

รายงานฉบับสมบูรณ์
เกมส์คอมพิวเตอร์ในการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับเด็ก

เสนอ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ

โดย
สุวรรณี อัสวกุลชัย
สุรัตน์ เลิศล้ำ
วัชรพงศ์ ศรีหนองห้าว

มิถุนายน 2546

RUG 463 000 2

วันที่.....	- 3 พ.ย. 2546
เลขทะเบียน.....	00383
เลขเรียกหนังสือ.....	RUG 46

3
0002

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ชั้น 14 อาคาร เอส เอ็ม ทาวเวอร์
เลขที่ 979/17-21 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน
จตุจักร กรุงเทพฯ 10400
โทร 298-0455 โทรสาร 298-0476
home page : <http://www.trf.or.th>
E-mail : trf-info@trf.or.th



สารบัญ

บทที่	หน้า
เกริ่นนำ	3
1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ	4
2 ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ	17
3 แนวทางการแก้ไขมลพิษทางอากาศ	23
4 การใช้โปรแกรมเพื่อการจัดการคุณภาพอากาศ	26
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	
มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	35
การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ	36
การตรวจวัดฝุ่น	37
ห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	38
แบบทดสอบความรู้มลพิษทางอากาศ	39
แบบสอบถาม	40
แผ่นพับ	41
สรุปรายงานการเงิน	43

เกริ่นนำ

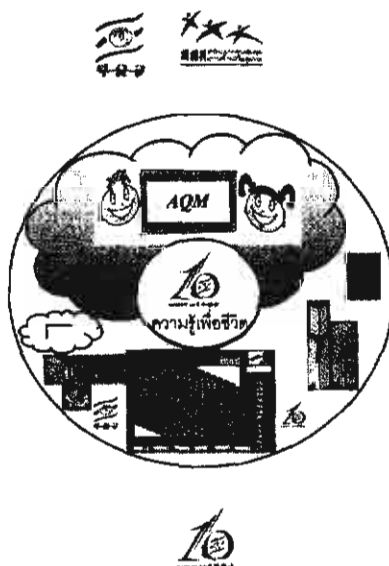
เกมส์คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับเด็กนี้ถือว่าการจัดความรู้สู่เยาวชน กล่าวคือ เป็นการนำผลงานวิจัยในชุดโครงการวิจัยคุณภาพอากาศจำนวน 3 โครงการ คือ

1. "โครงการศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร" โดย ดร. นเรศ เชื้อสุวรรณ ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น รถประเภทต่างๆ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะ เป็นต้น
2. "การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร" โดย ผศ. (พิเศษ) ดร.นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และทีมงาน
3. "ความสัมพันธ์ของระดับฝุ่นขนาดเล็กกับความแปรผันได้ของอัตราการเดินของหัวใจในกลุ่มประชากรผู้ใหญ่ในประเทศไทย" โดย นพ. สัมมน โฉมฉาย ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบถึงผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ

จากนั้นนำผลการศึกษาทั้งหมดมาพัฒนาเกมส์คอมพิวเตอร์ในการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับเด็ก เพื่อให้เด็กได้ตระหนักถึงปัญหามลพิษทางอากาศ และมีส่วนร่วมในการทำให้เมืองน่าอยู่ต่อไป

ทั้งนี้ คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการจัดทำเกมส์คอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการคุณภาพอากาศสำหรับเด็กในครั้งนี้ รวมไปถึงทีมวิจัยทั้ง 3 ทีม ด้วย

คณะผู้จัดทำ
กุมภาพันธ์ 2546



บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เห็นชัดเจนทั้งในเขตชุมชนขนาดใหญ่ และพื้นที่พัฒนาที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของกิจกรรมอุตสาหกรรม การคมนาคม การจราจร และการก่อสร้าง รวมทั้งพื้นที่ ที่เป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้า สารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักและเกินมาตรฐาน ซึ่งจะยังคงเป็นปัญหาในอนาคตที่สำคัญนั้น ได้แก่ ฝุ่นละอองและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยเฉพาะฝุ่นละอองในแหล่งชุมชนที่มีการจราจรคับคั่ง จะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 3-5 เท่า จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงเกินค่ามาตรฐาน อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการดำเนินมาตรการต่าง ๆ ในการลดปริมาณการระบายฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิด และการถดถอยของภาวะเศรษฐกิจ ซึ่งทำให้การก่อสร้างและการขนส่งลดปริมาณลง แต่พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่สารตะกั่วที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องมาจากมาตรการใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว และรถยนต์ต้องติดตั้งเครื่องกรองไอเสีย สำหรับเขตอุตสาหกรรม พบปัญหาเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ ปัญหาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จาก โรงไฟฟ้า และสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds - VOCs) จากอุตสาหกรรมหลายประเภท



ปัญหาหลักของมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ยังคงเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เป็นผลจากการใช้พลังงานในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในการคมนาคมขนส่ง (แหล่งกำเนิดที่สำคัญมาจากยานพาหนะ) เป็นต้น และจากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมเส้นทางจราจร ในปี 2544 พบว่า ระดับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดถึงร้อยละ 10 ของจำนวนครั้งที่ตรวจวัดทั้งหมด และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีมีค่า 68 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) นอกจากนั้นงานศึกษาวิจัยทั่วโลก ยังแสดงให้เห็นว่าระดับการสัมผัสฝุ่นละอองในอากาศมีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตก่อนเวลาอันควร การเจ็บป่วยเฉียบพลันรุนแรง และการเจ็บป่วยเรื้อรัง ตลอดจนอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยเฉียบพลัน เช่น ไอ หายใจมีเสียงวี๊ด หายใจไม่สะดวก เป็นต้น โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยงอันได้แก่ เด็กเล็ก ผู้สูงอายุ ผู้มีอการระบบทางเดินหายใจเรื้อรังและโรคหัวใจ ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศอย่างสำคัญ ประมาณการว่า สำหรับกรุงเทพมหานคร มลพิษอากาศฝุ่นละอองเป็นสาเหตุเกือบครึ่งหนึ่งของอาการป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ เป็นสาเหตุร้อยละ 20-70 ของการเข้ารับรักษาในโรงพยาบาล ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจ และเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต 1,000-2,000 รายต่อปี ดังนั้น การลดระดับฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จึงเป็นประโยชน์ในแง่ของการส่งเสริมสุขภาพ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน



ปัจจุบันรัฐบาลได้ดำเนินการเพื่อการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ ทั้งในด้านการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด มาตรฐานคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น หรือการส่งเสริมการใช้น้ำมันไร้สาตะกั่ว การติดตั้งอุปกรณ์กรองไอเสียจากรถยนต์ การตรวจสภาพมลพิษจากยานพาหนะก่อนการต่อทะเบียน การควบคุมปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมที่จะต้องควบคุมมลพิษทางอากาศ และเพิ่มเติมปรับปรุงมาตรฐานมลพิษก็ตาม แต่ก็สามารถแก้ไขปัญหาได้เพียงแต่ระดับหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศยังขาดความเป็นเอกภาพมีหลายหน่วยงานรับผิดชอบ การประสานการปฏิบัติการยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ หน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศยังขาดอุปกรณ์และบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญด้านการตรวจวัดและจัดระบบฐานข้อมูล การตรวจสอบและตรวจยานพาหนะไม่มีประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดมลพิษทางอากาศ เช่น รถสามล้อไฟฟ้า รถเมล์ไฟฟ้า รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ยังไม่สามารถพัฒนาในเชิงพาณิชย์ และประการสำคัญการขาดการรณรงค์และประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องที่จะให้ประชาชนและผู้ใช้ยานพาหนะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการช่วยลดมลพิษทางอากาศ (นโยบายป้องกันและขจัดมลพิษภายใต้นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540-59)

