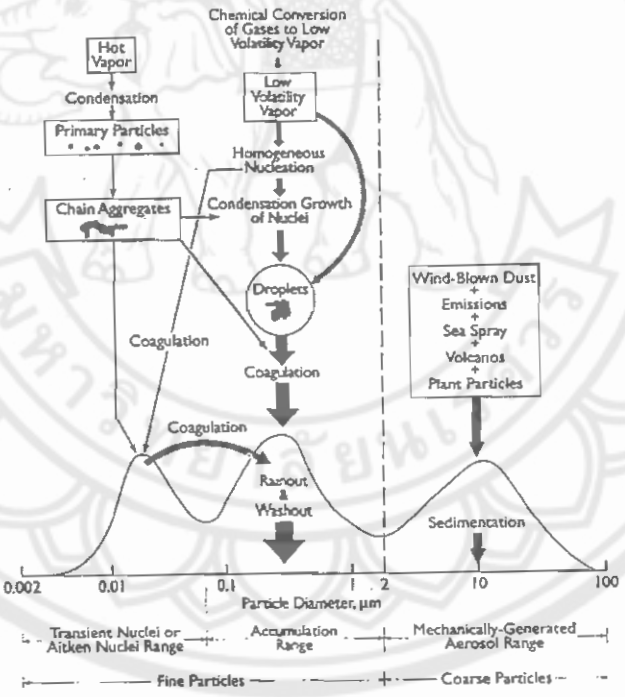
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อนุภาคมลสารในอากาศ

อนุภาคมลสารในอากาศ (Airborne particulate matter) เป็นอนุภาคของแข็ง และของเหลวที่แขวนลอยในอากาศ โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงความถี่ของขนาดอนุภาคมลสารในอากาศพบสูงสุดที่ขนาด 0.02 ไมครอน 0.2 ไมครอน และที่ 10 ไมครอน (รูปที่ 2.1) ขนาดของอนุภาคมลสารตามแหล่งกำเนิดแบ่งได้เป็น อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน มาจากขบวนการเผาไหม้เป็นหลัก และอนุภาคมลสารที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 ไมครอน มาจากกระบวนการเชิงกล (Mechanical processes) เช่น การกัดกร่อนหน้าดิน หรือมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์



รูปที่ 2.1 การแจกแจงขนาดอนุภาค พล็อตแบบปกติเชิงล็อก (Log-Normal distribution)

ที่มา : Nevers (2000) แอโรโซลมีการกระจายตัวของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดประมาณ $6x10^{-4}$ ถึง 10^{3} ไมครอน (รูปที่ 2.1) คุณสมบัติของอนุภาคขึ้นกับขนาดอนุภาค อนุภาคช่วง Nuclei mode ลักษณะสมบัติสัมพันธ์กับระยะทางอิสระเฉลี่ย (Mean free path, λ) ของโมเลกุลอากาศ (อากาศมี λ = 0.0653 ไมโครเมตร ที่ 20 $^{\circ}$ C และ 760 mm. Hg) ส่วนลักษณะสมบัติของช่วง Accumulation mode สัมพันธ์กับความยาวคลื่นเฉลี่ยของแสงที่เห็นได้ (Visible light) โดยเฉลี่ย 0.55 ไมโครเมตร การเปลี่ยนแปลงระหว่างลักษณะสมบัติ 2 กลุ่มนี้ เกิดขึ้นที่ช่วงขนาดอนุภาคประมาณ 0.5 ถึง 1.0 ไมโครเมตร อนุภาคแอโรโซล (Aerosal) ในอากาศโดยปกติไม่กลม และรูปทรงของอนุภาคโดยส่วนใหญ่จะขึ้นกับแหล่งปล่อยออกของอนุภาค อนุภาคทรงกลมมีทั้งเกสรดอกไม้และของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น เถ้าลอย (Fly ash) อนุภาคทรงกระบอกได้แก่ เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้ายแก้ว แอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ สินแร่โดยปกติอาจจะมีรูปทรงไม่เป็นระเบียบ เป็นปุยหรือสะเก็ด (Flakelike) ก้อนรวม (Agglomerates) การเกิดจากอนุภาคที่รวมตัวกันในขณะลอยอยู่ในอากาศหรืออาจเกิดจากการเย็นตัวของก๊าซร้อน ในกรณีหลังรูปร่างที่เหมือนลูกโซ่ (Chainlike) และเป็นฟล็อก (Flocs = กลุ่มรวมตัวแบบหลวม ๆ ของอนุภาค) เกิดขึ้นในระหว่างการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก ตาราง 2.1 แสดงตัวอย่างรูปร่างของอนุภาคฝุ่นที่ปลิวลอยในอากาศ

ตาราง 2.1 รูปร่างของอนุภาคฝุ่นที่ปลิวลอยในอากาศ

รูปร่าง	ร้อยละของมวลในตัวอย่าง		อนุภาค
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	
ทรงกลม	0-20	10	ควัน เกสร เถ้าลอย
ไม่มีระเบียบ	10-90	40	แร่
สะเก็ดหรือปุย	0-10	5	แร่ หนังกำพร้า
เส้นใย	3-35	10	ผ้าสำลี เส้นใยพืช
ฟล็อก จากการควบแน่น	0-40	15	คาร์บอน ควัน ฟูม

ที่มา: ศิริกัลยา และ คณะ (2542)

2.1.1 ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอน ลงมาและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อน รำคาญต่อประชาชน ทัศนวิสัยไม่ดี ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง (นภาพร, 2543.) นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Environmental Protection Agency (U.S.EPA) แต่เดิมได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่น Total Suspended Particulate (TSP) และฝุ่น PM10 แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยพบว่าฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนใน และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้นประเทศสหรัฐอเมริกาจึงยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวมและกำหนดค่าฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิดคือ PM10 และ PM2.5 (นภาพร, 2543)

PM10 ตามความหมายของ U.S. EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบเป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 -10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนน จากการขนส่งวัสดุ ฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อยหิน เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM10 ในระดับหนึ่งทำให้เกิดโรคหอบ และฝุ่น PM2.5 ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาตัวในห้องฉุกเฉิน เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด และเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบและเด็กมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย

ในประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้ให้ความหมายของฝุ่นละอองไว้ดังนี้ ฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา มาตรฐานฝุ่นละอองของประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) เมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานฝุ่น PM10 ของประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐาน PM10 ในเวลา 24 ชั่วโมงของประเทศไทย 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร น้อยกว่ามาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดไว้ที่ 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา (หน่วยเป็นไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

	ประเทศไทย		ประเทศสหรัฐ	
	24 ชั่วโมง	1 ปี	24 ชั่วโมง	1 ปี
1) TSP	330	100	-	-
2) PM10	120	50	150	50
3) PM2.5	-	-	65	15

ที่มา : นภาพร, 2543.

