

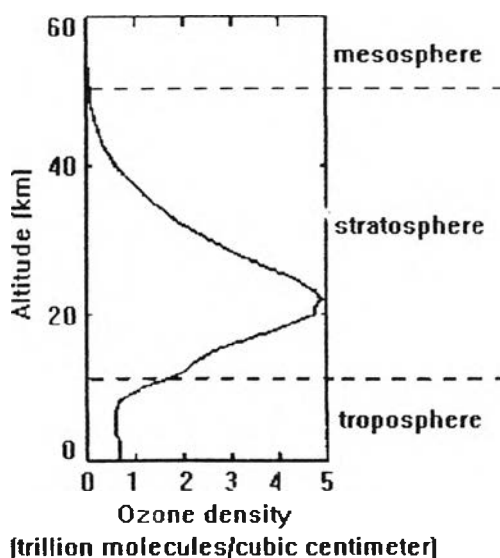


เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

ก๊าซโอโซนส่วนใหญ่ในบรรยากาศจะอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.1 บรรยากาศชั้นนี้แยกออกจากบรรยากาศชั้นล่างเนื่องจากจุดหักเหของอุณหภูมิที่ปรากฏในแนวเขตโทรโพพอส (เขตกั้นระหว่างบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์และสตราโตสเฟียร์) ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจะไม่สัมผัสกับโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์โดยตรง โอโซนในบรรยากาศชั้นบน (สตราโตสเฟียร์) มีบทบาทสำคัญในการดูดซับแสงเหนือม่วงส่วนใหญ่จากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นโอโซนในชั้นนี้จึงจัดเป็นโอโซนที่มีประโยชน์

ก๊าซโอโซนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ตามธรรมชาติ มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศน์ของโลก ซึ่งโอโซนจะเป็นแหล่งกำเนิดของอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) รวมทั้งอะตอมออกซิเจน การสลายตัวของสารมลพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนจะเริ่มจากการทำปฏิกิริยากับ OH และอะตอมออกซิเจน ดังนั้นโอโซนในบรรยากาศชั้นนี้จึงมีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองของระบบนิเวศน์ ข้อเสียของก๊าซโอโซนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์คือ อันตรายซึ่งเกิดการสัมผัสโดยตรงกับสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซโอโซนกับระดับความสูงจากพื้นดิน

ปัญหาต่อการดำเนินชีวิตของคนในเมืองใหญ่ส่วนหนึ่ง คือ การเกิดหมอกควัน (Smog) โดยหมอกควันใช้เรียกรูปแบบของมลภาวะอากาศ ที่เกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์ของแสงอาทิตย์กับสารประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ ลักษณะทางเคมีของหมอกควัน คือ ภาวะของสารที่มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ (Oxidants) เช่น ก๊าซโอโซน ในระดับค่อนข้างสูงซึ่งจะระคายเคืองต่อนัยน์ตาและลำคอ ทำความเสียหายต่อพืช รวมทั้งเป็นสาเหตุให้วัสดุจำพวกยางเกิดการแตกหัก นอกจากนี้การเกิดกลิ่นและทัศนวิสัยที่ลดลงก็จัดเป็นลักษณะของหมอกควันอีกด้วย

2.1.1 อุณหพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเคมีแสง

ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศจำนวนมากจะเกิดขึ้นไม่ได้หากปราศจากพลังงานจำนวนมากที่ได้มาจากแหล่งพลังงานบางแห่ง เช่น การแตกตัวของโมเลกุลออกซิเจนต้องการพลังงานประมาณ 500 กิโลจูลต่อกรัม-โมล พลังงานจำนวนนี้มีได้เกิดจากก๊าซที่อุณหภูมิต่ำในบรรยากาศ อย่างไรก็ตามการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะให้พลังงานจำนวนนี้ได้ โฟตอนที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์จะมีพลังงาน $h\nu$ เมื่อ ν คือ ความถี่ซึ่งสัมพันธ์กับโฟตอนโดยเฉพาะและ h คือ ค่าคงที่ของพลังก์ (Planck's constant) ซึ่งมีค่า 6.62×10^{-34} จูล-วินาที ระยะคลื่นต่อเนื่องใดๆ ของความถี่ต่างๆ เกี่ยวพันกันดังนั้นจึงมีพลังงานให้ในช่วงกว้าง เนื่องจากความยาวคลื่นของแสงเป็นสัดส่วนผกผันกับความถี่ ($\lambda = c/\nu$) โฟตอนที่มีพลังงานค่อนข้างสูงจะมีความยาวคลื่นสั้น ช่วงการแผ่รังสีที่แผ่อยู่ในช่วง 1 ถึง 100 ไมโครเมตร ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m} = 10^4 \text{A}^\circ$) ค่าของ $h\nu$ (hc/λ) พบว่ามีค่าประมาณ 125 กิโลจูลต่อกรัม-โมล สำหรับ λ เท่ากับ 1 ไมโครเมตร (กรัม โมล ในที่นี้แทนจำนวนโฟตอนซึ่งเท่ากับจำนวนอวกาศโดยเท่ากับ 6.0225×10^{23} โฟตอน) และสำหรับค่าความยาวคลื่น 100 ไมโครเมตรจะมีพลังงานเท่ากับ 1.25 กิโลจูลต่อกรัม-โมล พลังงานของโฟตอนในช่วงนี้อาจจะให้ความร้อนแก่ก๊าซ หรือกระตุ้นการโคจรของก๊าซ รวมทั้งพลังงานในรูปแบบการสั่นสะเทือน แต่จะไม่กระตุ้นให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ ในการทำลายพันธะ C - C และพันธะ C - H ต้องการพลังงาน 350 และ 420 กิโลจูลต่อกรัม-โมล ตามลำดับ พันธะต่างๆ เหล่านี้รวมทั้งพันธะ O-O ต้องการโฟตอนที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าช่วงรังสีที่แผ่แดงมาก ในขณะที่ความยาวคลื่นของช่วงรังสีที่ตามองเห็นจะอยู่ในช่วง 4,000 ถึง 8,000 A° ($0.4 - 0.8 \mu\text{m}$) พบว่าโฟตอนจะมีพลังงาน 290 ถึง 145 กิโลจูลต่อกรัม-โมล สำหรับช่วงของรังสีเหนือม่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 ถึง 0.2 ไมโครเมตรจะมีพลังงานของโฟตอนเท่ากับ 290 ถึง 580 กิโลจูลต่อกรัม-โมล ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีของแสงต้องการพลังงานในช่วงของรังสีเหนือม่วงและรังสีที่ตามองเห็น

แม้ว่าการดูดซึมพลังงานโฟตอนจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโมเลกุลจำนวนมาก แต่สำหรับการศึกษาเคมีของแสงในชั้นบรรยากาศ จะพิจารณาปรากฏการณ์ของการแตกตัวทางเคมีของแสง ตามหลักของการแตกตัวจะพิจารณาได้ 2 ขั้นตอน คือ การดูดซึมพลังงานโฟตอนโดยสาร A นำไปสู่สถานะกระตุ้น A* ($A + h\nu \longrightarrow A^*$) ซึ่งจะเกิดการแตกตัวของ A* เป็นสารสองชนิด คือ B และ C ($A^* \longrightarrow B + C$) ในสถานะที่ถูกกระตุ้นจะมีความไม่เสถียรเป็นอย่างมาก ดังนั้นปฏิกิริยาทั้งสองจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจาก A* ได้เกิดขึ้น สาร B และ C อาจเกิดปฏิกิริยาได้สูงมาก ดังนั้นปฏิกิริยาลูกโซ่จึงเกิดขึ้น ซึ่งในที่สุดจะก่อให้เกิดหมอกควัน (Smog)

2.1.2 ออกซิเจนอะตอมเดี่ยวและการเกิดโอโซน

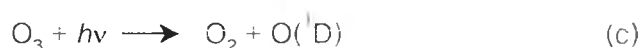
ในบรรยากาศชั้นบน (ความสูงมากกว่า 80 กิโลเมตร) โฟตอนพลังงานสูง ($\lambda \sim 0.2$ ไมโครเมตร) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนดังนี้



เมื่อ $\text{O}({}^3\text{P})$ แทนออกซิเจนอะตอมเดี่ยวในสถานะพื้นฐาน ดังนั้นออกซิเจนที่ปรากฏอยู่ส่วนใหญ่ในบรรยากาศชั้นบนจะเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว ในบรรยากาศชั้นถัดลงมา ออกซิเจนอะตอมเดี่ยวจะเกิดปฏิกิริยาต่อไป ออกซิเจนสองอะตอมจะรวมตัวกันเป็น O_2 และเมื่ออะตอมออกซิเจนรวมตัวกับ O_2 จะกลายเป็น O_3 ดังสมการ



M คือ มวลที่สามซึ่งรับพลังงาน จากนั้นสำหรับโอโซนเองก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมีของแสงต่อไป (ที่ $\lambda < 0.32$ ไมโครเมตร) ดังนี้



$\text{O}({}^1\text{D})$ เป็นสัญลักษณ์แทนอะตอมออกซิเจนที่ถูกกระตุ้น

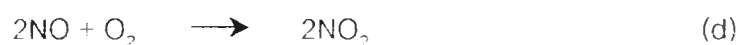
เมื่อเกิดความปั่นป่วนและการแพร่ในชั้นบรรยากาศ สารบางชนิดซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์จะเข้าไปในชั้นบรรยากาศส่วนบน ออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งถูกนำขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศ จะกลับลงสู่ผิวโลกในรูปของกรดไนตริกเนื่องจากผลการเป็นออกไซด์ในชั้นโอโซน

ชั้นโอโซนจะเกิดปรากฏการณ์ที่น่าสนใจมากมาย โดยสมบัติการดูดซึมของก๊าซโอโซนซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับเครื่องกรองรังสีเหนือม่วงซึ่งส่งลงมายังพื้นโลก ผลที่ตามมา คือกิจกรรมทางเคมีของแสงจะลดลงที่ความสูงต่ำลงมา การลดลงของปฏิกิริยาความสำคัญเนื่องจากร่างกายของมนุษย์สามารถอยู่รอดภายใต้การแผ่รังสีเหนือม่วงจากดวงอาทิตย์หากรังสีนี้มีได้เจือจางลงโดยชั้นโอโซน

2.1.3 บทบาทของไนโตรเจนออกไซด์ในการเกิดออกไซด์เนื่องจากแสง

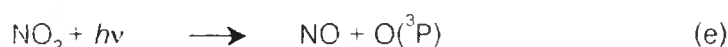
ในพื้นที่ซึ่งมีการปล่อยจากอุตสาหกรรมหนัก ร่วมกับการปล่อยจากแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะ บรรยากาศจะรองรับปริมาณของ SO_2 และ NO ซึ่งเป็นสารลดออกซิเจน และไฮโดรคาร์บอนซึ่งโดยปกติจะไม่มีกำลังในการรวมตัวกับออกซิเจน เมื่อไร้แสงอาทิตย์ SO_2 และ NO จะค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นซัลเฟตและไนเตรท ปัญหาในเมืองขนาดใหญ่คงจะไม่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเกิด SO_2 และ NO ร่วมกับไฮโดรคาร์บอนและแสงอาทิตย์ในบรรยากาศของเมือง จึงเกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ

เมื่อไนตริกออกไซด์ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดประเภทอยู่กับที่ และแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ มันจะมีแนวโน้มที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_2 โดยปฏิกิริยา

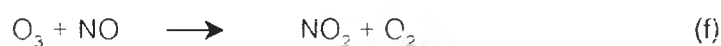
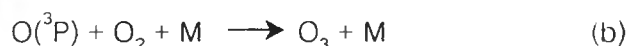
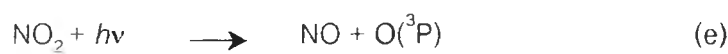


ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm การเปลี่ยนแปลงของ NO ไปเป็น NO_2 จะเกิดภายในระยะเวลาไม่กี่วินาที ถ้าหากในบรรยากาศมี NO 1 ppm ค่าครึ่งชีวิตของไนตริกออกไซด์จะประมาณ 100 ชั่วโมง โดยค่าครึ่งชีวิตจะมากขึ้นในความเข้มข้นที่ลดลง แต่หากมี O_3 อยู่ด้วยการเปลี่ยนแปลงจะเกิดรวดเร็วมากแม้ในความเข้มข้นต่ำ เช่น NO และ O_3 ซึ่งมีความเข้มข้น 0.1 ppm จะใช้ระยะเวลาประมาณ 20 วินาทีในการเกิดออกไซด์ทั้งหมด

การสังเคราะห์ของโอโซนใกล้กับพื้นโลกมิได้ดำเนินไปตามปฏิกิริยา (a) และ (b) การแตกตัวในแสงของ O_2 โดยปฏิกิริยา (a) ต้องการพลังงานแสงในช่วง 0.2 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่า 0.29 ไมโครเมตรจะไม่เกิดขึ้นในเขตโทรโพพอส การแผ่รังสีจะถูกดูดซับเป็นจำนวนมากโดยโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ดังนั้นโอโซนในบรรยากาศชั้นล่างจะเกิดจากกลไกอื่น แหล่งกำเนิดของก๊าซโอโซนจากการกระทำของมนุษย์เป็นผลมาจากการแตกตัวของ NO_2 ในแสงอาทิตย์ซึ่งไนโตรเจนไดออกไซด์ไวต่อเคมีของแสงมาก ในการแผ่รังสีต่ำกว่า 0.43 μm การแตกตัวเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

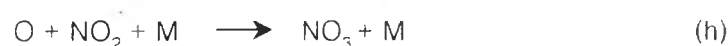


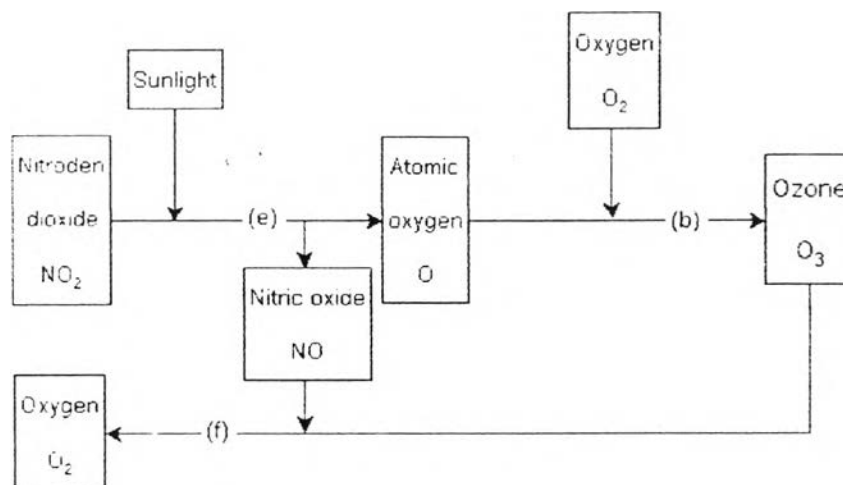
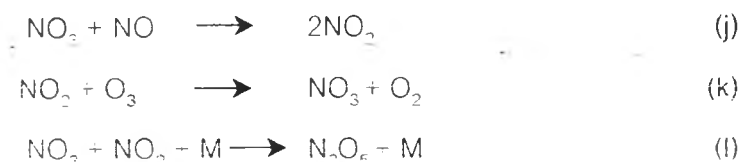
สมการนี้เป็นปฏิกิริยาทางเคมีของแสงที่สำคัญในบรรยากาศชั้นล่าง เนื่องจากเกิดออกซิเจนอะตอมเดี่ยวที่มีปฏิกิริยาสูง $O(^3P)$ จากสมการ (b) เมื่อรวมตัวกับ O_2 (ร่วมกับมวลที่ 3) จะเกิดโอโซน โอโซนเมื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับไนตริกออกไซด์ ไนตริกออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยสรุปวงจรการสังเคราะห์แสงของไนโตรเจนไดออกไซด์แสดงได้ดังนี้



ไนโตรเจนไดออกไซด์ในสมการ (e) เกิดมาจากปฏิกิริยา (d) แต่การเปลี่ยน NO ให้เป็น NO_2 จะเกิดการสร้างออกไซด์ได้ช้า ปริมาณ NO ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ประมาณร้อยละ 5 จะเปลี่ยนไปเป็น NO_2 ก่อนออกจากปล่องควัน ปฏิกิริยาทั้งสามข้างต้นเกิดขึ้นรวดเร็วมาก และจากการผสมผสานกัน จะมีแนวโน้มที่จะคงสภาพระดับความเข้มข้นของโอโซนระดับต่ำในสภาวะสมดุล ในรูปที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยา (e), (b), และ (f)

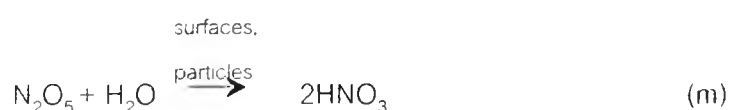
ปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสารที่ประกอบไปด้วยไนโตรเจนและออกซิเจน ปฏิกิริยาเหล่านี้ประกอบไปด้วย



