

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เบื้องต้นมลพิษทางอากาศ

1. ความหมายมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีการเจือปนของสารพิษในปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าปกติและสารมลพิษที่เจือปนเหล่านี้ ต้องมีการแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานพอที่จะก่อให้เกิดผลเสียหายหรืออันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และพืชนอกจากนั้นยังทำลายทรัพย์สิน เช่นอาคารบ้านเรือน โบราณสถาน โบราณวัตถุ ภาชนะเครื่องใช้ เครื่องจักรกลที่เป็นโลหะ ยานพาหนะต่างๆให้เกิดความสกปรกและเกิดการกัดกร่อนผุพังทรุดโทรมอาจใช้การไม่ได้ (วราวุธ เสือดี, 2543)

สรุปความหมายของมลพิษทางอากาศ คือ ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่างๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า หรือกรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ จากโรงงานอุตสาหกรรม จากขบวนการผลิต เป็นต้น

2. ปัญหามลพิษทางอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม และในแหล่งที่มีการจราจรหนาแน่นติดขัด แหล่งดังกล่าวจัดเป็นแหล่งผลิตสารมลพิษให้กับบรรยากาศที่สำคัญ และเนื่องจากมีกระแสลมช่วยพัดพาสารมลพิษ จึงให้สารมลพิษแพร่กระจายออกจากจุดกำเนิดไปได้ไกล จึงก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศกว้างขวางออกไปมากและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Chen, C.-C., Lint, J.J., Tsai, J.-H., 1998)

ปัญหามลพิษทางอากาศซึ่งนับวันจะทวีปัญหาเพิ่มขึ้น และปัจจุบันก็จัดว่าเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของโลกที่มีความสำคัญยิ่งในการควบคุมและป้องกัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมที่เพิ่มขยายมากขึ้นทั้งประเภทและปริมาณ โดยที่ประเทศต่างๆทั่วโลกได้หันมาสนใจการพัฒนาประเทศมาสู่ระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้เกิดของเสียที่ปล่อยออกมาสู่อากาศภายนอกโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก รวมทั้งจำนวนยวดยานพาหนะบนท้องถนนที่นับว่าเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

จากควันเสียและก๊าซพิษในเขตเมืองหลวงของประเทศต่างๆในช่วง 60 ปีที่ผ่านมาที่อยู่ในรูปของ ก๊าซชนิดต่างๆมากขึ้น (gaseous pollution) อันเป็นผลมาจากการใช้น้ำมัน และจากขบวนการพาหนะ บนท้องถนน ซึ่งบางพื้นที่ที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม (Finlayson-Pitts, B.J., Pitts, J.N. Jr., 2000)

ในค.ศ.1880 และ 1891 ปัญหาจาก Smog ในกรุงลอนดอน ได้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการตายเนื่องจากโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) เป็นจำนวนถึง 692 และ 572 คนตามลำดับ และที่มีบันทึกเอาไว้ถึงผลร้ายของ Smog ที่ยิ่งใหญ่ คือ ในวันที่ 5-8 ธันวาคม ค.ศ. 1952 ได้เกิด Smog ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันมีผลให้มีคนตายถึง 4,000 คน ในลอนดอน ในเดือนมกราคม ค.ศ. 1956 ผลจาก Smog ทำให้มีคนตายถึง 1,000 คน และในเดือนธันวาคม ค.ศ. 1962 Smog ก็ทำให้มี คนตาย 750 คน ในปี ค.ศ. 1929 ได้มีการจัดตั้งสมาคม National Smoke Abatement Society ขึ้น และมีการตีพิมพ์เผยแพร่วารสาร Clean Air และได้เปลี่ยนเป็นสมาคม National Society for Clean Air ในค.ศ.1958 โดยจะเป็นการดำเนินการเกี่ยวข้องกับทุกๆ สิ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ มิใช่ แค่เพียงผลจากควันเท่านั้น (Finlayson-Pitts, B.J., Pitts, J.N. Jr., 2000)

มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นโดยควันนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของ ถ่านหิน ที่ใช้ในบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับออกไซด์ของซัลเฟอร์นั้นส่วนใหญ่จะ เกิดจากการใช้ถ่านหิน และน้ำมันปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงจึงเกิดการศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงาน อื่นที่จะสามารถมาทดแทนและแก้ปัญหามลพิษทางอากาศในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1900 การใช้น้ำมันปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงมีปริมาณไม่มากนัก แต่ในช่วงหลังๆ ได้มีการเพิ่มปริมาณใช้มากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีผลให้มีปริมาณของออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่ถูกปล่อยออกมาที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และได้มีการนำเอาน้ำมันเบนซินและ น้ำมันดีเซลมาใช้ในขบวนการพาหนะ ซึ่งทำให้เกิดมลสารอัน เป็นผลมาจากขบวนการพาหนะทางบกอันได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และออกไซด์ของซัลเฟอร์ ซึ่งปัญหาของมลพิษทางอากาศจะมากขึ้นเรื่อยๆ เพียงใด พิจารณาได้จากระดับหรือปริมาณของมลสารในอากาศ (Aunan, K., Pan, X., 2004; Bernstein, J.A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, I.L., Nel, A., Peden, D., Diaz-Sanchez, D., Tarlo, S.M., Williams, P.B., 2004; Kotzias, D., 2005; Rabinovitch, N., Zhang, L., Murphy, J.R., Vedal, S., Dutton, S.J., Gelfand, E.W., 2004)

3. องค์ประกอบของอากาศ

อากาศบริสุทธิ์ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 78.09 โดยปริมาตร และก๊าซ ออกซิเจน ร้อยละ 20.94 โดยปริมาตร ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 0.97 ประกอบด้วย ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซฮีเลียม ก๊าซอาร์กอน ก๊าซคริปตอน ก๊าซซีนอน ก๊าซอนินทรีย์และอินทรีย์

ซึ่งจะมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์และเวลา และสถานที่โดยประมาณ ร้อยละ 1-3 โดยปริมาตร ปริมาณไอน้ำเหล่านี้อาจจะอยู่ในรูปของก๊าซหรือรวมตัวกันเป็นกลุ่มเมฆ (cloud) หมอก (fog) หรือละอองไอน้ำ (mist) ฝุ่นละอองซึ่งมีขนาดตั้งแต่ขนาดโมเลกุลจนหลายสิบล้านไมโครเมตร สำหรับอากาศบริสุทธิ์ตามชนบทสามารถที่จะมีก๊าซ NO_2 , O_3 , SO_2 , CO และ NH_3 ประกอบอยู่ได้ ก๊าซเหล่านี้จะมาจากขบวนการทางธรรมชาติ แต่มีในปริมาณที่น้อยมาก โดยปกติแล้วก๊าซเหล่านี้ถูกจัดว่าเป็นมลสารที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ (ศิริคล้าย สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล, ชีคาโอะ กานาโอกะ, และคณะ 2542)

4. ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และ ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptor) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ดังในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System)

แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แหล่ง ด้วยกันคือ

1. แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของธรรมชาติ (Natural Sources)

เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของละอองเกลือ เป็นต้น

1.1 ภูเขาไฟ

ภูเขาไฟ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษโดยทางธรรมชาติ มักจะปล่อยสารมลพิษ ได้แก่ ฟลูม ควีน หรือ แก๊สต่างๆ เช่น SO_2 , H_2S , CH_4 ฯลฯ

1.2 ไฟไหม้ป่า

ไฟไหม้ป่า เป็นการเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ โดยเฉพาะในฤดูร้อนซึ่งอากาศในบรรยากาศมีอุณหภูมิสูงและการเสียดสีของต้นไม้ใบหญ้าที่อยู่ในป่าทำให้เกิดการลุกไหม้เป็นไฟขึ้น สารมลพิษที่อาจปล่อยออกมาจากการเกิดไฟไหม้ป่าได้แก่ ควีน เถ้า หรือแก๊สต่างๆ เช่น CO , NO_x , HC , SO_x เป็นต้น

1.3 การเผาปุ๋ยและการหมัก

การเผาปุ๋ยและการหมักสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์หรือปฏิกิริยาเคมีอาจทำให้เกิดสารมลพิษออกสู่บรรยากาศ ได้แก่ ออกไซด์ของคาร์บอน แอมโมเนีย ไฮโดรเจน ซัลไฟด์

1.4 การฟุ้งกระจาย

การฟุ้งกระจาย ของดิน เมล็ดพืช สปอร์หรือเกสรของพืชอาจก่อให้เกิดการปล่อยสารมลพิษในรูปของอนุภาคของแข็ง เช่น ฝุ่น เมล็ดของเมล็ดพืช หรือการฟุ้งกระจายของน้ำทะเลหรือน้ำในมหาสมุทร อาจก่อให้เกิดมลพิษในรูปของแอโรซอล คือ มีทั้งอนุภาคของแข็งและของเหลวถูกปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น อนุภาคของเกลือ

2. แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Man-Made Sources)

การจัดแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดสามารถนำไปใช้ประกอบในการพิจารณาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางมลพิษทางอากาศได้ง่ายขึ้น แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น

2.2 แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถปล่อยอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ

2.2.1 โรงงานอุตสาหกรรม: สามารถปล่อยทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก ได้แก่ ฝุ่นละออง เขม่าควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซพิษอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งกระบวนการผลิตต่างๆ สามารถทำให้เกิดสารมลพิษได้ ดังนี้

1) กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาเผาซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการก่อให้เกิดพลังความร้อน เช่น เตาเผาเพิ่มความร้อน เตาเผากำจัดของเสีย นอกจากจะทำให้เกิด SO_2 , NO_x เขม่า และ CO แล้วบางครั้งก็ยังมีไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรเจนคลอไรด์ และไดออกซินเกิดขึ้นอีกด้วย

2) การถลุงและแปรรูปโลหะ ในกระบวนการถลุงแร่ เช่น การเผาและอบ จะเกิดการแพร่กระจายของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมปรอทและธาตุอื่นๆ ในสินแร่ในการอบแร่ที่ปนอยู่กับกำมะถัน นอกจากจะเกิด SO_2 เป็นจำนวนมากแล้วก็ยังมี NO_x และเขม่าเกิดขึ้นอีกด้วย

3) การทำงานเกี่ยวข้องกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นผง เช่น การบดวัตถุดิบ การคัดแยก การผสม แปรรูปและการขนส่งที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละออง

4) การกลั่นเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งการใช้สารละลายและดีจะก่อให้เกิดไฮโดรคาร์บอน

5) การแพร่กระจายของก๊าซพิษเกิดจากการจัดการที่ขาดความระมัดระวัง การกระจายของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า เป็นต้น

6) การก่อสร้างทำให้เกิดฝุ่นละออง

2.2.2 โรงงานไฟฟ้า (การผลิตพลังงานไฟฟ้า): สามารถปล่อยทางอากาศที่เกิดจากโรงงานไฟฟ้าที่สำคัญ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมา

2.2.3 การใช้เชื้อเพลิงภายในบ้าน: การเผาไหม้เป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในการประกอบกิจกรรมประจำวันภายในบ้าน มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวอาจก่อให้เกิดก๊าซที่ไม่พึงประสงค์หลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนและพวกรังสีคอสมิกต่างๆ

2.2.4 กิจการค้า สถาบัน และหน่วยงานของรัฐ: การประกอบกิจการค้าหรือการดำเนินงานของสถาบันและหน่วยงานของรัฐ ย่อมมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อก่อให้เกิดพลังงานนำไปใช้ประโยชน์ในรูปต่างๆ จะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศหลายชนิดเช่นเดียวกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอาคารบ้านเรือน

2.2.5 การเผาขยะมูลฝอย: การเผาขยะมูลฝอยจะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถัน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

สารมลพิษทางอากาศ

1. ความหมายของสารมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษทางอากาศ หมายถึง สิ่งแปลกปลอมในอากาศ ที่อาจจะอยู่ในรูปของก๊าซหรืออยู่ในรูปของอนุภาคที่ฟุ้งในอากาศ ซึ่งมีทั้งที่มีขนาดใหญ่ที่สามารถฟุ้งอยู่ในอากาศชั่วคราวและตกลงสู่พื้นดิน หรืออาจจะเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กจนถึงเล็กมาก ที่สามารถอยู่ในสภาพแขวนลอยอยู่ในอากาศและเคลื่อนที่ได้ตามทิศทางลม (ศิริกัลยา สุจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชิกาโอะ คานาโอกะ และคณะ, 2542)

สารมลพิษทางอากาศ หมายถึง สารใดๆ ก็ตามในอากาศซึ่งมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เป็นที่น่ารังเกียจหรือไม่พึงปรารถนาต่อมนุษย์โดยภายในหรือภายนอกร่างกายหรือสารที่มีผลเสียต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยทางตรงหรือทางอ้อม สารนี้อาจเป็นก๊าซพิษไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีผลร้ายเรื้อรังต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากตัวสารแต่ลำพังหรือเมื่อรวมตัวกับสารอื่นหรือเป็นฝุ่นละอองที่นำร่าคาญและอาจมีผลร้ายเช่นกัน อาจเป็นกัมมันตภาพรังสีซึ่งมองไม่เห็นแต่เป็นอันตรายต่อเซลล์ที่มีชีวิต (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล, และธีระ เกรอต, 2543)

2. ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษทางอากาศ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1 สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค (Particulate Matter)

เป็นอนุภาคสารมลพิษที่อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว ที่อุณหภูมิและความดันปกติ อนุภาคจะมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดและแหล่งที่ปล่อยออกมา โดยจะมีขนาดตั้งแต่ 0.01-1,000 ไมโครเมตร แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร อนุภาคที่ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพและเข้าสู่ร่างกายได้ คือ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของร่างกายมนุษย์ได้ อนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตรเรียกว่า สารอนุภาค (Suspended particulate matter) พีเอ็ม10 หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า ฝุ่นละออง

สามารถจะลอยและฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศได้เป็นเวลาค่อนข้างนาน โดยจะถูกแรงดึงดูดของโลก ทำให้ตกลงบนพื้น และอาจจะกลับฟุ้งกระจายขึ้นไปใหม่ได้ ขึ้นอยู่กับขนาด และน้ำหนักของอนุภาคมลสารที่เป็นอนุภาค สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

2.1.1 ฝุ่นขนาดใหญ่ (grit) เป็นของแข็งที่สามารถลอยปะปนอยู่ในอากาศและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 500 ไมโครเมตร

2.1.2 ฝุ่น (dust) เป็นอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยปะปนอยู่ในอากาศ เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.25-500 ไมโครเมตร อาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้

2.1.3 ละออง (mist) คือ อนุภาคที่เป็นของเหลวซึ่งเกิดจากการควบแน่นของไอหรือก๊าซบางอย่าง หรือเกิดจากการแยกตัวของเหลวออกจากกระบวนการบางอย่าง เมื่อความเข้มข้นของละอองไอสูงจนลดความสามารถในการมองเห็น จะเรียกว่า หมอก (fog)

2.1.4 ควีน (smoke) คือ อนุภาคของคาร์บอนที่รวมตัวกับอนุภาคของของเหลวที่มาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.0 ไมโครเมตร

2.1.5 ไอควีน หรือ ฟูม (fume) คือ ของแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่เกิดจากการควบแน่น (condensation) ของไอจากปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่าง

2.1.6 ละอองลอย (aerosol) คือ อนุภาคของของแข็งหรือของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศและมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1.0 ไมโครเมตร

2.1.7 หมอกควัน (smog) เป็นสภาวะที่ใช้เรียกการเกิด smoke และ fog ร่วมกัน

2.1.8 ไอเสี่ย ประกอบด้วยอนุภาคซึ่งเกิดจากการกลั่นตัว sublimation หรือปฏิกิริยาเคมี ส่วนใหญ่แล้วขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร คาร์บอนหรือและไอระเหยของโลหะออกไซด์ที่กลั่นตัวเป็นตัวอย่างหนึ่ง

2.1.9 ขี้เถ้า หรือขี้เถ้าลอยที่ปลิวออกมาจากไอเสี่ยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และแร่ธาตุต่างๆ

2.2 มลสารที่เป็นก๊าซ (Gases Pollutants)

เป็นสารพิษที่อยู่ในสภาพก๊าซและไอ ชนิดของสารมลพิษนี้ จะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด ขบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ประเภทของอุตสาหกรรม ชนิดของยวดยานพาหนะ เช่น Sulfur compound, CO, Nitrogen compounds, Organic compounds, Halogen compounds, H₂S, CS₂, ไอน้ำ กลิ่น เป็นต้น

2.2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็น ก๊าซพิษที่ไม่มีสี ไม่มีรส และไม่มีความหนาทึบกว่าอากาศเล็กน้อย มีความคงตัวสูงมาก มีช่วงชีวิตประมาณ 2-3 เดือน ในบรรยากาศ ดูดกลืน

คลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 467 ไมโครเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด (IR) แหล่งที่มาหรือแหล่งเกิดของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ จำแนกได้ 2 แหล่ง คือ

1) แหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของมีเทน หรือโฟโตเคมีคัลออกซิเดชันของสารอินทรีย์บนผิวทะเล

2) จากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน หรือถ่านไม้ ซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอน (C) เป็นต้น คาร์บอนมอนอกไซด์ จะเกิดเมื่อคาร์บอนในเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่แพร่กระจายถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ร้อยละ 60 มาจากยานพาหนะ สำหรับในเขตเมือง คาร์บอนมอนอกไซด์ถูกปล่อยจากยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งเป็นผลให้ในพื้นที่ที่มีการจราจรติดขัด มีปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์สูง นอกจากนี้กระบวนการอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิดประเภทเตาเผาหรือหม้อต้มน้ำก็เป็นแหล่งที่ปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ได้เช่นกัน

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีผลต่อมนุษย์ ไม่ปรากฏว่ามีผลต่อผิวของวัตถุ ไม่มีผลต่อพืช แม้จะมีความเข้มข้นสูงๆ ก็ตาม ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีอันตรายต่อมนุษย์โดยตรงเพราะเมื่อร่างกายหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนจากปอดไปเลี้ยงร่างกายได้ตามปกติ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสามารถในการรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 200-250 เท่า ลดปริมาณการนำส่งออกซิเจนสู่อวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกาย จะมีผลเสียอย่างมากต่อผู้ป่วยที่มีโรคเกี่ยวกับลิ้นหัวใจ สำหรับคนทั่วไปก็ได้รับผลกระทบด้วยจะทำให้เวียนศีรษะ ตาพร่ามัว หายใจอึดอัด คลื่นไส้ อาเจียน เป็นลม หมดสติ ถ้าร่างกายรับเข้าไปในปริมาณมากอาจเสียชีวิตได้ แม้ว่าคาร์บอนมอนอกไซด์จะไม่ได้ปล่อยออกมาในระดับสูง การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกี่ยวข้องกับการเสื่อมของการมองเห็น ระดับความสามารถในการทำงานลดลง ทำให้เสียความสามารถในการเรียนรู้ต่ำลง และความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อนลดลง

เมื่อหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไป ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะไปแย่งออกซิเจนโดยไปรวมกับฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ซึ่งเรียกย่อว่า Hb เป็นสารหนึ่งที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดง กลายเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxy haemoglobin; COHb) ปกติร่างกายของคนเราต้องการออกซิเจนจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินกลายเป็น ออกซิโมโกลบิน (Oxyhaemoglobin) เขียนย่อ ๆ ว่า HbO₂ ในเลือดที่มี HbO₂ นี้จะถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ที่ร่างกายในแหล่งที่มี HbO₂ ในเนื้อเยื่อจะได้รับออกซิเจน แต่ถ้าหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไป ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเข้าไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้เร็วกว่าออกซิเจน การที่จะเกิด COHb

ในเลือดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่หายใจเข้าไป นั่นคือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่หายใจเข้าไปนั่นเอง

การควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จากการจราจรได้มีการกำหนดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสีย การติดตั้งอุปกรณ์ catalytic converter นอกจากนี้สามารถควบคุมโดยการปรับปรุงกระบวนการเผาไหม้ให้ความความสมบูรณ์ มีออกซิเจนที่เพียงพอในการสันดาป

2.2.2 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide, NO_2)

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซประเภทเดียวกับก๊าซที่มีปฏิกิริยาสูงที่เรียกว่า ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง วราวุธ เลือคดี (2541) นำเสนอรายละเอียดของออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งมีทั้งหมด 7 รูป ได้แก่ N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 และ NO_3 แต่มีเพียง NO และ NO_2 ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ N_2O เป็นก๊าซเรือนกระจก

1) สมบัติสารออกไซด์ของไนโตรเจนบางชนิด

(1) ก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสี และกลิ่น จะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนเปลี่ยนเป็น ไนโตรเจนไดออกไซด์

(2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซสีน้ำตาลแกมแดงที่มีกลิ่นฉุน คล้ายคลอรีน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในอากาศได้เพียง 3 วันเท่านั้น การที่สามารถละลายน้ำได้ดีทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด โดยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศ ได้เป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดฝนกรด

2) แหล่งกำเนิด

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จะถูกปล่อยจากยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะมีสีน้ำตาลและทำให้สำลัก ซึ่งก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับโอโซนในอากาศได้ง่าย และกลายเป็นกรดไนตริกที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเช่นเดียวกับไนเตรตที่เป็นสารพิษนอกจากนี้ ไนโตรเจนออกไซด์ยังมีบทบาทสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศ ซึ่งผล ปฏิกิริยานี้จะเกิดโอโซน (หรือหมอกควัน)

3) ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้เกิดการระคายเคืองในปอด และภูมิคุ้มกันของร่างกายต่ำลง ก๊าซชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดเป็นกรดไนตริกเป็นอันตรายร้ายแรง

ต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายรับเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้ปอดอักเสบ เนื้ออกในปอด และทำให้หลอดเลือดตีตัน และยังเป็นผลให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น ไข้หวัดใหญ่ ผลกระทบจากการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ในระยะสั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัดและสำหรับการปล่อยอย่างต่อเนื่องหรือถี่มาก ๆ ในลักษณะนี้ไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบในอากาศโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจอย่างรุนแรงในเด็ก

ไนโตรเจนไดออกไซด์มีช่วยทำให้เกิดโอโซน และสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดินและแหล่งน้ำ ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด และปรากฏการณ์ Eutrophication

โดยทั่วไปแล้ว NO ในอากาศจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น NO₂ แต่ยังไม่มียารายงานยืนยันว่าระดับของ NO ที่พบในอากาศ โดยทั่วไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ สำหรับ NO₂ เมื่อหายใจเข้าไปแล้ว อาจทำให้เกิดความระคายเคืองในปอด ทำให้เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดเลือดตีตัน โดยเฉพาะในบุคคลที่เป็นโรคหืดอยู่แล้ว

ทั้ง NO และ NO₂ ไม่มีผลโดยตรงต่อวัตถุ ใดๆก็ตาม NO₂ จะทำปฏิกิริยากับความชื้นเกิดเป็นกรดไนตริกซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนโลหะ NO₂ มีสมบัติในการดูดซับแสง ทำให้เป็นตัวการหนึ่งของการลดทัศนวิสัยเมื่อความเข้มข้นในอากาศมีค่ามากกว่า 0.25 พีพีเอ็ม. ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพนั้นพบว่าถ้าระดับความเข้มข้นของ NO₂ สูงถึงระดับ 300-500 พีพีเอ็ม. จะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตหรือสลบเนื่องจากสมองขาดออกซิเจน ความเข้มข้นระดับ 0.7-20 พีพีเอ็ม. ในเวลา 10 นาที จะทำให้หายใจไม่ออก และที่ระดับ 0.11-0.22 พีพีเอ็ม. จะเริ่มได้กลิ่น สารประกอบชนิดแรกของการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนส่วนใหญ่คือ NO ซึ่งต่อมาก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือโอโซนเกิดเป็น NO₂ นอกจากนี้ในบรรยากาศจะมีสารไฮโดรคาร์บอนอยู่ด้วยทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของออกซิเจน โอโซน และ NO โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นกลุ่มสารมลพิษทางอากาศที่เรียกว่า ออกซิแดนท์เคมีแสง (Photochemical Oxidants) ดังนั้นผลจากการทำนายความเข้มข้นของการแพร่กระจาย NO₂ จึงให้ผลเกินจริงราว 1-10 เท่า

2.2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO₂)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด ถ้ามีความเข้มข้นในระดับ 0.3-0.1 พีพีเอ็ม ถ้ามีถึงระดับ 3 พีพีเอ็ม จะมีกลิ่นฉุน แสบจมูก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ระเบิด มีจุดเดือด -10 องศาเซลเซียส โดยปกติในบรรยากาศมีส่วนประกอบที่เป็นไอน้ำ

หมอก เหม และฝน เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นอันตรายมากกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เอง โดยเฉพาะสามารถทำให้วัตถุเกิดการผุกร่อนได้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 3 วัน โดยทั่วไปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะถูกออกซิไดซ์เป็น SO_3 โดยออกซิเจน (O_2) หรือโอโซน (O_3) และควบแน่นหรือตกสู่ในรูปของ H_2SO_4 หรือซัลเฟต (SO_4^{2-}) โดยปฏิกิริยาเคมีแสงในอากาศ และมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ฝุ่นซัลเฟอร์ ที่พบในบรรยากาศ อยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ SO_2 , H_2S และ SO_4^{2-} ในรูป แอโรซอล ซึ่งทั้ง 3 ชนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีความสำคัญที่สุด

1) แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในกลุ่มของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันหรือซัลเฟอร์อย่างหนึ่ง เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ่านหิน น้ำมัน ซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์เจือปนอยู่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศในปริมาณสูงได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำมันปิโตรเลียม โรงงานอุตสาหกรรมโลหะ เป็นต้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่าที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบ จะถูกออกซิไดซ์ เป็น SO_2 การเผาไหม้อาจเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_3) ขึ้นได้ แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศจากการเผาไหม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟอร์ ซึ่งปรากฏอยู่ในเชื้อเพลิง แหล่งที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ คือ อุตสาหกรรมถลุงโลหะ ซึ่งสินแร่บางชนิด เช่นสินแร่สังกะสีและทองแดง มักอยู่ในรูปของซัลไฟด์ ระหว่างการถลุงจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระบายนอกมาด้วย แหล่งที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่งคือ จากโรงงานผลิตกรดซัลฟูริก

2) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เกิดจากการออกซิเดชันของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดย O_3 โดยที่ ฝุ่น หรือละอองน้ำ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อเกิดปรากฏการณ์การณ์ของหมอกควันเคมีแสง (Photochemical smog) เพราะทั้ง O , O_3 และฝุ่นมีความเข้มข้นสูง

3) ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

การปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก ก๊าซนี้มีอันตรายต่อร่างกายมากยิ่งขึ้นเมื่อรวมตัวกับฝุ่น ซึ่งฝุ่นบางชนิดสามารถดูดซึมและละลายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ในตัว เช่น โซเดียมคลอไรด์ ละอองไอของเหล็ก เฟอร์สแมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่อการทำงานของระบบทางเดินหายใจ โรค

ปอด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ และผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ เด็ก คนชรา และผู้ป่วยโรค
หืด โรคหลอดเลือดหัวใจหรือโรคปอด เช่น โรคหลอดเลือดสมอง อัมพาต

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น ทำให้ระบบทางเดิน
หายใจ เช่น จมูก ลำคออักเสบ ระคายเคือง ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์มีกำมะถันปน
อยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีสารกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมี
ก๊าซกำมะถันหลุดออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้น โรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบ
ออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ก๊าซนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
เพราะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สัตว์เจ็บป่วยด้วยโรคระบบ
ทางเดินหายใจส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอ ๆ ทำให้เกิดหลอดเลือดอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำ
ให้ลิ้นไก่สันเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจตายทันที ที่สำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่
คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีอาการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ขนาด 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ขนาดได้กลิ่นจุน)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อปรากฏอยู่ร่วมกับฝุ่น และความชื้น จะมี
ผลต่อสุขภาพเพิ่มขึ้นมาก มีการศึกษาผลต่อร่างกายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ SO₂ กับสัตว์
พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลต่อระบบหายใจส่วนบนเมื่อระดับต่ำกว่า 20 พีพีเอ็ม ซัลเฟอร์ได
ออกไซด์มีผลเฉพาะเฉียบพลัน ไม่มีผลเรื้อรัง จากการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์พบว่า การได้รับก๊าซซัลเฟอร์ได
ออกไซด์ ขนาดปานกลาง และไม่ต่อเนื่อง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไม่มีผลสะสมใดๆ และ
จะต้องมีระดับจนถึง 1 พีพีเอ็ม จึงจะเกิดผลกับสุขภาพหรือให้ผลแตกต่างระหว่างคนปกติ

2.2.4 ก๊าซโอโซน

โอโซน คือ ก๊าซธรรมชาติรูปแบบหนึ่งของออกซิเจนที่ไม่เสถียร แต่มี
พลังงานในการทำปฏิกิริยา ออกซิเจนชั้นสูงโดยเมื่อทำปฏิกิริยาแล้ว จะไม่เหลือสารพิษตกค้างใดๆ
นอกจากออกซิเจน จึงมีการนำโอโซนไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในครัวเรือน สำนักงาน จนถึง
โรงงานอุตสาหกรรม

ก๊าซโอโซน (O₃)บริสุทธิ์จะมีสีน้ำเงินแก่ มีกลิ่นคล้ายคลอรีน ละลายน้ำได้
มากกว่าออกซิเจน มีจุดเดือดที่ -111.5 องศาเซลเซียส และมีจุดหลอมเหลวที่ -251 องศาเซลเซียส
โอโซนที่ระดับพื้น เป็นสารมลพิษทุติยภูมิ (secondary pollutant) เกิดจากปฏิกิริยาเคมี
Photochemical Oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน
โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดได้ง่ายในถนน เพราะแหล่งกำเนิดคือรถดีเซล มักใช้เวลาใน
การเกิด 3 ชั่วโมง ในเวลากลางวัน ก๊าซโอโซนทำให้ระคายตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดิน

หายใจ ลดความสามารถในการทำงานของปอดลง เหนื่อยเร็ว โอโซนมีผลกระทบต่อวัสดุ เช่น ยาง พลาสติก เป็นต้น ทำให้วัสดุเหล่านั้นเสื่อมคุณภาพได้เร็ว

ในบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกนั้นบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ นับว่าเป็นชั้นที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกมากที่สุด เพราะสามารถกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ และ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญ ที่ทำให้อุณหภูมิของโลกอบอุ่นขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาสถานภาพของโอโซน และสารประกอบที่สามารถทำลายโอโซน ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ จึงมีความสำคัญมาก โอโซนในบรรยากาศมีปริมาณน้อยมาก เฉลี่ยประมาณ 3 ใน 10 ล้านโมเลกุลอากาศ แม้ว่าจะมีปริมาณเล็กน้อยแต่มีบทบาทสำคัญในบรรยากาศมาก โดยปกติพบมากใน 2 บริเวณคือร้อยละ 90 พบในชั้นบรรยากาศ สตราโตสเฟียร์ที่ความสูงประมาณ 8 ถึง 50 กิโลเมตร พบโอโซนหนาแน่นที่ประมาณ 15 - 35 กิโลเมตร เรียกว่า ชั้นโอโซน ส่วนที่เหลือร้อยละ 10 พบที่บริเวณชั้นล่างลงมา คือชั้น โทรโปสเฟียร์

โมเลกุลของโอโซนใน 2 บริเวณ นี้มีลักษณะทางเคมีเหมือนกัน เพราะว่าประกอบด้วยอะตอมออกซิเจน 3 อะตอมรวมกันด้วยสูตรเคมี O_3 แต่มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตต่างกัน โอโซนในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ มีบทบาทสำคัญ ในการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายทางชีวภาพ ที่เรียกว่า UV-B ซึ่งมีเพียงส่วนน้อยที่ส่องถึงพื้นโลก การดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำให้เกิดความอบอุ่นในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ ซึ่งมีลักษณะอุณหภูมิสูงขึ้นตามความสูง โอโซนจึงมีความสำคัญต่อระบบอุณหภูมิในบรรยากาศโลก หากปราศจากการกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต แล้วจะมีรังสีส่องถึงพื้นโลกมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และพืชส่วนที่ผิวพื้นโลก โอโซนกลับเป็นอันตราย เพราะว่าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น และระดับโอโซนที่สูงจะเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นผลกระทบเชิงลบ ตรงกันข้ามกับคุณประโยชน์ในการช่วยกรองรังสี UV-B

บทบาททั้งสองประการของโอโซนนำไปสู่เรื่องของสิ่งแวดล้อมที่แยกประเด็นกันชัดเจน คือความเป็นห่วงในโอโซนผิวพื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบในหมอกโฟโตเคมีคัลที่บริเวณผิวพื้นในเมืองใหญ่ และในชนบท และความเป็นห่วงเรื่องการสูญเสียโอโซนในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ เครื่องมือต่างๆ ทั้งภาคพื้นดิน และดาวเทียมตรวจพบว่ามิโอโซนลดลงมากเหนือทวีปแอนตาร์กติกร้อยละ 60 ระหว่างเดือนกันยายน-พฤศจิกายนของทุกปีที่เรียกปรากฏการณ์ "รูรั่วโอโซนในทวีปแอนตาร์กติกา" (Antarctic Ozone Hole) และเกิดการลดลงทำนองเดียวกันในขั้วโลกเหนือคือทวีปอาร์กติกา ในฤดูหนาวถึงฤดูใบไม้ผลิตามปกติคือเดือนมกราคม-มีนาคมในช่วงเวลากว่า 10 ปีที่ผ่านมา อัตราการลดลงของโอโซนเฉลี่ยถึงร้อยละ 20-25 และมีค่าสูงกว่านี้สำหรับช่วงสั้นๆ ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่นการเกิดของเมฆสตราโตสเฟียร์บริเวณ

ขั้วโลกหรือ Polar Stratosphere Clouds (PSC) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการนำสารประกอบ CFCs ไปสู่บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ถึงแม้อัตราการลดลงจะรุนแรงน้อยกว่าในขั้วโลกใต้แต่มีความสำคัญมาก เพราะว่าเป็นที่อยู่อาศัยของประชากรส่วนใหญ่ เพราะการเพิ่มขึ้นของรังสี UV-B ที่ตรวจพบนั้นสัมพันธ์กับการลดลงของโอโซนอย่างเห็นได้ชัด

จากการตรวจวัดภาคพื้นและดาวเทียมซึ่งได้ใช้เวลาศึกษามากกว่า 2 ทศวรรษโดยประชาคมผู้วิจัยจากนานาชาติได้แสดงให้เห็นว่า สารเคมีที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นทำให้ชั้นโอโซนบางลง สารประกอบที่ทำลายโอโซนประกอบด้วยคลอรีน (Cl) ฟลูออรีน (F) โบรมีน (Br) คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) มักเรียกรวมกันว่า ฮาโลคาร์บอน (Halocarbon) ส่วนสารที่ประกอบด้วยเพียง คลอรีน ฟลูออรีนและคาร์บอน เรียกว่า คลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือ CFCs (Chlorofluorocarbon) สารประกอบ CFCs คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl₄) และเมทิลคลอโรฟอร์ม (methyl Chloroform or 1,1,1-Trichloroethane) เป็นก๊าซสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็นเช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ การเป่าโฟม การใช้ทำความสะอาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และใช้เป็นสารชะล้างอื่นๆ สามารถทำลายโอโซนได้เป็นอย่างมาก อีกกลุ่มหนึ่งคือ ฮาลอน (Halon) ประกอบด้วย C, Br, F และ Cl มักใช้เป็นสารดับเพลิง ประเทศต่างๆ ได้ตัดสินใจหยุดผลิตและบริโภค ยกเว้นเพื่อการใช้กรณีจำเป็น และในอุตสาหกรรมได้พัฒนาสารทดแทนที่ไม่ทำลายโอโซนขึ้นมาใหม่ (Ozone-Friendly)

1) คุณสมบัติของโอโซน

(1) ฆ่าเชื้อโรค โอโซนทำลายผนังเซลล์ของเชื้อโรค จึงสามารถฆ่าเชื้อโรค, เชื้อรา, ไวรัส และแบคทีเรียได้ โอโซนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีกว่า และเร็วกว่าคลอรีน 3,125 เท่า อีกทั้งยังไม่เหลือสารเคมีตกค้าง

(2) ดับกลิ่น โอโซนสามารถสลายโครงสร้างของไอรระเหยจากสารอินทรีย์ และ อนินทรีย์ส่วนใหญ่ให้เป็นโมเลกุลที่ไม่มีกลิ่น และไม่มีพิษ

(3) สลายสารพิษและสี โอโซนสามารถสลายโครงสร้างของสารเคมี, ยาฆ่าแมลง, สี และสารพิษต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(4) สลายตะกอน โอโซนทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของไบโอฟิล์ม และแหล่งสะสมตะกอน

2) การนำไปใช้ประโยชน์

(1) ใช้ในครัวเรือน เช่น ใช้ล้างผัก ผลไม้ และล้างอาหารสด ขจัดสารพิษ ยาฆ่าแมลง และเชื้อโรค

(2) ใช้ประกอบกับเครื่องกรองน้ำทำน้ำดื่ม

- (3) ใช้ขจัดกลิ่นอับตามห้องต่างๆ
- (4) ใช้ในรถยนต์ เพื่อปรับสภาพอากาศในห้องโดยสารรถยนต์
- (5) ใช้ในการแพทย์ เช่น ใช้มาเช็ดในห้องผ่าตัดหรือห้องผู้ป่วย
- (6) ใช้กับระบบน้ำดื่มเพื่อการพาณิชย์ และระบบน้ำดื่มชุมชนทั่วไป
- (7) ใช้บำบัดน้ำเสียเพื่อการขจัดสารเคมี สารแขวนลอย ฟอสฟอรัส โลหะหนัก และเชื้อโรคในขั้นตอนสุดท้าย
- (8) ใช้ในขบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น บ่อปลา บ่อเพาะฟักลูกกุ้ง และบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
- (9) ใช้บำบัดน้ำในสระว่ายน้ำ เพื่อขจัดสารปนเปื้อนและเชื้อโรค
- (10) ใช้ในระบบน้ำของหอระบายความร้อน เพื่อควบคุมตะไคร่น้ำ การเกิดตะกรัน และลดการกัดกร่อน
- (11) ใช้ขจัดกลิ่นเหม็นต่างๆ ในอุตสาหกรรมและชุมชน เช่น โรงงานอาหารสัตว์ และกลิ่นจากน้ำเสีย
- (12) ใช้ในขบวนการล้างอาหารสดก่อนการแช่แข็งเพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อนและเชื้อโรค
- (13) ใช้ดับกลิ่น และฆ่าเชื้อโรคในสถานบริการต่างๆ เช่น โรงแรม โรงพยาบาล อบอบนวด
- (14) ใช้ในขบวนการซักผ้า ซึ่งทำให้ลดค่าใช้จ่ายการใช้ผงซักฟอก และยังช่วยฆ่าเชื้อได้ดีด้วย
- (15) ใช้ขจัดกลิ่นหมักพิมพ์ และกลิ่นทินเนอร์ตามโรงพิมพ์ และห้องพ่นสีรถยนต์
- (16) ใช้ขจัดก๊าซไอเสียรถยนต์ตามที่จอดรถใต้อาคารสูง