ความหมาย ของ มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิตร้ายแรงแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสียที่เกิดขึ้น โดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสีย ของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหย ของก๊าซบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น

จากความหมายที่ได้กล่าวถึง จะเห็นว่าการที่สารเคมีหรือสิ่งเจือปนในบรรยากาศจะจัดเป็นมลพิษทางอากาศนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ คือ

1. ความเข้มข้นของสารเจือปน จะต้องมีความเข้มข้นอยู่ในระดับหนึ่ง
2. ระยะเวลาในการเจือปนในบรรยากาศ และ
3. ผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ พืช หรือสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (Air Pollution System) ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กันคือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบ (Receptors)

แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและปล่อยสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด ตัวอย่างเช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเลและมหาสมุทร (แหล่งกำเนิดของละอองเกลือ) เป็นต้น
2. แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เป็นแหล่งกำเนิดที่มนุษย์หรือกิจกรรมที่มนุษย์กระทำเป็นตัวการที่ทำให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ แหล่งกำเนิดที่มนุษย์กระทำยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source) ได้แก่ รถยนต์ประเภทต่างๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ เป็นต้น
- แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อน หม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เตาหุงต้มตามบ้านเรือน และการเผาขยะ เป็นต้น หรือเป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ กระบวนการกลั่นน้ำมัน การผลิตปูนซีเมนต์ การหลอมโลหะ การบด ย่อยหิน เป็นต้น

แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source)

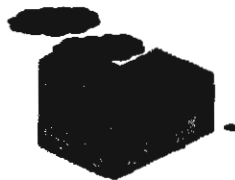
การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วของประเทศจากภาคเกษตรกรรม มาเป็นภาคอุตสาหกรรมทำให้กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นศูนย์กลางของแหล่งธุรกิจและความเจริญมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดเข้าขั้นวิกฤต และนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ การจราจรที่ติดขัดทำให้รถเคลื่อนตัวได้ด้วยความเร็วต่ำ มีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้งขึ้น น้ำมันถูกเผาผลาญมากขึ้น การสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และมีการระบายสารมลพิษทางท่อไอเสียในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นบริเวณที่ใกล้ถนนที่มีการจราจรติดขัด จะมีปัญหามลพิษทางอากาศที่รุนแรงกว่า ในบริเวณที่มีการจราจรคล่องตัว สารมลพิษที่ระบายเข้าสู่บรรยากาศที่เกิดจากการคมนาคมขนส่ง ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น



แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source)

มลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบท่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศและอาจส่งผลกระทบท่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชน โดยทั่วไปหรือก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมมีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1. เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง
2. เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล
3. เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซ LPG สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งพบว่าปริมาณการระบายออกสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้นทุกปีตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น



โดยทั่วไปแล้วเป็นที่ทราบกันอยู่ทั่วไปว่า มลพิษทางอากาศจากรถยนต์ส่วนใหญ่ก็มาจากระบบการเผาไหม้แล้วระบายออกทางท่อไอเสียรถยนต์ การสันดาปเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญกับออกซิเจนในอากาศ ฉะนั้นผลการสันดาปที่สำคัญคือ คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ แต่การสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ ก็จะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนที่เหลือ และคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญชนิดหนึ่ง และ

บางส่วนก็จะเกิดเป็นอนุภาคคาร์บอนอิสระเกิดเป็นควันดำ (Black Smoke) อย่างไรก็ตามเนื่องจากในอากาศที่เข้าในปฏิกิริยาการสันดาปจะมีไนโตรเจนถึง 78 % จึงเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนขึ้น นอกจากนี้สารบางชนิด ที่ใช้เติมเพิ่มคุณสมบัติของน้ำมัน ก็จะถูกระบายออกมาด้วย เช่น สารตะกั่ว และยังมีไฮโดรคาร์บอนในสภาพก๊าซระบายปนออกมากับไอเสียซึ่งอัตราการระบายออกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น

1. คุณลักษณะของเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ
2. เชื้อเพลิงที่ใช้
3. การปรับแต่งและสภาพของเครื่องยนต์
4. วิธีการขับของแต่ละคน

การทำงานของเครื่องยนต์เบนซินมีส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลจึงจะพบว่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีการระบายออกจากเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล ส่วนก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์เบนซินจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซล

การระบายสารมลพิษจากเครื่องยนต์ จะระบายออกจากระบบต่าง ๆ 3 ระบบ คือ

1. ระบบระเหย คือ ปริมาณเชื้อเพลิง ที่ระเหยออกจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ การระเหยจะมากขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศและความสามารถในการระเหยของน้ำมัน ซึ่งสารมลพิษทางอากาศส่วนใหญ่จะเป็นสารไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสารมลพิษทางอากาศที่ระบายจากเครื่องยนต์
2. ระบบกันอ่าง สารมลพิษทางอากาศจากระบบกันอ่างเกิดจากการรั่วซึมของก๊าซในกระบอกสูบและลูกสูบลงมาถึงกันอ่าง ส่วนใหญ่จะเป็นสารไฮโดรคาร์บอน
3. ระบบไอเสีย ไอเสียจากเครื่องยนต์มีประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของสารมลพิษทางอากาศทั้งหมด สารมลพิษจากไอเสียจะประกอบด้วย HC ที่ยังไม่ได้เผาไหม้ HC ที่เผาไหม้แล้วบางส่วน CO , SO₂ สารละออง และ NO ซึ่งปริมาณของสารเหล่านี้จะมากขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ของเครื่องยนต์ สถานการณ์และสภาวะ ดังกล่าวมาแล้ว

สารมลพิษจากรถยนต์

การสันดาปที่สมบูรณ์ เช่น การสันดาปของ iso - octhane จะไม่มีการระบายของสารอื่นโดยยกเว้น น้ำ และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เมื่อปรากฏว่ามีไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ปนมากับไอเสีย การพิจารณาการกำเนิดของก๊าซแต่ละชนิดจะเป็นการอธิบายถึงความแตกต่างของอัตราการระบายของก๊าซแต่ละชนิดออกของเครื่องยนต์แต่ละชนิดด้วย

1. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) : การมีคาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดขึ้นก็เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจาก CO ไปเป็น CO₂ ไม่สมบูรณ์ คือ ภาวะการขาดออกซิเจน ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดคือการเพิ่มอัตราส่วน A/F (อัตราของอากาศกับน้ำมัน) คือให้มีอากาศมากขึ้นนั่นเอง แต่เนื่องจากช่วงการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินมีค่า A/F ต่ำกว่าของพวกเครื่องยนต์ดีเซล จึงจะพบว่าคาร์บอนมอนนอกไซด์มีการระบายออกจากเครื่องยนต์เบนซินสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะเครื่องยนต์เบนซินเราก็จะพบว่าการใช้เชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ง่ายกว่าหรือมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำก็จะเกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า เราจึงพบว่าอัตราส่วนการระบายของ CO จากเครื่องยนต์ที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงจะมีอัตราโดยเฉลี่ยต่ำกว่า CO ที่ระบายออกจากเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

2. ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) : ออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการสันดาปในเครื่องยนต์ คือ ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนตริกออกไซด์จะมี enthalpy สูงกว่า ทั้ง N₂ และ O₂ จึงเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูงเท่านั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว อัตราการเกิดไนตริกออกไซด์ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในขณะเกิดการสันดาปด้วย เนื่องจากปฏิกิริยานี้ต้องการออกซิเจนจึงจะเกิดได้ดีเมื่ออัตรา A/F สูง ตามทฤษฎีการเกิด NO เช่นนี้ เรา

ก็จะพบอัตราการเกิด NO ในเครื่องยนต์เบนซินจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากในเครื่องยนต์เบนซินมีอัตรา A/F สูงกว่า และอุณหภูมิในห้องสันดาปต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติ

3. ไฮโดรคาร์บอน (HC) : ไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกได้จากเชื้อเพลิงที่เหลือคือไฮโดรคาร์บอนในสภาพก๊าซจากการเผาไหม้ที่เหลือเชื้อเพลิงนี้ไม่เผาไหม้และผลผลิตจากการเผาไหม้ที่ยังไม่สิ้นสุด ไฮโดรคาร์บอนนี้แตกต่างจากคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน คือ ถ้าเผาไหม้ที่อุณหภูมิและมีออกซิเจน (จากอากาศ) เพียงพอ จะเกิดไฮโดรคาร์บอนค่อนข้างต่ำ สาเหตุการเกิดไฮโดรคาร์บอนทั้ง ๆ ที่ ปกติอัตราส่วน A/F นั้นเพียงพอสำหรับการสันดาปแล้ว เนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

3.1 บริเวณผนังของเสื้อสูบที่ถูกหล่อเย็นที่เรียกว่า (quench zone) ที่อุณหภูมิต่ำจนกระทั่งไม่เกิดการสันดาป ทำให้มีไฮโดรคาร์บอนระบายออกมา

3.2 ในบางบริเวณในเสื้อสูบบมีอัตราส่วน A/F น้อยเกินไปทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

3.3 ในบางบริเวณอัตราส่วน A/F สูงเกินไปทำให้สูญเสียความร้อนเนื่องจากอากาศที่เกินพอทำให้การสันดาปไม่เกิดขึ้น

4. คว้นดำ (Soot และ Black Smoke) : คว้นดำ เป็นการรวมตัวของอะตอมของคาร์บอนและส่วนหนึ่งของไฮโดรคาร์บอนซึ่งถูกเผาไหม้บางส่วน ทำให้โมเลกุลมีอัตราส่วนระหว่าง CH เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเกิดคว้นดำเป็นกระบวนการที่โมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนเกิดปฏิกิริยาคายไฮโดรเจน (dehydrogenation) แล้วเกิดรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น (polymerization) แล้วในท้ายที่สุดก็จะเกาะกันเป็นเม็ด (agglomeration)

5. สารตะกั่ว (Pb) : ตะกั่วเป็นสารที่เติมลงในน้ำมันเบนซิน เป็นสารพวก Tetra Methyl Lead หรือ Tetra Ethyl Lead สารพวกนี้ไม่ได้เข้าร่วมในปฏิกิริยาการสันดาป ทำหน้าที่คล้าย Catalyst เท่านั้น สารตะกั่วที่ออกมาทางไอเสียจะมีขนาดเล็กมากประมาณ 1.5 ไมครอน หรือเล็กกว่านั้น ปกติสารตะกั่วจะออกมาทางไอเสียประมาณ 70 % ของทั้งหมด และจะฟุ้งกระจายไปในอากาศในลักษณะคล้ายอุโมงค์ของก๊าซ ดังนั้นสารตะกั่วจะแพร่กระจายไปได้ไกลจากถนนมาก

การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์เบนซินหรือที่เรียกว่า gasoline engine เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน (gasoline) หรือก๊าซหุงต้ม (liquified petroleum gas-LPG) เป็นเชื้อเพลิง การจุดระเบิดต้องใช้หัวเทียนในการช่วยจุดไฟ และไอติดเป็นสารผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่มีอัตราส่วนเหมาะสมก่อนถูกดูดเข้าเครื่องยนต์ การเกิดสารมลพิษทางอากาศจากการสันดาปของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิง (คาร์บอนและไฮโดรเจน) กับอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาป ซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10 - 17 โดยที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์จะมีสูงเมื่ออัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 16 ซึ่งเป็นส่วนผสมที่บาง สำหรับในการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่รถเคลื่อนที่จากสภาวะหยุดนิ่งนั้นจะต้องเพิ่มปริมาณของเชื้อเพลิงให้มากขึ้น (ส่วนผสมที่หนาขึ้น, อัตราส่วนระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า 16) ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และสารไฮโดรคาร์บอน (HC) สูงขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะเกิดในช่วงที่มีการติดขัดของการจราจรและรถมีความเร็วต่ำ ผลของการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ยากกว่าหรือมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์กว่า จึงพบว่าอัตราการปล่อยออกของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องยนต์ที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงจะมีอัตราโดยเฉลี่ยต่ำกว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระบายออกจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์เบนซินปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เบากว่าอากาศเล็กน้อย เป็นก๊าซที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยา แต่ละโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีระยะเวลาคงอยู่ในอากาศได้นาน 1-2 เดือน เมื่อหายใจเข้าไปจะสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ในเม็ดเลือด

แดงได้ดีกว่าออกซิเจน 200 - 250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (carboxyhaemoglobin - COHb) ทำให้เลือดนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ได้น้อยลง การที่จะเกิด COHb ในเลือดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่หายใจเข้าไป นั่นคือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่หายใจเข้าไปนั่นเอง จะเห็นได้ว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนที่ไม่เพียงพอ ทำให้หัวใจต้องทำงานสูบฉีดเลือดมากขึ้น มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว ปวดศีรษะคลื่นไส้ อ่อนเพลีย เป็นลม หหมดสติ และถึงตายได้ในที่สุด เมื่อร่างกายขาดออกซิเจน

เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้ม ในกระบวนการเผาไหม้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) อย่างแน่นอน แต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณก๊าซไนโตรเจน (N_2) อยู่ด้วยร้อยละ 79 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ได้ (ส่วนใหญ่เป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)) ความเข้มข้นของ NO ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง การเกิด NO ในเครื่องยนต์เกิดจากส่วนผสมบางส่วนอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไป

การปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์ดีเซลมีการปล่อย NO_x และอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) เป็นส่วนใหญ่และอาจมี HC และ CO บ้างแล้วแต่กรณี กระบวนการเกิด CO และ NO_x ในเครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนคล้ายคลึงกับการเกิด CO และ NO_x ในเครื่องยนต์เบนซิน ในเครื่องยนต์ดีเซลถ้าความเร็วรอบสูง ภาระสูง จะมีความเข้มข้นของ NO_x ถูกปล่อยออกมามาก รถบรรทุกซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลแม้ว่าจะมีความเร็วรอบต่ำแต่ต้องใช้ภาระสูงตลอดเวลา มีผลให้ NO_x ระบายออกสูงขึ้นด้วยเครื่องยนต์ดีเซลมีการระบายสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เนื่องจากใช้ความดันและอุณหภูมิสูง ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่สำคัญคือ ก๊าซไนตริกออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของไนโตรเจนกับออกซิเจนในระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ที่อุณหภูมิสูงโดยทั่วไปแล้ว NO ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น NO_2 แต่ยังไม่มียางานยืนยันว่าระดับของ NO ที่พบในอากาศโดยทั่วไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ สำหรับ NO_2 เมื่อหายใจเข้าไปแล้ว อาจทำให้เกิดความระคายเคืองในดวงลม ทำให้เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดลมตีบตัน โดยเฉพาะในบุคคลที่เป็นโรคหืดอยู่แล้ว นอกจากนี้ NO_2 ในปอดยังอาจเปลี่ยนไปเป็น Nitrosamines ซึ่งทำให้เกิดโรคมะเร็งได้