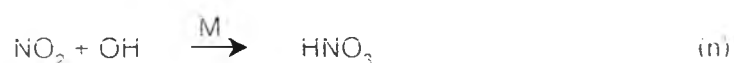


รูปที่ 2.2 วงจรการสังเคราะห์แสงของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

ในท้ายที่สุดแล้วสารเหล่านี้บางชนิด จะถูกกำจัดออกจากอนุกรมของปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยา (k) เป็นปฏิกิริยาการจมตัวที่สำคัญในเวลากลางคืนของไอโซนในระดับพื้นดิน อนุภาค NO_3 ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาจะเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดกรดไนตริก ซึ่งเป็นผลจากการก่อตัวของไดไนโตรเจนเพนออกไซด์ (N_2O_5) ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำต่อไปเป็นกรดไนตริกดังนี้



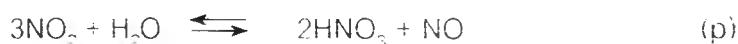
อนุภาคไนเตรท NO_3 ยังเป็นส่วนสำคัญของการจมตัวของสารอินทรีย์ระเหย เช่น ฟีนอลและเทอร์พีน การสังเคราะห์แสงของ NO_3 เป็น NO และ NO_2 เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (ใช้ระยะเวลาประมาณ 5 วินาทีเมื่อดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะ) เป็นผลให้ความเข้มข้นของ NO_3 ลดลงอย่างมากในช่วงเช้าและระหว่างวัน ในเวลากลางวันแหล่งกำเนิดของกรดไนตริกเกิดจากปฏิกิริยาของ NO_2 กับอนุมูลไฮดรอกซี (OH) ดังนี้



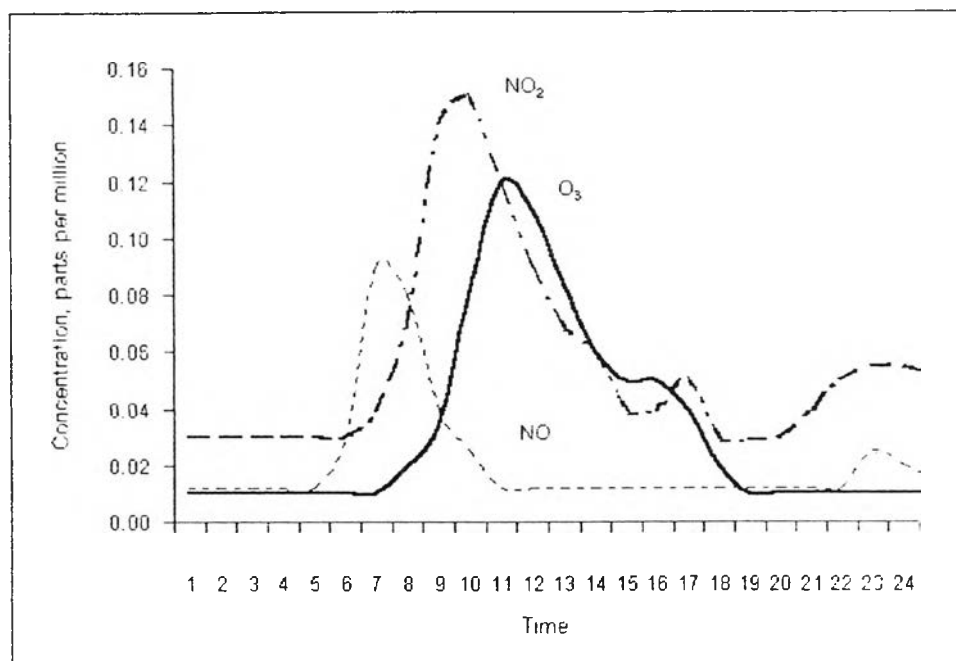
ปฏิกิริยาอื่นๆ ในบรรยากาศซึ่งก่อให้เกิดการก่อตัวของ HNO_3 ประกอบไปด้วยปฏิกิริยาของ NO_2 กับหยดน้ำดังนี้



นอกจากนี้ไนโตรเจนไดออกไซด์ยังรวมตัวกับน้ำในสภาพของก๊าซดังนี้



กรดไนตริกจากปฏิกิริยาข้างต้น (m, n, o, และ p) อาจจะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกลายเป็นเกลือไนเตรทได้ กลไกโดยทั่วไปที่ระบุข้างต้นจะมีความถูกต้องอย่างยิ่ง ถ้าหากสารชนิดต่างๆ ในวงจรเหล่านี้มิได้เกิดปฏิสัมพันธ์กับสารอื่นๆ ในบรรยากาศ แต่จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศ พบว่ากลไกของปฏิกิริยามีความซับซ้อนมากกว่าวงจรการสังเคราะห์ของไนโตรเจนไดออกไซด์ เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซโอโซนในบรรยากาศอาจจะสูงถึง 0.2 ถึง 0.5 ppm สำหรับค่าสูงสุดโดยเฉลี่ยในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าการประมาณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากรูปที่ 2.2 ภายใต้สภาวะสมดุล นอกจากนี้ความผันแปรของ NO , NO_2 และ O_3 มีช่วงกว้างและซับซ้อน รวมทั้งยังไม่สามารถอธิบายได้โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย ๆ ได้ ตัวอย่างของการผันผวนระหว่างวันของสารทั้งสามชนิดในเมืองลอสแอนเจลิสแสดงในรูปที่ 2.3 ความเข้มข้นของก๊าซโอโซนและไนโตรเจนออกไซด์มีค่าสูง (<0.01 ppm) ไม่พร้อมกัน ยกเว้นในช่วงเช้า (7 – 10 โมง) รวมทั้งในช่วงเช้าโอโซนเพิ่มขึ้นในขณะที่ไนโตรเจนออกไซด์ลดลง โดยทั่วไปความเข้มข้นของโอโซนและไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าสูงในช่วงเวลาเดียวกัน



รูปที่ 2.3 การผันผวนระหว่างวันของ NO, NO₂, และ O₃ ในลอสแอนเจลิส

วันที่ 19 กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2508

ที่มา: K. Wark, C. F. Warner, และ W. T. Davis, 1998

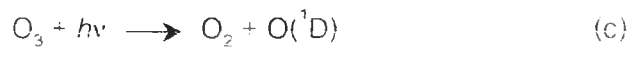
ดัชนีสมการที่ใช้แทนปฏิกิริยาซึ่งเป็นตัวแทนของปฏิกิริยา (b), (e), และ (f) คือ

$$[O_3] = \frac{kI[NO_2]}{[NO]} \quad (2.1)$$

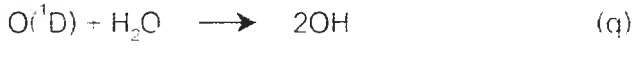
โดย "I" แทนความเข้มของแสง ซึ่งในบรรยากาศพบว่าค่า "kI" ต่ำกว่า 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.015 ppm) เนื่องจากพบว่าความเข้มข้นของโอโซนมากกว่า 0.1 ppm ในสมการ 2.1 ต้องการ $[NO_2]:[NO]$ ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 10 โดยทั่วไปการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เช่น รูปที่ 2.3 สนับสนุนแนวโน้มนี้ ส่วนสำคัญของสมการที่ 2.1 คือ ความเข้มข้นของโอโซนในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณ NO ที่เปลี่ยนเป็น NO₂ ปริมาณโอโซนที่พบในบรรยากาศของมหานครซึ่งมากกว่าที่ได้จากการคำนวณสามารถเข้าใจได้โดยการพิจารณาอิทธิพลของไฮโดรคาร์บอน

2.1.4 ไฮโดรคาร์บอนกับเคมีของแสงในบรรยากาศ

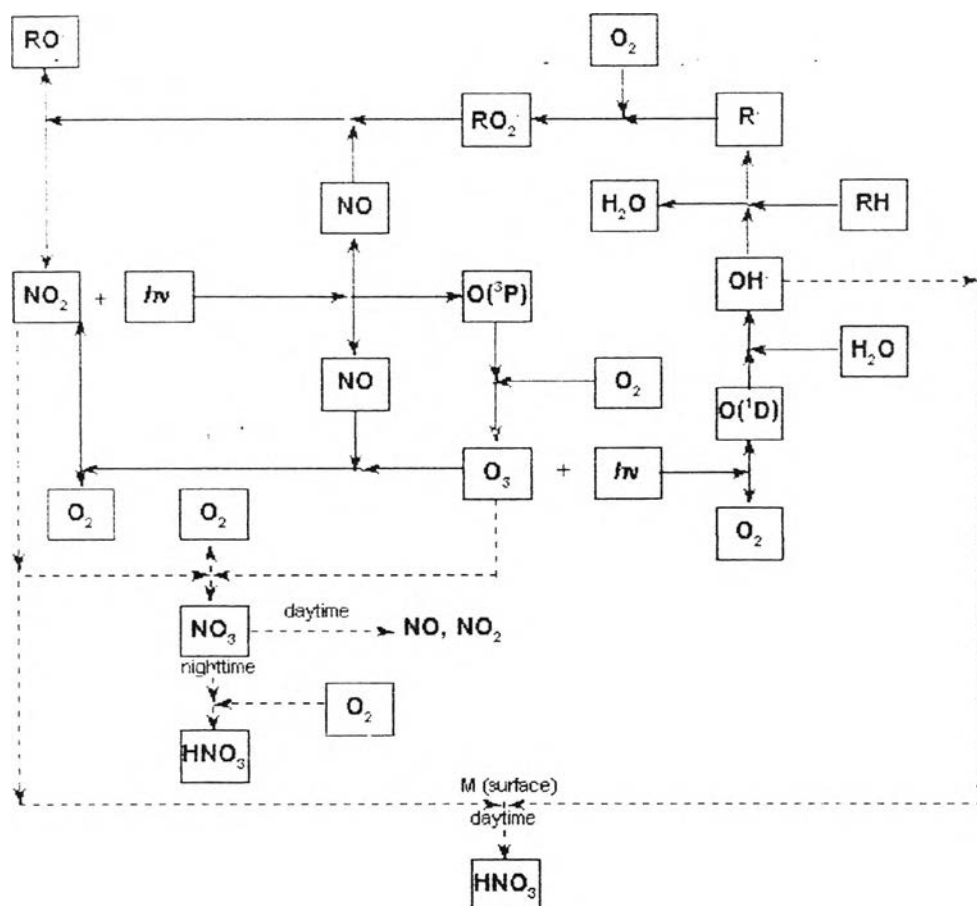
ปฏิกิริยาเคมีของแสงในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเกี่ยวข้องอยู่ด้วย ซึ่งไฮโดรคาร์บอนถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น แนวทางการทำปฏิกิริยาสำหรับไฮโดรคาร์บอนสัมพันธ์กับการก่อตัวของอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) ดังแสดงในปฏิกิริยา (c) ซึ่งไอโซนแตกตัวในแสงเนื่องจากการแผ่รังสีเหนือม่วงได้ออกซิเจนอะตอมเดี่ยวในสภาวะถูกกระตุ้น



ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ออกซิเจนอะตอมเดี่ยวพร้อมในการทำปฏิกิริยากับไอน้ำในการสร้างอนุมูลอิสระ



การเกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย จะเกิดวงจรการสังเคราะห์แสงใหม่ซึ่งก่อให้เกิดการเพิ่มของ NO₂ และสารออกไซด์ในเคมีของแสง ทำให้สามารถอธิบายไอโซนที่มีความเข้มข้นสูงในเมืองซึ่งมีสามารถอธิบายด้วยวงจรการสังเคราะห์แสงของ NO₂ ในรูปที่ 2.2



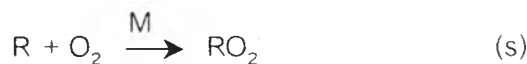
รูปที่ 2.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรคาร์บอนกับวงจรสังเคราะห์แสงของไนโตรเจนไดออกไซด์

ที่มา: K. Wark, C. F. Warner, และ W. T. Davis, 1998

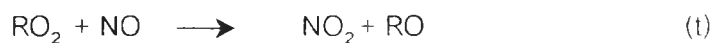
ความซับซ้อนทางเคมีเกิดขึ้นอย่างมาก เนื่องจากไฮโดรคาร์บอนที่มีปฏิกิริยามากมายในชั้นบรรยากาศ ในรูปที่ 2.4 จะแสดงแนวทางที่ไฮโดรคาร์บอนเกิดปฏิสัมพันธ์กับวงจรสังเคราะห์แสงของไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเพิ่มปริมาณ NO_2 และสารออกไซด์ในเคมีของแสง ปฏิกิริยาของไฮโดรคาร์บอนเริ่มต้นด้วยการเกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (ปฏิกิริยา q) อนุมูลไฮดรอกซิลทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (กำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็น RH เมื่อ R คืออนุมูลอินทรีย์) ได้ดังนี้



(ในขณะที่ปฏิกิริยา q และ r จัดเป็นปฏิกิริยาหลักที่มีความสำคัญ แต่ RH อาจจะทำปฏิกิริยาได้โดยตรงกับโอโซนหรืออนุมูลไนเตรท) อนุมูลอินทรีย์ (R) รวมตัวกับโมเลกุลออกซิเจนในการสร้างอนุมูลเพอร์ออกซิ (RO_2) โดยมีมวลสารเฉื่อย เช่น N_2 และ O_2 รวมอยู่ด้วย



อนุมูลเพอรอกซีสามารถเปลี่ยน NO ไปเป็น NO₂ โดยปฏิกิริยา

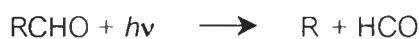


ปฏิกิริยากับไฮโดรคาร์บอนข้างต้นจะเพิ่มการผลิต NO₂ โดยนอกเหนือจากวงจรการสังเคราะห์แสงของไนโตรเจนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มข้นของโอโซนจากสมการ 2.1 สูงขึ้น รูปแบบของปฏิกิริยาข้างต้นทำให้เกิดกลไกในการเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน ปฏิกิริยา (q) ลดบทบาทของปฏิกิริยา (f) ในการเปลี่ยน NO ไปเป็น NO₂ รวมทั้งปฏิกิริยา (f) มิได้มีบทบาทสำคัญในการลดความเข้มข้นของก๊าซโอโซน ดังนั้นปฏิกิริยา (b) ผลิตโอโซนแต่ถูกนำไปใช้น้อยมากในบรรยากาศของเมืองในตอนเช้า

โอโซนยังสามารถเพิ่มออกซิเจนให้กับไฮโดรคาร์บอนได้ แต่อัตราของปฏิกิริยาก่อนข้างช้ากว่าของอนุมูลไฮดรอกซิล จากนั้นสารประกอบที่ถูกเติมออกซิเจนและอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับ NO ในการสร้าง NO₂ เพิ่มขึ้น เนื่องจาก NO ส่วนใหญ่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรคาร์บอนและมีเพียงบางส่วนที่ทำปฏิกิริยากับโอโซนซึ่งจะเป็นการขัดขวางการใช้โอโซนโดยไนตริกออกไซด์ ดังนั้นระดับความเข้มข้นของโอโซนจึงสูงขึ้น (นอกจากนี้ยังค่อนข้างที่จะเสถียร) เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดของ NO₂ เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของ NO₂ ซึ่งตามปกติควรจะลดลงเนื่องจากการแตกตัวในแสงอาทิตย์แต่กลับเพิ่มขึ้น ในทางเดียวกันไนตริกออกไซด์จะลดลง ปรากฏการณ์ที่ปรากฏในรูปที่ 2.4 มิได้แสดงระบบที่ซับซ้อนซึ่งเกิดขึ้นจริงทั้งหมด แต่เป็นแนวทางที่มีประโยชน์ในการอธิบายการก่อตัวอย่างรวดเร็วของ NO₂ และระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้น ในการก่อตัวของกรดไนตริกช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนประกอบอยู่ในรูปที่ 2.4 เส้นประเป็นวิถีทางของปฏิกิริยา (m), (n), (o), และ (p)

ปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งการเปลี่ยน NO ไปเป็น NO₂ และการเกิดโอโซนนำไปสู่การก่อตัวของสารประกอบคาร์บอนิล (อัลดีไฮด์, คีโตน, ไฮดรอกซีคาร์บอนิล, และไดคาร์บอนิล) กรดอินทรีย์ สารไนเตรทอินทรีย์ (รวมทั้งเพอรอกซีเอคิลไนเตรท) กรดอินทรีย์และกรดกำมะถัน (ในกรณีที่มี SO₂ อยู่ด้วย) สารตั้งต้นเหล่านี้ทำปฏิกิริยาต่อไปได้สารผลิตภัณฑ์มากมาย สารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ก่อตัวในอากาศโดยตัวของมันเองก็จัดเป็นประเภทที่ไวต่อปฏิกิริยาซึ่งประกอบไปด้วย อัลดีไฮด์ คีโตน เพอรอกไซด์ และเอคิลไนเตรท การดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยสารประกอบเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อนุมูลอิสระซึ่งจะก่อให้เกิดสารประกอบอื่นๆ ต่อไป