3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ไอโซนจะทำให้พืชเกิดความเสียหาย โดยจะเกิดความเสียหายบริเวณเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเป็นริ้ว ที่ผิวของใบไม่เกิดอาการด่างเล็กๆ, จุดด่างขีด, ลักษณะของเมื่อดีจะเกิดการผิดปกติ การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก และมีใบร่วง

4) การแก้ไขปัญหาไอโซน

- (1) หาทางเอา CFCs ออกจากบรรยากาศ
- (2) หยุดปล่อยคลอรีนที่ทำลายไอโซนก่อนที่จะเกิดความเสียหาย

มากกว่านี้

(3) ทดแทนโอโซนที่สูญเสียไปในบรรยากาศ หรือ บางทีควรจะนำโอโซนมลพิษในเมืองที่มากเกินไปมาฉีดขึ้นไปชดเชยส่วนที่ขาดหาย หรือสร้างขึ้นใหม่

อย่างไรก็ตามเนื่องจากโอโซนทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นได้ง่าย จึงไม่เสถียรพอที่จะถูกสร้างและส่งขึ้นไปในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ได้ เมื่อพิจารณาปริมาณของบรรยากาศและขนาดของโอโซนที่หายไป ที่มีขนาดมหึมา จะเป็นการลงทุนที่สูง และใช้พลังงานมากจึงเป็นสิ่งปฏิบัติยากและเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การฟื้นฟูชั้นโอโซน ด้วยการมีพิธีสารมอนทรีออล และการแก้ไขต่างๆ ซึ่งเป็นข้อตกลงเรื่องการหยุดผลิต และบริโภคสารทำลายโอโซนต่างๆ โดยการหยุดผลิตอย่างสิ้นเชิง และการใช้กรณีวิกฤตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยกำหนดให้ปี ค.ศ. 1996 เป็นหม่ายกำหนดการเลิกผลิต และใช้สำหรับประเทศพัฒนาแล้ว และปี ค.ศ. 2000 เป็นหม่ายกำหนดการเลิกผลิตและใช้สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ผลลัพธ์คือปริมาณคลอรีนในบรรยากาศชั้นล่างๆ ที่จะสามารถขึ้นไปถึงสตราโตสเฟียร์ได้ถึงจุดสูงสุดแล้ว และความเข้มข้นในชั้นสตราโตสเฟียร์จะถึงจุดสูงสุดในปลายศตวรรษที่ 20 และจะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ โดยขบวนการธรรมชาติ และชั้นโอโซนจะกลับคืนมาเหมือนเดิมในอีกประมาณ 50 ปีข้างหน้า

2.2.5 ก๊าซ CFCs (Chlorofluoro carbons)

CFCs หรือ Chlorofluoro carbons คือก๊าซที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมา ก๊าซเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในอากาศตามธรรมชาติ CFCs คือมลพิษในอากาศที่เป็นเคมี เมื่อก๊าซเหล่านี้ขึ้นไปถึงชั้นโอโซนสูงในบรรยากาศของเราจะทำลายโอโซนนั้น เมื่อ CFCs เข้าสู่บรรยากาศ จะทำลายออกซิเจนที่ก่อให้เกิดชั้นโอโซน ทำให้โอโซนถูกทำลาย บรรยากาศชั้นโอโซนก็ลดลง ทำให้รังสีอุตราไวโอเล็ตสามารถส่งมาถึงพื้นโลกได้โดยผ่านช่องต่าง ๆ ในชั้นโอโซน หลายปีที่ผ่านมาเราใช้ CFCs ในกระป๋องสเปรย์เพื่อสูบเอาของเหลวออกมาในรูปของละอองหรือหมอกบางๆ ก๊าซนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อของเหลวที่อยู่ในกระป๋องแต่อย่างใด มีหลายประเทศรวมทั้งสหรัฐฯ ที่ไม่ใช่ CFCs ในกระป๋อง สเปรย์อีกแล้ว และมีหลายประเทศที่กำลังจะเลิกใช้ นอกจากนี้ยังมีแหล่งที่มาอื่น ๆ ของ CFCs อีก ซึ่งทำให้เกิดอันตรายต่อชั้นโอโซน สามารถแบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีและกายภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) แก๊สอินทรีย์ (Organic Gases)

แก๊สอินทรีย์ หมายถึง แก๊สที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน และอนุพันธ์ของมัน ซึ่งรวมพวกไฮโดรคาร์บอนอยู่ในกลุ่มนี้ และสารประกอบพวกที่ธาตุไฮโดรเจนถูกแทนที่โดยธาตุอื่น เช่น ออกซิเจน ฮาโลเจน ไนโตรเจน ฯลฯ

(1) ไฮโดรคาร์บอน

เป็นสารประกอบที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน โดยอาจจะมีธาตุคาร์บอนอยู่ตั้งแต่ 1 โมเลกุลถึงหลายร้อยโมเลกุลหรือหลายพันอะตอมการเกิดไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศมักเกิดจากการที่มี

(1.1) การสันดาปเชื้อเพลิง เช่น รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน ฯลฯ

(1.2) การขนส่งน้ำมัน การผลิตน้ำมันหรือการเก็บน้ำมัน

(1.3) การพ่นสีหรือการทาสี

(1.4) โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารทำละลายหรือตัวทำละลาย

(2) Oxygenated Hydrocarbon

หมายถึง สารไฮโดรคาร์บอนที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จึงเป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบ เช่น พอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งจะพบได้ในอุตสาหกรรมพลาสติก สีย้อมผ้าอุตสาหกรรมสิ่งทอ อาจเกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง หรือการใช้ตัวทำละลาย (solvent)

2) แก๊สอินทรีย์ (Inorganic Gases)

แก๊สอินทรีย์ หมายถึง แก๊สที่เกิดจากธาตุอื่นซึ่งไม่เกี่ยวกับสารประกอบของธาตุคาร์บอนที่เป็นพวกอินทรีย์ มีสารประกอบของคาร์บอนบางชนิดจัดอยู่ในพวกอินทรีย์ ได้แก่ พวกออกไซด์ของคาร์บอน คาร์บอนไดซัลไฟด์ เฮไลด์ เป็นต้น

3) แอโรซอล (Aerosol)

แอโรซอล หมายถึง การแขวนลอยของอนุภาคของของแข็ง อนุภาคของของเหลว หรือทั้งอนุภาคของของแข็ง และอนุภาคของของเหลวซึ่งมีน้ำหนักเบามากในตัวกลางที่เป็นอากาศ ถ้ามีอนุภาคของแข็งแขวนลอยในอากาศมักเรียกว่าเกิด "aerosol of solid particle" ไม่ใช่เรียกว่า "soil aerosol" หรือถ้ามีอนุภาคของของเหลวแขวนลอยอยู่ในอากาศมักเรียกว่าเกิด "aerosol of liquid particles" ไม่ใช่เรียกว่า "liquid particles" โดยทั่วไปแล้วขนาดของอนุภาคมักจะโตกว่าคอลลอยด์ (ซึ่งปกติขนาดของอนุภาคประมาณ 1 นาโนเมตรไปจนถึง 1 ไมโครเมตร) อนุภาคของของเหลว (Liquid Particles) อนุภาคของของเหลวที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ กรด หรือน้ำมัน ซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่มนุษย์เป็นผู้สร้างมากกว่าที่จะเกิดจากธรรมชาติ อนุภาคของของเหลว ได้แก่ ละอองกรดหรือหยดกรด และละอองน้ำมันหรือหยดน้ำมันอนุภาคของของแข็ง ได้แก่ อนุภาคของถ่านหรือเขม่า, เกลือและออกไซด์ของโลหะ, เกลืออินทรีย์และละอองไอของโลหะ

3. สารมลพิษที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพมลพิษทางอากาศ ได้แก่

3.1 โอโซน (O_3)

โอโซนเป็นสาร photochemical oxidant เกิดจากปฏิกิริยา photochemical oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวเติมออกซิเจนอย่างดี ทำหน้าที่ในการป้องกันโลกจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ ผลของโอโซนที่มีต่อมนุษย์ คือ จะไปเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอ็กซ์เรย์ และทำลายโครโมโซมได้ นอกจากนี้ ในระดับประมาณ 200 มกค.ต่อลบ.ม ยังทำให้เกิดการระคายเคืองตาและสายตาสั้นผิดปกติ ระดับตั้งแต่ 200 มกค.ต่อลบ.ม การทำงานของปอดจะผิดปกติมีผลต่อระบบหายใจ โดยจะไปกระตุ้นให้ช่องจมูก บีบรัดตัวและทำปฏิกิริยาโดยตรงกับทางเดินหายใจส่วนปลาย

3.2 ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

อนุภาคมลพิษที่อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิและความดันปกติ อาจอยู่ในรูปของของเหลวขนาดเล็กๆ หรือของแข็งขนาดเล็กๆจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากดินแห้ง ควันจากไฟไหม้ป่า หรือส่วนที่มนุษย์ก่อขึ้นเช่น เหม่าและควันจากปล่องไฟโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้นจากการเผาไหม้ขยะ ในบรรดามลพิษในอากาศ อนุภาคมลพิษเป็นประเภทที่มีอันตรายต่อสุขภาพมากที่สุด เช่นทำให้เกิดปัญหาการหายใจและหลอดลมอักเสบ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาทัศนวิสัยเนื่องจากการดูดกลืนแสงและทำให้เกิดการกระจายของแสงที่ต้องมาสู่พื้นโลกได้ อากาศจะมีดริ้มแสงสว่างส่องได้น้อยกว่าปกติ ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายโดยเฉพาะอุบัติเหตุจากการจราจร

3.3 ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่ว (Pb) มาจากท่อไอเสียของยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันเบนซินที่มีสาร Tetraethyl Lead ผสมอยู่ เพื่อเพิ่มค่า Octane ป้องกันการ Knock ของเครื่องยนต์ ผลของตะกั่วที่มีต่อมนุษย์ คือ ตะกั่วจะทำปฏิกิริยากับร่างกาย เม็ดเลือดแดงจะเพิ่มแรงต้านทานต่อการออกซิเจน เพิ่มความเปราะบางทางกายภาพ นอกจากนี้ยังยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ ซึ่งจะทำให้สูญเสียโปแตสเซียมภายในเซลล์มากขึ้น เป็นผลให้เกิดโลหิตจาง ระบบประสาท อาจทำให้เกิดความผิดปกติด้านความเฉลียวฉลาด ทำให้เกิดโรคสมองอักเสบ มีผลต่อปลายประสาท ทำให้กล้ามเนื้อส่วนที่ยึดหด เกิดอาการอ่อนเปลี้ย ซา และหมดความรู้สึก ทำลายไต จะทำให้หน้าที่กรองของเสียของไตเสีย

3.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

ในที่นี้จะจำกัดเฉพาะไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เนื่องจากเป็นสารมลพิษที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าไนโตรเจนออกไซด์ตัวอื่นๆ ไนตริกออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ นั้นมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ ก๊าซทั้งสองสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การทำวัตุระเบิด เป็นต้น ผลของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่มีต่อมนุษย์ คือ อาจเริ่มตั้งแต่มีอาการบวมของเนื้อเยื่อในหลอดเลือด จนถึงมีอาการปอดบวม

3.5 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO₂) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรงทำให้หายใจไม่ออก เกิดจากการรวมตัวกันของสารกำมะถันที่เจือปนอยู่ในเชื้อเพลิงกับก๊าซออกซิเจนในขณะที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีต่อมนุษย์ หลอดลมส่วนบน ได้แก่ จมูก ช่องจมูก ต่อกับหลอดลมในคอหอยซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่น้อยกว่า 40-90% ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้มข้นที่ได้รับ จากนั้นก๊าซจะเข้าสู่โลหิตแล้วแพร่กระจายไปทั่วร่างกายระบบที่ได้รับอันตรายมากที่สุดจะเป็นระบบหายใจ จะมีอาการซีดจางเด่นชัดขึ้น หายใจจากปากเข้าออกน้อยลง เพิ่มแรงต้านในปอด ลดน้ำมูกและขนาดช่องจมูก