2.1.2 อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)

อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน วัดโดยพฤติกรรมเชิงแอโรไดนามิกส์ เป็นอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยในรูปของการควบแน่น หรือการทำให้เป็นผงละอองขนาดเล็ก (Atomization) ซึ่งมีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวในอากาศ ได้มาจากการกระทำของกระแสลมหรือการสั่นสะเทือน และสามารถแขวนลอยในอากาศได้นาน เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำเพราะขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถถูกพัดพาเข้าสู่ภายในอาคารได้ ซึ่งมีส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ แสดงใน ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ

ส่วนประกอบ	แหล่งที่มา
สารประกอบคาร์บอน	กระบวนการเผาไหม้
สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน โพลีไซคลิก	กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์
เกลือแอมโมเนีย	การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
เกลือโซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	ทะเล
แคลเซียมซัลเฟต	วัสดุก่อสร้าง เช่น ดินและทราย
ซัลเฟต	การเติมออกซิเจนของไนโตรเจนไดออกไซด์
ตะกั่ว	น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
ดิน	แร่ธาตุต่าง ๆ

ที่มา : มาริษา , (2542)

2.1.3 ชนิดของฝุ่นละออง

ชนิดของฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามองค์ประกอบ แหล่งที่เกิด และขนาดได้ดังนี้

2.1.3.1 แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

1.1 **ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์** (Organic dust) **มีองค์ประกอบของคาร์บอน** ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งเป็น

1.1.1 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้าทำให้เกิดอาการแพ้พิษได้

1.1.2 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย ,เชื้อรา เป็นต้น ทำให้เกิดโรคบาดทะยัก, คอตีบ, วัณโรค, ไทฟอยด์ ได้

1.2 ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic dust) มีองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น SO_4^{2-} , NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, Cl^-, Br^- หรือประกอบด้วยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสตอส เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นนี้เข้าไปและสะสมในร่างกายทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง

2.1.3.2 แบ่งตามแหล่งที่กำเนิด

อนุภาคฝุ่นละอองที่แขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไปนั้นอาจเกิดได้จากแหล่งกำเนิดโดยตรงแล้วแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดนั้น หรือเกิดจากปฏิกิริยา ต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ทำให้เกิดเป็นอนุภาคขึ้นและแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดนั้นด้วยซึ่งการแบ่งตามแหล่งกำเนิดอนุภาคฝุ่นละอองแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 อนุภาคฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน, ทราย,ละอองน้ำ, เขม่าควันจากไฟป่า, ฝุ่นเกลือจากทะเล, ภูเขาไฟ ฯลฯ และเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมีรัศมีน้อยกว่า 0.2 ไมครอน

2.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic particle) ยังแบ่งได้หลายประเภทดังต่อไปนี้

2.2.1 การคมนาคมขนส่ง

ซึ่งเกิดการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะหรือรถประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมากที่เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือการปล่อยควันขาวซึ่งเป็นละอองไอของน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น นอกจากนี้การขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อ หรือถนน ซึ่งขณะรถแล่นจะทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

2.2.2 การก่อสร้าง

การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคารหรือการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้างเป็นต้น

2.2.3 โรงงานอุตสาหกรรม

การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา, ถ่านหิน, ฟืน, แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น ขี้เถ้าบิน (Coal fly ash) จากโรงไฟฟ้า กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การโม่หิน, การผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน และ ไฮโดรคาร์บอน ออกสู่บรรยากาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศได้จากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมิคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า Smog reaction ได้อนุภาคที่มีรัศมีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

2.2.4 การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง

ได้แก่การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่าง ๆ ฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ แล้วอาจจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ หรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะแขวนลอยในบรรยากาศได้ไม่นานก็ตกกลับด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เรียกว่า การตกกลับแบบแห้ง (Dry deposition) ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานกว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กนี้สามารถตกกลับแบบเปียก (Wet deposition) ได้ 2 รูปแบบ คือ อนุภาคฝุ่นจะเข้าไปเป็นแกนกลางให้ไอน้ำเกาะแล้วรวมตัวอยู่ในเมฆ เรียกว่า Rain out และการตกกลับโดยฝนตกชะเอาอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศลงมา เรียกว่า Wash out

2.1.3.3 แบ่งตามขนาดของอนุภาค

ซึ่ง U.S. EPA (The united state of america environmental proteetion agency, 1992a) กำหนดขนาดฝุ่นละออง 2 ขนาดคือ

3.1 ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน

3.2 ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (Coarse partieulate matter) กำหนดขนาดไว้ว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน

2.1.4 ลักษณะของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในอากาศมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic system) และมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน จากสภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ทำให้อนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น องค์ประกอบทางเคมี การเกาะตัวกัน และโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป เป็นต้น ในอากาศฝุ่นละอองอาจทำปฏิกิริยาต่อกันหรือเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมในอากาศ ทำให้เกิดความซับซ้อนทางด้านโครงสร้างมากขึ้น

2.1.4.1 ลักษณะของฝุ่นละอองสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. ขนาดของอนุภาค

อนุภาคในอากาศไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เกิดจากสสารต่าง ๆ ที่มีความหนาแน่นต่างกัน มีความจำเป็นที่ต้องบ่งขนาดของอนุภาคในเชิงแอโรไดนามิก ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร

$$U_t = 4r_e^2 g / 18 \mu$$

เมื่อ U_t คือ ความเร็วในการตกตัวของอนุภาค

r_e คือ รัศมีของทรงกลมของอนุภาคที่มีความเร็วของการตกตัวเท่ากับอนุภาคที่มีความหนาแน่นของทรงกลมเท่ากับ 1 g/em^3

g คือ อัตราเร่งบนผิวโลก

μ คือ ความหนืดของอากาศ

ที่มา : วงศ์พันธ์, (2540)

ตัวอย่างอนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาดตั้งแต่ใหญ่กว่า 200 ไมครอนไปจนถึงน้อยกว่า 0.01 ไมครอน แสดงไว้ในตาราง 2.4