การสังเคราะห์แสงของฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งมีความสำคัญมากกว่าปฏิกิริยาของอนุมูล OH ซึ่งต่างจากอัลดีไฮด์ซึ่งมีมวลโมเลกุลสูงกว่าโดยปฏิกิริยาของ OH จะมีนัยสำคัญมากกว่า ฟอร์มัลดีไฮด์สังเคราะห์แสงดังนี้



อนุมูล HCO ทำปฏิกิริยาต่อกับออกซิเจนในการสร้างอนุมูลเพอรอกซี (HO_2) และ CO

อนุมูลเอคิล (RCO) ที่ก่อตัวมาจากการรวมกับน้ำของอัลดีไฮด์อื่นๆ และอนุมูลเพอรอกซีจากการสังเคราะห์แสงของฟอร์มัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับ NO และ NO_2 ในการสร้างเพอรอกซีเอคิลไนเตรทซึ่งเป็นรูปแบบโครงสร้างที่ง่ายที่สุดของเพอรอกซีอะซิติกไนเตรท (PAN) โดยมีสูตรเคมี คือ $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OONO}_2$ สารประกอบนี้ระคายเคืองนัยน์ตาอย่างยิ่งรวมทั้งทำลายต่อพืช สารประกอบอื่นซึ่งระคายเคืองนัยน์ตาเช่นเดียวกัน ได้แก่ เพอรอกซีเบนซิลไนเตรท (PBN) ซึ่งมีสูตรเคมี $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})\text{OONO}_2$ สาร PBN ระคายเคืองนัยน์ตามากกว่า PAN 100 เท่า ไอโซน, PAN, PBN และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสารประกอบที่เรียกว่าสารออกไซด์ทางเคมีของแสง (Photochemical Oxidant) เนื่องจากความสามารถในการทำให้เป็นออกไซด์

2.1.5 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรคาร์บอน

การก่อตัวของโอโซนทางเคมีของแสง สามารถวัดปริมาณได้โดยใช้ค่าศักยภาพในการเกิดก๊าซโอโซน (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP) โดยสารประกอบอินทรีย์ค่า POCP แสดงค่าการเปรียบเทียบกับเอทิลีน (C_2H_4) โดยการเปรียบเทียบผลของสารต่างๆ กับผลที่เกิดจาก C_2H_4 ค่า POCP สามารถใช้วิธีการคำนวณได้หลายวิธี เช่น วิธีที่แสดงโดย Andersson-Sköld et al. (1992) และโดย Heijungs et al. (1992) การคำนวณของ Andersson-Sköld et al. ให้ค่า POCP ใน 3 สถานการณ์ดังนี้ 1) ค่าความเข้มข้นที่แตกต่างมากที่สุด 2) ในสภาวะความเข้มข้นปกติของ NO_x ในบรรยากาศของสวีเดนช่วงระยะเวลา 0 - 4 วัน และ 3) ในสภาวะความเข้มข้นสูงของ NO_x ในบรรยากาศของสวีเดนช่วงระยะเวลา 0 - 4 วัน

Heijungs et al. แสดงค่า POCP ที่คำนวณโดยใช้การก่อตัวสูงสุดของโอโซนจากค่าเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ 3 แห่งในยุโรป โดยค่า POCP ที่ได้จากแบบจำลองต่างๆ อยู่ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่า POCP ของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ

Compound	Andersson-Sköld et al. (1992)			Heijungs et al. (1992)	
	Maximum difference in concentration	Ordinary Swedish background during 0 - 4 days	High NO_x concentration during 0 - 4 days	Average for three European locations	Range
Alkanes					
Methane	-	-	-	0.007	0.000-0.0030
Ethane	0.173	0.126	0.121	0.082	0.020-0.300
Propane	0.604	0.503	0.518	0.420	0.160-1.240
n-Butane	0.554	0.467	0.485	0.410	0.150-1.150
i-Butane	0.331	0.411	0.389	0.315	0.190-0.590
n-Pentane	0.612	0.298	0.387	0.408	0.090-1.050
i-Pentane	0.360	0.314	0.345	0.296	0.120-0.680
n-Hexane	0.784	0.452	0.495	0.421	0.100-1.510
2-Methylpentane	0.712	0.529	0.565	0.524	0.190-1.400
3-Methylpentane	0.647	0.409	0.457	0.431	0.110-1.250
2,2-Dimethylbutane	-	-	-	0.251	0.120-0.490
2,3-Dimethylbutane	-	-	-	0.384	0.250-0.650
n-Heptane	0.791	0.518	0.592	0.529	0.130-1.650
2-Methylhexane	-	-	-	0.492	0.110-1.590
3-Methylhexane	-	-	-	0.492	0.110-1.570
n-Octane	0.698	0.461	0.544	0.493	0.120-1.510
2-Methylheptane	0.691	0.457	0.524	0.469	0.120-1.460
n-Nonane	0.623	0.351	0.463	0.469	0.100-1.480
2-Methyloctane	0.669	0.454	0.523	0.505	0.120-1.470
n-Decane	0.719	0.422	0.509	0.464	0.080-1.560
2-Methylnonane	0.719	0.423	0.498	0.448	0.080-1.530
n-Undecane	0.662	0.386	0.476	0.436	0.080-1.440
n-Duodecane	0.576	0.311	0.452	0.412	0.070-1.380
Average	-	-	-	0.398	0.114-1.173

ตารางที่ 2.1 ค่า POCP ของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	Andersson-Sköld et al. (1992)			Heijungs et al. (1992)	
	Maximum difference in concentration	Ordinary Swedish background during 0 - 4 days	High NO _x concentration during 0 - 4 days	Average for three European locations	Range
Halogenated hydrocarbons					
Methylene chloride	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000-0.030
Chloroform (CHCl ₃)	0.007	0.004	0.003	-	-
Methylchloroform	0.007	0.002	0.001	0.001	0.000-0.010
Trichloroethylene	0.086	0.111	0.091	0.066	0.010-0.130
Tetrachloroethylene	0.014	0.014	0.010	0.005	0.000-0.020
Allyl chloride (CH ₂ CHCH ₂ Cl)	0.561	0.483	0.667	-	-
Average	-	-	-	0.021	0.03-0.048
Alcohols					
Methanol	0.165	0.213	0.178	0.123	0.090-0.210
Ethanol	0.446	0.225	0.317	0.268	0.040-0.890
i-Propanol	0.173	0.203	0.188	-	-
Butanol	0.655	0.214	0.404	-	-
i-Butanol	0.338	0.255	0.290	-	-
Butane-2-diol	0.288	0.066	0.216	-	-
Average	-	-	-	0.196	0.065-0.550
Aldehydes					
Formaldehyde	0.424	0.261	0.379	0.421	0.220-0.580
Acetaldehyde	0.532	0.186	0.615	0.527	0.330-1.220
Propionaldehyde	0.655	0.170	0.652	0.603	0.280-1.600
Butyraldehyde	0.640	0.171	0.597	0.568	0.160-1.600
i-Butyraldehyde	0.583	0.300	0.677	0.631	0.380-1.280
Valeraldehyde	0.612	0.321	0.686	0.686	0.000-2.680
Acroleine	1.201	0.832	0.827	-	-
Benzaldehyde	-	-	-	-0.334	(-0.82)-(-0.12)
Average	-	-	-	0.443	0.079-1.263
Ketones					
Acetone	0.173	0.124	0.160	0.178	0.100-0.270
Methyl ethyl ketone	0.388	0.178	0.346	0.473	0.170-0.800
Methyl i-butyl ketone	0.676	0.318	0.666	-	-
Average	-	-	-	0.326	0.135-0.535
Esters					
Dimethylester	0.058	0.067	0.046	-	-
Methyl acrylate	-	-	-	0.025	0.000-0.070
Ethyl acetate	0.295	0.294	0.286	0.218	0.110-0.560
i-Propyl acetate	-	-	-	0.215	0.140-0.360
n-Butyl acetate	0.439	0.320	0.367	0.323	0.140-0.910
i-Butyl acetate	0.288	0.353	0.345	0.332	0.210-0.590
Average	-	-	-	0.223	0.120-0.498

ตารางที่ 2.1 ค่า POCP ของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	Andersson-Sköld et al. (1992)			Heijungs et al. (1992)	
	Maximum difference in concentration	Ordinary Swedish background during 0 - 4 days	High NOx concentration during 0 - 4 days	Average for three European locations	Range
Olefins					
Ethene	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Propene	0.734	0.599	1.060	1.030	0.750-1.630
1-Butene	0.799	0.495	0.983	0.959	0.570-1.850
2-Butene	0.784	0.436	1.021	0.992	0.820-1.570
1-Pentene	0.727	0.424	0.833	1.059	0.400-2.880
2-Pentene	0.770	0.381	0.965	0.930	0.650-1.600
2-Methyl-1-butene	0.691	0.181	0.717	0.777	0.520-1.130
2-Methyl-2-butene	0.935	0.453	0.784	0.779	0.610-1.020
3-Methyl-1-butene	-	-	-	0.895	0.600-1.540
Isobutene	0.791	0.58	0.648	0.634	0.580-0.760
Average	-	-	-	0.906	0.650-1.498
Acetylenes					
Acetylene	0.273	0.368	0.291	0.168	0.100-0.420
Aromatics					
Benzene	0.317	0.402	0.318	0.189	0.110-0.450
Toluene	0.446	0.470	0.565	0.563	0.410-0.830
o-Xylene	0.424	0.167	0.598	0.666	0.410-0.970
m-Xylene	0.583	0.474	0.884	0.993	0.780-1.350
p-Xylene	0.612	0.472	0.796	0.888	0.630-1.800
Ethylbenzene	0.532	0.504	0.621	0.593	0.350-1.140
1,2,3-Trimethylbenzene	0.698	0.292	0.868	1.170	0.760-1.750
1,2,4-Trimethylbenzene	0.683	0.330	0.938	1.200	0.860-1.760
1,3,5-Trimethylbenzene	0.691	0.330	0.989	1.150	0.740-1.740
o-Ethyltoluene	0.597	0.408	0.637	0.668	0.310-1.300
m-Ethyltoluene	0.626	0.401	0.729	0.794	0.410-1.400
p-Ethyltoluene	0.626	0.443	0.682	0.725	0.360-1.350
n-Propylbenzene	0.511	0.454	0.531	0.492	0.250-1.100
i-Propylbenzene	0.511	0.523	0.594	0.565	0.350-1.050
Average	-	-	-	0.761	0.481-1.258
Other					
Methylcyclohexane	0.403	0.386	0.392	-	-
Isoprene	0.532	0.583	0.768	-	-
Dimethylether	0.288	0.343	0.286	-	-
Propylene glycole methyl ether	0.770	0.491	0.497	-	-
Propylene glycole methyl ether acetate	0.309	0.157	0.143	-	-
Carbonmonoxide	0.036	0.04	0.032	-	-

ที่มา : European Environment Agency (EEA), 2001

การเกิดก๊าซโอโซนในพื้นที่หนึ่ง อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดมลพิษใดๆ ในพื้นที่นั้นเลย หากแต่เป็นพื้นที่ที่เกิดการพัดพาโดยสภาพทางอุตุนิยมวิทยาจากแหล่งกำเนิดอื่นมารวมกันและเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นแหล่งกำเนิดมลพิษในกรุงเทพมหานคร อาจจะทำให้เกิดปัญหาก๊าซโอโซนกับพื้นที่รอบนอกได้ หรือในทางกลับกันการปล่อยสารมลพิษจากพื้นที่บริเวณชลก็อาจจะส่งผลต่อปริมาณสารมลพิษในกรุงเทพฯ ได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนของกรุงเทพฯ ยังมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงในอนาคตหากมิได้แก้ไข หรือควบคุมการปล่อยสารตั้งต้น

การกำเนิดของก๊าซโอโซนมีความสลับซับซ้อนมากโดยมีสารตั้งต้น คือ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การควบคุมปริมาณการเกิดก๊าซโอโซนอาจจะกระทำได้โดย การควบคุมสารตั้งต้นประเภทใดประเภทหนึ่ง หรือจำกัดการปล่อยสารตั้งต้นทั้งสองประเภท แต่การลดปริมาณการปล่อยของสารชนิดใดเป็นจำนวนเท่าไร ขึ้นอยู่กับความสะอาดและความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับประชาชนและผู้ประกอบกิจการที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

การประมาณการปล่อยของสารตั้งต้นในการเกิดก๊าซโอโซน อาจจะใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษมาคูณกับค่ากิจกรรมของแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท (แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ แหล่งกำเนิดแบบจุดและแหล่งกำเนิดประเภทพื้นที่) ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษได้มีการรวบรวมเป็นฐานข้อมูลต่างๆ อีกทั้งยังมีโปรแกรมคำนวณค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากกิจกรรมและลักษณะสภาพแวดล้อมอีกด้วย ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ อาจจะใช้การคำนวณจากการทดสอบเครื่องยนต์ตามมาตรฐานที่ต่างประเทศกำหนดขึ้น นำมาปรับใช้กับสภาพการจราจรของพื้นที่ศึกษา การปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ได้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลมาตรฐานคุณภาพเชื้อเพลิง มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่มาประกอบในการคำนวณ

สำหรับการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุด ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง อาจจะใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดสารมลพิษที่ปล่อยออกจากปล่องควันโดยตรงประกอบกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษในการควบคุมสารมลพิษชนิดต่างๆ หรือจะใช้ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มาประกอบกับค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุด ทั้งนี้ทั้งนั้นยังจะต้องใช้มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดแบบจุดประกอบด้วย

ส่วนการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะใช้ข้อมูลของค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดพื้นที่ประกอบกับการใช้เชื้อเพลิงรวมของพื้นที่ศึกษาต่างๆ สำหรับการปล่อยสารมลพิษที่มีได้เกิดจากการเผาไหม้จะเป็นลักษณะการปล่อยจากการระเหยของสารอินทรีย์ระเหย ซึ่งประกอบอยู่ในผลิตภัณฑ์จำพวก วัสดุเคลือบผิว สี น้ำมันเคลือบเงาและสารทำละลายอินทรีย์ ซึ่งสารเคลือบผิวประเภทต่างๆ จะผลิตมาจากโพลีเอสเตอร์และโพลียูเรเทน ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ เหล่านี้จะมีสัดส่วนของสารอินทรีย์ระเหยผสมอยู่ในสัดส่วนไม่เท่ากัน ในการประมาณการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการระเหยของสารอินทรีย์ จะต้องใช้ข้อมูลเศรษฐกิจแบบมหภาค เช่น ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของพื้นที่ศึกษาสำหรับการกระจายข้อมูลลงสู่พื้นที่ต่างๆ สำหรับการศึกษเกี่ยวกับการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่ผ่านมาทั้งในประเทศไทย หรือในต่างประเทศสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบ และเป็นแนวทางสำหรับการศึกษากการปล่อยสารมลพิษชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษและฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้สำหรับการจัดการคุณภาพอากาศ ปริมาณการปล่อยมลพิษเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนามาตรการควบคุมมลพิษ พิจารณาความเหมาะสมในการควบคุมและการอนุญาต รวมทั้งตรวจสอบผลกระทบจากแหล่งกำเนิดและมาตรการลดผลกระทบ ข้อมูลการปล่อยจากการทดสอบแหล่งกำเนิดแต่ละแห่ง หรือจากการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปจะนิยมใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษเนื่องจากเป็นตัวแทนของการปล่อยสารมลพิษที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจจะไม่มีข้อมูลผลการทดสอบจากทุกแหล่งกำเนิด หรือผลการทดสอบไม่แสดงความเปลี่ยนแปลงของการปล่อยสารมลพิษจริงในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด หรือเป็นเพียงวิธีเดียวที่มีสำหรับประมาณการปล่อยสารมลพิษแม้ว่าจะยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างก็ตาม

หลังจากที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ผ่านการแปรรูปกฎหมายอากาศสะอาด (Clean Air Act) ในปี ค.ศ. 1990 ประกอบกับกฎหมายสิทธิในการรับรู้ข่าวสารของประชาชนและการวางแผนฉุกเฉินในปี ค.ศ. 1986 (Emergency Planning And Community Right-To-Know Act, EPCRA) ก่อให้เกิดความต้องการบรรทัดฐานรวมทั้งค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษและฐานข้อมูลสารมลพิษทางอากาศที่เป็นพิษ ดังนั้นกองจัดทำค่าปัจจัยการปล่อยและฐานข้อมูล (Emission Factor And Inventory Group, EFIG) ในสำนักงานวางแผนคุณภาพอากาศและมาตรฐาน (Office Of Air Quality Planning And Standards, OAQPS) ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) ได้พัฒนาและกำหนดเครื่องมือที่ใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษ ในการตอบสนองความต้องการข้างต้นอนุกรมของ AP-42 (Compilation of Air Pollutant Emission Factors) จึงเป็นเป้าหมายหลักที่รวมเอารายละเอียดของกระบวนการอีกทั้งรายการอ้างอิงไว้ครบถ้วน