ออกไซด์ของไนโตรเจนมีทั้งหมด 7 รูป ได้แก่ N_2O , NO, NO_2 , N_2O_5 , N_2O_3 , N_2O_4 และ NO_3 แต่มีเพียง NO และ NO_2 ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ทั้ง NO และ NO_2 ไม่มีผลโดยตรงต่อวัตถุ อย่างไรก็ตาม NO_2 จะทำปฏิกิริยากับความชื้นเกิดเป็นกรดไนตริกซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนโลหะ NO_2 มีสมบัติในการดูดซับแสง ทำให้เป็นตัวการหนึ่งของการลดทัศนวิสัยเมื่อความเข้มข้นในอากาศมีค่ามากกว่า 0.25 พีพีเอ็ม. ในด้านผลต่อสุขภาพนั้นพบว่าถ้าระดับความเข้มข้นของ NO_2 สูงถึงระดับ 300-500 พีพีเอ็ม. จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตหรือสลบเนื่องจากสมองขาดออกซิเจน ความเข้มข้นระดับ 0.7-20 พีพีเอ็ม. ในเวลา 10 นาที จะทำให้หายใจไม่ออก และที่ระดับ 0.11-0.22 พีพีเอ็ม. จะเริ่มได้กลิ่น สารประกอบชนิดแรกของการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนส่วนใหญ่คือ NO ซึ่งต่อมาก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือโอโซนเกิดเป็น NO_2 นอกจากนี้ในบรรยากาศจะมีสารไฮโดรคาร์บอนอยู่ด้วยทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของออกซิเจน โอโซน และ NO โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นกลุ่มสารมลพิษทางอากาศที่เรียกว่า Photochemical Oxidants ดังนั้นผลจากการทำนายความเข้มข้นของการแพร่กระจาย NO_2 จึงให้ผลเกินจริงราว 1-10 เท่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีสมมติฐานว่ารูปแบบทั้งหมดที่เกิดขึ้นของออกไซด์ของไนโตรเจน คือ NO_2

ที่มา: <http://www.sci.tu.ac.th/std-web/air-noise/CAR.HTML>

ลักษณะของมลพิษทางอากาศ

ฝุ่นละออง (PM-10)

PM10 คือ อนุภาคของของเหลว และของแข็งที่พบในอากาศ มีขนาดเล็กมากจะสามารถมองเห็นได้โดยผ่านกล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคป แต่บางอนุภาคจะมีขนาดใหญ่ และมีสีตามากพอที่จะมองเห็นได้ เช่น เขม่า คว้น เนื่องจากอนุภาคเหล่านี้เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายแหล่งทั้งที่เคลื่อนที่ได้และอยู่กับที่ เช่น รถบรรทุกดีเซล โรงงานทำไม้ โรงปูน เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของอนุภาคเหล่านี้จึงมีความหลากหลาย นอกจากนี้ PM10 สามารถเกิดขึ้นหรือแพร่กระจายในบรรยากาศได้เมื่อก๊าซที่เป็นสารมลพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ อยู่ในรูปของอนุภาคขนาดเล็ก

ปัจจุบัน ฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักในกรุงเทพมหานครและชุมชนในประเทศไทย ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (เป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึง ฝุ่น ที่ ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่น ละอองที่แขวนลอย อยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ และจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มากขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียน ของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยก ได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้น โดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่นการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือ ปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง(Photochemical reaction) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้ จะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการ รวมตัวฝุ่นละออง เช่น คว้น (Smoke) พุ่ม (fume) หมอกน้ำ ค้าง (mist) เป็นต้น ฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดินทราย หรือเกิดจาก คว้นดำจากท่อไอเสียรถยนต์การจราจร และการอุตสาหกรรมฝุ่นที่ถูกดูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิด อันตรายต่อสุขภาพ รบกวนการมองเห็น และทำให้สิ่งต่าง ๆ สกปรก เสียหายได้ในบริเวณ ที่พักอาศัยปริมาณฝุ่นละออง 30% เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วน บริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์และ พบว่าฝุ่น ละอองมีมีสารตะกั่วและสารประกอบโบรมีนสูงกว่าบริเวณนอกเมือง อันเนื่องมาจากมลพิษ ที่เกิดจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองเมื่อแยกตามขนาด พบว่า 60% โดยประมาณ จะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนฝุ่นประเภทนี้เกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ไซเคอร์ยอนต์ ดีเซลบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบอยู่ทั่วไปในเขตเมืองเขตอุตสาหกรรม และเขตกึ่งชนบท หากพบในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอดของมนุษย์ได้ เป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจโรคปอดต่าง ๆ เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสม ทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบของฝุ่นละอองนั้น ส่วนฝุ่นขนาดใหญ่อีกประมาณ 40% ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่า ฝุ่นประเภทนี้ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนักเพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น และอาจเป็นเพียงการรบกวนและก่อให้เกิดความรำคาญเท่านั้น

ฝุ่นละอองในบรรยากาศ อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามแหล่งกำเนิด คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรง
2. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายหลังโดยปฏิกิริยาต่าง ๆ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น
2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man - made Particle) ได้แก่
 - ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดิน ทรายที่ฟุ้งกระจายอยู่ในถนนขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางจราจร
 - ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการก่อสร้างอาคาร ถนน การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคาร และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค
 - ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การไม้บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัด กรวดหรือทราย
 - ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป

- ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว สามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น ต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ
- ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรกและเอะอะของวัตถุ เป็นต้น

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide : CO)

สำหรับในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และเมืองหลักต่าง ๆ แหล่งกำเนิดหลักของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มาจากรถต่าง ๆ ที่วิ่งอยู่บนท้องถนน และเครื่องยนต์เบนซินที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในภาวะการจราจรหนาแน่นและติดขัด ซึ่งทำให้เกิดการสะสมตัวของมลพิษในปริมาณมาก

การแก้ไขปัญหาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดำเนินการอย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรมในปี 2536 โดยมีการบังคับใช้อุปกรณ์กำจัดมลพิษในระบบไอเสียรถยนต์เบนซินใหม่ที่ใช้ น้ำมันไร้สารตะกั่วให้ติดตั้งอุปกรณ์แปรสภาพไอเสีย หรือ Catalytic Converter เพื่อลดการระบายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ และบริเวณท้องถนนเริ่มลดปริมาณลง อย่างไรก็ตามในปี 2537 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ยังเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมาตรการในการบังคับใช้ Catalytic Converter ต้องดำเนินการต่อเนื่องจากการยกเลิกใช้น้ำมันเบนซินที่มีสารตะกั่วก่อน ช่วงแรกของการปรับเปลี่ยนบนท้องถนนทั่วไปจึงยังคงมีรถยนต์เก่าที่ไม่ได้มีการติดตั้ง Catalytic Converter วิ่งอยู่เป็นจำนวนมาก ครั้นในปี 2538 เมื่อปริมาณรถยนต์ใหม่ที่ติดตั้ง Catalytic Converter มากขึ้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จึงค่อย ๆ ลดลง จนปัจจุบันอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังได้จัดทำมาตรการต่าง ๆ ควบคู่ไปกับการติดตั้งระบบอุปกรณ์กำจัดมลพิษ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดมาตรฐานการระบายมลพิษจากไอเสียรถยนต์ โดยกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับรถยนต์ใหม่ตามมาตรฐานของกลุ่มสหภาพยุโรป (EU) โดยเริ่มใช้มาตั้งแต่ ปี 2535 พร้อมกับมีการปรับปรุงให้มีความเข้มงวดมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบันรถยนต์ใหม่มีการระบายมลพิษอยู่ในระดับต่ำมาก สำหรับรถจักรยานยนต์ใหม่นั้นได้มีการปรับปรุงมาตรฐานการระบายมลพิษจากไอเสียให้มีความเข้ม