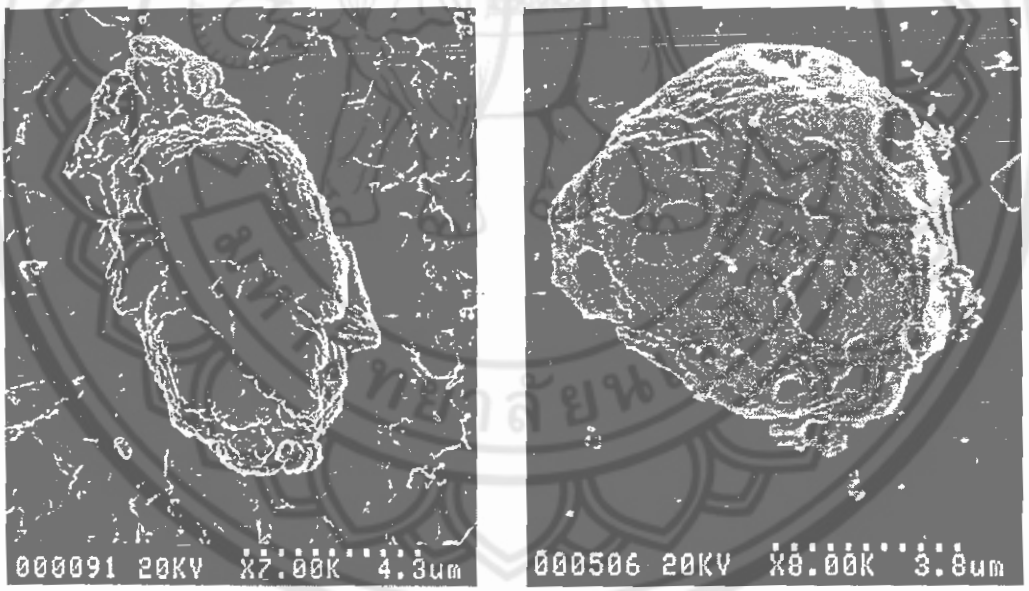
ตาราง 2.4 ขนาดทั่วไปของอนุภาค

อนุภาค	ขนาดของอนุภาค (ไมครอน)
ผงถ่านหิน	25.0-250.0
ฝุ่น	20.0-200.0
ฝุ่นโรงถลุงเหล็ก	1.0-200.0
ผงซีเมนต์	10.0-150.0
ขี้เถ้า	3.0-110.0
เกสรดอกไม้	20.0-60.0
หมอก	1.5-40.0
สปอร์พืช	10.0-30.0
แบคทีเรีย	1.0-15.0
สารเคมีกำจัดแมลงชนิดผง	0.4-10.0
สีพ่น	0.1-4.0
สม๊อก	0.001-2.0
ควันบุหรี่	0.01-1.0
ควันน้ำมัน	0.03-1.0
ควันซิงค์ออกไซด์	0.01-0.3
ควันถ่านหิน	0.01-0.2

ที่มา : วงศ์พันธ์, (2540)

2. สัณฐานของอนุภาค

อนุภาคในอากาศไม่ได้มีลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคเป็นทรงกลมเพียงชนิดเดียว ส่วนใหญ่ขึ้นกับแหล่งกำเนิดของอนุภาค สัณฐานของอนุภาคชนิดทรงกลม ได้แก่เกสรดอกไม้ และของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น ขี้เถ้าปลิว (Fly ash) อนุภาคทรงกระบอกได้แก่ เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้ายแก้วแอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ ส่วนสันแร่มีสัณฐานทั้งชนิดที่ไม่เป็นระเบียบ (Irregular) และเป็นระเบียบหรือเป็นปุย หรือสะเก็ด (Flake like) การเกิดก้อนรวมขนาดใหญ่ของฝุ่นละออง (Agglomerates) เกิดจากการที่อนุภาครวมตัวกันในขณะที่ลอยอยู่ในอากาศหรือเกิดจากการ ลดอุณหภูมิลงของก๊าซที่มีอุณหภูมิลงของก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้มีลักษณะทางสัณฐานที่เหมือนลูกโซ่ (Chain like) และฟล็อก (Flocs) คือ กลุ่มอนุภาคที่รวมตัวกันหลวม ๆ และเกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก (รูปที่ 2) แสดงตัวอย่างลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี ค.ศ. 1997



(a) ฝุ่นดิน (b) ขี้เถ้าปลิว

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างสัณฐานของฝุ่นดินเหนียวและขี้เถ้าปลิว

ที่มา : Zou & Hooper (1997)

2.1.4.2 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิด

1. จากเครื่องยนต์ชนิดดีเซล

จากการศึกษาฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ศิริวรรณ แก้วงาม (2543. หน้า 60) พบว่า สัณฐานมีลักษณะเป็นปุยเบา มีรูพรุน (porous fluffy) เกิดการจับตัวกันแบบหลวม ๆ (Floc) โครงสร้างไม่เป็นรูปเรขาคณิต ขึ้นอยู่กับการรวมตัวกันของอนุภาค มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน หรือต่ำกว่าเล็กน้อย ส่วนชนิดขององค์ประกอบธาตุ พบธาตุอยู่ 6 ชนิด คือ คาร์บอน ออกซิเจน อลูมิเนียม ซิลิก้า ซัลเฟต และแคลเซียม สำหรับคาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีปริมาณอยู่ถึงร้อยละ 73.32 เป็นปริมาณที่มีอยู่สูงสุด ซึ่งน่าจะเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ รองมาคือ ซิลิกา และออกซิเจน มีปริมาณร้อยละ 15.42 และ 11.10 ตามลำดับ ดังลักษณะสัณฐานและสเปกตรัม รูปที่ 3