AP-42 คือค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษที่เป็นค่าตัวแทนซึ่งพยายามโยงปริมาณสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยสารมลพิษ โดยทั่วไปค่าปัจจัยเหล่านี้จะแสดงในหน่วยน้ำหนักสารมลพิษต่อหน่วย น้ำหนัก หรือปริมาตรของผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบ รวมทั้งระยะทาง หรือระยะเวลาของกิจกรรมที่ปล่อยสารมลพิษ (เช่น กิโกลกรัมอนุภาคสารมลพิษที่ปล่อยต่อล้านกรัมถ่านหินที่เผา)

ค่าปัจจัยเหล่านี้จะสะดวกต่อการประมาณสารมลพิษ ที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ โดยส่วนใหญ่ค่าปัจจัยเหล่านี้เป็นค่าเฉลี่ยอย่างง่ายจากข้อมูลที่มีซึ่งยอมรับได้ และโดยทั่วไปจะถือว่าเป็นค่าตัวแทนเฉลี่ยในระยะยาวจากทุกกิจกรรมในหมวดของแหล่งกำเนิด (เช่น ค่าเฉลี่ยของประชากร)

การจัดระดับความน่าเชื่อถือของค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษใน AP-42 เป็นระดับต่างๆ เช่น A, B, C, D, E, และ U จะช่วยแสดงถึงความแน่นอน หรือความเหมาะสมของค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษสำหรับการประมาณการปล่อยเฉลี่ยจากกิจกรรมในแหล่งกำเนิด โดยหากแหล่งกำเนิดใดที่มีการตรวจวัดอย่างสม่ำเสมอ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดข้างต้นก็จะมี ความแม่นยำ และเหมาะที่จะใช้เป็นตัวแทนการปล่อยดังนั้นก็จึงสามารถจัดให้อยู่ในระดับ A ได้ ในทำนองเดียวกันค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอื่นที่มีความแม่นยำในระดับรองลงมา ก็จะจัดให้อยู่ในระดับที่ลดหลั่นกัน

สมการทั่วไปที่ใช้ในการประมาณการปล่อยสารมลพิษคือ:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

เมื่อ :

E (Emission)	คือ การปล่อย
A (Activity)	คือ อัตราของกิจกรรม
EF (Emission Factor)	คือ ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ
ER (Emission Reduction)	คือ ประสิทธิภาพการลดการปล่อยทั้งหมด, %

นิยามค่า "ER" ว่าเป็นผลจากการเสื่อมของอุปกรณ์ควบคุม หรือประสิทธิภาพในการลดและประสิทธิภาพในการดักจับของอุปกรณ์ควบคุม เมื่อมีการประมาณการปล่อยในช่วงระยะยาว (เช่น 1 ปี) ทั้งอุปกรณ์และประสิทธิภาพการควบคุมจะรวมช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องและการทำงานปกติ

2.2.2 สถานการณ์พลังงานในประเทศไทยปี พ.ศ. 2542

การปล่อยสารมลพิษจากการเผาไหม้ส่วนใหญ่ จะเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและการใช้พลังงานในกิจการต่างๆ ปริมาณพลังงานที่ใช้สามารถนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษต่างๆ ได้ ความต้องการใช้พลังงานในปี 2542 มีจำนวนรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 47,699 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 4.4 ดังมีรายละเอียดดังนี้

จำแนกตามประเภทพลังงาน (ดูตารางที่ 2.2 ประกอบ)

น้ำมันสำเร็จรูป

การใช้น้ำมันสำเร็จรูป ยังคงเป็นสัดส่วนที่สูงของความต้องการใช้พลังงานทั้งหมดในปี 2542 มีความต้องการใช้รวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 26,873 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 2.4 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 56.3 ของความต้องการใช้พลังงานรวม

ก๊าซธรรมชาติ

ปี 2542 มีความต้องการใช้รวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 1,117 ล้านกิโลกรัม หรือ 126.6 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 26.6 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.4 ของความต้องการใช้พลังงานรวม

ถ่านหินและลิกไนต์

ปี 2542 มีความต้องการใช้รวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 3,876 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 19.7 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 8.1 ของความต้องการใช้พลังงานรวม

ไฟฟ้า

ปี 2542 มีความต้องการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 6,941 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 1.3 และเป็น สัดส่วนร้อยละ 14.6 ของความต้องการใช้พลังงานรวม

พลังงานหมุนเวียน

ปี 2542 มีการใช้รวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 8,892 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 5.1 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 18.6 ของความต้องการใช้พลังงานรวม

ตารางที่ 2.2 สรุปการใช้พลังงานโดยแบ่งตามประเภทพลังงาน

FINAL ENERGY CONSUMPTION BY SOURCES

unit : ktoe

SOURCES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
MODERN ENERGY	21,684	23,198	25,417	28,926	32,372	36,958	40,389	40,957	37,216	38,807
COAL	1,344	1,559	1,713	2,524	3,106	3,658	4,443	3,970	3,237	3,876
- ANTHRACITE	10	14	14	16	6	10	38	9	23	85
- BITUMINOUS	-	-	-	-	884	1,431	2,292	1,888	813	1,313
- COKE	60	56	48	54	72	65	82	54	52	54
- LIGNITE	1,126	1,228	1,358	1,852	2,144	2,143	1,981	1,948	2,247	2,138
- OTHER COAL	148	261	293	602	-	9	50	71	102	286
PETROLEUM PRODUCTS	16,809	17,581	19,062	21,115	23,352	26,444	28,414	29,012	26,243	26,873
- LPG	1,098	1,134	1,321	1,428	1,543	1,697	1,936	1,916	1,770	1,911
- PREMIUM GASOLINE	1,304	1,205	1,273	1,396	1,447	964	-	-	-	-
- ULG	-	204	384	656	1,100	2,081	3,608	4,010	-	-
- ULG 87	-	-	-	-	-	-	-	-	28	38
- ULG 91	-	-	-	-	-	-	-	-	1,611	1,705
- ULG 95	-	-	-	-	-	-	-	-	3,702	3,490
- REGULAR GASOLINE	1,442	1,495	1,576	1,454	77	-	-	-	-	-
- ULR	-	-	-	158	1,541	1,842	1,547	1,470	-	-
- JET FUEL	1,931	2,083	2,182	2,334	2,545	2,594	2,707	2,896	2,709	2,696
- KEROSENE	101	92	93	89	95	83	81	70	45	42
- HSD	8,213	8,413	8,741	9,934	10,866	12,629	14,063	14,370	12,816	12,952
- LSD	101	121	137	173	190	168	139	127	102	116
- FUEL OIL	2,619	2,784	3,355	3,493	3,948	4,585	4,333	4,153	3,460	3,923
- NATURAL GAS	264	360	441	492	588	787	940	951	882	1,117
ELECTRICITY	3,267	3,698	4,201	4,795	5,326	6,069	6,592	7,024	6,854	6,941
RENEWABLE ENERGY	8,958	9,350	9,818	8,692	8,430	8,771	8,861	9,173	8,458	8,892
FUEL WOOD	3,426	3,479	3,422	3,259	3,176	2,945	2,872	3,200	3,188	3,279
CHARCOAL	3,253	3,484	3,310	3,007	2,795	2,512	2,297	2,273	2,254	2,218
PADDY HUSK	564	419	583	566	498	629	684	723	778	719
BAGASSE	1,715	1,968	2,503	1,860	1,961	2,685	3,008	2,977	2,238	2,676
TOTAL	30,642	32,548	35,235	37,618	40,802	45,729	49,250	50,130	45,674	47,699

ที่มา: Department of Energy Development and Promotion [DEDP], 2000

จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ (ดูตารางที่ 2.3 ประกอบ)

สาขาเกษตรกรรม

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 2,160 ล้าน กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 14.9 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.5 ของความต้องการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 99.4 ของพลังงานที่ใช้ในสาขานี้และที่เหลือเป็นการใช้ไฟฟ้า

สาขาเหมืองแร่

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 68 ล้านกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 112.5 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.2 ของความต้องการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ในสาขานี้ คือ น้ำมันสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว

สาขาอุตสาหกรรม

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 16,129 ล้าน กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 12.1 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 33.8 ของความต้องการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ประกอบด้วยพลังงานหมุนเวียนเป็นสัดส่วนร้อยละ 25.3 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ รองลงมาเป็น น้ำมันสำเร็จรูป ถ่านหินและลิกไนต์ ไฟฟ้า และก๊าซธรรมชาติ เป็นสัดส่วนร้อยละ 24.6, 24.1, 19.1 และ 6.9 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

สาขาก่อสร้าง

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 237 ล้าน กิโลกรัม ลดลงจากปี 2541 ร้อยละ 10.6 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.5 ของความต้องการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ในสาขานี้ คือ น้ำมันสำเร็จรูป

สาขาบ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า (รวมบริการภาครัฐและองค์กรไม่แสวงกำไร)

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 10,114 ล้าน กิโลกรัม ลดลงจากปี 2541 ร้อยละ 1.4 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.2 ของความต้องการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ประกอบด้วย พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 47.5 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ที่เหลือเป็นไฟฟ้าและน้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 38.0 และ 14.5 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

สาขาคมนาคมและขนส่ง

ปี 2542 มีความต้องการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ 18,991 ล้าน กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2541 ร้อยละ 0.7 และเป็นสัดส่วนร้อยละ 39.8 ของความต้องการใช้ พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ในสาขาคมนาคมขนส่งเกือบทั้งหมดเป็นน้ำมันสำเร็จรูป ประกอบด้วย น้ำมันดีเซลร้อยละ 54.1 น้ำมันเบนซินร้อยละ 27.1 น้ำมันเครื่องบินร้อยละ 14.2 น้ำมันเตาร้อยละ 4.0 และก๊าซปิโตรเลียมเหลวร้อยละ 0.6 ของการใช้พลังงานรวมในสาขานี้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ ก๊าซธรรมชาติในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ (NGV) ในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 2.3 สรุปการใช้พลังงานโดยแบ่งตามสาขาเศรษฐกิจ

FINAL ENERGY CONSUMPTION BY ECONOMIC SECTORS

unit : ktoe

%

SECTORS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
AGRICULTURE	1,785	1,827	1,897	1,618	1,581	1,581	1,786	1,493	1,880	2,160
	5.8	5.6	5.4	4.3	3.9	3.4	3.6	3	4.1	4.5
MINING	58	53	42	42	35	28	43	45	32	68
	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
MANUFACTURING	8,541	9,300	10,889	11,630	13,234	15,740	17,469	16,732	14,388	16,129
	27.8	28.6	30.9	30.9	32.4	34.4	35.5	33.4	31.5	33.8
CONSTRUCTION	147	194	220	182	333	273	315	369	265	237
	0.5	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
RES. AND COM.	8,725	9,264	9,534	9,565	9,283	9,353	9,543	10,092	10,253	10,114
	28.5	28.4	27.1	25.4	22.8	20.5	19.4	20.1	22.4	21.2
TRANSPORTATION	11,386	11,910	12,652	14,581	16,336	18,754	20,094	21,399	18,856	18,991
	37.2	36.6	35.9	38.8	40	41	40.8	42.7	41.3	39.8
TOTAL	30,642	32,548	35,234	37,618	40,802	45,729	49,250	50,130	45,674	47,699
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ที่มา: DEDP, 2000

2.2.3 น้ำมันเชื้อเพลิง

การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มีผลต่อการปล่อยสารมลพิษแตกต่างกัน เนื่องจากสมบัติต่างๆ ของน้ำมันและการใช้งาน มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้ประกอบในการคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษได้

น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตาและน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.3.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งบางที่เรียกว่าก๊าซแอลพีจี หรือก๊าซหุงต้ม จะประกอบด้วยก๊าซโพรเพนและบิวเทน ซึ่งมีสถานะเป็นก๊าซในสภาวะปกติ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมและก๊าซสำหรับรถยนต์ เช่น รถตุ๊กตุ๊ก รถสองแถวเล็ก รถยนต์รับจ้างหรือรถแท็กซี่ เป็นต้น ก๊าซแอลพีจีเมื่อเผาไหม้จะให้ความร้อนสูง ไม่มีควันและเขม่า และมีค่าออกเทนสูง มีกลิ่นฉุนเนื่องจากการเติมสารเมอแคปแทน เพื่อเตือนให้รู้ว่ามีการรั่ว สำหรับมาตรฐานคุณภาพของแก๊สเหลวจะแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพของแก๊สเหลว

ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ
1. ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8 °C.	ต้องไม่สูงกว่า 14.06 กก./ซม.	ASTM D 1267
2. อุณหภูมิของจุดเดือด เมื่อแก๊สเหลวระเหยไป ในอัตราร้อยละเก้าสิบห้าโดยปริมาตรที่ความดัน 760 มม.ปรอท	ต้องไม่สูงกว่า 2.2 °C.	ASTM D 1837
3. ปริมาณของเพนเทนและสารอื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าเพนเทนต่อแก๊สเหลวโดยปริมาตร	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 2.0	ASTM D 2163
4. การกัดกร่อนของแก๊สเหลวทดสอบโดยใช้แผ่นทองแดง	ต้องไม่สูงกว่าแผ่นทองแดงหมายเลข 1	ASTM D 1838
5. ปริมาณกำมะถันก่อนเติมสารที่ให้กลิ่นต่อแก๊ส 1 ม. ที่อุณหภูมิ 15.6 °C. และความดัน 1.03 กก./ซม.	ต้องไม่สูงกว่า 0.343 กรัม	ASTM D 2784
6. ปริมาณกากหลังการระเหยของแก๊สเหลว 100 มล.	ต้องไม่สูงกว่า 0.05 มล.	ASTM D 2158
7. ต้องไม่มีน้ำเจือปน		
8. ต้องมีกลิ่นที่ไวต่อความรู้สึก		

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดคุณภาพของแก๊สเหลว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 97 ตอนที่ 59 วันที่ 15 เมษายน พุทธศักราช 2523

2.2.3.2 น้ำมันเบนซิน

น้ำมันเบนซิน ใช้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน มี 3 ชนิดด้วยกันคือ ออกเทน 87 สีเขียว ออกเทน 91 สีแดง ออกเทน 95 สีเหลือง ปัจจุบันน้ำมันเบนซินทุกชนิดเป็นน้ำมันไร้สารตะกั่วทั้งหมด สาเหตุที่มีการเรียกชื่อตามค่าออกเทนและมีสีต่างกัน เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกใช้น้ำมันให้ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องยนต์นั่นเอง

น้ำมันเบนซินที่มีคุณภาพดี จะต้องมีคุณสมบัติการระเหยที่เหมาะสม แม้ในขณะอากาศเย็น เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทติดง่าย เดินเรียบ โดยถ้าการระเหยนั้นไวเกินไป ก็จะเป็นไอน้ำมันในระบบทำให้การไหลของน้ำมันไม่ดี เครื่องยนต์จะสะดุดและดับได้ แต่ถ้ามีการระเหยช้ามาก จะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

สำหรับคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น การเติมสารเติมแต่งประเภทชะล้างทำความสะอาดเครื่องยนตร์ที่วาล์วไอดีและหัวฉีด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมปริมาณยางเหนียว ปริมาณกำมะถัน ปริมาณฟอสฟอรัส

ค่าออกเทน คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถของน้ำมัน ในการต้านทานการจุดระเบิดก่อนเวลาที่กำหนดในเครื่องยนต์เบนซิน หรือเป็นตัวเลขแสดงความต้านทานการน็อกของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ถ้าน้ำมันค่าออกเทนสูงจะมีความต้านทานการน็อกสูง

ค่าออกเทนมีความสำคัญอย่างไรกับเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เบนซินของผู้ผลิตรถยนต์แต่ละรายออกแบบและสร้างต่างกัน จึงต้องใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนแตกต่างกัน การเลือกใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์จะทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานและประหยัด หากใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนต่ำกว่าความต้องการจะทำให้เครื่องยนต์เกิดอาการน็อก ซึ่งไม่สามารถใช้งานเครื่องยนต์ได้ในประสิทธิภาพสูงสุดและสิ้นเปลืองน้ำมัน และหากใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูงเกินความต้องการ แม้จะไม่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์ แต่จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายไปโดยเปล่าประโยชน์

สารเพิ่มคุณภาพที่เติมลงในน้ำมันเบนซินเพื่อช่วยลดมลพิษทางอากาศที่สำคัญมี 2 ประเภท คือ สารเติมแต่งและสารออกซิเจนเนต

1. สารเติมแต่ง (detergent additive) ทำหน้าที่ชะล้างทำความสะอาดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ มิให้เกิดคราบสกปรกที่ลินไอดีและเกิดการอุดตันของหัวฉีด
2. สารออกซิเจนเนต ที่นิยมใช้กัน คือ สาร MTBE ทำหน้าที่ลดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์เบนซิน นอกจากนี้ยังเป็น ตัวช่วยเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันได้ด้วย