3.6 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ระหว่างออกซิเจนและ เชื้อเพลิง ยานยนต์ต่างๆทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อมีการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ใน เครื่องยนต์ ส่วนอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้เกิดก๊าซนี้ได้ด้วย 2 ลักษณะ คือ กรรมวิธีการผลิตและการเผาผลาญเชื้อเพลิง ผลของคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อมนุษย์ คือ เมื่อหายใจเข้าสู่ปอด ก๊าซนี้จะไปจับตัวกับฮีโมโกลบินแทนที่ออกซิเจน เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ซึ่งแตกตัวได้ช้ากว่าออกซิเจน นอกจากนั้นยังเปลี่ยนแปลงการแตกตัวของออกซิเจนจากออกซีฮีโมโกลบินที่หลงเหลืออยู่อีกด้วย ก๊าซนี้ในระดับสูงมีผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจอย่างเฉียบพลันทำให้หัวใจผิดปกติ เช่น เต้นเร็วขึ้น เพิ่มจังหวะการเต้น นอกจากนี้อาจมีอาการหัวใจโตชั่วคราว การหอบหืดของหัวใจเนื่องจากขาดอากาศ และหลอดเลือดที่ปลายประสาทผิดปกติ

ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ

1. เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Global Warming)

เมื่อประมาณ 10,000 ปีที่ผ่านมา ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นเหตุให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น 1 - 2 องศาเซลเซียส นับแต่ พ.ศ. 2403 เป็นต้นมาพบว่าสูงขึ้นอีกประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส

คณะกรรมการระหว่างชาติว่าด้วยความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศสรุปว่า ถ้าหากแก้ปัญหาไม่ได้ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 0.2 - 0.5 องศาเซลเซียส ทุก 10 ปี ทำให้เกิดความแห้งแล้งรุนแรง ภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานกว่าปกติและเกิดปัญหาอื่นตามมา

2. ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและเกิดน้ำท่วมรุนแรงกว่าเดิม

นักวิทยาศาสตร์คำนวณว่า ถ้าอุณหภูมิของโลกเพิ่ม 1.5 - 4.5 องศาเซลเซียส น้ำแข็งขั้วโลกจะละลายเป็นผลให้น้ำทะเลสูงขึ้น 20 - 140 เซนติเมตร โดยคาดว่าน้ำทะเลจะสูงขึ้นอย่างมากใน พ.ศ. 2573 ศตวรรษที่แล้วระดับสูงกว่าเดิม 10 - 15 เซนติเมตร ปัจจุบันสูงขึ้นปีละ 1.2 มิลลิเมตร IPCC ประมาณว่าใน พ.ศ. 2573 น้ำทะเลจะสูงขึ้น 20 เซนติเมตร พ.ศ. 2633 สูงเพิ่มอีก 60 เซนติเมตร และ พ.ศ. 2683 จะสูงกว่าเดิมถึง 1 เมตร ถ้าน้ำทะเลสูงขึ้นเพียง 50 เซนติเมตร เมืองสำคัญและท่าเรือจะจมน้ำได้ผิวน้ำ คนจำนวนมากต้องอพยพและเกิดปัญหาสังคมมากมาย เช่น กรุงเทพมหานคร มะนิลา ไทเป เกียว กัลกัตตา นิวยอร์ก บัวโนสไอเรส ภาคใต้ของประเทศไทย เทส มัลดีฟส์ เนเธอร์แลนด์ พื้นที่ทางใต้และตะวันออกของสหราชอาณาจักร และชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา

3. ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง

เมื่อน้ำทะเลขยายตัว พื้นที่ป่าไม้จะลดลง ถึงแม้ชีวิตที่ปรับตัวไม่ได้จะตายและสูญพันธุ์ไป ป่าจะขยายตัวไปทางขั้วโลก 10 กิโลเมตรต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ดินจะพังทลายและเสื่อมโทรมมากขึ้น ภัยธรรมชาติจะมีแนวโน้มรุนแรงและเกิดบ่อยขึ้น ทะเลทรายจะขยายกว้างกว่าเดิม ฤดูหนาวจะอุ่นขึ้นทำให้ศัตรูพืชถูกทำลายน้อยลง ชายฝั่งที่เคยเป็นน้ำกร่อยจะเป็นน้ำเค็มซึ่งมีผลต่อห่วงโซ่อาหาร พืชน้ำจืดจะตาย สัตว์จะอพยพและตะกอนจากชายฝั่งจะถูกพัดพาไปทับถม นอกชายฝั่งทำให้ทำให้ไหล่ทวีปสูงขึ้น นอกจากนี้ การที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจะทำให้ผิวน้ำทะเลมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น และจะมีผลกระทบต่อการเจริญของแนวหินปะการังของโลกด้วย

4. ผลกระทบต่อเกษตรกรรม

ทำให้ขยายเกษตรไปทางขั้วโลก ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสจะสามารถปลูกธัญพืชสูงขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือได้ 150 - 200 กิโลเมตร และปลูกในพื้นที่สูงขึ้นอีก 100 - 200 เมตร พืชที่ปลูกตามขอบทะเลทรายจะเสียหายเพราะทะเลทรายขยายตัว การนำพืชไปปลูกถิ่นอื่นต้องปรับสภาพดินและน้ำ วัชพืชและพืชจะโตเร็วและมีขนาดใหญ่กว่าเดิมเนื่องจากได้รับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ดินจะเสื่อมเร็วเพราะแร่ธาตุจะถูกนำไปใช้มาก พืชจะขาดไนโตรเจนความต้านทานโรคและแมลงลดลง ผลผลิตพืชมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าจะให้ผลผลิตมากกว่า เช่น พืชที่ใช้คาร์บอน 3 อะตอม (พวกถั่ว มันสำปะหลัง ถั่วฝักยาว มัน

ฝรั่ง หัวผักกาดหวาน และข้าวสาลี) จะมีผลผลิตสูงกว่าพืชที่ใช้คาร์บอน 4 อะตอม (พวกข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และลูกเดือย) ผลผลิตในหลายแหล่งเช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น จะมากเกินความต้องการทำให้ราคาตกต่ำซึ่งจะกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมโลกเป็นเหตุให้ต้องเปลี่ยนแปลงการผลิตและการใช้ดิน ต้องปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความต้านทานโรค แมลง และอากาศที่แห้งแล้งขึ้น

5. ผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชน

5.1 มีผลเสียต่ออารมณ์ ร่างกาย และการปฏิบัติกิจกรรมโดยอากาศร้อนทำให้คนรู้สึกหงุดหงิด นอนหลับง่าย เหนื่อยง่าย และประสิทธิภาพการทำงานต่ำ

5.2 มีอันตรายต่อผิวหนัง อุณหภูมิที่สูงมากจะทำให้เหงื่อออกมาก โดยเฉพาะตามง่ามเท้า รักแร้ และ ข้อพับ ทำให้ผิวหนังเปื่อย เกิดผดผื่นคันหรือถูกเชื้อราหรือแบคทีเรียทำให้อักเสบได้ง่าย

5.3 ทำให้โรคเขตร้อนระบาดได้มากขึ้น เช่น โรคไข้ดำ ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัสโดยยุงเป็นพาหะ มีอาการโรคไข้เลือดออก ต่อม้ำเหลืองอักเสบบวม ปวดกล้ามเนื้อและข้อ อาจเสียชีวิตได้ ไม่มีวัคซีนและยาที่ใช้รักษาเฉพาะ เมื่อพ.ศ. 2540 ระบาดในประเทศบราซิล มีผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 24,000 คน และในเวเนซุเอลา 32,000 คน เสียชีวิต 40 คน หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้โรคนี้อาการระบาดทั่วแถบร้อนของโรคได้

5.4 เป็นอันตรายต่อเด็กและคนชรา โดยจะทำให้มีโอกาสเสียชีวิตจากคลื่นความเย็นและคลื่นความร้อนมากขึ้น

5.5 ตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ เหตุการณ์ครั้งสำคัญๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ มีดังต่อไปนี้

5.5.1 เหตุการณ์ที่เมิส (Meuse) ถือว่าเป็นเหตุการณ์ร้ายแรงครั้งแรกที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม ปี ค.ศ. 1930 ในหุบเขาที่ชื่อว่า “เมิส” ประเทศเบลเยียม ในหุบเขาแห่งนี้เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก โรงงานผลิตกรดกำมะถัน โรงงานผลิตกระจก และโรงงานอุตสาหกรรมสังกะสี เป็นต้น ในระยะเวลาดังกล่าวอากาศเหนือหุบเขาอยู่ในสถานะ “อินเวอร์ชัน” ซึ่งทำให้มลพิษต่างๆ ที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานสามารถแพร่กระจายออกไปจากบริเวณหุบเขาได้ ตรงกันข้ามเมื่ออากาศอยู่ในภาวะสงบนิ่งเช่นนี้ มลพิษจะถูกสะสมอยู่ในอากาศเหนือบริเวณดังกล่าวด้วยปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งในวันที่ 4 และ 5 ธันวาคม ปรากฏว่ามีรายงานผู้เสียชีวิตหลายราย ซึ่งโดยมากจะเป็นผู้สูงอายุที่มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับหัวใจหรือระบบทางเดินหายใจอยู่ก่อนแล้ว นอกจากนั้นยังมีรายงานการสูญเสียชีวิตของปศุ

สัตว์เป็นจำนวนมากอีกด้วย มีการคาดคะเนกันว่าในช่วงเวลาดังกล่าวความเข้มข้นของ SO_2 ในอากาศสูงประมาณ 9-38 พีพีเอ็ม ซึ่งนับว่าเป็นระดับความเข้มข้นที่สูงมาก นอกจาก SO_2 แล้วมลพิษที่คาดว่ามิมีบทบาทด้วย คือ ซัลฟิวริกแอซิด ฟลูออไรด์ และไฮโดรคลอริกแอซิด

5.5.2 เหตุการณ์ที่โดโนรา (Donora) โดโนราเป็นชุมชนแห่งหนึ่งนอกเมืองพิตสเบิร์ก มลรัฐเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา ตั้งอยู่ริมแม่น้ำโมมองกาฮิลลา และอยู่ในหุบเขา ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปเกือกม้า ในระหว่างวันที่ 26-31 ตุลาคม ค.ศ. 1948 อากาศเหนือหุบเขาเกิดภาวะ “อินเวอร์ชัน” และมีหมอกปกคลุมบริเวณอยู่นาน ทำให้มีผู้เสียชีวิตรวม 20 คน อุตสาหกรรมที่มีอยู่ในโดโนรา ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก โรงงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก และโรงงานกรดกำมะถัน ในจำนวนประชากรทั้งสิ้น 14,000 คน ร้อยละ 43 เกิดอาการเจ็บป่วยขึ้น และร้อยละ 10 มีอาการรุนแรง สำหรับอาการของการเจ็บป่วยที่มีอยู่ในรายงาน ได้แก่ การระคายเคืองที่เกี่ยวกับ ตา จมูก และคอ การระคายเคืองที่ระบบทางเดินหายใจมีอาการไอ ปวดศีรษะ และอาเจียน สำหรับอายุของผู้เสียชีวิตอยู่ระหว่าง 52-84 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65 ปี อัตราตายสูงสุดเกิดขึ้นในวันที่สามของเหตุการณ์ จากการคาดคะเนความเข้มข้นของ SO_2 ในบรรยากาศ ในเวลานั้นมีอยู่ประมาณ 0.5-2 พีพีเอ็ม และมีอนุภาคต่างๆ อยู่ในอากาศด้วยปริมาณสูงมากด้วย

5.5.3 เหตุการณ์ที่โปซาริกา (Poza Rica) เหตุการณ์ครั้งนี้เกิดขึ้นที่เมืองโปซาริกา ซึ่งเป็นเมืองเล็กๆ อยู่ในเม็กซิโก เมื่อปี ค.ศ. 1950 เนื่องจากมีการตั้งโรงงานใหม่เพื่อที่จะนำซัลเฟอร์ ซึ่งถูกแยกออกมาจากก๊าซธรรมชาติมาทำประโยชน์ ก๊าซ H_2S ที่กักเก็บเอาไว้ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศและฟุ้งกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของเมือง ซึ่งผลปรากฏก็คือ มีผู้เจ็บป่วยที่ต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลทั้งหมด 320 คน และมีผู้เสียชีวิต 22 คน

5.5.4 เหตุการณ์ที่ลอนดอน (London) เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 5-9 ธันวาคม ปี ค.ศ. 1952 ที่มหานครลอนดอน สาเหตุก็คล้ายๆ กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในที่อื่นๆ คือ เกิดภาวะ “อินเวอร์ชัน” อากาศหยุดนิ่งทำให้ SO_2 และอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน (ซึ่งใช้กันมากสำหรับเตาผิงในอาคารและสำหรับโรงไฟฟ้าในขณะนั้น) แพร่กระจายออกไปจากบริเวณนั้นไม่ได้ เกิดการสะสมกันมากๆ เข้า โดยมีลักษณะเป็นหมอกควัน (smog) สีดำครอบคลุมอยู่เหนือบริเวณดังกล่าว และเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม ความเข้มข้นของมลพิษในอากาศก็สูงพอที่จะทำอันตรายถึงชีวิตได้ สำหรับผู้เสียชีวิต ได้แก่ ผู้สูงอายุและผู้ที่มีความบกพร่องของระบบทางเดินหายใจมาก่อนแล้ว ในระยะเวลาดังกล่าวความเข้มข้นของ SO_2 ในอากาศมีประมาณ 1.34 พีพีเอ็ม และความเข้มข้นของอนุภาคต่างๆ ประมาณ 4.46 มิลลิกรัม/ลบ.ม.