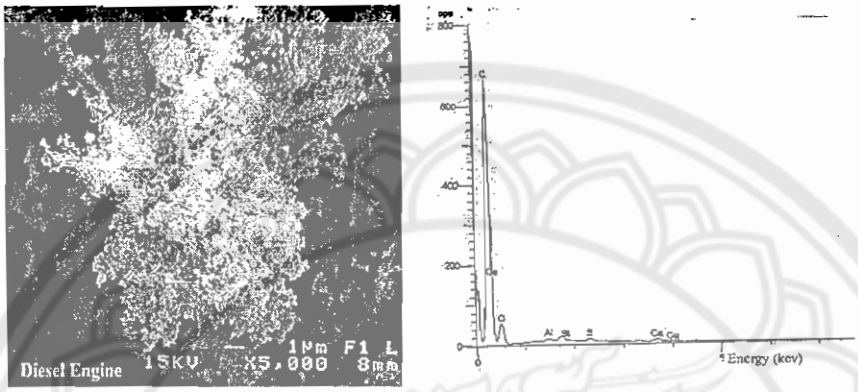
2. จากการก่อสร้าง

ฝุ่นละอองที่มาจากการก่อสร้าง สัณฐานมีลักษณะเป็นรูปทรงเรขาคณิตคล้ายรูปสี่เหลี่ยม อนุภาคไม่ได้เกิดจากการรวมตัว ซึ่งน่าจะเกิดจากการฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยไม่ได้เกิดปฏิกิริยารวมตัวกันก่อน อาจเกิดจากการแตกหักจากอนุภาคที่ใหญ่ แล้วฟุ้งกระจายขึ้นจากการทำกิจกรรมการก่อสร้าง หรือกระแสลม เนื้อของอนุภาคมีความหนาแน่น มองดูแข็ง ไม่ยืดหยุ่น จากรูปที่ 4 มีขนาดประมาณ 8 ไมครอน องค์ประกอบของธาตุ พบว่ามีธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน ซิลิก้า และแคลเซียม ซึ่งฝุ่นละอองฯนิตนี้จะมีแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 15.80 สำหรับ สำหรับซิลิกา และออกซิเจน น่าจะมาจากองค์ประกอบของทราย (สารประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์)

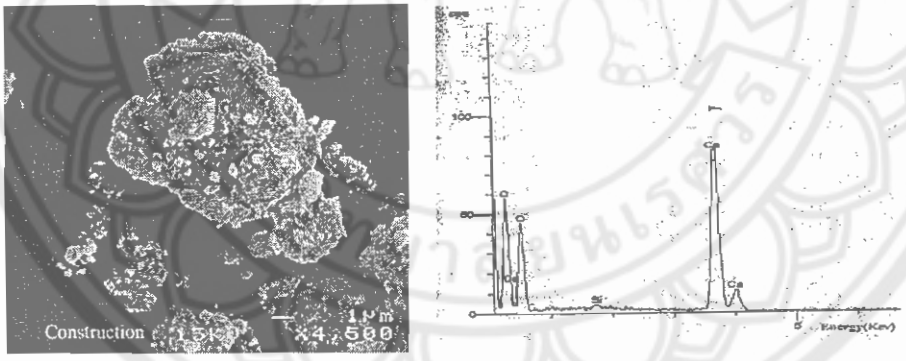
3. จากเครื่องยนต์เบนซิน

ฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดมาจากเครื่องยนต์เบนซิน มีลักษณะสัณฐานเป็นรูปทรงที่ไม่แน่นอน เมื่อถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด จะเกิดการรวมตัวกันของอนุภาค ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ ทำให้เกิดเป็นรูปทรงต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่มักจะรวมตัวกันเป็นลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างกลม มีขนาดไม่เกิน 5 ไมครอน เมื่อมองจากภาพถ่ายจะเห็นว่าเนื้อของอนุภาคจะมีลักษณะที่ฟู นุ่ม

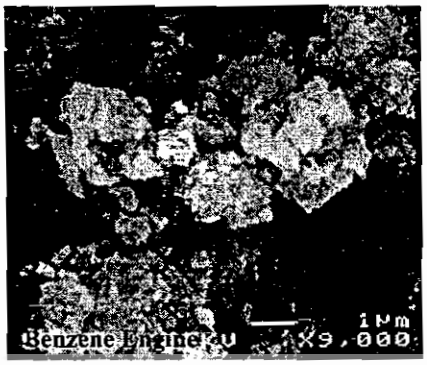
นิ่ม มีรูพรุน คล้ายฟองน้ำ จับตัวกันเป็นก้อนแบบหลวม ๆ สำหรับองค์ประกอบธาตุที่พบประกอบด้วย คาร์บอน ออกซิเจน อลูมิเนียม ซิลิกา ซัลเฟอร์ แคลเซียม และเหล็ก โดยมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณถึงร้อยละ 74.26 รองมาคือออกซิเจน และซัลเฟอร์ มีอยู่ร้อยละ 9.61 และ 7.15 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันเบนซีน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 สัณฐานและธาตุของฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซล
ที่มา : ศิริวรรณ,(1999)



รูปที่ 4 สัณฐานและธาตุของฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง
ที่มา : ศิริวรรณ, (1999)



รูปที่ 5 สัณฐานและธาตุของฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์เบนซิน
ที่มา : ศิริวรรณ,(1999)

2.2 ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศ

1) ผลกระทบต่อบรรยากาศทั่วไป

เนื่องจากอนุภาคของฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งสามารถดูดซับและหักเหได้ จึงทำให้ลดความสามารถในการมองเห็น (Visibility) ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดี ซึ่งถ้ามีปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศมากจนกลายเป็นหมอก อาจรบกวนการมองเห็นมากจนอาจทำให้เกิดอันตรายในการสัญจรได้

2) ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศที่ตกกลับตามแรงดึงดูดของโลก แล้วเกาะติดวัตถุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นความสกปรก นอกจากนี้อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยยังมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ไว้ที่พื้นผิวของอนุภาค หรือจากชนิดของอนุภาคฝุ่นละอองเองที่เป็นชนิดที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตราย เมื่อเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างจึงสามารถทำอันตรายต่อสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เช่น ทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุที่ทำจากโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง เช่นการเสื่อมสภาพของผลงานทางศิลปะ เป็นต้น

3) ผลกระทบต่อพืช

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถตกลงมาสู่พืช แล้วจับเกรอะกรังบนส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยเฉพาะใบซึ่งเป็นส่วนที่มีพื้นผิวมาก และรับการตกลงมาเกาะของอนุภาคฝุ่นละอองได้ดี ดังนั้นจึงไปขัดขวางการหายใจของพืช ทำให้พืชหายใจได้อย่างจำกัด เป็นผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง อนุภาคฝุ่นละอองที่ปิดปากใบยังทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในมาก

ขึ้นจึงมีส่วนเร่งรัดหรือขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชได้ และถ้าฝุ่นละอองนั้นมีสารพิษปะปนอยู่ เช่น โลหะหนัก หรือปูนซีเมนต์ ทำให้พืชจะได้รับพิษเพิ่มจากสารต่าง ๆ นั้นอีกด้วย

4) ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

ฝุ่นละอองนอกจากจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้เกิดความสกปรก และสร้างความเดือดร้อนรำคาญแล้ว จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองสามารถทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควร ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีการยืนยันจากการศึกษาของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองสูง (PM10 > 100 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) จะมีอัตราการป่วยด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองต่ำ (PM10 < 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และยังพบว่าระดับความรุนแรงของอาการป่วยจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละออง

4.1) วิธีการที่ฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายมี 3 วิธี คือ