ดังนั้น ผู้บริโภคจึงไม่มีความจำเป็นต้องเติมสารเพิ่มคุณภาพ หรือหัวเชื้ออื่น ๆ ลงไปอีก ทั้งนี้เพราะในน้ำมันเบนซินมีสารเพิ่มคุณภาพที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานของเครื่องยนต์อยู่แล้ว สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำมันเบนซินจะแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันเบนซิน

ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	เบนซินไร้สารตะกั่ว			วิธีทดสอบ
		ออกเทน 87	ออกเทน 91	ออกเทน 95	
1. ค่าออกเทน					
1.1 Research Octane Number (RON)					ASTM D 2699
(1) ผู้ผลิตจำหน่าย ณ จุดส่งมอบ	ไม่ต่ำกว่า	87	91	95	
(2) ผู้จำหน่าย	ไม่ต่ำกว่า	86.6	90.6	94.6	
1.2 Motor Octane Number (MON)					ASTM D 2700
(1) ผู้ผลิตจำหน่าย ณ จุดส่งมอบ	ไม่ต่ำกว่า	75	80	84	
(2) ผู้จำหน่าย	ไม่ต่ำกว่า	75.6	79.6	83.6	
2. ธาตุตะกั่ว กรัม ลิตร (Lead Content, g/l)	ไม่สูงกว่า	0.013	0.013	0.013	ASTM D 5059 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
3. ธาตุกำมะถัน รัยจะโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, % wt.)	ไม่สูงกว่า	0.1	0.1	0.1	ASTM D 4294 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
4. ธาตุฟอสฟอรัส กรัม ลิตร (Phosphorus content, g/l)	ไม่สูงกว่า	0.0013 ¹	0.0013 ²	0.0013 ³	ASTM D 3231 ³
5. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง หมายเลข (Copper Strip Corrosion, number)	ไม่สูงกว่า	1	1	1	ASTM D 130
6. เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นาที (Oxidation Stability, minutes)	ไม่ต่ำกว่า	360	360	360	ASTM D 525
7. ยางเหนียว กรัม 100 มิลลิลิตร (Existent Gum, g/100 ml)	ไม่สูงกว่า	0.004	0.004	0.004	ASTM D 381
8. การกลั่น (Distillation)					ASTM D 86
8.1 อุณหภูมิ ช. (Temperature °C)					
(1) การระเหยในอัตราร้อยละ 10 โดยปริมาตร (10% Evaporated)	ไม่สูงกว่า	70	70	70	
(2) การระเหยในอัตราร้อยละ 50 โดยปริมาตร (50% Evaporated)	ไม่ต่ำกว่า และ	70	70	70	
(3) การระเหยในอัตราร้อยละ 90 โดยปริมาตร (90% Evaporated)	ไม่สูงกว่า ไม่สูงกว่า	110 170	110 170	110 170	
(4) จุดเดือดสุดท้าย (End Point)	ไม่สูงกว่า	200	200	200	
8.2 ทากน้ำมัน รัยจะโดยปริมาตร (Residue, % vol.)	ไม่สูงกว่า	2	2	2	

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันเบนซิน (ต่อ)

ข้อกำหนด	จกวาง กา	เบนซินไร้สารตะกั่ว			วิธีทดสอบ
		จกแทน 87	จกแทน 91	จกแทน 95	
9. ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8 °C. กิโลปาสกาล (Vapour Pressure @ 37.8 °C. kPa)					ASTM D 4953 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
9.1 กรณีที่ไม่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสมใน น้ำมัน (Non-Oxygenate Blends)	ไม่สูงกว่า	62	62	62	
9.2 กรณีที่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสมในน้ำ มัน (Oxygenate Blends)	ไม่สูงกว่า	62	62	62	
10. เบนซิน ร้อยละโดยปริมาตร (Benzene. % vol.)	ไม่สูงกว่า	3.5	3.5	3.5	ASTM D 5580 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
11. สารอะโรมาติก ร้อยละโดยปริมาตร (Aromatic. % vol.)					ASTM D 5580 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
11.1 ก่อนวันที่ 1 มกราคม 2543	ไม่สูงกว่า	50	50	50	
11.2 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2543	ไม่สูงกว่า	35	35	35	
12. สี (Colour)					(1) เปรียบเทียบสี และปริมาณเนื้อสีกับ น้ำมันมาตรฐานที่ เตรียมขึ้นใหม่ โดย ใช้สีละลายในน้ำมัน ก่อนการชั่งมิให้ มีปริมาณเท่ากับที่ กำหนด แล้วนำมา บรรจุแยกกันใน ภาชนะที่ใช้ในการ วัดสีตามวิธีทดสอบ ASTM D 1500 แล้ว ตรวจวินิจฉัยด้วย สายตา หรือ (2) ASTM D 2392 หรือ (3) ASTM D 1500
12.1 ชนิดของสี (Hue)		เขียว ²	แดง	เหลืองอ่อน ¹	
12.2 ปริมาณเนื้อสี มิลลิกรัม/ลิตร (Dye Content. mg/l)	ไม่ต่ำกว่า	4	10	-	
12.3 ความเข้มของสี (Intensity)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	-	-	0.5 1	
13. น้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water. % wt.)					ตรวจวินิจฉัยด้วย สายตา
13.1 กรณีที่ไม่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสมใน น้ำมัน (Non-Oxygenate Blends)	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	
13.2 กรณีที่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสมในน้ำ มัน (Oxygenate Blends)	ไม่สูงกว่า	0.7 ²	0.7 ²	0.7 ¹	ASTM E 203
14. สารออกซิเจนเนต ร้อยละโดยปริมาตร (Oxygenated compounds. % vol.)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	-	-	5.5 ¹	ASTM D 4815
15. มีสารเติมแต่ง (Port Fuel Injector / Intake Valve Deposit Control. Additive) ซึ่งมีคุณสมบัติในการ ทำความสะอาดหัวฉีดและสันไอดี	-	-	X ¹	X ²	-
16. กรณีที่มีสารเติมแต่งอื่นนอกเหนือจากข้อกำหนด 15 ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทะเบียนการ ค้า	-	-	X ²	X ²	-
17. ลักษณะทั่วไปที่ปรากฏ (Appearance)		เป็นของเหลวใส ไม่ขุ่น ไม่แยกชั้นและไม่มีการ แขวนลอย			ตรวจวินิจฉัยด้วย สายตา

หมายเหตุ

1. ทดสอบเฉพาะกรณีที่มีสารเติมแต่ง (Additive) ที่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
 2. ใช้สารประกอบประเภท 1,4-dialkylamino anthraquinone และ 1,3-benzenediol ,2,4-bis[(alkylphenyl) azo-] ในอัตราส่วน 9:4 และใช้วิธีทดสอบ (1) หรือ (2)
 3. ใช้สารประกอบประเภท 2- naphthalenol [(phenylazo) phenyl] azo alkyl derivatives และ 1,3-benzenediol .2,4-bis[(alkylphenyl) azo-] ในอัตราส่วน 57:8 โดยน้ำหนัก และใช้วิธีทดสอบ (1) หรือ (2)
 4. ใช้วิธีทดสอบตาม (3)
 5. เฉพาะกรณีผสมด้วยเมทานอลหรือเอทานอล (Methanol Blends or Ethanol Blends)
 6. ถ้าผสมด้วยเมทานอล (Methanol Blends) ต้องมีปริมาณไม่สูงกว่าร้อยละ 3.0 โดยปริมาตร
 7. ให้ใช้บังคับข้อกำหนดนั้นเฉพาะแก่น้ำมันที่ได้ระบุเครื่องหมาย X
- ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 1 เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันเบนซิน ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอนพิเศษ 7 ง ลงวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2541

2.2.3.3 น้ำมันก๊าด

น้ำมันก๊าด จัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่สะอาดเพราะมีปริมาณธาตุกำมะถันต่ำและไม่ค่อยมีควัน เพื่อใช้เป็นแสงสว่างตามบ้านเรือนในสมัยก่อน แต่เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายและทั่วทุกพื้นที่ทำให้ความสำคัญของน้ำมันก๊าดในส่วนนี้ลดลง ดังนั้นส่วนใหญ่มักมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ผสมสีเป็นตัวทำละลายและใช้ทำความสะอาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เป็นต้น ตารางที่ 2.6 แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำมันก๊าด

สำหรับน้ำมันเครื่องบิน หรือที่เรียกกันว่าน้ำมันเจ็ท (JP-1, JP-8) จัดเป็นน้ำมันก๊าดประเภทหนึ่งที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งกระทรวงพาณิชย์ไม่ได้ออกประกาศควบคุมคุณภาพเนื่องจากผู้ผลิตและผู้ใช้มีการกำหนดมาตรฐานการใช้งานที่เหมาะสมอยู่แล้ว และมีข้อตกลงในการซื้อขายกันเอง ไม่ได้มีการจำหน่ายให้กับผู้บริโภคโดยทั่วไป

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันก๊าด

ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 ช. (Specific Gravity at 15.6/15.6 c)	ต้องไม่สูงกว่า 0.84	ASTM D 1298
2. จุดให้ควัน (Smoke Point, mm.)	ต้องไม่ต่ำกว่า 22 มม.	ASTM D 1322
3. จุดวาบไฟ ทดสอบโดยวิธีของแท็ก โคลสเทสเดयर (Flash Point, Tag Closed Tester, c)	ต้องไม่ต่ำกว่า 38 ช.	ASTM D 56
4. อัตราปริมาณธาตุกำมะถันต่อน้ำหนักของน้ำมัน (Sulphur Content, % wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.20	ASTM D 1266
5. การกัดกร่อนของน้ำมัน ทดสอบโดยใช้แผ่นทองแดง ณ อุณหภูมิ 50 ช. ในเวลา 3 ชั่วโมง (Copper Strip Corrosion at 50 °c, 3 hrs.)	ต้องไม่สูงกว่าแผ่นทองแดง หมายเลข 1	ASTM D 130
6. การกลั่น (Distillation) อุณหภูมิของการระเหยโดยปริมาตร ในอัตราร้อยละสิบ(10% evaporation, c) จุดเดือดสุดท้าย (End Point, °c)	ต้องไม่สูงกว่า 205 ช. ต้องไม่สูงกว่า 300 ช.	ASTM D 86
7. สี (Co lour) สีของน้ำมันภายหลังจากการย้อมสีต้องเป็นสีน้ำเงิน (blue) ซึ่งเป็นสารประกอบพวก dialkylamino Anthraquinone โดยมีปริมาณเนื้อสีในน้ำมัน (Dye Content)	(1) ต้องไม่ต่ำกว่า 12 มก./ลิตร หรือ (2) ต้องไม่ต่ำกว่า แผ่นสีมาตรฐานที่มีความเข้มของสีไม่ต่ำกว่า (1)	(1) เปรียบเทียบสีและปริมาณเนื้อสีกับน้ำมันมาตรฐานที่เตรียมขึ้นใหม่ โดยใช้สีละลายในน้ำมันก่อนการย้อมสีให้มีปริมาณเนื้อสี 12 มก./ลิตร และนำมาบรรจุแยกกันในภาชนะที่ใช้ในการวัดสีตามวิธีทดสอบ ASTM D 1500 แล้วตรวจ พินิจด้วยสายตา (2) ASTM D 2392

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันก๊าด ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 107 ตอนที่ 229 วันที่ 15 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2533

2.2.3.4 น้ำมันดีเซล

น้ำมันดีเซล ใช้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในแบบอัดระเบิด ส่วนใหญ่ใช้กับรถยนต์ รถบรรทุก เรือ รถโดยสารขนาดใหญ่ และอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น เต้าเผา หรือเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (น้ำมันโซล่า) น้ำมันดีเซลหมุนช้า (น้ำมันซีโล้) โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า และมาตรฐานคุณภาพน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว แสดงในตารางที่ 2.7 และ 2.8

น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ต้องมีความหนืดที่เหมาะสมเพื่อมิให้ปั๊มหัวฉีดสึกหรอเร็วกว่าปกติ เกิดเขม่าและควันดำ อันเนื่องจากหัวฉีดไม่สามารถฉีดน้ำมันเป็นละอองฝอยได้ รวมทั้งคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติการระเหย เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน เพราะจะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย ค่าซีเทนที่เหมาะสมในการจุดระเบิดหรือการติดไฟได้เอง และจุดวาบไฟเพื่อความปลอดภัยและการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำมันดีเซลหมุนเร็วในปัจจุบันเป็นชนิดกำมะถันต่ำ กรมทะเบียนการค้า กระทรวงพาณิชย์ จึงได้กำหนดคุณสมบัติในการหล่อลื่น (Lubricity) ไว้ด้วย

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า

ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °ซ. (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ต้องไม่สูงกว่า 0.920	ASTM D 1298
2. ดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index) หรือ จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ต้องไม่ต่ำกว่า 45	ASTM D 976 ASTM D 613
3. ความหนืดคินเนมาติก (Kinematic Viscosity, cSt) ณ อุณหภูมิ 40 °ซ. (at 40 °C) หรือ ณ อุณหภูมิ 50 °ซ. (at 50 °C)	ต้องไม่สูงกว่า 8.0 เซนติสโตกส์ ต้องไม่สูงกว่า 6.0 เซนติสโตกส์	ASTM D 445
4. จุดไหลเท (Pour Point, °C)	ต้องไม่สูงกว่า 16 °ซ.	ASTM D 97
5. อัตราปริมาณธาตุกำมะถันต่อน้ำหนักของน้ำมัน (Sulphur Content, % wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 1.5	ASTM D 129หรือวิธี อื่นที่เทียบเท่า
6. อัตราน้ำและตะกอนต่อปริมาณของน้ำมัน (Water and Sediment, % vol.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.3	ASTM D 2709
7. อัตราเถ้าต่อน้ำหนักของน้ำมัน (Ash, %wt.)	ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.02	ASTM D 482
8. จุดวาบไฟ ทดสอบโดยวิธี เพนสกี-มาร์เต็นส์ โคลสเทสเตอร์ (Flash Point, Pensky-Martens Closed Tester, °C)	ต้องไม่ต่ำกว่า 52 °ซ.	ASTM D 93
9. สีมาตรฐาน เอเอสทีเอ็ม (Colour, ASTM)	ต้องไม่ต่ำกว่า 4.5 และต้องไม่สูงกว่า 7.5	ASTM D 1500

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 6 เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนช้า ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 97 ตอนที่ 59 วันที่ 15 เมษายน พุทธศักราช 2523

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว

ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ
1. ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 °C (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่ต่ำกว่า 0.81 และไม่สูงกว่า 0.87	ASTM D 1298
2. จำนวนซีเทน (Cetane Number) หรือดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index)	ไม่ต่ำกว่า 47 ไม่ต่ำกว่า 47	ASTM D 613 ASTM D 976
3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt.)	ไม่ต่ำกว่า 1.8 และไม่สูงกว่า 4.1	ASTM D 445
4. จุดไหลเท °C (Pour Point, °C)	ไม่สูงกว่า 10	ASTM D 97
5. ธาตุกำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2622 หรือ วิธีอื่นที่เทียบเท่า
6. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง หมายเลข (Copper Strip Corrosion, number)	ไม่สูงกว่า 1	ASTM D 130
7. คาร์บอน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 189
8. น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vol.)	ไม่สูงกว่า 0.05	ASTM D 2709
9. เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า 0.01	ASTM D 482
10. จุดวาบไฟ °C (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 52	ASTM D 93
11. การกลั่น (Distillation) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ หรือ (90% recovered, °C)	ไม่สูงกว่า 357	ASTM D 86
12. สี (Color)	ไม่สูงกว่า 4.0	ASTM D 1500
13. มีสารเติมแต่ง* (Detergent Additive) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดหัวฉีด	-	
14. คุณสมบัติในการหล่อลื่น ทดสอบโดยวิธี เอชเอฟอาร์อาร์ ไมโครเมตร (Lubricity by HFRR, μm)	ไม่สูงกว่า 460	CEC F- 06-A-96

หมายเหตุ : * เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในประกาศกรมทะเบียนการค้า

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 2 เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันดีเซลสำหรับใช้กับเครื่องยนต์หมุนเร็ว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอนพิเศษ 71 ง วันที่ 19 สิงหาคม พุทธศักราช 2541

2.2.3.5 น้ำมันเตา

น้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกที่สุด มีสีดำเข้ม ความหนืดสูง และปริมาณสารกำมะถันสูง ในปริมาณที่เท่ากันจะให้พลังงานมากกว่าน้ำมันชนิดอื่นจึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟและการขนส่ง หรือที่เรียกว่า Bunker Oil ซึ่งใช้กับเรือเดินทะเล น้ำมันเตา แบ่งเป็น 5 ชนิด ตามความหนืดหรือความข้นใสของน้ำมัน แต่ในเชิงอุตสาหกรรมอาจแบ่งเป็น เตาลู เตากลาง และเตาหนัก ตารางที่ 2.9 เป็นตารางแสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำมันเตา

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันเตา

ข้อกำหนด	ขีดสูงค่า	ชนิดน้ำมันเตา					วิธีทดสอบ
		ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4	ชนิดที่ 5	
1. ความถ่วงจำเพาะอุณหภูมิ 156/156 °C (Specific Gravity at 156/156 °C)	ไม่สูงกว่า	0.986	0.990	0.995	0.995	0.995	ASTMD 1298
2. ความหนืดทดสอบโดยวิธีคิเนมาติก (Kinematic Viscosity, cSt)							ASTMD 445
ณ อุณหภูมิ 50 °C เชนคิสโตลล์	ไม่ต่ำกว่า	7	7	7	7	-	
	ไม่สูงกว่า	80	180	230	280	-	
ณ อุณหภูมิ 100 °C เชนคิสโตลล์	ไม่ต่ำกว่า	-	-	-	-	3	
	ไม่สูงกว่า	-	-	-	-	30	
3. จุดวาบไฟทดสอบโดยวิธีของเพนทิก-มาร์เต็นส์ โคลส เทสเตอร์, °C (Flash Point, Pensky-Martens Closed Tester, °C)	ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	60	ASTMD 93
4. จุดไหลเท °C (Pour Point, °C)	ไม่สูงกว่า	24	24	30	30	57	ASTMD 97
5. ธาตุกำมะถันร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur Content, %wt)							ASTMD 129 หรือวิธีอื่นที่ เทียบเท่า
ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2537 ประมวลก. ประมวลฯ	ไม่สูงกว่า	25	30	32	32	25	
ตั้งแต่ 1 มกราคม 2541 ประมวลก. ประมวลฯ	ไม่สูงกว่า	20	20	20	20	0.5	
ตั้งแต่ 1 มกราคม 2541 ประมวลก. ประมวลฯ	ไม่สูงกว่า	20	20	30	30	25	
ตั้งแต่ 1 มกราคม 2541 ประมวลก. ประมวลฯ	ไม่สูงกว่า	20	20	20	20	0.5	
6. ปริมาณความร้อนแฝงโดยวิธีกรัม (Gross Heat of Combustion, cal/g)	ไม่ต่ำกว่า	10,000	9,900	9,900	9,900	9,900	ASTMD 240 หรือวิธีอื่นที่ เทียบเท่า
7. เถ้าร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ASTMD 482
8. น้ำและตะกอนร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %vd)	ไม่สูงกว่า	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	ASTMD 1796
9. สีมาตรฐานเซออสทีเอ็ม (Colour, ASTM)	ไม่ต่ำกว่า	8.0	-	-	-	-	ASTMD 1500

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 1 เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันเตา ประกาศในราช

กิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 26 ง วันที่ 31 มีนาคม พุทธศักราช 2537

2.2.3.6 น้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นเหลวหรือน้ำมันเครื่อง สำหรับใช้หล่อลื่นเพื่อลดการสึกหรอของส่วนต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหวยภายในของเครื่องยนต์ คุณสมบัติที่สำคัญ คือ ความหนืด คุณสมบัติในการรักษาความสะอาด การปล่อยความร้อน การป้องกันสนิมและการกัดกร่อน เป็นต้น

น้ำมันหล่อลื่นจะแยกประเภทตามความหนืด (SAE) และตามสภาพการใช้งานของเครื่องยนต์ (API) นั้นเอง โดยปัจจุบันกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นเหลวเฉพาะที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว 4 และ 2 จังหวะ และเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะเท่านั้น สำหรับมาตรฐานคุณภาพของน้ำมันเครื่องประกอบอยู่ในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 มาตรฐานคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น

ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	ชนิดความหนืด											วิธีทดสอบ			
		0W	5W	10W	15W	20W	25W	20	30	40	50	60				
1 ความหนืด (VISCOSITY)																
1.1 ทดสอบ ณ อุณหภูมิ ...°ซ. โดยวิธีโคลด์ครังก์กซิมูเลเตอร์ เซเก็คท์อยส์ (COLD CRANKING SIMULATOR at ... C, cP)	ไม่สูงกว่า	-30	-25	-20	-15	-10	-5	-	-	-	-	-	-	-	-	ASTM D 5293
1.2 ทดสอบ ณ อุณหภูมิ 100°ซ. โดยวิธี คินมาติก, เซเก็คท์อยส์ (KINEMATIC at 100 C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า ต่ำกว่า	3.8	3.8	4.1	5.6	5.6	9.3	5.6	9.3	13	16	22				ASTM D 445
2 ดัชนีความหนืด (VISCOSITY INDEX)	ไม่ต่ำกว่า	-	-	-	-	-	-	-	-	92						ASTM D 2270
3 จุดวาบไฟ ทดสอบโดยวิธีเคลฟแลนด์โอเพนคัพ, °ซ. (FLASH POINT, CLEVELAND OPEN CUP, °C)	ไม่ต่ำกว่า	182	182	182	199	199	199	199	199	199	204	204				ASTM D 92
4 จุดไหลเท, °ซ. (POUR POINT, °C)	ไม่สูงกว่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-6						ASTM D 97
5 การกัดกร่อนแผ่นทองแดง ณ อุณหภูมิ 100°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (COPPER STRIP CORROSION at 100 C, 3 HOURS)	ไม่สูงกว่า	2a												ASTM D 130		
6 อัตราปริมาณน้ำในน้ำมัน, ว่าจะโดยปริมาตร (WATER CONTENT by DISTILLATION, % vol.)	ไม่สูงกว่า	0.05												ASTM D 95		
7. อัตราตะกอนคือน้ำหนักของน้ำมัน, ว่าจะโดยปริมาตร (SEDIMENT by CENTRIFUGE, % vol.)	ไม่สูงกว่า	0.07												ASTM D 2273		
8. ปริมาณฟองอากาศ, มิลลิลิตร (FOAMING CHARACTERISTICS, ml)																ASTM D 892
8.1 เมื่อจับจุดการเป่าในลำดับที่ 1 2 3 (TENDENCY, SEQUENCE 1 2 3)	ไม่สูงกว่า	25 150 25														
8.2 ภายหลังจับจุดการเป่าเป็นเวลา 10 นาที ในลำดับที่ 1 2 3 (STABILITY, SEQUENCE 1/2/3)	ไม่สูงกว่า	ไม่ปรากฏ ไม่ปรากฏ ไม่ปรากฏ														
9. ลักษณะที่ปรากฏ (APPEARANCE)		เป็นของเหลวใส												ตรวจด้วยตา		

ที่มา : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 3 เรื่องกำหนดคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นเหลว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 116 ตอนที่ 9ง วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2542

2.2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศ

มาตรฐานคุณภาพอากาศ เป็นเครื่องมือที่สำคัญซึ่งใช้ในการบ่งชี้ถึงระดับคุณภาพอากาศในพื้นที่ต่างๆ มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยอยู่ในตารางที่ 2.11 ส่วนการเปรียบเทียบมาตรฐานของไทยกับของต่างประเทศแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.11 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชม.	0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มคก./ลบ.ม.)
ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.

หมายเหตุ :

1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1,8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect)
2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 52 ง. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2538

ตารางที่ 2.12 เปรียบเทียบมาตรฐานค่าของประเทศไทยและต่างประเทศ, หน่วย มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ประเทศ	SO ₂			NO ₂			CO		O ₃		TSP		PM ₁₀		Pb		
	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	รายปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	รายปี	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	รายปี	24 ชั่วโมง	รายปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	รายปี
สหรัฐอเมริกา	-	0.37	-	-	-	0.10	40.0	10.0	0.24	-	-	-	0.15	0.05	-	-	-
ญี่ปุ่น	0.26	0.11	-	-	0.08	-	-	22.8	0.12	-	-	-	-	-	0.10	-	-
เนเธอร์แลนด์	0.76	0.23	-	0.18	-	-	40.0	6.0	0.12	-	-	-	-	-	2.00	-	-
ออสเตรเลีย	0.44	0.16	-	0.30	0.12	-	34.3	11.4	0.24	0.10	-	-	-	-	-	-	-
เม็กซิโก	-	-	-	0.40	-	-	-	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ไต้หวัน	0.78	0.26	-	-	0.10	-	22.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แคนาดา	0.82	0.27	-	0.40	0.20	-	15.0	6.0	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
เยอรมันนี	-	0.27	-	0.20	-	0.80	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00
WHO	0.35	0.13	0.05	0.40	0.15	-	30.0	10.0	0.15	0.10	-	-	-	-	-	-	0.50
ประเทศไทย	0.78	0.30	0.04	0.32	-	-	34.2	10.3	0.20	-	0.33	0.10	0.12	0.05	-	1.50	-

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

2.2.5 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่

มาตรฐานมลพิษทางอากาศสำหรับยานพาหนะต่างๆ มีความสำคัญต่อการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ เนื่องจากมาตรฐานเป็นตัวกำหนดปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์แต่ละประเภท รถยนต์ที่ผลิตตามมาตรฐานระดับต่างๆ ย่อมมีการปล่อยสารมลพิษจากเครื่องยนต์ไม่เท่ากันแม้แต่รถยนต์ที่ใช้มาตรฐานเดียวกันก็อาจจะมีการปล่อยสารมลพิษได้ไม่เท่ากันก็ได้

นอกจากนี้เมื่อได้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานยนต์แล้วก็จะสามารถพิจารณาการกำหนดใช้มาตรฐานต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับการลดมลภาวะอากาศได้อีกด้วย มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะจำแนกประเภทได้ 4 ประเภทดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานมลพิษทางอากาศสำหรับยานพาหนะใหม่ (ตารางที่ 2.13)
2. มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ใช้งาน (ตารางที่ 2.14)
3. มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถเบนซินใช้งาน (ตารางที่ 2.15)
4. มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถดีเซลใช้งาน (ตารางที่ 2.16)

ตารางที่ 2.13 มาตรฐานมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่

ประเภทมาตรฐาน	ระดับที่	มาตรฐานอ้างอิง	หมายเลขมาตรฐาน ของ สมอ.	ประกาศในราชกิจจานุเบกษา (มาตรฐานทั่วไป)	ประกาศในพระราชกฤษฎีกา (มาตรฐานบังคับ)
1. รถยนต์เครื่องยนต์เบนซิน	5	94/12/EC	มอก.1440-2540	เล่มที่ 114 ตอนที่ 90 ง วันที่ 11 พฤศจิกายน 2540	1 มกราคม 2542
	6	96/69/EC - น้ำหนักอ้างอิงไม่เกิน 1,250 กก. - น้ำหนักอ้างอิงมากกว่า 1,250 กก.	มอก.1870-2542		1 ตุลาคม 2542* 1 ตุลาคม 2543*
2. รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	4	94/12/EC - สำหรับเครื่องยนต์ระบบ Direct Injection	มอก.1435-2540	เล่มที่ 114 ตอนที่ 90 ง วันที่ 11 พฤศจิกายน 2540	1 มกราคม 2542 30 กันยายน 2544
	5	96/69/EC - น้ำหนักอ้างอิงไม่เกิน 1,250 กก. - น้ำหนักอ้างอิงมากกว่า 1,250 กก. - สำหรับเครื่องยนต์ระบบ Direct Injection	มอก.1875-2542		1 ตุลาคม 2542* 1 ตุลาคม 2543* 30 กันยายน 2544*
3. รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่	2	95/542(A)/EEC (EURO 1.)	มอก.1290-2538	เล่มที่ 112 ตอนที่ 77 ง วันที่ 26 กันยายน 2538	12 พฤษภาคม 2541
	3	95/542(B)/EEC (EURO 2.)	มอก.1295-2541	เล่มที่ 112 ตอนที่ 77 ง วันที่ 26 กันยายน 2538	23 พฤษภาคม 2543

ตารางที่ 2.13 มาตรฐานมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่ (ต่อ)

ประเภทมาตรฐาน	ระดับที่	มาตรฐานอ้างอิง	หมายเลขมาตรฐานของ ส.ม.อ.	ประกาศในราชกิจจานุเบกษา (มาตรฐานทั่วไป)	ขนาด รถจักรยานยนต์	ประกาศในพระราชกฤษฎีกา (มาตรฐานบังคับ)
4. รถจักรยานยนต์	3	HC ไม่เกิน 5 ก./กม.	มอก.1360-2539	เล่มที่ 113 ตอนที่ 25 ง วันที่ 26 มีนาคม 2539	ทุกขนาด	1 กรกฎาคม 2540
	4	CO ไม่เกิน 4.5 ก./กม. HC + NOx ไม่เกิน 3 ก./กม. - ระดับควันขาว 15% - ไอระเหย ไม่เกิน 2 ก./ครั้ง	มอก.1650-2541	เล่มที่ 116 ตอนที่ 57 ง วันที่ 20 กรกฎาคม 2542	ไม่เกิน 110 ซีซี	1 กรกฎาคม 2542*
		ไม่เกิน 125 ซีซี สำหรับ 150 ซีซี ขึ้นไป			1 กรกฎาคม 2543* 1 กรกฎาคม 2544*	
5	ก.ไอระเหย ไม่เกิน 2 ก./ครั้ง CO ไม่เกิน 3.5 ก./กม. HC + NOx ไม่เกิน 2 ก./กม. ข. ไอระเหย มากกว่า 2 และไม่เกิน 6 ก./ครั้ง CO ไม่เกิน 3.5 ก./กม. HC + NOx ไม่เกิน 1.8 ก./กม. - ระดับควันขาว 15%				ไม่เกิน 110 ซีซี	1 กรกฎาคม 2546
					ทุกขนาด	1 กรกฎาคม 2547

หมายเหตุ : *เป็นมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มาตรฐานระดับที่ 5 อยู่ระหว่างการนำเสนอคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.14 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ใช้งาน

ประเภทรถ	มลพิษ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือ	วิธีตรวจวัด
รถจักรยานยนต์	CO ^{1/}	4.50%	เครื่องมือวัดก๊าซ CO และ HC	ตรวจวัดขณะรถจักรยานยนต์จอดอยู่กับที่ ไม่มีภาวะ เครื่องยนต์เดินเบา
	HC ^{2/}	10,000 ppm.	ระบบ NDIR (Non-Dispersive Infrared)	
	ควันขาว ^{3/}	30%	เครื่องมือวัดควันระบบวัดความทึบแสงแบบไหลผ่านทั้งหมด	ตรวจวัดขณะรถจักรยานยนต์จอดอยู่กับที่ ไม่มีภาวะ โดยเร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนถึงความเร็วรอบ 3 ใน 4 ของความเร็วรอบที่ให้กำลังสูงสุด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.15 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถเบนซินใช้งาน

ประเภทรถ	มลพิษ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือ	วิธีตรวจวัด
รถยนต์เบนซิน				
- จดทะเบียนก่อน 1 พฤศจิกายน 2536	CO	4.50%	เครื่องมือวัดก๊าซ CO และ HC ระบบ NDIR (Non-Dispersive Infrared)	ตรวจวัดขณะรถยนต์จอดอยู่กับที่ ไม่มีภาวะเครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2536	HC	600 ppm.		
ทุกประเภท				

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.16 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถดีเซลใช้งาน

ประเภทรถ	มลพิษ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือ	วิธีตรวจวัด
รถยนต์ดีเซล	ควันดำ	50%	เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง	ตรวจวัดขณะรถยนต์จอดอยู่กับที่ ไม่มีภาวะ โดยเร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง
		45%	เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง	
		40%	เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง	ตรวจวัดขณะรถยนต์มีภาวะและอยู่บนเครื่องทดสอบที่มีความเร็วรอบร้อยละ 60 ของความเร็วรอบที่ให้กำลังสูงสุด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

2.2.6 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดแบบจุด

แหล่งกำเนิดมลพิษแบบอยู่กับที่จัดเป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษที่มีความสำคัญ การประมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทนี้จำเป็นต้องพิจารณา ค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดประเภทนี้ควบคู่ไปด้วย ทั้งเพื่อการเปรียบเทียบการคำนวณและ การกำหนดมาตรการในการลดปัญหามลภาวะ

มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่และวิธีการตรวจวัดมาตรฐานมีดังต่อไปนี้

- a. มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่ (ตาราง 2.17)
- b. มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า (ตาราง 2.18)
- c. มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย (ตาราง 2.19)
- d. มาตรฐานอากาศเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม (ตาราง 2.20)
- e. วิธีการตรวจวัดมาตรฐาน (ตาราง 2.21)

ตารางที่ 2.17 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่

ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	ค่ามาตรฐานการปล่อยสารมลพิษ*			วิธีการตรวจวัด
	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซ	
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)				USEPA Method 6,8 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
โรงไฟฟ้าขนาด มากกว่า 500 เมกกะวัตต์	320	320	20	
โรงไฟฟ้าขนาด 300 - 500 เมกกะวัตต์	450	450	20	
โรงไฟฟ้าขนาด ต่ำกว่า 300 เมกกะวัตต์	640	640	20	
ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	350	180	120	USEPA Method 7 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	120	120	60	USEPA Method 5 / วิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ :

- 1) มาตรฐานนี้มีผลบังคับใช้กับโรงไฟฟ้าที่ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หรือใบอนุญาตขยายโรงงานตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม 2539
- 2) ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง ปริมาตรอากาศส่วนเกินช่วยในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ออกซิเจน (Oxygen) ที่ ร้อยละ 7