5.5.5 เหตุการณ์ที่นิวยอร์ก (New York) เหตุการณ์ร้ายแรงเนื่องจากมลพิษทางอากาศเกิดขึ้นหลายครั้ง โดยเกิดมีภาวะ “อินเวอร์ชัน” ของอากาศเหนือบริเวณดังกล่าว เป็นเวลา 3 วัน ทำให้มลพิษทางอากาศสะสมอยู่ในบรรยากาศมากขึ้นๆ พบว่ามีผู้เสียชีวิตถึง 168 คน

5.6 สรุปเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ

5.6.1 อันตรายต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นนั้น มักจะเกิดกับระบบทางเดินหายใจเป็นส่วนใหญ่

5.6.2 การเจ็บป่วยล้มตายจะเกิดกับกลุ่มคนที่อ่อนแออยู่แล้ว เช่น กลุ่มคนชรา เด็ก หรือคนที่ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจอยู่ก่อนแล้ว เป็นต้น

5.6.3 สภาพของดินฟ้าอากาศมีส่วนสำคัญยิ่งในการก่อให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว โดยเฉพาะสภาวะอินเวอร์ชันของอากาศ

5.6.4 อันตรายต่อสุขภาพเกิดขึ้นเนื่องจากมลพิษทางอากาศหลายอย่างด้วยกัน ไม่ได้จำเพาะเจาะจงว่ามีสาเหตุมาจากมลพิษอย่างหนึ่งอย่างใดโดยเฉพาะ

5.7 มลพิษทางอากาศและผลเสียต่อสุขภาพ

มลพิษทางอากาศก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ แบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

5.7.1 เกิดการเจ็บป่วยหรือการตายที่เป็นแบบเฉียบพลัน (acute sickness or death) การเจ็บป่วยหรือการตายในลักษณะเช่นนี้มีสาเหตุมาจากการได้สัมผัส (exposed) โดยการหายใจเอามลพิษทางอากาศที่มีความเข้มข้นสูงเข้าสู่ปอด ซึ่งสามารถจะทำให้เกิดผลเสียได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว

5.7.2 เกิดการเจ็บป่วยที่เป็นแบบเรื้อรัง (chronic disease) การเจ็บป่วยชนิดนี้รวมถึงการที่บุคคลมีชีวิตสั้นลงหรือมีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร เป็นผลเนื่องมาจากการได้สัมผัสกับมลพิษทางอากาศที่มีความเข้มข้นไม่สูงมากนักแต่ด้วยระยะเวลาที่นานมากพอที่จะทำให้เกิดปัญหาสุขภาพดังกล่าวได้ โดยทั่วไปแล้วการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นจะถูกกำหนดด้วยชนิดของมลพิษทางอากาศ แต่ที่พบได้บ่อยๆ ได้แก่ โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจต่างๆ เช่น การเกิดหลอดลมอักเสบแบบเรื้อรัง (chronic bronchitis) ถุงลมพอง (emphysema) หอบหืด (asthma) มะเร็งบางชนิด (cancer) และโรคหัวใจ (heart disease) เป็นต้น

5.7.3 เกิดการเปลี่ยนแปลงของหน้าที่ทางสรีระต่างๆ (physiological functions) ของร่างกายที่สำคัญ ได้แก่ การเสื่อมประสิทธิภาพในการทำงานด้านการระบายอากาศ (ventilation) ของปอด การนำพาออกซิเจนของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง การปรับตัวให้เข้ากับความมืดของตา หรือหน้าที่อื่นๆ ของระบบประสาท

5.7.4 เกิดอาการซึ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ (untoward symptoms) ตัวอย่างของอาการที่ไม่พึงประสงค์ ได้แก่ อาการระคายเคืองของอวัยวะรับสัมผัสต่างๆ เช่น ตา จมูก ปาก และคอ เป็นต้น

5.7.5 เกิดความเดือดร้อนรำคาญ (nuisance) ความเดือดร้อนรำคาญจากมลพิษทางอากาศ ได้แก่ จากกลิ่น ฝุ่น ควัน ฯลฯ

6. ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม

6.1 ใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มากขึ้นเพราะอากาศร้อนจะทำให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศและแร่เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในชุมชนเมืองซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชนบท

6.2 ราคาพืชผลการเกษตรตกต่ำทั่วโลก เพราะประเทศที่มีกำลังซื้อพืชผลได้เกินความต้องการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการค้าและสินค้าเกษตรกรรม

6.3 เกษตรกรจะเสียดันทุนการผลิตมากขึ้น เพราะดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์เร็ว ศัตรูพืชเพิ่มขึ้น ความต้านทานของพืชลดลงขณะเดียวกันก็ต้องลดรายจ่ายลง เช่น ลดการจ้างงาน เป็นต้น

6.4 ประเทศที่ยากจนจะขาดแคลนอาหารมากขึ้น เนื่องจากการปลูกพืชในบางแห่งได้ผลน้อยทะเลทรายเพิ่มขนาด และพืชหลักของท้องถิ่น ซึ่งได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และลูกเดือยมีอัตราเพิ่มของผลผลิตน้อยลง

6.5 แหล่งท่องเที่ยวชายหาดจะถูกน้ำทะเลท่วม ดินจะพังทลายทำให้เสียงบประมาณเพื่อการปรับปรุงจำนวนมาก

6.6 การพัฒนาประเทศทำได้ล่าช้า เนื่องจากต้องใช้งบประมาณเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

กลไกการทำอันตรายของอนุภาคมลสาร (Mechanism of particulates damage)

1. การอักเสบของถุงลมปอด (alveolar inflammation)

การคั่งค้างของอนุภาคมลสารขนาดเล็กมากเกิดจากความลุ่มหลวมของเม็ดเลือดขาวที่จะจับและทำลายอนุภาคมลสารขนาดเล็ก หลักฐานในสัตว์ทดลองนำไปสู่สมมุติฐานที่ว่าอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็ก และไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเดียวกันในมนุษย์ ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอด จากการกระตุ้นของอนุภาคมลสารขนาดเล็ก กระบวนการเกิดการอักเสบของปอด พบได้จากการเปลี่ยนแปลง ของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็นไฟบรินและมีจำนวนเม็ดเลือดขาวที่เพิ่มขึ้น

2. การจับตัวเป็นลิ่มของทางเดินโลหิต (clotting pathway)

เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่างๆ นำไปสู่กระบวนการตกตะกอนของเลือดโดยโปรตีนในพลาสมา จะเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน (ไฟบริโนเจน) ที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ซึ่งหลั่งออกมาจาก pneumatocytes เนื่องจากการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอด มีส่วนส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนของเลือด และเป็นสาเหตุของอุบัติการณ์ของโรคหัวใจล้มเหลว

3. ความข้นเหนียวของพลาสมา (plasma viscosity)

การศึกษาในประเทศเยอรมันนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลงระดับมลพิษทางอากาศในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายที่ไม่สูบบุหรี่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของโลหิต เนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอด นำไปสู่ปฏิกิริยาเฉียบพลันทางพยาธิวิทยา ที่ไซอิริบาย ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศและอุบัติการณ์การเสียชีวิต

4. การถูกกระตุ้นของทางผ่านอากาศในท่อหายใจ (airway reactivity)

การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ (trachea) และหลอดลมใหญ่ (large bronchi) ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าเช่น อากาศเย็น คิวบุนทรีย์ และมลพิษทางอากาศ สารเคมีที่หลังจากกล้ามเนื้อเรียบ ของทางเดินหายใจที่สำคัญคือ สารก่อภูมิแพ้ และสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบเช่นพรอสตาแกลนดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลอดลมของผู้ป่วยที่เป็นโรคหืด จะทำให้มีอาการกำเริบได้มาก การหดตัวของหลอดลมมีผลทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของทางผ่านอากาศลดลง ซึ่งมีผลทำให้เพิ่มแรงต้าน ของอากาศที่ผ่านเข้าออกในท่อหายใจ การหดตัวของหลอดลม ทำให้เกิดอาการหายใจมีเสียงวี๊ดหรือฮืดในอก ไอ แน่นหน้าอก หายใจลำบาก และอาการรุนแรงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย

คุณภาพอากาศภายในอาคาร

1. ประวัติศาสตร์ของ Indoor Air Quality

เริ่มตั้งแต่สมัย 500 ปี ก่อนคริสตกักราช โดยนักปราชญ์ชาวกรีก ได้ให้ความสำคัญ และมีการกล่าวถึงเรื่อง คุณภาพอากาศภายในเหมือง ในสมัยโรมัน Pliny the Elder ได้แนะนำให้มีการใช้หน้ากากป้องกันฝุ่น ขณะทำการตัดหิน หรือทำงานในเหมืองแร่ใยหิน ในปี 1858 ฟลอเรนซ์ ในดิงเกล ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ภายในโรงพยาบาล ควรเป็น 25 cfm/คน เพื่อป้องกันการติดเชื้อในโรงพยาบาล ในปี 1895 มีการใช้สารฟอร์มาลดีไฮด์กันอย่างกว้างขวาง ในการฉีดพ่นฆ่าเชื้อโรค และในช่วงหลังปี 1973 ซึ่งเป็นช่วงเกิดมาตรการประหยัดพลังงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นผลให้การระบายอากาศภายในอาคาร ไม่เพียงพอ เกิดเป็นปัญหาสะสมมลพิษ

ภายในอาคาร ดังนั้น หน่วยงานต่างๆ ในต่างประเทศ เช่น US EPA, ASHRAE etc. และหน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น WHO จึงได้กำหนดค่ามาตรฐานด้าน Indoor Air Quality เพื่อใช้เป็นคำแนะนำในการควบคุม คุณภาพอากาศภายในอาคาร

สำหรับประเทศไทยนั้น ยังไม่มีหน่วยงานใด กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยตรง แต่ก็มีกฎหมายบางฉบับที่เกี่ยวข้อง คือ

1.1 กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 หมวด 2 ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบป้องกันเพลิงไหม้ ได้กำหนดอัตราการระบายอากาศในอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษไว้ ได้แก่ โรงพยาบาล ห้องพักในโรงแรม หรืออาคารชุด สำนักงาน ฯลฯ

1.2 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ 6/2538 เรื่อง กำหนดจำนวนคนต่อจำนวนพื้นที่ของอาคารที่พักอาศัยที่ถือว่า มีคนอยู่มากเกินไป ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 ได้กำหนดพื้นที่ในอาคารให้มี ไม่น้อยกว่า 3 ตารางเมตร/คน และได้กำหนดเช่นเดียวกันนี้ สำหรับพื้นที่ของโรงงานก่อสร้าง และของอาคารโรงงานด้วย ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7/2538 และ 8/2538 ตามลำดับ

1.3 พระราชบัญญัติคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ.2535 ซึ่งกำหนดสถานที่หรือยานพาหนะใดๆ ที่เป็นสถานที่สาธารณะ เป็นเขตปลอดบุหรี่ และได้กำหนดสภาพ ลักษณะ และมาตรฐานของเขตปลอดบุหรี่ เกี่ยวกับการระบายควัน หรืออากาศ และได้มีการออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 10 พ.ศ.2545 บังคับให้สถานที่สาธารณะ 19 ประเภท ซึ่งขณะทำการและให้บริการเป็นเขตปลอดบุหรี่ 100% ซึ่งมีผลบังคับใช้แล้ว ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ.2545

2. การดำเนินงานด้านคุณภาพอากาศ ภายในอาคารในประเทศไทย

การดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร เเท่าที่มีการสืบค้นได้นั้น ได้มีการเริ่มต้นอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 ดังนี้

2.1 ปี พ.ศ.2536 มีการสำรวจก๊าซเรดอน ในอาคารในประเทศไทย เพื่อให้ทราบการกระจายและความเสี่ยง เเท่าที่มีข้อมูลรายงานจนถึงปัจจุบัน มีการสำรวจไปแล้ว 20 จังหวัด ผลปรากฏว่า พบก๊าซเรดอนในทุกอาคาร ที่สำรวจในทุกจังหวัด และจังหวัดที่มีแนวโน้มว่า มีก๊าซเรดอนสูงพบว่า อยู่ในภาคเหนือ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องสำรวจ ให้ได้พื้นที่มากกว่านี้ จึงจะสามารถสรุปได้แน่นอน (สมชัย บวรกิตติ และปฐม สวรรค์ปัญญาเลิศ, 2543)