1) ทางจมูก : โดยการหายใจเข้าไป ซึ่งฝุ่นละอองจะเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีนี้มากที่สุด

2) ทางปาก : ได้รับโดยการที่ฝุ่นละอองในอากาศตกลงสู่อาหารแล้วมนุษย์กินเข้าไปซึ่งโดยวิธีการนี้จะมีฝุ่นละอองติดเข้าไปไม่มากนัก

3) ทางผิวหนัง : ฝุ่นละอองจะปลิวมาติดอยู่ตามผิวหนัง จะดูดซับน้ำและน้ำมันออกทำให้ผิวแห้งเกิดการระคายเคือง ทำให้เป็นผื่นคันได้

4.2) กลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในทางเดินหายใจได้แก่

1) การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (Inertial impaction)

2) การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Sedimentation)

3) การแผ่ซ่านของโมเลกุลแบบบราวเนี่ยน (Diffusion)

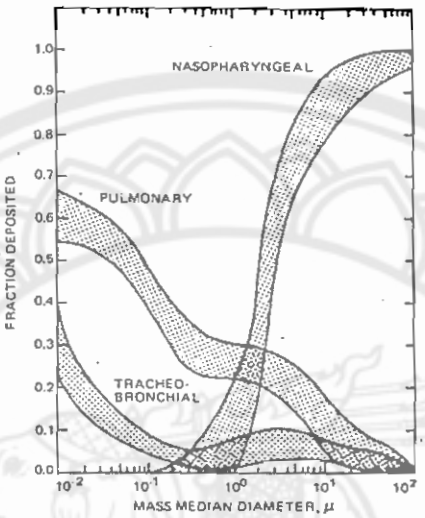
สรุปกลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ

ขนาดของฝุ่นละออง	กลไกและบริเวณตกค้างของฝุ่นในทางเดินหายใจ
5 – 30 ไมครอน	จมูกและคอหอยส่วนจมูก
1 – 10 ไมครอน	คอหอยและหลอดลม
1 ไมครอนและเล็กกว่า	ถุงลม รอบบริเวณถุงลม

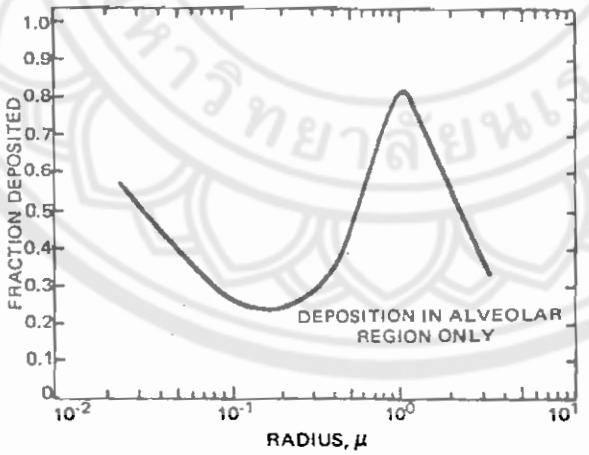
ที่มา : มาริยา, (2542)

ดังนั้นฝุ่นละอองขนาดเล็กจะติดที่ทางเดินหายใจมากเมื่อมีอัตราการหายใจต่ำๆเมื่อฝุ่นสามารถเข้าสู่ร่างกายได้จะไปสะสมตัวอยู่บริเวณถุงลมปอด เนื่องจากฝุ่นที่มีอยู่ในอากาศถูกพาเข้าไปโดยมีความเร็วลมจากการหายใจเข้า มีการสัมผัสกับส่วนต่าง ๆ ของหลอดลมและถูกแรงโน้มถ่วงพัดให้ตกลงสู่ถุงลมปอดเราสามารถคำนวณขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่นละอองกับสัดส่วนการฝังติดในระบบทางเดินหายใจได้ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 ภาพแสดงสัดส่วนของอนุภาคฝุ่นละอองที่ฝังตัวในระบบทางเดินหายใจ 3 แห่ง ตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค

ที่มา Noel de Nevers. (2000)



รูปที่ 7 การคำนวณสัดส่วนของอนุภาคที่ติดอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของระบบหายใจ ตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค

ที่มา Noel de Nevers. (2000)

กล่าวโดยสรุปถึงอันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อบรรยากาศทั่วไป ต่อวัตถุก่อสร้าง ต่อพืชและต่อมนุษย์นั้นจะก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายมากน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ปริมาณที่ได้รับ ระยะเวลาที่ได้รับ และการเกิดปฏิกิริยาซึ่งแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลกระทบของความเข้นของฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้น (mg/m^3)	สถานการณ์และเวลาที่ได้รับ	ผลกระทบ
50	ค่าเฉลี่ยรายปี	ค่ามาตรฐานของฝุ่น PM10
60-180	ตลอดปี ร่วมกับไอน้ำและ SO_2	เร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อนของเหล็กและสังกะสี
150	สัมพันธ์กับความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 70%	ลดความสามารถในการมองเห็น
100-130	ร่วมกับ $SO_2 > 120\ mg/m^3$	เกิดโรคทางเดินหายใจกับเด็กๆ มากขึ้น
200	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ $SO_2 > 250\ mg/m^3$	เพิ่มอัตราการเจ็บป่วยของคนงานและการหยุดงานที่เพิ่มขึ้น
300	ได้รับติดต่อกัน 24 ชั่วโมงและ SO_2>630 mg/m^3	ผู้ป่วยโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังจะอาการแย่ลง
750	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ SO2 > 715 mg/m3	เพิ่มปริมาณการตายและความเจ็บป่วยอย่างชัดเจน

ที่มา นัทธีรา สรรมณี, (2541)

2.3 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง

เป็นการกำหนดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศสูงสุดซึ่งยินยอมให้มีได้ในบรรยากาศตามกฎหมาย เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือระบบนิเวศน์ ซึ่งประเทศไทยได้จัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ตาม พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2518 ซึ่งได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (Total Suspended particulates) ในบรรยากาศค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปีมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต (Geometric mean) โดยใช้วิธีวัดแบบการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method)

ต่อมาได้มีการจัดทำมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ 2535 โดยกรมควบคุมมลพิษ สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีการกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ตามตาราง 2.7 โดยใช้วิธีวัดแบบ Gravimetric-High Volume ได้แบ่งออกเป็น 2 ขนาด คือ

1. **ฝุ่นรวม (TSP) มีค่าความเข้มข้นมาตรฐานในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.33** มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่าเฉลี่ยใน 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) กำหนดให้มีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่าไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตาราง 2.7 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย ปี 2538