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

สำหรับมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงไฟฟ้าใหม่ หรือเก่าที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกัน ในกรณีโรงงานไฟฟ้าใช้ถ่านหิน น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป ให้คำนวณค่ามาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียตามสัดส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่ใช้ดังต่อไปนี้

$$\text{มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย} = AX + BY + CZ$$

- A = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว
 B = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว
 C = ค่ามาตรฐานอากาศที่ปล่อยทิ้ง เมื่อใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว
 X = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ถ่านหิน
 Y = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำมัน
 Z = สัดส่วนของความร้อน (Heat Input) ที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ก๊าซ

ตารางที่ 2.18 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า

โรงไฟฟ้าเก่า	ปริมาณอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง					
	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)		ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งคำนวณผล ในรูปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)		ฝุ่นละออง (มีลิกิริัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
1. บางปะกง (พลังความร้อน) หน่วยการผลิตที่ 1-4	800	320 ^a	250	200 ^m	320	120 ^m
2. บางปะกง (พลังความร้อนร่วม) หน่วยการผลิตที่ 1 และ 2 หน่วยการผลิตที่ 3 และ 4	60		450 230		60	
3. พระนครใต้ (พลังความร้อน) หน่วยการผลิตที่ 1 หน่วยการผลิตที่ 2	800	320 ^a	180		240	120 ^a
4. พระนครใต้ (พลังความร้อนร่วม) หน่วยการผลิตที่ 1 หน่วยการผลิตที่ 2	60		250 175		60	
5. พระนครเหนือ	500		180		150	
6. สุราษฎร์ธานี	1,000		200		320	
7. ลานกระบือ	60		250		60	

ตารางที่ 2.18 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า (ต่อ)

โรงไฟฟ้าเก่า	ปริมาณอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง		
	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งคำนวณผลในรูปของก๊าซ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
8. เหนงจอก	60	230	60
9. ไช่หน้อย	60	230	60
10. วังหน้อย	60	175	60
11. น้ำพอง	60	250	60
12. โรงไฟฟ้าอื่นๆที่ใช้เชื้อเพลิง			
(ก) ถ่านหิน	700	400	320
(ข) น้ำมัน	1,000	200	240
(ค) ก๊าซธรรมชาติ	60	200	60

หมายเหตุ :

- (1) เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2543
- (2) เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2543
- (3) ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง ปริมาตรอากาศส่วนเกินช่วยในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50หรือที่ออกซิเจนร้อยละ 7
- (4) กรณีโรงไฟฟ้าเก่าประเภทพลังความร้อน พลังความร้อนร่วม กังหันแก๊ส หรือโรงไฟฟ้าเก่าประเภทอื่นๆ ที่มีปล่อยปล่อยทิ้งอากาศออกสู่สิ่งแวดล้อมมากกว่า 1 ปล่อย ให้คำนวณค่าเฉลี่ยการปล่อยทิ้งอากาศเสีย ด้วยวิธีการ ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยการปล่อยทิ้งอากาศเสีย} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i C_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

เมื่อ

Q_i = อัตราการไหลของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องที่ i ของโรงไฟฟ้าเก่าประเภท พลังความร้อน พลังความร้อนร่วม กังหันแก๊ส หรือหรือโรงไฟฟ้าเก่าประเภทอื่นๆ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

C_i = ค่าความเข้มข้นของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องที่ i ของโรงไฟฟ้าเก่าประเภท พลังความร้อน พลังความร้อนร่วม กังหันแก๊ส หรือหรือโรงไฟฟ้าเก่าประเภทอื่นๆ ที่เป็นก๊าซ (ส่วนในล้านส่วน) หรือที่เป็นฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

n = จำนวนปล่องปล่อยทิ้งอากาศของโรงไฟฟ้าเก่าประเภทพลังความร้อน พลังความร้อนร่วม กังหันแก๊ส หรือหรือโรงไฟฟ้าเก่าประเภทอื่นๆ

i = 1, 2, 3, ..., n

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.19 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน ¹		วิธีตรวจวัด
	ขนาดของเตาเผา		
	1 - 50 ตันต่อวัน	มากกว่า 50 ตันต่อวัน	
1. ปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ไม่เกิน 400	ไม่เกิน 120	USEPA Method 5 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30	USEPA Method 6,8 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของก๊าซ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ไม่เกิน 250	ไม่เกิน 180	USEPA Method 7 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. ค่าความทึบแสง (%)	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 10	USEPA Method 9 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
5. ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ไม่เกิน 136	ไม่เกิน 25	USEPA Method 26 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
6. ค่าสารประกอบไดออกซิน ² (นาโนกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร)	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30	USEPA Method 23 หรือ วิธีที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ :

- 1) ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง (Reference Condition) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือ ความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้ง ปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ออกซิเจนร้อยละ 7
- 2) ไดออกซิน (Dioxin) หมายถึง Total Chlorinated PCDD plus PCDF
 - PCDD = Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins
 - PCDF = Polychlorinated Dibenzofurans

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.20 มาตรฐานอากาศเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม

ชนิดของสารเจือปน	แหล่งที่มาของสาร	ค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
1. ฝุ่นละออง	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงดังนี้	
	น้ำมันเตา	300
	ถ่านหิน	400
	เชื้อเพลิงอื่นๆ	400
	การถลุง หล่อหลอม รีดดิ่ง และ /หรือผลิตเหล็กกล้า อลูมิเนียม	300
	การผลิตทั่วไป	400
2. พอลวง	การผลิตทั่วไป	20
3. สารหนู	การผลิตทั่วไป	20
4. ทองแดง	การหลอมหรือถลุง	30
5. ตะกั่ว	การผลิตทั่วไป	30
6. คลอรีน	การผลิตทั่วไป	30
7. ไฮโดรเจนคลอไรด์	การผลิตทั่วไป	200
8. ปะรอท	การผลิตทั่วไป	3
9. คาร์บอนมอนอกไซด์	การผลิตทั่วไป	1000 (870 ppm)
10. กรดกำมะถัน	การผลิตทั่วไป	100 (25 ppm)
11. ไฮโดรเจน คลอไรด์	การผลิตทั่วไป	140 (100 ppm)
12. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	การผลิตกรดกำมะถัน	1300 (500 ppm)
13. ออกไซด์ของไนโตรเจน	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงดังนี้	
	ถ่านหิน	940 (500 ppm)
	เชื้อเพลิง	470 (250 ppm)
14. ไซลีน	การผลิตทั่วไป	870 (200 ppm)
15. ครีซอล	การผลิตทั่วไป	22 (5 ppm)
16. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	Fuel Oil Combustion	1,250 ppm.

หมายเหตุ :

- 1) ระดับค่าปริมาณของสารแต่ละชนิดที่เจือปนในอากาศ ให้คำนวณเทียบที่ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- 2) ใช้บังคับเฉพาะโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดกรุงเทพฯ สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร นครปฐม ชลบุรี ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา กระบี่ ภูเก็ต

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

ตารางที่ 2.21 วิธีการตรวจวัดมาตรฐาน

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัด
1. ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) (ppm)	US.EPA method 6: วิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources) หรือวิธี US.EPA method 8: วิธีการตรวจวัดก๊าซไอกรดซัลฟูริก และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Sulfuric Acid Mist And Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources) ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2. ค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO _x as NO ₂) (ppm)	US.EPA method 7: วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Nitrogen Oxide Emissions From Stationary Sources) ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. ค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	US.EPA method 26: วิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Hydrogen Chloride Emissions From Stationary Sources) ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. ค่าสารประกอบไดออกซิน (Dioxin as Total Chlorinated PCDD plus PCDF) (นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	US.EPA method 23: วิธีการตรวจวัดปริมาณก๊าซไดออกซินภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans From Stationary Sources) ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้หรือวิธีอื่นที่ กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
5. ค่าปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) (มก./ลบ.ม.)	US.EPA method 5: วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดฝุ่นละอองภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (Determination of Particulate Emissions From Stationary Sources) ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้หรือวิธีอื่นที่ กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
6. ค่าความทึบแสง (Opacity) (ร้อยละ) - ค่าความทึบแสงจากเตาเผาศพ - ค่าความทึบแสงโรงโม่ บด และ ย่อยหิน	Ringlemann's Method Smoke Opacity Meter หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ : การวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินในการเผาไหม้ร้อยละ 7

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, อินเทอร์เน็ต, 2542

2.2.7 สารเคลือบผิว (สี วาร์นิช และแล็กเกอร์)

สารเคลือบผิวจัดเป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษประเภทพื้นที่ที่สำคัญ โดยเฉพาะการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยซึ่งเป็นตัวทำละลาย ปริมาณตัวทำละลายและสารอินทรีย์ระเหยที่ประกอบอยู่ในสารเคลือบผิวสามารถนำมาประมาณการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยได้

อรอุษา สรวารี, 2542 ได้แบ่งสารเคลือบผิวออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. สี (Paint) หมายถึง สารที่มีส่วนผสมของผงสี (pigment) สารยึด (binder) หรือสิ่งนำสี (vehicle) ตัวทำละลาย (solvent) และ สารเติมแต่ง (additives)

ผงสี เป็นสารที่ให้สีและมีความสามารถในการปิดบังพื้นผิวหรือกำลังซ่อนแสง (hiding power) ผงสีอาจเป็นสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ก็ได้

สารยึดหรือสิ่งนำสี คือสารที่ทำหน้าที่ยึดประสานอนุภาคของสารประกอบในสีเข้าไว้ด้วยกันให้เกิดเป็นฟิล์มของสีติดแน่นกับพื้นผิวที่ถูกเคลือบ ตัวอย่างของสารยึดได้แก่ น้ำมันแห้งเร็ว (drying oil) เรซินธรรมชาติ เรซินสังเคราะห์ เป็นต้น

ตัวทำละลาย มีหน้าที่ช่วยปรับความหนืดของสี เพื่อให้เหมาะต่อการผลิตหรือสะดวกต่อการใช้ ตัวทำละลายส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์

สารเติมแต่ง เป็นสารที่เติมลงไปในสีเพียงเล็กน้อย เพื่อช่วยให้สีมีสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น ทำให้สีแห้งเร็วขึ้น ทำให้สีไม่ขึ้นรา เป็นต้น

2. วาร์นิช (Varnish) คือ สารเคลือบผิวที่ประกอบด้วยสารยึดเพียงอย่างเดียว
3. แล็กเกอร์ (Lacquer) ได้แก่ สารละลายซึ่งได้จากการนำเรซินหรือสารยึดมาละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

2.2.7.1 สี

การตกแต่งและการเคลือบผิววัสดุ ด้วยของเหลวที่ประกอบด้วยรงควัตถุแขวนลอยในสีอ่อนา หรือน้ำยาเกาะยึด สีอ่อนาโดยทั่วไปจะเป็นเรซินละลายในสารละลายที่เมื่อแห้งจะจับตัวเป็นฟิล์มยึดตรงควัตถุให้เกาะติดกับผิวของวัสดุ

ในอุตสาหกรรมการผลิตสีสมัยใหม่ รงควัตถุจะแพร่กระจายในสีอ่อนาโดยเครื่องบดทรงกระบอกซึ่งมีลูกบอลโลหะ หรือเซรามิกกลิ้งไปมาตลอดเนื้อสี หรือโดยเครื่องบดทรายซึ่งหมุนเวียนทรายแขวนลอยตลอดเนื้อสีด้วยความเร็วสูง

รงควัตถุสีขาวพื้นฐานประกอบไปด้วย สังกะสีออกไซด์, สังกะสีซัลไฟด์, ลิโทโปน (ส่วนผสมที่ไม่ละลายของแบเรียมซัลเฟตและสังกะสีซัลไฟด์ ซึ่งตกตะกอนขณะผสมสารละลายแบเรียมซัลไฟด์และสังกะสีซัลเฟต), และไททานเนียมไดออกไซด์ รงควัตถุสีดำส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน รงควัตถุสีแดงประกอบไปด้วย เหล็กออกไซด์ แคดเมียม ทองแดงออกไซด์ และรงควัตถุอินทรีย์สังเคราะห์ต่างๆ รงควัตถุสีเหลืองและส้มประกอบไปด้วย โครเมท โมลิบเดท และสารประกอบแคดเมียม รงควัตถุสีน้ำเงินและเขียวเป็นทั้งสารอินทรีย์ (สีฟ้าเข้มสังเคราะห์และสีน้ำเงินเหล็ก) หรือสารอินทรีย์ (Phthalocyanines) สารขยายออก หรือสารเติมจะเติมลงไปนสีเพื่อเพิ่มความสามารถในการกระจายและความแข็งแรง

2.2.7.2 น้ำมันเคลือบเงา หรือแล็กเกอร์

น้ำมันเคลือบเงา คือ ของเหลวเคลือบวัสดุประกอบไปด้วยเรซินซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะมีลักษณะเป็นฟิล์มแข็ง น้ำมันเคลือบเงาโดยมากจะผสมด้วย เรซิน, Drying Oil (น้ำมันที่ไขมันไม่อิ่มตัวเกิดจากธรรมชาติ เช่น น้ำมันลินซีด หรือจากการสังเคราะห์), สารทำให้แห้ง, และสารทำละลายระเหยได้ เมื่อน้ำมันเคลือบเงาแห้ง ส่วนที่เป็นสารทำละลายจะระเหยออกไปและส่วนที่เหลืออยู่จะออกซิไดซ์ (Oxidize) หรือ โพลิเมอร์ไรซ์ (Polymerize) เกิดเป็นฟิล์มใสที่มีความทนทาน น้ำมันเคลือบเงาจะช่วยเคลือบป้องกัน พื้นผิวของไม้ ภาชนะ และวัสดุตกแต่งต่างๆ น้ำมันเคลือบเงายังช่วยป้องกันและเพิ่มความเงางามให้กับพื้นไม้ กรอบรูป วัสดุตกแต่งภายในและเครื่องเรือน

ในระยะแรกน้ำมันเคลือบเงาจะเป็นสารละลายของเรซินธรรมชาติซึ่งเป็นยางของต้นไม้ เรซินเหล่านี้ได้แก่ Dammar (เรซินของน้ำมันเคลือบเงาที่ได้จากต้นสนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก), Copal (เรซินของน้ำมันเคลือบเงาที่ประกอบด้วยยางที่ซึมออกมาจากพืชเขตร้อน), และชันสน (Rosin) น้ำมันเคลือบเงาตามธรรมชาติผลิตได้จากการให้ความร้อนกับเรซิน การเติมน้ำมันจากพืช เช่น น้ำมันลินซีด ปรงส่วนผสมจนได้ความหนืดตามต้องการหลังจากนั้นเจือจางด้วยน้ำมันสน (Turpentine) ภายหลังจากการนำไปเคลือบผิวแล้วจะใช้ระยะเวลา 3 - 4 วันในการแห้งตัว จะมีสีเหลืองใสและจะปรากฏรอยแตกร้าวตามอายุที่เพิ่มขึ้น

น้ำมันเคลือบเงาจากวัสดุตามธรรมชาติถูกทดแทนโดยน้ำมันเคลือบเงาที่ประกอบด้วยเรซินสังเคราะห์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น Alkyd (โครงข่ายโพลีเอสเทอร์ที่ซับซ้อนผลิตจากกรด Dicarboxylic หรือ Anhydrides และ Polyfunctional Alcohols เช่น Glycerol), Polyurethane, Phenolic, Vinyl, และ Epoxy Resin เรซินสังเคราะห์เริ่มแรกที่ใช้ในน้ำมันเคลือบเงาพัฒนาโดยนักเคมี ชื่อ Leo Baekeland โดยจะเป็น Phenolic Resins คล้ายคลึงกับ Bakelite (พลาสติกทนไฟชนิดหนึ่งใช้ในเครื่องไฟฟ้าและวิทยุ) น้ำมันเคลือบเงาได้รับการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ทศวรรษที่ 30 ตลอดจนถึงทศวรรษที่ 40 Phenolics ถูกทดแทนโดย Alkyds ซึ่งในที่สุดกลายมาเป็นเรซินที่มีความสำคัญมากที่สุดที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว อย่างไรก็ตาม Phenolics ยังคงมีการใช้ในเรือและการเคลือบผิวพื้น Alkyds เกิดจากการผสมแอลกอฮอล์ เช่น กลีเซอรอล, dibasic acid เช่น Maleic หรือ Phthalic acid และน้ำมัน เช่น น้ำมันละหุ่ง, น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันลินซีด, หรือน้ำมันถั่วเหลือง, หรือกรดไขมัน ความแตกต่างของเรซินตามธรรมชาติและเรซินสังเคราะห์ คือ เรซินสังเคราะห์สามารถผลิตได้ปริมาณมากๆ และสามารถตกแต่งทางเคมีให้มีคุณสมบัติตามต้องการ ยกตัวอย่างเช่น โครงสร้างทางโมเลกุลของ Alkyd Resin สามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับความหนืด, ความแข็ง, ความสามารถในการละลายน้ำหรือสารอื่นๆ, และความสามารถในการผสมกับเม็ดสีต่างๆ