งวดมากขึ้นตามลำดับ และส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่มีการระบายมลพิษต่ำ รวมทั้งปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเบนซินโดยปรับปริมาณ Oxygenate เพื่อช่วยให้เครื่องยนต์เผาไหม้ได้สมบูรณ์มากขึ้น และการดำเนินโครงการ "คลินิกไอเสีย" ซึ่งเป็นการอบรมช่างเทคนิคประจำอู่ซ่อมรถให้สามารถปรับแต่งและซ่อมเครื่องยนต์เพื่อลดมลพิษ ตลอดจนการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนดูแลรักษาสภาพรถ ผลจากการดำเนินงานในหลายๆ มาตรการข้างต้น ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide : NO₂)

ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วยไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจน ไตรออกไซด์ (N₂O₃) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N₂O₄) และไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N₂O₅) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ NO และ NO₂ เนื่องจากเป็น ก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่า ออกไซด์ของไนโตรเจน ตัวอื่น ๆ ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ ก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ไฟป่า ไฟแลบ ภูเขาไฟระเบิดปฏิกิริยาเชิงจุลินทรีย์ในดินหรืออาจเกิดจากการกระทำของ มนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบ โลหะและการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ก๊าซทั้งสองเกิดจากธรรมชาติมากกว่าการกระทำของมนุษย์ การเกิดก๊าซไนตริก ออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด ดังนั้น รถยนต์และอุตสาหกรรมจึงเป็นแหล่งที่ ทำให้เกิดก๊าซนี้ หากก๊าซไนตริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโอโซนในบรรยากาศเกิดเป็นไนโตรเจน ไดออกไซด์และออกซิเจนในทางตรงกันข้าม แสงแดดทำให้ไนโตรเจนออกไซด์แตกตัวทำปฏิกิริยาย้อนกลับ



เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก๊าซไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่มีต่อการทำงานของปอดแล้วปรากฏว่า ก๊าซไนตริกออกไซด์ มีอันตรายน้อยกว่า มนุษย์จะไต่กลิ่นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ระดับ 230 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร หากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดกลิ่นเร็วขึ้นผู้ป่วยที่เป็น โรคหอบหืดอาจมีอาการเร็วขึ้น หากได้รับก๊าซนี้ที่ระดับ 190 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรอากาศ ระบบหายใจในคนทั่วไปเริ่มต้นเมื่อได้รับก๊าซนี้ 1,300-1,800 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO₂)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสีไม่มีไฟที่ระดับความเข้มข้นสูง จะมีกลิ่นฉุนแสบจมูกเมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น มังกานีส เหล็ก และวา นาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเคมีออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถัน เช่นกัน การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคมวลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่ง กำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และละอองกรดกำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมา มีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศน์ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิต ต่าง ๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีก

โอโซน (Ozone)

โอโซนระดับพื้น (เป็นองค์ประกอบเริ่มแรกที่ทำให้เกิดหมอกควัน) เป็นมลพิษทางอากาศที่ซับซ้อน ควบคุมได้ยาก และแผ่ขยายได้ง่ายที่สุดในกลุ่มสารมลพิษทางอากาศทั้ง 6 ชนิด โอโซนแตกต่างจากสารมลพิษอื่น ๆ คือ โอโซนแพร่ไม่ได้จากแหล่งกำเนิดเฉพาะแห่งใดแห่งหนึ่ง โอโซนเกิดจากการทำปฏิกิริยาของแสงอาทิตย์กับออกไซด์ของไนโตรเจนและ VOC ในอากาศ ซึ่งแหล่งกำเนิดของก๊าซเหล่านี้มีประมาณ 1000 ชนิด โดยทั่วไปแล้วแหล่งกำเนิดเหล่านี้คือ การระเหยของน้ำมันรถ การละลายทางเคมี การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง กระบวนการผลิตต่าง ๆ การกระจายของไนโตรเจนออกไซด์และ VOC จากยานพาหนะและโรงงานจะสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลกว่า 100 ไมล์จากแหล่งกำเนิด และทำให้เกิดมีปริมาณโอโซนสูงเป็นบริเวณกว้าง

ไฮโดรคาร์บอน

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ต่าง ๆ ที่ไม่สมบูรณ์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไฮโดรคาร์บอนปนอยู่ในอากาศ สารไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ เป็นอันตรายต่อเมื่อตา ถ้าหายใจเข้าไปทำให้ระบบการหายใจระคายเคือง และโดยเฉพาะไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลจะรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนหรือก๊าซโอโซนกลายเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์ซึ่งมีกลิ่นเหม็น และทำให้เกิดการระคายเคืองเมื่อสูดดม นอกจากนี้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ยังอาจทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และไนโตรเจนไดออกไซด์ กลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์อะโรมาติกในแตเรด (PAN) ซึ่งเป็นพิษเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาและระบบทางเดินหายใจ

ควันดำและควันขาว

ควันดำ คืออนุภาคของถ่านหรือคาร์บอนเป็นผง เขม่าเล็ก ๆ ที่เหลือจากการเผาไหม้ของ เครื่องยนต์ ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่ เช่น รถเมล์ รถปิกอัพดีเซล รถขนาดใหญ่โดยทั่วไป และจากโรงงานอุตสาหกรรม ควันดำนอกจากจะบดบัง การมองเห็นและเกิดความสกปรก แล้ว ยังสามารถเข้าสู่ปอดโดยการหายใจเข้าไป และสะสมในถุงลมปอดเป็นสารทำให้เกิด โรคมะเร็ง หรือเป็นตัวนำสารให้เกิดโรคมะเร็งปอดและทำให้หลอดลมอักเสบได้ ควันขาว เกิดจากเครื่องยนต์ที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างดี โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์เก่า ควัน ขาวคือสารไฮโดรคาร์บอนหรือน้ำมัน เชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ แล้วถูกปล่อยออกมาทาง ท่อไอเสีย สารไฮโดรคาร์บอน เมื่อโดนแสงอาทิตย์จะเกิดปฏิกิริยาสร้างก๊าซโอโซนอันเป็นพิษภัยแรงขึ้น (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กทม. <http://www.lib.ru.ac.th/>)