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มก/ลบ.	ค่าเฉลี่ย 1 ปี มก./ลบ.	วิธีการตรวจวัด
ฝุ่นรวม (TSP)	0.33	0.1	Gravimetric –High Volume
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)	0.12	0.05	Gravimetric –High Volume

ที่มา : กรมอนามัย.(2540)

ส่วนมาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารในประเทศไทยปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดเป็นค่ามาตรฐานใช้ควบคุมแต่สำหรับมาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศและภายในอาคารของในแต่ละประเทศได้มีการเสนอแนะกำหนดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศและภายในอาคาร ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านขนาดและชนิดของฝุ่นละออง ปริมาณความเข้มข้น ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ตลอดทั้งวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะฝุ่นละอองภายในอาคารซึ่งขึ้นอยู่กับบริเวณที่เก็บตัวอย่างภายในอาคาร โดยตาราง 2.8 แสดงค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลกและประเทศต่าง ๆ

ตาราง 2.8 ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก และประเทศต่าง ๆ

Standard	Measurement Method	Time-Weighted average ($\mu g/m^3$)			Guidelines and standards with other averaging time ($\mu g/m^3$)
		8 hours	24 hours	1 year	
WHO	TSP		120		-
	TSP		150-230	60-90	-
	TSP		70		-
Agentina	TSP				150 (1 month)
	TSP		240	80	-
	TSP		150	60	-
	PM10		150	50	-
Sao Paulo	TSP		375		-
	TSP		625		-
	TSP		875		-
China	TSP		150		-
	TSP	420	300		-
	TSP	680	500		-
India	TSP	100	70		-
	TSP	200	140		-
	TSP	500	360		-
Indonesia	TSP		260		-
Japan	PM10		100		200 (1 hour)
Korea	TSP		300	150	-
Mexico	TSP		275		-
Philippines	TSP		180		250 (1hour)
Russia	TSP		150		-
Thailand	TSP		330	100	-
	PM10		120	50	-
USA	PM10		150	50	-
	PM10		50	30	-

ที่มา : กรมอนามัย.(2540)

ในขณะที่การศึกษาของ California environmental protection agency air resources board (U.S. EPA) ศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นในอาคารที่พักอาศัยในห้องครัวและในบริเวณอื่นในบ้านพักอาศัยที่อาจเป็นอันตรายต่อสุภาพของมนุษย์ทดสอบโดยวัดปริมาณของอนุภาคฝุ่นละอองและสารมลพิษอื่น โดยวัดในระหว่างช่วงเวลาการทำอาหาร โดยทำการทดสอบในบ้านทางเหนือของมลรัฐแคลิฟอร์เนีย พบว่าอนุภาคฝุ่นละอองจากการทำกิจกรรมในการทำอาหารผลิตอนุภาคฝุ่นละอองในปริมาณสูงและได้เสนอแนะค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาด PM10 ในส่วนอื่น ๆของบ้านไว้คือ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใน 24 ชั่วโมง ส่วนค่าระดับปริมาณ PM10 ในห้องครัวมีค่าอยู่ระหว่าง 60 ถึง 1,400 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.4 สถานการณ์เรื่องฝุ่นละอองในเมืองพิษณุโลก

2.4.1 จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตเมืองพิษณุโลก สรุปผลได้ดังนี้

1. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา (TPS)

- จุดตรวจวัดที่ 1 ณ. บริเวณถนนนเรศวร ปี 2540 มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตลอดช่วงการตรวจวัดอยู่ระหว่าง 407.8 - 969.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำมาพิจารณาหาค่าเฉลี่ย รายวันเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม พ.ศ.2538 ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาที่กำหนดไว้เท่ากับ 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) ทุกตัวอย่างสูงกว่าค่ามาตรฐานและวันที่พบสูงสุดมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอยู่ประมาณ เกือบ 3 เท่า (ถาวร และคณะ 2540)

- จุดตรวจวัดที่ 2 ณ. บริเวณกองบังคับการตำรวจภูธรภาค 6 ปี 2540 มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตลอดช่วงการตรวจวัด อยู่ระหว่าง 95.9 -161.4 $\mu g/m^3$ เมื่อนำมาพิจารณานำค่าเฉลี่ยรายวันทุกตัวอย่างต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ถาวร และคณะ 2540)

2. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา (PM10)

- จุดตรวจวัดที่ 1 ณ. บริเวณถนนนเรศวร ปี 2540 มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตลอดช่วงการตรวจวัด เท่ากับ 170 $\mu g/m^3$ โดยค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงอยู่ในช่วง 121.8 - 225.3 $\mu g/m^3$ ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศตามประกาศกรทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2538 ฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาของประเทศไทย ที่กำหนดไว้เท่ากับ 120 ($\mu g/m^3$) ทุกตัวอย่างสูงกว่าค่ามาตรฐานและสูงสุดมีค่าเกินมาตรฐานฯ อยู่ประมาณ เกือบ 2 เท่า (ถาวร และคณะ 2540)

- จุดตรวจวัดที่ 2 ณ. บริเวณกองบังคับการตำรวจภูธรภาค 6 ปี 2540 มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตลอดช่วงการตรวจวัดเท่ากับ 51.2 $\mu g/m^3$ มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 41.5 - 63.8 $\mu g/m^3$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (ถาวร และคณะ 2540)

- จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM10 บริเวณริมถนนบรมไตรโลกนารถ ถนนนเรศวร ถนนสิงหวัฒน์ ถนนสนามบิน เดือน มิถุนายน 2546 ถึงมกราคม 2547 พบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM10 มีค่า 54-169 $\mu g/m^3$ พบว่าตัวอย่างที่เก็บในฤดูหนาวมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่น PM 10 ที่กำหนดไว้เท่ากับ 120 $\mu g/m^3$ (ปาจรีย์ และคณะ 2547)

2.4.2 การจราจร

การศึกษาปริมาณจราจร นับว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการรวบรวมข้อมูลจำนวนยวดยานและคนเดินเท้าในบริเวณหนึ่ง และรวมถึงลักษณะของการกระจายจราจรตามวัน เวลา และสัดส่วนของยวดยานต่าง ๆ ด้วย คำจำกัดความของคำที่ใช้ด้านปริมาณจราจรดังต่อไปนี้

AADT (Average Annual Daily Traffic) หมายถึง ปริมาณจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นจำนวนยวดยานที่แล่นผ่านจุดหนึ่งจุดใดของทางหลวงตลอดปีหารด้วยจำนวนวันในปีนั้น