2.2 ปี พ.ศ.2542 กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร ได้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ภายในบริเวณศูนย์อาหาร และอาคารจอดรถของอาคารสาธารณะ และห้างสรรพสินค้า จำนวนทั้งสิ้น 11 แห่ง พบว่า บริเวณศูนย์อาหารของห้างสรรพสินค้า 3 ใน 9 แห่ง มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกินค่ามาตรฐาน กำหนด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,170-1,302 พีพีเอ็ม (ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1,000 พีพีเอ็ม) สำหรับบริเวณอาคารจอดรถ 6 ใน 11 แห่ง พบปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 12-46 พีพีเอ็ม ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด (ASHRAE กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 9 พีพีเอ็ม) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (พีพีเอ็ม₁₀) ในอาคารจอดรถ 3 แห่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 154-210 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด (US EPA กำหนดค่าตลอด 24 ชั่วโมง ให้มีได้ไม่เกิน 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

2.3 ปี พ.ศ.2542-2543 สถานการณ์ของแหล่งเพาะเชื้อ ลีจิโอเนลลา นิวโมฟีลา ภายในอาคาร ซึ่งจากรายงานการศึกษา ของสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย โดยการตรวจสอบทางกายภาพ และเก็บตัวอย่างน้ำ จากหอหล่อเย็น บ่อ หรือถังพักน้ำ ถาดรองรับจากเครื่องปรับอากาศ ก๊อกน้ำ และฝักบัว จากแหล่งต่างๆ ได้แก่ อาคาร โรงแรมในเขตกรุงเทพฯ 28 แห่ง ต่างจังหวัด 3 แห่ง รวม 31 แห่ง และเข้าทำการตรวจสอบการดำเนินงาน มาตรการป้องกัน การระบาดของเชื้อลีจิโอเนลลาในโรงแรม 24 แห่ง พบว่า โรงแรมส่วนใหญ่มีมาตรการในการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลา โดยการใช้สารเคมีในการควบคุม เชื้อลีจิโอเนลลา โดยการใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อ และมีการขัดล้างทำความสะอาด นอกจากนี้กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ หาเชื้อลีจิโอเนลลาในโรงแรม 7 แห่ง ผลการวิเคราะห์พบเชื้อลีจิโอเนลลา ในโรงแรมในเขตกรุงเทพฯ 4 แห่ง โรงแรมในต่างจังหวัดอีก 1 แห่ง ส่วนอาคารสำนักงาน 14 แห่ง ตรวจพบเชื้อลีจิโอเนลลา 1 แห่ง สำหรับอาคารในโรงพยาบาล 2 แห่ง ตรวจพบเชื้อลีจิโอเนลลา 1 แห่ง ส่วนบ้านพักนักกีฬา 2 แห่ง ตรวจไม่เชื้อลีจิโอเนลลา

2.4 ปี พ.ศ.2543 ได้มีการดำเนินการสำรวจสารคุกคาม จากการสูบบุหรี่ ในห้องพักสูบบุหรี่ที่ ทำอากาศยานกรุงเทพฯ โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นแขวนลอย แคดเมียม สารหนู และไอระเหย ได้แก่ โทลูอีน ฟีนอล และอะซีโตน ผลการตรวจไม่พบปริมาณของวัสดุ สารที่สำรวจสูงเกินขีดความปลอดภัย ยกเว้นปริมาณฝุ่นทุกขนาดที่พบว่า มีปริมาณภายในห้องสูบบุหรี่สูงกว่าภายนอกห้อง การศึกษาให้ผลสรุปว่า ผู้ที่ใช้ห้องพักสูบบุหรี่ที่ทำอากาศยานกรุงเทพฯ มีความปลอดภัยจากวัสดุสาร ที่เกิดจากการสูบบุหรี่ (วิกรม เสงคิสิริ, สมชัย บวรกิติ และคณะ, 2543)

2.5 ปี พ.ศ.2544 กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย (เปลี่ยนเป็นสำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ตั้งแต่ปี 2546) ได้เริ่มดำเนินการตรวจวัดปริมาณก๊าซ และไอระเหยของสารเคมี ที่ใช้ในโรงพยาบาล ได้แก่ ก๊าซที่ใช้ในการดมยาสลบ (โรงพยาบาลส่วนใหญ่ใช้ Nitrous oxide และ Halothane และเมื่อรั่วไหลออกจากระบบ และปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศภายในโรงพยาบาลจะเรียกรวมๆ เป็น Waste Anesthetic Gas, WAGs) รวมถึงสารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในการทำความสะอาด และฆ่าเชื้อโรค อุปกรณ์ เครื่องมือแพทย์ เช่น Formaldehyde, Glutaraldehyde เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัยในการทำงาน ในโรงพยาบาล ผลพบว่าเฉพาะห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้ง มีระดับค่า WAGs อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ทั้งนี้สถาบันอาชีวอนามัย และความปลอดภัยแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NIOSH) กำหนดค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมง การทำงานของก๊าซ Nitrous oxide ไม่ควรเกิน 25 พีพีเอ็ม และ Halothane ไม่ควรเกิน 2 พีพีเอ็ม จนถึงปัจจุบัน ได้ดำเนินการตรวจประเมินในโรงพยาบาลไปแล้ว 9 แห่ง และโรงพยาบาล 4 ใน 9 แห่งนี้ ได้ดำเนินการปรับปรุงสภาพการทำงาน โดยการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งไปเรียบร้อยแล้ว (สิทธิเทพตระการพร, ธรณพงศ์ จันทรวงศ์ และประมวล พิมพ์ภักดี, 2545)

2.6 ปี พ.ศ.2544-2545 สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ได้จัดทำโครงการจัดทำหลักเกณฑ์ และมาตรฐานควบคุมเหตุรำคาญ และกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 ประเภทกิจการ โรงแรม หรือกิจการอื่นในทำนองเดียวกัน โดยได้ดำเนินการสำรวจโรงแรมทั้งสิ้น 20 แห่ง พบว่า อัตราการไหลของอากาศ จากภายนอกเข้าสู่ภายในของโรงแรมขนาดใหญ่ และขนาดกลางกว่าร้อยละ 80 ต่ำกว่าค่าที่เสนอแนะโดย ASHRAE และกว่าร้อยละ 30 ของโรงแรมขนาดใหญ่ และขนาดกลาง มีระดับก๊าซ CO₂ ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งถึงการไหลเวียนอากาศ มีค่าสูงเกินกว่าที่กำหนดโดย OSHA (Occupational Safety and Health Administration กำหนดไว้ที่ 800 พีพีเอ็ม) นอกจากนี้ยังพบว่า สถานประกอบการควบคุมการสูบบุหรี่ในอาคาร อย่างจริงจัง และจากผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้น ของอนุภาคขนาดเล็ก (พีพีเอ็ม₁₀) ซึ่งแหล่งที่มาที่สำคัญ คือ ควันบุหรี่ พบว่า กว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่ตรวจวัด มีระดับสูงเกินค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ ในปี พ.ศ.2545 กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร ได้ดำเนินการสุ่มตรวจสอบ คุณภาพอากาศภายในร้านอาหาร ที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร จำนวน 12 แห่ง พบว่า ร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะ ด้วยแก๊สมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด (เฉลี่ย 1,411 พีพีเอ็ม) รองลงมาคือ การใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง (เฉลี่ย 857 พีพีเอ็ม) และการใช้ไฟฟ้ามีค่าต่ำสุด (เฉลี่ย 717 พีพีเอ็ม) ทั้งนี้ระดับความเข้มข้น ของ CO₂ ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพได้ คือ 800-1,000 พีพีเอ็ม นอกจากนี้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

(CO) พบมากที่สุดในการใช้ถ่าย (เฉลี่ย 5.18 พีพีเอ็ม) รองลงมาคือ การใช้แก๊ส และไฟฟ้า พบค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.58 พีพีเอ็ม และ 2.36 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับระดับความเข้มข้นของ CO ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพได้คือ >5 พีพีเอ็ม จากผลการตรวจวัดดังกล่าว สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร จึงได้แนะนำให้ร้านอาหารดังกล่าว ดำเนินการปรับปรุงโดยการทำความสะอาดระบบระบายอากาศ และเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในร้าน

3. การดำเนินงานด้านคุณภาพอากาศ ภายในอาคารในประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1 สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติ (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) ได้ทำการศึกษาข้อร้องเรียน อันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศ ในอาคารในช่วงทศวรรษที่ 1970 และสามารถแยกสาเหตุของการเกิดปัญหาได้ดังนี้

3.1.1 ร้อยละ 52 เกิดจากการระบายอากาศในอาคารที่ไม่เพียงพอ เช่น การออกแบบที่ไม่ถูกต้อง การกระจายอากาศในอาคารไม่ดีพอ อุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม มีแหล่งมลพิษภายในระบบระบายอากาศ

3.1.2 ร้อยละ 16 เกิดจากการมีสารปนเปื้อนอยู่ในอาคาร เช่น ไรระเหยของน้ำยาทำความสะอาด จำพวกสารตัวทำละลาย หรือน้ำยาฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา

3.1.3 ร้อยละ 10 เกิดจากมลพิษภายนอกอาคาร เช่น มลพิษการจราจร ควัน ฝุ่นละอองเกสร

3.1.4 ร้อยละ 5 เกิดจากการปนเปื้อนด้านชีวภาพ

3.1.5 ร้อยละ 4 เกิดจากการปนเปื้อนของวัสดุตกแต่งอาคาร

3.1.6 ร้อยละ 13 ไม่ทราบสาเหตุ

3.2 องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม หรือ EPA และหน่วยงานอื่นๆ ได้ดำเนินการสำรวจ และพบว่า สิ่งแวดล้อมภายในอาคารมีมลพิษ มากกว่าภายนอกอาคารสูงเป็นอัตรา 2-10 เท่า และได้มีการจัดอันดับปัญหามลพิษในอาคาร เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

4. ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกรับรู้สบายในอาคาร

ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกรับรู้สบายของมนุษย์ ในอาคาร เป็นปัจจัยร่วมกันที่กำหนดการแลกเปลี่ยน ความร้อนของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมด้วย มีดังนี้

4.1 อุณหภูมิ ควรมีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ 24 องศาเซลเซียส หรือในช่วง 23-26 องศาเซลเซียส โดยให้เป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้ที่อยู่ในอาคารเดียวกัน (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย)

4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไป ทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อนและอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง จมูก จนบางครั้งอาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีในอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม จึงควรอยู่ในช่วงร้อยละ 30-70

4.3 ความเร็วลม ความเร็วลมที่สูงเกินไป ทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากอุณหภูมิต่ำด้วย ในทางตรงกันข้าม หากอากาศร้อน และความเร็วมต่ำ ลมก็จะพาความร้อนออกจากร่างกายไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดความรู้สึกร้อน อบอ้าว อึดอัด

4.4 การแผ่รังสีความร้อน เกิดจากการที่วัสดุมีอุณหภูมิพื้นผิวสูง หรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัด เนื่องจากเป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ ร่างกายมนุษย์ก็จะแผ่รังสีความร้อน ไปยังฝ้าเพดานทำให้รู้สึกเย็น ในทางตรงกันข้าม กระจกด้านที่ถูแสงแดดส่อง ก็จะแผ่รังสีความร้อน มายังผู้อยู่อาศัย จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนกว่าปกติ แม้ว่าอุณหภูมิในห้องจะอยู่ในเกณฑ์ปกติก็ตาม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยคุณภาพอากาศว่าจะดีหรือไม่ อาจจะถูกจากระดับของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กหรือ particulate matters (PM) ซึ่งเรียกตามขนาด เช่น พีเอ็ม2.5 หมายถึงฝุ่นที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (aerodynamic diameter) ตั้งแต่หรือน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร หรือ พีเอ็ม10 มีขนาดตั้งแต่หรือน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ฝุ่นขนาดเล็กจะเป็นที่รวมของกลุ่มของโมเลกุลต่างๆ ลอยอยู่บนกับฝุ่นละอองในอากาศที่เราหายใจเข้าไป มีความหลากหลายทั้งทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว สามารถแขวนลอยในอากาศได้เป็นเวลานาน กลุ่มโมเลกุลในอากาศมีแหล่งกำเนิดต่างๆ กัน เช่น เขม่าจากน้ำมันดีเซล การเผาป่า ฝุ่นจากถนน ฝุ่นจากเกษตรกรรมหรืออนุภาคที่เป็นผลจากการก่อสร้างหรือขบวนการอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีแสงของก๊าซพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือไนโตรเจนออกไซด์ในอากาศ ซึ่งเป็นผลพวงจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นตัวก่อปัญหาแก่สุขภาพ

เนื่องจากการที่มันสามารถผ่านระบบทางเดินหายใจเข้าไปได้ลึกลงไปจนถึงระดับถุงลมปอด ซึ่งจะสะสมอยู่ได้ตลอดไปไม่สามารถขับออกจากร่างกาย ฟุ้งยังมีขนาดเล็กเท่าใดจะสามารถแทรกซึมลงไปได้ลึกและก่ออันตรายได้มากขึ้น ปัญหาจากฝุ่นละอองจัดเป็นปัญหาของหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศไทย

เป็นที่ยอมรับแล้วว่าปัญหาคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในปัจจุบันเป็นผลสืบเนื่องมาจากอนุภาคฝุ่น ที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมโครเมตรซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศรอบตัวเรากำมาตรฐานที่กำหนดไว้โดย Environmental Protection Agency, สหรัฐอเมริกา กำหนดค่าเฉลี่ยสูงสุดใน 1 ปีที่ยอมให้มีได้ของ พีเอ็ม10 โดยเฉลี่ย 50 ไมโครกรัม/ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยสูงสุดใน 24 ชั่วโมงที่ยอมให้มีได้เท่ากับ 150 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ส่วน พีเอ็ม2.5 กำหนดค่าเฉลี่ยสูงสุดใน 1 ปีที่ยอมให้มีได้ที่ 15 ไมโครกรัม/ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยสูงสุดใน 24 ชั่วโมงที่ยอมให้มีได้ที่ 50 ไมโครกรัม/ลบ.ม. สำหรับค่ามาตรฐานของฝุ่นขนาดเล็ก พีเอ็ม10 ในประเทศไทยกำหนดไว้ที่ 120 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ต่อ 24 ชั่วโมง หรือค่าเฉลี่ยต่อ 1 ปีเท่ากับ 50 ไมโครกรัม/ลบ.ม. (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป)

ผลจากการศึกษาทั่วโลกแสดงให้เห็นว่าฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร (พีเอ็ม2.5) เป็นโมเลกุลที่มีอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (USEPA, 1998) เพราะสามารถแทรกซึมตามระบบทางเดินหายใจไปจนถึงระดับเซลล์ในร่างกาย การวิจัยในเมืองต่างๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของการสัมผัสฝุ่นละอองในอากาศ โดยเฉพาะ พีเอ็ม10 และ พีเอ็ม2.5 ของประชาชนมีความสัมพันธ์กับการตายก่อนเวลาอันควร และการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับมลภาวะในอากาศมีตั้งแต่การเจ็บป่วยเฉียบพลันรุนแรง และการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น อาการหอบหืด และหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ไปจนถึงอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยเฉียบพลัน เช่น ไอ หายใจมีเสียงวี๊ด และแน่นในหน้าอกทำให้หายใจไม่สะดวก (Neas, L.M., Schwartz, J., 2000; Hong, Y.C., Leem, T.H., Ha, E.H., Christiani, D.C., 1999; Melkter, E.O., 1991) หลักฐานทางระบาดวิทยาที่มีอยู่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างฝุ่นละอองและสุขภาพ และสภาวะแวดล้อม อนุภาคขนาดเล็กอาจมีสภาวะกรดเนื่องจากแก๊สที่มีอยู่ในสภาวะกรด (gaseous acid pollutant) เกาะกับบริเวณผิวของมัน การผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจของอนุภาคขนาดเล็กนี้จะเข้าไปได้ลึกเท่าใดขึ้นกับขนาดของตัวมันเอง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ไมโครเมตร (พีเอ็ม10) จะเข้าไปอยู่ในทางเดินหายใจบริเวณกล่องเสียง ในขณะที่อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร (พีเอ็ม2.5) สามารถผ่านเข้าไปถึงบริเวณถุงลมปอดได้ สารเคมีหรือแก๊สบางชนิดที่ผ่านเข้ามาในระบบทางเดินหายใจ

ร่วมกับอนุภาคเหล่านี้จะถูกกลายรวมกับเนื้อเยื่อเมือกของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น หรือเนื้อเยื่อเมือกของถุงลมปอด แล้วผ่านไปสู่อวัยวะไหลเวียนโลหิตได้ ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อบริเวณต่างๆ ของร่างกายตามมา (USEPA, 1998; Perera, F.P., Jedrychowski, W., Rauth, V., Whyatt, R.M., 1999) อนุภาคบางตัวอาจมีสารเคมีที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) หรือสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) รวมอยู่ด้วย เช่น อนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ดีเซลและปิโตรเลียม จะมีสารประกอบของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) รวมอยู่ด้วย PAHs บางชนิดนั้นมีคุณสมบัติเป็นทั้งสารก่อมะเร็งและสารก่อกลายพันธุ์ และพบว่ามีถึง 7 ชนิดที่เป็นสารก่อมะเร็ง (IARC, 1989; IARC, 1987)

การพิจารณาผลกระทบของฝุ่นทำได้ยาก จะต้องพิจารณาขนาดของฝุ่น รูปร่างของฝุ่น (รูปร่างที่แหลมเล็กจะมีอันตราย) องค์ประกอบของฝุ่น การเสริมพิษกันของฝุ่นและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปัจจุบันฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร เท่านั้นที่เข้าสู่ร่างกาย และมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น พีเอ็ม₁₀ กับสุขภาพประชาชนในกรุงเทพมหานคร พบว่า ถ้าระดับฝุ่นสูงขึ้น 30 ไมโครกรัม/ลบ.ม. จะเกิดสิ่งต่อไปนี้ อัตราการตายโดยธรรมชาติ สูงขึ้น 3-5% อัตราการตายด้วยโรคทางเดินหายใจ สูงขึ้น 7-20% อัตราการเข้าโรงพยาบาลรักษาโรคทางเดินหายใจ สูงขึ้น 5.5% กลุ่มผู้สูงอายุ มีอัตราการเข้าโรงพยาบาลรักษาโรคทางเดินหายใจ สูงขึ้น 17.6% กลุ่มผู้ใหญ่ที่ไม่สูบบุหรี่ อาศัยและทำงานในที่ที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ มีอัตราการเกิดอาการโรคระบบทางเดินหายใจ สูงขึ้น 20-26%

จากการศึกษาพบว่า หากค่าเฉลี่ยรายปีของ พีเอ็ม₁₀ ในกรุงเทพมหานครลดลง 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ จะลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวนเงินกว่า 35,000 ล้านบาท/ปี นอกจากนี้ ผลการศึกษาเปรียบเทียบระดับฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร ยังชี้ว่าอาคารที่มีเครื่องปรับอากาศจะมีระดับฝุ่นภายในอาคารประมาณ 50-100% ของระดับภายนอก แต่อาคารที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศนั้นจะมีระดับฝุ่นภายในเท่ากับหรือสูงกว่าระดับฝุ่นภายนอก

เชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีการพัฒนาในทุกๆ ด้าน จึงทำให้มีปัญหามลพิษในอากาศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ขณะเดียวกันสภาพทางอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดเชียงใหม่เอื้ออำนวยต่อการสะสมมลพิษทางอากาศอย่างมากโดยเฉพาะในฤดูหนาว คือมีลมสงบ อากาศแห้ง ฝุ่นมาก มีการเผาป่าหญ้า

จากการวิเคราะห์ความเป็นพิษต่ออินทรีย์ที่อาจจะเป็นอันตรายในอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กในอากาศ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความเป็นพิษต่ออินทรีย์ในอนุภาคฝุ่นที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ที่เก็บตัวอย่างอากาศ (อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ และคณะ, 2543) การวิจัยคุณภาพอากาศจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง พ.ศ. 2541-2542 โดยคณะผู้วิจัย (Vinitketkumnuen, U.,

Kalayanamitra, K., Kamens, R., 2001; อุษณีย์ วนิจเขตคำนวณ และคณะ, 2543) ผลการวิจัยที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวัดคุณภาพอากาศจังหวัดเชียงใหม่ในปี 2540 โดยกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในรูปจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยตลอดเดือนของระดับรายวันของฝุ่นขนาดเล็ก พีเอ็ม2.5, พีเอ็ม10 ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าคุณภาพอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ยังเป็นปัญหาที่ต่อเนื่องมาตลอดจากอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กดังกล่าว

ผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศที่มาจาก พีเอ็ม10 และ พีเอ็ม2.5 นั้นอาจเนื่องมาจากการพบว่าฝุ่นขนาดเล็กทั้ง 2 ขนาดนี้สามารถแทรกซึมลงไปในระดับทางเดินหายใจจนถึงถุงลมปอด และการที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างชนิดปนเปื้อนอยู่ และสารเคมีบางตัวมีคุณสมบัติออกซิเดนท์ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารโลหะที่มีคาร์บอน, แกลีออร์ด, สารมลพิษอินทรีย์ ได้แก่ โพลีซัยคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน, ควิโนน, ไนโตรอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ รวมไปถึงสารมลพิษชีวภาพที่อาจจะเป็นเชื้อรา, ไวรัสหรือแบคทีเรีย มีการทดลองพบว่า การหายใจเอา พีเอ็ม10 เข้าไปจะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงระบบภูมิคุ้มกันของระบบหายใจ ได้แก่ มีการหลั่งของ inflammatory cytokines ตลอดจนมีการกระตุ้น transcriptional factor คือ nuclear factor kappa B (NF kappa B) (Baeza-Squaiban, A., Bonvallot, V., Bolanot, S., Marano, F., 1999) นอกจากนี้มีรายงานยืนยันว่ามลพิษทางอากาศโดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็ก พีเอ็ม10 และ พีเอ็ม2.5 มีผลกระทบต่อโรคมะเร็ง ความชุกของโรคมะเร็งมีสูงในพื้นที่ที่มีมลภาวะทางอากาศสูง (D' Amato, G., 1999) ส่วนจากการเผาฟางข้าวในทุ่งนามี พีเอ็ม10 และเป็นสาเหตุที่ทำให้มีอาการแสดงออกของโรคหอบหืดในเด็กรุนแรงขึ้น (Torigoe, K., Hasegawa, S., Numata, O., et al, 2000) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของระบบทางเดินหายใจ จากรายงานพบว่าผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงดีที่ทำงานนอกอาคาร ความสามารถในการทำหน้าที่ของระบบทางเดินหายใจจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเพราะระดับ particulate matter และ โอโซนจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การทำงานของระบบทางเดินหายใจที่ลดลง จะทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น ไอ, เจ็บคอ และการหายใจผิดปกติ (Kinney, P.L., and Lippamann, H., 2000) ความเป็นพิษต่อยีนที่ปนเปื้อนในอากาศ สามารถทดสอบโดยการทำ Ames test (อุษณีย์ วนิจเขตคำนวณ, 2534) ซึ่งเป็นการทดสอบสารพิษต่อยีนของแบคทีเรีย ที่ให้ผลรวดเร็ว ผลเป็นที่น่าเชื่อถือและใช้เป็นวิธีคัดกรองสารพิษต่อยีนที่จะนำไปทดสอบความเป็นพิษต่อยีนของคนในขั้นตอนต่อไป โดยการทำ Comet assay (อำนาจ มีเวที, 2534; Mccarthy, P.J., Sweetman, S.F., Mckenna, P.G. and Mckelvey-Martin, V.J., 1997; Jacqueline, L., Quay, W.R., Samet, J. and Devlin, R.B., 1998) เพื่อทดสอบถึงการที่ความเป็นพิษต่อยีนที่ปนเปื้อนอยู่ในอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก จะทำให้เกิดความผิดปกติของโครงสร้างดีเอ็นเอ โดยการวิเคราะห์หา DNA fragmentation

นอกจากนี้การหายใจอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดโรคหอบหืด หรือภูมิแพ้สามารถทดสอบว่าในสารสกัดจากอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กนี้จะสามารถกระตุ้นสาร inflammatory cytokine (IL-6) ซึ่งอัตราการหลั่งของสารนี้ในเซลล์ถุงลมปอดจะสัมพันธ์กับการเกิดโรคหอบหืดหรือภูมิแพื่อดังกล่าว จากการศึกษาคุณภาพอากาศของผู้วิจัยระหว่าง พ.ศ. 2541-2542 (Kittiwan Kalayanamitra, 2002) ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก พีเอ็ม_{2.5} ในอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ยังมีระดับเกินเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยระดับฝุ่นขนาดเล็กในอากาศจังหวัดเชียงใหม่จะพบว่ามีค่าสูงในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคมของทุกปี) แต่ในช่วงฤดูร้อน-ฝน (เดือนเมษายนถึงตุลาคม) ระดับจะอยู่ในช่วงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากการวิเคราะห์ความเป็นพิษต่อฮันที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กในอากาศจังหวัดเชียงใหม่ที่เวลาต่างกัน พบว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บช่วงฤดูหนาวจะพบความเป็นพิษต่อฮันปนเปื้อนในทุกๆ สถานที่ที่เก็บตัวอย่างอากาศ สำหรับช่วงฤดูร้อนตัวอย่างอากาศบางที่ จะไม่พบความเป็นพิษปนเปื้อน (Kamens, R, 1994; Pritchard, R.J., Ghio, A.J., Lehman, J.R., Winsett, D.W., Tepper, J.S., Park, P., Gilmour, M.I., Dreher, K.L. and Costa, D.L., 1996; Drecher, K.L., Jaskot, R.H., Lehmann, J.R., Richards, J.H., McGee, J.K., Ghio, A.J., and Costa, D.L., 1997)