สำหรับในรายงานฉบับนี้ เนื่องจากผลการศึกษาของทีมงานวิจัยยังไม่เรียบร้อย จึงยังไม่สามารถนำตัวเลขมาใช้อ้างอิงได้ จึงต้องใช้ข้อมูลเก่ามาทำการวิเคราะห์ เช่น ปริมาณมลพิษทางอากาศจากแหล่งต่างๆ ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล ตามตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลจากหลาย ๆ ปี มาเพื่อประกอบในการพัฒนาเกมส์คอมพิวเตอร์ในครั้งนี้ ส่วนตารางที่ 2 และ 3 แสดงปริมาณมลพิษอากาศทั้งหมด (จากโรงไฟฟ้า โรงงาน การจราจร พาณิชยกรรม) ที่ปล่อยจากกรุงเทพฯ และปริมณฑล, พ.ศ. 2535 ส่วนตารางที่ 4 แสดงบัญชีปริมาณการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากยานยนต์โดยไม่มีการควบคุม (ต้นต่อปี) และ ตารางที่ 5 แสดงบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษและสัดส่วนปริมาณการปล่อยมลพิษจากแหล่งเหล่านี้ ทั้งนี้ทั้งตาราง 4 และ 5 นั้น เป็นการใช้ข้อมูลของปี 2539 คาดการณ์สำหรับ ปี 2543 และ 2558 กล่าวคือ คาดการณ์ 5 ปี และ 20 ปี

ดังนั้น เมื่อทีมงานวิจัยแล้วเสร็จ (ภายในปี 2546) ก็จะมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยขึ้นต่อไป ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบถึงสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยสามารถบอกปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น รถประเภทต่างๆ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะ เป็นต้น รวมไปถึงความสัมพันธ์ของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะระดับฝุ่นขนาดเล็กกับความแปรผันได้ของอัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มประชากรผู้ใหญ่ในประเทศไทย และสามารถประเมินอัตราการตาย อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ได้อีกด้วย

ตารางที่ 1 ปริมาณมลพิษทางอากาศจากแหล่งต่างๆ ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล

แหล่งมลพิษ	CO (% โดยปริมาตร) (ค่าเฉลี่ยต่อคัน)	HC	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	ออกไซด์ของไนโตรเจน
แบบเคลื่อนที่				
รถยนต์เบนซินส่วนบุคคล		หน่วย (ppm) (ค่าเฉลี่ยต่อคัน)		
- มี Catalytic converter	0.38	59.00		
- ไม่มี Catalytic converter	3.64	230.00		
รถยนต์เบนซินรับจ้าง				
- มี Catalytic converter	2.15	347.00		
- ไม่มี Catalytic converter	2.33	360.00		
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง 2 จังหวะ	5.39	2.87		
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง 4 จังหวะ	3.94	455.00		
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ	3.09	7.84		
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ	1.41	527.00		
รถสามล้อเครื่อง 2 จังหวะ	1.28	5448.00		
รถดีเซลขนาดใหญ่*			8,319 (ตันต่อปี)	
รถจักรยานยนต์			2,882 (ตันต่อปี)	
รถเบนซิน			1,489 (ตันต่อปี)	
รถดีเซลขนาดเล็ก			1,353 (ตันต่อปี)	
แบบจุด				
โรงงานอุตสาหกรรม	6,780 (ตันต่อปี) ปี 2535	32.40 กรัมต่อวินาที	12,000 (ตันต่อปี) ปี 2535	1758.00 กรัมต่อวินาที
เตาเผาศพ		0.02 กรัมต่อวินาที		1.5 กรัมต่อวินาที
แบบพื้นที่				
สถานีบริการน้ำมัน		319.40 กรัมต่อวินาที		-
ที่พักอาศัย		777.00 กรัมต่อวินาที		18.10 กรัมต่อวินาที
สนามบิน		23.00 กรัมต่อวินาที		185.80 กรัมต่อวินาที

หมายเหตุ ข้อมูล CO และ HC มาจาก "สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2544" ยกเว้นของโรงงาน

ข้อมูล ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มาจากการคาดการณ์ ของกรมควบคุมมลพิษ, "การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่น ละอองในกรุงเทพมหานคร, 2539"

ข้อมูล ออกไซด์ของไนโตรเจน และ HC ของแหล่งกำเนิดแบบจุด และพื้นที่ เป็นของข้อมูลปี 2540 มาจากฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ, "สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2544"

* รวมรถประจำทาง รถบรรทุกวิ่งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัด มาจาก กรมควบคุมมลพิษ, "การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร, 2539"

ตารางที่ 2 ปริมาณมลพิษอากาศทั้งหมดที่ปล่อยจากกรุงเทพฯ และปริมณฑล พ.ศ. 2535 (ตันปี)

แหล่งกำเนิด	Nox	SO ₂	CO	SPM	HC
โรงไฟฟ้า	22,710	104,400	1,700	3,550	260
โรงงาน	24,040	145,300	6,780	12,000	480
การจราจร	381	76	4,682	637	982
พาณิชย์กรรม	776	218	162	46	65
รวม	47,907	249,994	13,324	16,233	1,787

ตารางที่ 3 ปริมาณมลพิษอากาศทั้งหมดที่ปล่อยจากกรุงเทพฯ และปริมณฑล พ.ศ. 2535 (%)

แหล่งกำเนิด	NOx	SO ₂	CO	SPM	HC
โรงไฟฟ้า	47.40	41.76	12.76	21.87	14.55
โรงงาน	50.18	58.12	50.88	73.92	26.86
การจราจร	0.80	0.03	35.14	3.93	54.95
พาณิชย์กรรม	1.62	0.09	1.22	0.28	3.64
รวม	100	100	100	100	100

ที่มา: <http://www.aqnis.pcd.go.th/thai/projects/air/edb351.htm>

ตารางที่ 4 บัญชีปริมาณการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากยานยนต์โดยไม่มีการควบคุม (ตันต่อปี)

ประเภทยานยนต์	พ.ศ. 2539	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2558
รถดีเซลขนาดใหญ่*	8,319	7,313	4,920
รถจักรยานยนต์	2,882	3,262	2,507
รถเบนซิน	1,489	1,382	1,326
รถดีเซลขนาดเล็ก	1,353	1,362	1,392
รวม	14,043	13,319	10,145

* รวมรถประจำทาง รถบรรทุกวิ่งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 5 บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษและสัดส่วนปริมาณการปล่อยมลพิษจากแหล่งเหล่านี้

ประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษ	พ.ศ. 2539	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2558
ฝุ่นฟุ้งปลิวจากถนน	33.2%	31.9%	29.2%
หม้อไอน้ำโรงงาน	29.5%	30.4%	34.2%
ยานยนต์	22.8%	22.4%	19.2%
โรงไฟฟ้า	11.7%	12.1%	13.6%
การก่อสร้าง	2.9%	3.2%	3.9%
รวม (ตันปี)	61,492	59,497	52,944

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร

ปริมาณมลพิษทางอากาศรวมครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลพิษ 3 แบบ คือ โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรม และการคมนาคมขนส่ง ปริมาณมลพิษรวม ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 660,349 ตันต่อปี ฝุ่นละออง 46,216 ตันต่อปี และมลพิษต่าง ๆ โรงไฟฟ้าปล่อย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ 78% ของปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด ขณะที่ภาคอุตสาหกรรมปล่อยฝุ่นละออง 73% ของปริมาณการปล่อยละอองทั้งหมด ได้คำนวณปริมาณมลพิษจากข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงผลที่ได้พบว่า มีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 671,283 ตันต่อปี ซึ่งแตกต่างจากวิธีแรกประมาณ 2% ผลนี้เป็นที่น่าพอใจและเป็น ปริมาณมลพิษอากาศอื่นๆ ได้ผลไม่สอดคล้องกันเท่าไรนักโดยเฉพาะฝุ่นละออง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง และมลพิษจากกระบวนการผลิต ซึ่งไม่รวมอยู่ในมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิง ดังแสดงผลในตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษรวมในประเทศไทย, พ.ศ. 2537