ADT (Average Daily Traffic) หมายถึง ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งเป็นจำนวนยวดยานที่แล่นผ่านจุดใดจุดหนึ่งของทางหลวงในเวลาเกินกว่า 1 วัน แต่ไม่เกิน 1 ปี หารด้วยจำนวนวันที่ทำการสำรวจ

PHF (Peak Hour Volumes) หมายถึง ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงที่สูงสุดของวันหรือในช่วงเวลาครึ่งวัน คือ ช่วงเช้าก่อนเที่ยงและช่วงบ่ายหลังเที่ยงวัน

VPD (Vehicle Per Day) หมายถึงจำนวนยวดยานเป็นจำนวนคันต่อวัน

PCU (Passenger Car Unit) หมายถึง หน่วยนับของยวดยานเมื่อเทียบกับรถยนต์นั่ง (Passenger Car)
เช่น ยวดยานขนาดตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป จะเทียบได้เท่ากับ 2 PCU โดยเฉลี่ย ส่วนรถจักรยานยนต์เท่ากับ 1/3 PCU หน่วยของปริมาณการจราจรต่าง ๆ โดยใช้ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent, PCE) ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent, PCE)

ประเภท	PCU
รถจักรยานยนต์	**0.33**
รถกระบะ	**1.0**
รถเก๋ง	**1.0**
รถโดยสารขนาดเล็ก	**1.5**
รถโดยสารขนาดใหญ่	2.0
รถบรรทุกขนาดเล็ก	2.0
ระบบรรทุกขนาดใหญ่	2.5
อื่น ๆ (รถสามล้อ รถเข็น รถสามล้อเครื่อง รถจักรยานยนต์พ่วง)	0.0

2.4.3ประเภทของยวดยานในการจราจร

การสำรวจปริมาณจราจร สามารถแบ่งประเภทของยวดยานที่ทำการสำรวจได้ดังนี้ คือ

1 รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car, PC) เป็นรถยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล แท็กซี่ รถแวน และยวดยานที่บรรจุที่นั่งมากกว่า 7 คน

2. รถบรรทุกขนาดเบา (Light Truck, LT) เป็นรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก ซึ่งสามารถบรรทุกผู้โดยสารมากกว่า 15 คน

3. รถโดยสารหนัก (Heavy Bus, HB) เป็นรถยนต์โดยสารที่มีขนาด 6 ล้อขึ้นไป เช่น รถยนต์โดยสารขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร รถยนต์โดยสารของบริษัทขนส่ง จำกัด เป็นต้น

4. รถบรรทุกขนาดกลาง (Medium Truck, MT) คือ รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ

5. รถบรรทุกหนัก (Heavy Truck, HT) คือรถบรรทุกที่มีขนาด 10 ล้อขึ้นไป เป็นรถที่มีขนาดใหญ่กึ่งขนาดพ่วงและ รถพ่วง

2.5 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Reviewed Literature)

Jinsart et al. (1999) ศึกษาอนุภาคมลสารในอากาศบริเวณริมถนนเขตกรุงเทพฯ แบ่งจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 พื้นที่ บริเวณที่มีมลสารสูงในเขตกรุงเทพคือ ดินแดง ปทุมวัน และรามคำแหง บริเวณที่มีมลสารปานกลางในเขตนนทบุรี คืองามวงศ์วาน บริเวณที่มีมลสารน้อยในเขตกรุงเทพ คือ ประชาสำราญ และอยุธยา พบว่าพื้นที่ที่มีมลภาวะสูงมีค่า PM10 สูงกว่า 120 $\mu g/m^3$ ซึ่งเป็นค่า ที่ National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) กำหนดไว้ ในเขตมลภาวะสูงตอนกลางวันมีค่าอยู่ในช่วง 82 – 143 $\mu g/m^3$ และค่าตอนกลางคืนอยู่ในช่วง 45 – 146 $\mu g/m^3$ ส่วนพื้นที่มลภาวะต่ำค่า PM2.5 มีปริมาณต่ำทั้งกลางวันและกลางคืนคือมีค่าอยู่ในช่วง 24 – 54 $\mu g/m^3$ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของ EPA ที่กำหนดไว้ที่ 65 $\mu g/m^3$

Thongsanit et al. (2000) ศึกษาปริมาณอนุภาคมลสารและปริมาณ PAHs 20 ชนิด ที่อยู่ในฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) บริเวณกรุงเทพฯ เก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบปริมาณ PM10 มีค่าเฉลี่ยรายปี 65 $\mu g/m^3$ สูงกว่า National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) 50 $\mu g/m^3$ และพบว่าปริมาณการจราจรและฤดูกาลสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคมลสารในอากาศ โดยในฤดูฝนในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 75 – 149 $\mu g/m^3$ ปริมาณ PAHs ที่พบมากที่สุดคือ BeP, Ind และ BghiP โดยมีปริมาณ 8, 10 และ 13 ng/m^3 ตามลำดับ

Chetwittayachan et al. (2002) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคมลสารและปริมาณ PAHs ในกรุงเทพฯ และญี่ปุ่น โดยใช้เครื่อง Photoelectric Aerosol Sensor (PAS) ในการตรวจวัดปริมาณ PAHs พบว่าปริมาณสูงสุดของทั้ง 2 ประเทศอยู่ในตอนเช้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน โดยปริมาณที่ตรวจวัดในกรุงโตเกียวมีค่าสูงกว่าที่กรุงเทพฯ แต่ปริมาณที่กรุงเทพฯในตอนกลางคืนมีค่าน้อยกว่าในกรุงโตเกียว 2.8 เท่า

Davis & McDougall (1993) ศึกษาอนุภาคฝุ่นละอองเข้าร่วมกับเถ้าบินสีขาว ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นละอองชนิด PM10 ในรัฐแคลิฟอร์เนียร์ โดยเก็บตัวอย่างจาก Dichotomous PM10 air sampler, Low-volume TSP air samplers และ High-volume PM10 air sampler ทำการวิเคราะห์ธาตุโดยเครื่อง Energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF) และศึกษาลักษณะทางสัณฐานจาก SEM พบว่าการเกิดเถ้าบินสีขาวอาจทำให้เพิ่มปริมาณฝุ่น PM10 มากขึ้น

Comille & Maenhaut (1990) ศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมี และธาตุในฝุ่นละออง ที่เมือง Damascusn ที่ประเทศซีเรีย โดยวิเคราะห์ทางด้านเคมี สัณฐาน(Morphology) ปริมาณและขนาดเพื่อหาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณหุบเขาที่มีลักษณะเป็นทะเลทรายซึ่งติดกับแหล่งอุตสาหกรรมและการเกษตร ใช้แผ่นกรองเก็บอากาศชนิด Nucleopore วิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้เครื่องมือ Atomic absorption spectometer (AAS) และใช้ Scanning electron microscope (SEM) มาวิเคราะห์ทางด้านสัณฐาน พบว่าฝุ่นละอองส่วนใหญ่ (มากกว่า90%) มีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นดินจากธรรมชาติซึ่งมีลักษณะคล้ายหินปูนจากทะเลทราย

Zou & Hooper (1997) ศึกษาปริมาณ ขนาด สารอินทรีย์ ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองและองค์ประกอบของธาตุ ที่กรุงจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย เก็บตัวอย่างโดยใช้ High – volume cascade impactor และ Personal air sampler การศึกษาทางด้านสัณฐาน ใช้กระดาษกรองชนิด Polycarbonate พบว่ามีตะกั่ว (Pb) อยู่ในฝุ่นละอองในปริมาณความเข้มข้น ฝุ่นละอองชนิดนี้มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน มีรูปร่างไม่แน่นอน แต่บางชนิดมีลักษณะเป็นทรงกลม ซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ฝุ่นละอองส่วนใหญ่ที่พบมีรูปร่างไม่แน่นอน มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จากเครื่องยนต์ดีเซล

กรมควบคุมมลพิษ (2541) ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในกรุงเทพมหานคร มีความสัมพันธ์กับผลกระทบทางสุขภาพ การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเนื่องจากการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคระบบหลอดเลือดหัวใจสูงขึ้นตามระดับของ PM10

ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) ศึกษาลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในเขตกรุงเทพมหานคร ศึกษาใน 2 ช่วงฤดู คือ ฤดูฝน และ ฤดูหนาว และเก็บตัวอย่าง 6 สถานี พบว่าปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครบางพื้นที่มีค่าเกินมาตรฐาน และบริเวณริมถนนมีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย มากกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป และค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 65.60 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฤดูหนาวเท่ากับ 97.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบของฝุ่น PM10 ใช้หาแหล่งกำเนิดได้ พบว่าฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซลมีลักษณะเป็นปุย จับตัวแบบหลวม ๆ มีรูพรุนมากไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต มีขนาด 7-10 ไมครอน มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบหลัก ฝุ่นจากเครื่องยนต์เบนซิน มีขนาด 4-5 ไมครอน มีลักษณะเป็นก้อน เนื้อฟู มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีมากที่สุด รองลงมาคือฝุ่นจากการก่อสร้าง

ป TD
ช๔๔
.5
ก๒๖ก
๒๕๔๖

4840517
- 4 พ.ค. 2549
สำนักหอสมุด

ประกรณ์ (2543) ศึกษาการตรวจวิเคราะห์มลภาวะ ของ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ ของอากาศในเขตเทศบาลนครเมืองพิษณุโลกเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 3.22-7.12 ppm 0.010- 0.020 ppm และ 0.013-0.090 ppm ตามลำดับซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่คุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปตาม พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538

อุมา เศวตสกุลานนท์ (2540) ศึกษาฝุ่นละอองที่มีต่ออัตราการซึมผ่านของสารรังสีไอโซโทป TC-99M DTPA ของปอดตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร โดยเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบพกติดตัว (Personal sampler) ใช้กระดาษกรองชนิด Glass fibre filter ขนาด 37 mm ติดกับตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณฝุ่นเฉลี่ยสูงสุดคือ บริเวณ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีค่าเท่ากับ 0.42±0.29 และ 0.40±0.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าปริมาณฝุ่น (PM10) มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการซึมผ่านของสารเภสัชรังสีในปอด

ถาวร เพ็ชรบัว และ จำลอง เปรมรักษ์ (2540) รายงานการศึกษาสถานการณ์มลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 9 พิษณุโลก ทำการศึกษาฝุ่นในบริเวณริมถนนนเรศวรเป็นตัวแทนการตรวจวัดอยู่ติดกับถนนหลักหรืออยู่ห่างจากถนนสายหลัก 5 เมตร และบริเวณภายในกองบังคับการตำรวจภูธรภาค 6 ซึ่งเป็นตัวแทนการตรวจวัดย่านชุมชน (อยู่ห่างจากถนนสายหลัก 20 เมตร) พบปริมาณฝุ่นละออง PM10 ในบริเวณริมถนนนเรศวรมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เกือบ 2 เท่า ส่วนในบริเวณตัวแทนชุมชนพบว่ามีไม่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

อรุบล โชติพงศ์ (2541) ศึกษาฝุ่น PM10 และฝุ่นรวม ที่มีผลกระทบต่อการหายใจ ตรวจวัด 4 จุดตรวจวัดในเขตกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ใช้เครื่องมือ Hi-volume air sampler ในการเก็บตัวอย่าง และศึกษาปริมาณตะกั่ว สังกะสี และทองแดง โดย Atomic Absorbtion Spertrophotometer (AAS) พบว่าในพื้นที่บริเวณที่มีการจราจร คือ ถนนวิภาวดีมีฝุ่นละอองมาก และสัดส่วนของฝุ่นชนิด PM10 ในฝุ่นชนิด TSP มีแนวโน้มมากกว่า 50% ในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

วีระอนงค์ ประสพโชค (2541) ศึกษาสุขภาพของระบบทางเดินหายใจและฝุ่น PM 10 และฝุ่นซิลิกาในจังหวัดสระบุรี โดยใช้แบบสอบถาม ATS-DLD-78A ทำการตรวจสมรรถภาพปอดโดยการถ่ายรังสีทรวงอกในกลุ่มตัวอย่าง 150 คน และกลุ่มควบคุม 85 คน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองชนิด PM10 จากเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะบุคคล (Personal air sampler) พบว่าค่าเฉลี่ย

ปริมาณฝุ่น PM10 เท่ากับ 0.300±0.375 mg/m^3 ค่าเฉลี่ยร้อยละของซิลิก้าเท่ากับ 32.691±13.656 mg/m^3 และพบว่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น PM10 และฝุ่นซิลิก้ากับผลการตรวจสมรรถภาพปอด และผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

กุลธิดา ตระสินธุ์ และ สุดจิต ครุจิต ได้ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครราชศรีมา (Potential Dose of Particulate Matters from Commutation and Traffic in Nakhon Ratchasima Municipality) โดยการเก็บข้อมูลมลพิษบนยานพาหนะได้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM 10 ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ มีค่า 144, 56, 30 และ 89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบว่าวิธีการเดินทางที่ใช้มากที่สุดคือการเดินและวิธีที่ใช้น้อยที่สุดคือรถประจำทาง