(หน่วย : ตัน)

แหล่งกำเนิด	SPM	SO ₂	NO _x	HC	CO
กรุงเทพและปริมณฑล					
โรงไฟฟ้า	3,523	143,710	18,602	96	1,691
อุตสาหกรรม	13,500	244,138	37,829	1,510	17,049
คมนาคม	5,971	ไม่มีข้อมูล	51,025	13,076	29,212
แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่	405	1,355	4,616	944	4,140
รวม	23,399	389,203	112,072	15,626	52,092
ประเทศไทย					
โรงไฟฟ้า	11,256	773,254	125,631	6,556	15,034
อุตสาหกรรม	23,062	406,918	73,864	3,544	34,914
คมนาคม	17,787	na.	152,356	96,287	382,338
แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่	10,007	15,805	105,243	16,224	72,313
รวมทั้งสิ้น	62,113	1,195,978	457,094	122,611	504,599

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษรวมในประเทศไทย, พ.ศ. 2537

(หน่วย : %)

แหล่งกำเนิด	SPM	SO ₂	NO _x	HC	CO
กรุงเทพและปริมณฑล					
โรงไฟฟ้า	15	37	17	1	3
อุตสาหกรรม	58	63	34	10	33
คมนาคม	26	-	46	84	56
แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่	2	<1	4	6	8
รวม	100	100	100	100	100
ประเทศไทย					
โรงไฟฟ้า	18	65	27	5	3
อุตสาหกรรม	37	34	16	3	7
คมนาคม	29	-	33	79	76
แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่	16	1	23	13	14
รวมทั้งสิ้น	100	100	100	100	100

บทที่ 2

ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ

แหล่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ คือการคมนาคมขนส่ง นอกจากนี้ยังอาจจะมาจากกิจกรรมที่อยู่อาศัย สถานที่ทำงาน อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม การคมนาคม การผลิตพลังงาน การผลิตไฟฟ้า สารมลพิษอากาศที่สำคัญ ได้แก่ ฝุ่นละออง คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน พรอทตะกั่ว สารประกอบอินทรีย์ระเหย ควีน หมอกผสมควีน เหล่านี้อาจจะทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แอโรซอลของกรดกำมะถัน ซึ่งละลายน้ำได้ดี มักจะก่อให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจส่วนบน ส่วน ออกไซด์ของไนโตรเจนนั้นละลายในน้ำได้น้อยจึงมักจะก่อให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง รวมถึงหลอดลมเล็กและถุงลมในปอด ซึ่งผลของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพอนามัยนั้นมีตั้งแต่เฉียบพลัน และแบบเรื้อรัง ตั้งการทำให้เกิดความรำคาญ ความระคายเคือง การอักเสบ ถุงลมโป่งพอง หอบหืด หรืออาจจะก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือโรคหัวใจ ความสัมพันธ์ระหว่างสารมลพิษ แหล่งกำเนิด และผลเสียที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณ และระยะเวลาที่มนุษย์สัมผัสกับสารมลพิษนั้นๆ รวมถึงความไวต่อการรับสารนั้นๆของมนุษย์ จะเห็นว่าอัตราการเจ็บป่วยและตายด้วยโรคที่น่าจะเกิดจากมลพิษทางอากาศ ได้แก่ โรคปอดอักเสบ และโรคอื่นๆ จัดเป็นอันดับ 6 ในปี 2541 อัตราการตายสูงถึง 10.4 รายต่อประชากร 100,000 คน สำหรับรายละเอียดของผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพมีดังนี้

ฝุ่นละออง (PM-10)

ฝุ่นละออง เป็นอนุภาคมลสารที่ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะมีผลรุนแรงต่อปอดทำให้เกิดอาการปอดอักเสบเรื้อรังหรือเฉียบพลันได้ โดยผู้ที่เปราะบางที่สุด หอบหืดจะปรากฏอาการรุนแรงปัญหาฝุ่นละอองในเขตเมืองเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่มีความรุนแรงอยู่ในระดับต้นๆของเมืองไทย แต่ก็ได้รับการแก้ไขปัญหานี้จนประสบความสำเร็จ จากปัญหาที่เข้าขั้นรุนแรงมาก จนถึงปัจจุบันเกือบทุกพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละอองลดลง และส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาตรฐาน (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ)

ในปี 1987 EPA ใช้ PM10 เป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศแทน TSP (Total suspended Particular) มาตรฐาน PM10 นี้มุ่งเน้นไปที่อนุภาคขนาดเล็กซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพเพราะอนุภาคเหล่านี้จะสามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจได้ PM10 คือ อนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมครอนหรือต่ำกว่า(0.0004 นิ้วหรือ 1/7 ของความกว้างของเส้นผมคน) ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศโดย EPA ของ PM10 คือ 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ยรายปี) และ 150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ยรายวัน) ผลกระทบของ PM10 ที่มีต่อสุขภาพ คือ มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ มีอันตรายต่อเนื้อเยื่อของปอด มะเร็ง และทำให้อายุสั้น สำหรับเด็ก คนสูงอายุ ผู้ป่วยโรคปอด ไข้หวัดใหญ่ โรคหืด จะเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบจาก PM10 ได้ง่าย PM10 ทำให้เกิดการระคายเคือง อาการจาม และเจ็บคอ ถ้าสัมผัสประจำอาจพัฒนาเกิดภาวะภูมิแพ้ขึ้นได้ รวมไปถึงโรคหัดเรื้อรังและโรคโพรงจมูกอักเสบในสภาพที่เป็นกรดสามารถทำอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งก่อสร้าง และยังผลกระทบอื่น เช่น ลดการมองเห็นในส่วนต่าง ๆ ในสหรัฐ ผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เสนอว่า อนุภาคนขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน เข้าถึงถุงลมปอดได้ (มีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิด ไอมีเสมหะ อาจมีไข้ ถ้าสัมผัสประจำอาจนำไปสู่โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หรือปอดอักเสบ ด้วยเหตุนี้เอง EPA จึงกำหนดค่ามาตรฐาน PM2.5 ขึ้น พร้อมกับตรวจสอบและปรับปรุงค่ามาตรฐาน PM10 เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น (บุญรัตน์ เอื้อสฤตกิจ และคณะ "คู่มือโรคระบบการหายใจ เหตุสิ่งแวดล้อม", 2544)

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นมลพิษที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และได้ชื่อว่าเป็น "มลพิษไร้สีไร้กลิ่น" หรือ "ฆาตรกรเงียบ" เป็นก๊าซที่ไม่มีสีรสและกลิ่นมากกว่าอากาศ ทัวไปเล็กน้อยเมื่อหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้ มากกว่าออกซิเจนถึง 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin : CoHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ โดย ทัวไป องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิด CoHb ในเลือดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซ คาร์บอนมอนนอกไซด์ในอากาศ ที่สูดหายใจเข้าไปและระยะเวลาที่อยู่ในสภาวะนั้นสำหรับอาการ คอบสนองของมนุษย์ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ CoHb และความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่ไวต่อก๊าซชนิดนี้

ก๊าซชนิดนี้มีอันตรายต่อมนุษย์โดยตรงเพราะเมื่อร่างกายหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าไปจะทำให้ได้รับผลกระทบด้วยจะทำให้เวียนศีรษะ หายใจอึดอัด คลื่นไส้อาเจียน ถ้าร่างกายรับเข้าไปในปริมาณมากอาจเสียชีวิตได้ แม้ว่าคาร์บอนมอนนอกไซด์จะไม่ได้ปล่อยออกมาในระดับสูง การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนมอนนอกไซด์จะเกี่ยวข้องกับการเสื่อมของการมองเห็น ระดับความสามารถในการทำงานลดลง ทำให้เฉื่อยชา ความสามารถในการเรียนรู้ต่ำลง และความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อนลดลง

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศด้านสุขภาพโดย EPA กำหนดให้ค่าคาร์บอนมอนนอกไซด์อยู่ในระดับ 9 ppm มีหน่วยวัดเป็นรายนาที่ ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

การปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก ก๊าซนี้มีอันตรายต่อร่างกายมากยิ่งขึ้นเมื่อรวมตัวกับฝุ่นละออง ซึ่งฝุ่นละอองบางชนิดสามารถดูดซึมและละลายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ในตัว เช่น โซเดียมคลอไรด์ ละอองไอของเหล็ก เฟอร์รัส แมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่อการเจ็บป่วยของระบบทางเดินหายใจ โรคปอด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ และผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ เด็ก คนชรา และผู้ป่วยโรคหืด โรคหลอดเลือดหัวใจหรือโรคปอด เช่น โรคหลอดเลือดสมอง ภาวะลมโป่งพอง

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศด้านสุขภาพโดย EPA สำหรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ 0.03 ppm (ค่าเฉลี่ยรายปี) และ 0.14 ppm (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) นอกจากจะมีผลต่อสุขภาพแล้วซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังก่อให้เกิดซัลเฟต ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดหิมะและหมอกน้ำมีลักษณะเป็นกรด และเร่งให้เกิดการสึกกร่อนของตึกและอนุสาวรีย์

องค์การอนามัยโลกเสนอแนวทางว่าควรมีระดับ ในบรรยากาศ 5-400 g/m³ ระดับที่มีผลต่อสุขภาพคือ 1000 g/m³ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงานของปอดในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด ระดับที่สามารถสังเกตอาการต่อระบบทางเดินหายใจ คือ 100 - 250 g/m³

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

ไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้เกิดการระคายเคืองในปอดและภูมิคุ้มกันของร่างกายต่ำลง ก๊าซชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดเป็นกรดไนตริกเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายรับเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้ปอดอักเสบ เนื้อเยื่อในปอด และทำให้หลอดเลือดตีตัน และยังเป็นผลให้เกิดการติดเชื้ในระบบทางเดินหายใจ เช่น ไซนัสอักเสบ ผลกระทบจากการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ในระยะสั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัดและสำหรับการปล่อยอย่างต่อเนื่องหรือถี่มาก ๆ ในลักษณะนี้ไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบในอากาศโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจอย่างรุนแรงในเด็ก

ค่ามาตรฐานอากาศด้านสุขภาพโดย EAP สำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์ คือ 0.05 ppm (ค่าเฉลี่ยรายปี)

โอโซน (Ozone)

โอโซนที่อยู่ในระดับผิวดินมักเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดหมอกผสมควัน(smog) โดยจะทำปฏิกิริยากับ VOCs และNOx ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ หายใจลำบาก ลดหน้าที่การทำงานของปอด หอบหืด ระคายเคืองตา แสบจมูก ทำให้ร่างกายมีภูมิต้านทานต่ำ อาจจะทำให้เยื่อหุ้มปอดเสื่อม ผลกระทบต่อสุขภาพที่พบได้ในบรรยากาศ 10-100 g / m³ ทำให้เกิดโรคมะเร็งทางเดินหายใจ

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าโอโซนระดับพื้นดินไม่ได้ส่งผลกระทบต่อทางการเจ็บป่วยทางด้านทางเดินหายใจ (เช่น โรคหืด) ของคนเท่านั้น แต่ยังส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ใหญ่และเด็กอีกด้วย แม้ว่าโอโซนที่ปล่อยออกมา 6-7 ชั่วโมง จะมีความเข้มข้นในระดับต่ำ แต่ก็ยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การทำงานของปอดลดลง และเกิดจากอีกเสบของระบบทางเดินหายใจในคนปกติ และคนที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ และโอโซนยังมีส่วนทำให้เกิดอาการเจ็บคอ ไอ คลื่นไส้ และโรคปอด

เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีหลักฐานการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน ระหว่างระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของการเข้ารับรักษาตัวด้วยโรคทางเดินหายใจในโรงพยาบาลหลาย ๆ รัฐของสหรัฐฯ และผลการศึกษาจากสัตว์ทดลองแสดงว่า การได้รับโอโซนในระดับสูงเป็นเวลานาน สามารถทำอันตรายต่อโครงสร้างในปอด ค่ามาตรฐานคุณภาพด้านสุขภาพโดย EPA ของโอโซน คือ 0.12 ppm ในแต่ละปีโอโซนทำความเสียหายให้แก่พื้นที่การเกษตรในสหรัฐฯ คิดเป็นมูลค่า 1-2 ร้อยล้านดอลลาร์ นอกจากนี้โอโซนยังทำลายระบบนิเวศวิทยาของป่าในแคลิฟอร์เนีย และพื้นที่ทางตะวันออกของสหรัฐฯ ผลการศึกษาในได้บ่งชี้ว่า การแพร่กระจายของโอโซนจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่ความเข้มข้นต่ำกว่าและระยะเวลานานกว่าค่ามาตรฐานปัจจุบันเป็นผลให้ EPA ต้องทบทวนและปรับปรุงค่ามาตรฐานโอโซนใหม่

ตะกั่ว (Lead)

การแพร่กระจายของตะกั่วโดยส่วนใหญ่พบในอากาศที่หายใจเข้าไป ในอาหาร,พืช,น้ำ,ดิน และฝุ่น เนื่องจากเมื่อเข้าไปในร่างกายแล้วยากแก่การขับออกมาตะกั่วจึงสะสมในร่างกาย ในเลือด กระดูก และเนื้อเยื่ออ่อน ตะกั่วสามารถมีผลกระทบต่อ ไต ตับ ระบบประสาทและอวัยวะอื่น ๆ การปล่อยตะกั่วมากเกินไปอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งในเม็ดเลือด โรคไต ระบบสืบพันธุ์ และทำให้ระบบประสาทผิดปกติ เช่นอาการชักกระตุก การผิดปกติทางจิต และมีพฤติกรรมผิดปกติ แม้ตะกั่วจะถูกปล่อยออกมาในระดับต่ำ แต่ก็มีผลสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระบบเอ็นไซม์ การส่งผ่านพลังงาน และขบวนการอื่น ๆ ในร่างกาย สำหรับทารกและเด็กจะง่ายต่อการได้รับผลกระทบจากตะกั่วเป็นพิเศษ ซึ่งตะกั่วในระดับต่ำจะทำลายระบบประสาทส่วนกลาง และทำให้เกิดการเจริญเติบโตช้าในทารกและเด็ก จากการศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้แสดงให้เห็นว่าตะกั่วเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจในผู้ช่าววัยกลางคน และมีส่วนทำให้เกิดโรคกระดูกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศด้านสุขภาพโดย EPA สำหรับตะกั่ว คือ 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ยราย 3 เดือน)

องค์การอนามัยโลกเสนอแนวทางว่าควรมีระดับ ในบรรยากาศ 0.01 -2 กรัมต่อลบม. ในเลือด < 25 : g Pb/l

ดังนั้นจึงสรุปผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพได้ดังแสดงในตารางที่ 8