2.2.8 การปล่อยสารมลพิษทางอากาศในกรุงเทพฯ และปริมณฑล รวมทั้งประเทศไทย การจัดทำฐานข้อมูลไฮโดรคาร์บอนโดยจำแนกชนิดและไนโตรเจนออกไซด์ เพื่อแก้ไขปัญหาก๊าซไอโซนของประเทศไทย รวมทั้งกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ผ่านมานั้นยังมิได้มีการศึกษามาก่อน แต่จะเป็นการศึกษาถึงการปล่อยมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปซึ่งประกอบไปด้วย ฝุ่นละออง หรืออนุภาคสารมลพิษ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และไฮโดรคาร์บอน สำหรับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีการศึกษานั้นก็ยังมีได้มีการจำแนกสารประกอบจึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ อีกทั้งแหล่งกำเนิดที่มีการศึกษายังมิได้ครอบคลุมแหล่งกำเนิดทั้งหมด สรุปการประมาณการปล่อยมลพิษทางอากาศของประเทศไทยได้ดังต่อไปนี้

พลศักดิ์ วิฑูรชวลิตวงษ์ (2536) สรุปจากการศึกษาปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากการสันดาปเชื้อเพลิงในประเทศไทยในปี 2532 พบว่า สาขาคมนาคมขนส่งเป็นแหล่งปล่อยอนุภาคสารมลพิษ (SPM), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.3, 52.8, 97.2 และ 95.8 ของปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดทั่วประเทศตามลำดับ ส่วนสาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.0 ของปริมาณ SO_2 ทั้งหมด สำหรับสาขาอุตสาหกรรมเป็นแหล่งปล่อยมลพิษ SPM และ SO_2 รองลงมาคิดเป็นร้อยละ 31.4 และ 28.5 ของปริมาณมลพิษแต่ละชนิดทั่วประเทศ

สำหรับจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นแหล่งปล่อยสารมลพิษ SPM, NO_x , HC และ CO มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.7, 22.7, 38.1 และ 57.4 ของปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดทั่วประเทศตามลำดับ ส่วนใหญ่ปล่อยออกมาจากสาขาคมนาคมขนส่งคิดเป็นร้อยละ 94.8, 66.3, 97.8 และ 98.1 ของปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดในจังหวัดกรุงเทพมหานครตามลำดับ นอกจากนี้จังหวัดสระบุรีก็เป็นอีกแหล่งหนึ่งที่มีการปล่อยสารมลพิษ SPM ใกล้เคียงกับจังหวัดกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 21.7 ของปริมาณ SPM ทั้งหมด ส่วนใหญ่ปล่อยออกมาจากสาขาอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 97.4 ของปริมาณ SPM ในจังหวัดสระบุรี ส่วน SO_2 จังหวัดลำปางเป็นแหล่งปล่อยสารมลพิษชนิดนี้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.3 ของปริมาณ SO_2 ทั้งหมดในประเทศไทยโดยสาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นแหล่งปล่อยสารมลพิษ SO_2 เกือบทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 99.2 ของปริมาณ SO_2 ในจังหวัดลำปาง

ในรายงานของกรมควบคุมมลพิษเรื่อง Air Emission Database of Vehicles and Industry in Bangkok Metropolitan Region 1992 (September 1994) รายงานว่าภาคอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดของไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์และอนุภาคมลพิษมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.18 (24,040 ตัน/ปี), 58.12 (145,300 ตัน/ปี), 50.88 (6,780 ตัน/ปี) และ 73.92 (12,000 ตัน/ปี) ของปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดในกรุงเทพมหานครตามลำดับ ในขณะที่โรงไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 47.40 (22,710 ตัน/ปี) และ 41.76 (104,400 ตัน/ปี) ของปริมาณสารมลพิษแต่ละชนิดในกรุงเทพมหานครตามลำดับ

ในทางกลับกันการจราจรเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของไฮโดรคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 54.95 (982 ตัน/ปี) ของปริมาณไฮโดรคาร์บอนในกรุงเทพมหานคร และเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนมอนอกไซด์ในลำดับรองลงมา คิดเป็นร้อยละ 35.14 (4,682 ตัน/ปี) สำหรับสาขาการพาณิชย์และแหล่งกำเนิดจากบ้านเรือนเป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษน้อยมาก

จากรายงานการปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลของกรมควบคุมมลพิษ (คพ. 03-034 เล่มที่ ๓, มีนาคม 2543) สรุปอัตราการปล่อยสารมลพิษรวมจากทุกแหล่งกำเนิด ในปี พ.ศ. 2540 และ 2545 ดังตารางที่ 2.22

อัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ปี 2540 เท่ากับ 329,161 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ 305,640 ตัน อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 240,016 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ 211,009 ตัน อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 463,775 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ 501,233 ตัน สำหรับฝุ่นละอองในปี พ.ศ. 2540 มีอัตราการปล่อย 38,192 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 มีอัตราการปล่อย 36,703 ตัน สารอินทรีย์ระเหยได้มีอัตราการปล่อยในปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 26,036 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 มีอัตราการปล่อย 25,820 ตัน อัตราการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอนในปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 232,973 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 มีอัตราการปล่อยเท่ากับ 272,670 ตัน และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน ในปี พ.ศ. 2540 เท่ากับ 177,370 ตัน และในปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ 185,653 ตัน

ตารางที่ 2.22 การปล่อยสารมลพิษในกรุงเทพฯ และปริมณฑลจากรายงานการปล่อยมลพิษ
ต่างๆ ปี พ.ศ. 2532, 2535, 2537 และ 2540 (ปี ค.ศ. 1989, 1992, 1994, และ
1997)

Year	Study Area	Emission, ton/year					SOURCE	NOTE
		NO _x	HC	CO	SO _x	SPM		
1989	Bangkok	89,254	225,937	1,201,257	67,520	105,610	พลศึกษา วิศวกรรม, 2536	1) BMR คือ Bangkok Metropolitan Region
	Samutprakarn	19,938	8,538	29,076	59,412	9,897		
	Nonthaburi	7,319	7,776	27,144	22,977	5,087		
	Pathumtani	5,653	3,650	10,467	12,784	4,283		
	Nakhonprathom	10,994	8,433	23,492	7,190	6,945		
	Samutsakhon	4,029	2,854	7,374	8,247	3,501		
	BMR	137,187	257,188	1,298,811	178,129	135,323		
Thailand	393,137	592,819	2,091,235	600,935	445,437			
1992	BMR	47,907	1,787	13,324	249,994	16,233	Pollution Control Department [PCD], 1994	1) SO _x คือ SO ₂ , 2) BMR คือ Bangkok Metropolitan Region
	- Power Plant	22,710	260	1,700	104,400	3,550		
	- Industry	24,040	480	6,780	145,300	12,000		
	- Traffic	381	982	4,682	76	637		
	- Com. & Res.	776	65	162	218	46		
1994	BMR	112,072	15,626	52,092	389,203	23,399	PCD, 1996	1) SO _x ในที่นี้คือ SO ₂ 2) BMR คือ Bangkok Metropolitan Region
	- Power Plant	18,602	96	1,691	143,710	3,523		
	- Industry	37,829	1,510	17,049	244,138	13,500		
	- Transportation	51,025	13,076	29,212	na.	5,971		
	- Area Sources	4,616	944	4,140	1,355	405		
	Thailand	457,094	122,611	504,599	1,195,978	62,113		
	- Power Plant	125,631	6,556	15,034	773,254	11,256		
	- Industry	73,864	3,544	34,914	406,918	23,062		
- Transportation	152,356	96,287	382,338	na.	17,787			
- Area Sources	105,243	16,224	72,313	15,805	10,007			
1997	BMR	329,161	259,009	463,775	240,016	38,191	PCD, 2000	1) SPM ในที่นี้ คือ PM 2) HC ในที่นี้ คือ HC + VOC
	- Point Source	56,002	2,005	6,266	229,859	3,735		
	- Mobile Source	264,648	232,973	349,771	9,973	20,602		
	- Area Sources	8,511	24,031	107,738	184	13,855		

หมายเหตุ: n.a. หมายถึงไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้จัดพิมพ์ รายงานพลังงานของประเทศเพื่อเผยแพร่ข้อมูลและข่าวสารเกี่ยวกับสถิติพลังงานเป็นประจำทุกปี ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการผลิต การนำเข้า การแปรรูปพลังงาน การใช้พลังงาน และรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนได้สรุปสถานการณ์ในด้านนี้เพื่อเผยแพร่แก่ประชาชนและผู้สนใจ ในส่วนการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงก็ประกอบอยู่ในรายงานด้วยได้แสดงปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 - 1999 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.23

ตารางที่ 2.23 ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากการใช้พลังงานของไทย ปี ค.ศ. 1993 - 1999

Year	Sectors	Energy ^{2/}						
		Consumption	CO ₂	CO	NO _x	CH ₄	SO ₂	SPM
		Ktoe	10 ³ ton					-
1993		46,398	108,269	2,897	489	57	1,265	71
	Transport	14,581	35,683	350	170	3	90	13
	Power ^{3/}	13,575	40,977	12	104	1	900	44
	Manufacturing	9,724	22,939	109	105	3	249	6
	Res. & Com.	6,687	3,002	2,350	31	49	4	0
	Others ^{4/}	1,831	5,668	76	79	1	22	8
1994		50,700	121,278	2,808	528	55	1,326	76
	Transport	16,336	39,960	405	191	3	100	14
	Power ^{3/}	15,224	45,639	14	116	2	941	48
	Manufacturing	10,770	26,419	112	115	3	257	6
	Res. & Com.	6,429	3,251	2,201	29	46	5	0
	Others ^{4/}	1,941	6,009	76	77	1	23	8
1995		56,455	137,246	2,677	587	52	1,428	101
	Transport	18,754	46,938	446	219	4	120	17
	Power ^{3/}	16,795	49,911	23	127	2	987	71
	Manufacturing	12,940	31,009	133	137	3	296	5
	Res. & Com.	6,093	3,588	2,001	27	42	3	0
	Others ^{4/}	1,873	5,800	74	77	1	22	8
1996		61,452	153,492	2,586	638	50	1,410	147
	Transport	20,094	51,405	482	230	4	69	18
	Power ^{3/}	18,794	56,471	22	142	2	1,042	113
	Manufacturing	14,517	34,950	151	153	4	275	7
	Res. & Com.	5,914	4,055	1,852	26	39	5	0
	Others ^{4/}	2,133	6,611	79	87	1	19	9

ตารางที่ 2.23 ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากการใช้พลังงานของไทย ปี ค.ศ. 1993 – 1999
(ต่อ)

Year	Sectors	Energy ^{2/}						
		Consumption	CO ₂	CO	NO _x	CH ₄	SO ₂	SPM
		ktoe	10 ³ ton					
1997		63,963	158,201	2,650	657	51	1,407	233
	Transport	21,399	54,837	507	252	4	73	20
	Power ^{3/}	20,857	61,796	24	156	3	1,056	200
	Manufacturing	13,789	31,669	147	150	3	259	5
	Res. & Com.	6,025	4,027	1,898	26	40	2	0
	Others ^{4/}	1,893	5,872	74	73	1	17	8
1998		58,724	143,354	2,664	603	52	915	193
	Transport	18,856	47,982	472	216	4	63	17
	Power ^{3/}	19,904	57,461	25	150	3	605	160
	Manufacturing	11,761	27,543	125	118	3	231	7
	Res. & Com.	6,044	3,678	1,961	27	41	1	0
	Others ^{4/}	2,159	6,690	81	92	1	15	9
1999		60,886	147,450	2,732	637	54	877	285
	Transport	18,991	47,649	465	214	4	21	17
	Power ^{3/}	20,128	57,347	27	153	3	616	252
	Manufacturing	13,046	30,954	134	138	3	228	6
	Res. & Com.	6,270	3,899	2,021	27	43	1	0
	Others ^{4/}	2,451	7,601	85	105	1	11	10

Notes:

1/ Emissions are estimated according to " Revised 1996 IPCC Guidelines for GHG

Inventories ". CO₂ emission excludes emission from international bunker oil and renewable energy and non CO₂ emission excludes emission from international bunker oil.

2/ Energy consumption (excluding electricity) by end-use sectors.

3/ Electricity generations from power sector excludes hydro electric.

4/ Others include agriculture, construction, and mining.

ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543

2.2.9 การประมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศของต่างประเทศ

จากบัญชีรายการการปล่อยมลพิษในทวีปเอเชีย โดยศูนย์วิจัยสถานะแวดล้อมของโลกและภูมิภาคแห่งมหาวิทยาลัยไอโอวา (Center for Global and Regional Environmental Research at the University of Iowa, CGRER) ซึ่งข้อมูลปริมาณการปล่อยมลพิษประกอบด้วย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ถ่านดำ แอมโมเนีย ไนโตรเจนออกไซด์ ถ่านอินทรีย์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย (สารไฮโดรคาร์บอน) และคาร์บอนไดออกไซด์ ในที่นี้จะกล่าวถึงไนโตรเจนออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์

สำหรับการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์จากประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย ปี พ.ศ. 2543 แสดงอยู่ในตารางที่ 2.24 2.25 2.26 และ 2.27 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.24 ปริมาณการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ในเอเชีย ปี พ.ศ. 2543 : หน่วยล้านกิโลกรัม

Species: NO _x (as NO _x) Data: EMISSIONS 2000 Version: 5 Date: 10/09/2001						
REGION	Industry (Gg)	Domestic (Gg)	Transport (Gg)	Power Generation (Gg)	Biomass Burning (Gg)	Total (Gg)
Anhui	84.73	19.49	84.57	75.94	25.33	290.06
Beijing	39.50	14.19	121.19	50.98	1.35	227.21
Fujian	33.95	14.17	83.19	21.40	10.21	162.92
Gansu	36.94	14.73	37.49	46.65	4.92	140.73
Guangdong	102.73	19.14	494.77	109.39	19.26	745.29
Guangxi	50.30	18.23	80.65	29.22	19.80	198.20
Guizhou	36.60	36.21	43.41	42.32	10.02	168.56
Hainan	2.27	1.49	40.51	5.71	2.03	52.02
Hebei	146.03	40.04	280.65	137.96	20.79	625.47
Heilongjiang	81.63	32.82	138.35	118.05	71.43	442.29
Henan	95.89	39.25	150.08	132.01	34.40	451.63
Hong Kong	6.61	2.81	74.32	80.85	0.00	164.59
Hubei	127.74	41.67	113.92	119.06	23.95	426.33
Hunan	99.38	39.71	102.26	56.68	25.09	323.12
Jiangsu	142.95	35.55	211.62	163.35	6.82	560.29
Jiangxi	69.77	21.62	52.54	34.34	31.98	210.25
Jilin	71.35	23.19	76.97	75.73	26.15	273.97
Liaoning	164.38	33.85	259.25	164.38	8.87	630.73
Nei Mongol	33.49	13.62	71.15	128.73	56.44	303.42
Ningxia	7.32	2.73	17.21	38.24	5.92	71.42
Qinghai	6.39	3.08	13.98	14.57	49.50	87.52
Shaanxi	51.08	17.76	57.61	66.79	9.47	202.71
Shandong	130.65	39.57	384.84	179.86	28.56	763.47
Shanghai	51.84	4.44	181.09	111.83	1.94	351.14
Shanxi	158.89	25.15	99.34	152.05	6.06	441.48
Sichuan	130.12	70.91	133.80	128.06	37.75	500.64
Tianjin	37.31	10.95	136.54	67.65	1.75	254.20
Xinjiang	20.03	17.68	58.87	15.60	74.59	186.76
Xizang	0.95	0.76	7.42	2.19	5.76	17.09
Yunnan	38.55	26.62	83.72	30.29	23.40	202.58
Zhejiang	74.76	20.58	161.28	102.28	12.84	371.74
China Total	2134.15	702.01	3852.59	2502.16	656.36	9847.27
Chugoku, Shikoku	75.32	18.75	122.22	57.00		
Chubu	77.92	26.81	227.64	50.91		
Hokkaido, Tohoku	33.02	34.99	160.04	34.31		
Kanto	66.43	38.92	439.24	76.77		
Kinki	62.90	26.70	239.65	34.67		
Kyushu, Okinawa	42.37	21.55	151.18	69.17		
Japan Subtotal	357.96	167.72	1339.97	322.83	10.68	2199.16
North	37.24	6.64	62.16	46.30		
Pusan	14.86	26.24	298.44	40.12		
Seoul, Incheon	153.42	40.54	299.66	57.24		
South	21.32	6.48	158.34	46.05		
Korea, Rep of, Subtotal	226.84	79.90	818.60	189.71	6.72	1321.77
Korea, DPR	172.70	0.22	33.67	58.88	3.46	268.93
Mongolia	8.79	3.57	12.78	12.96	158.36	196.46
Taiwan, ROC	158.53	18.46	218.76	123.04	1.93	520.72
Other East Asia Total	924.82	269.87	2423.78	707.42	181.15	4507.04
Brunei	2.37	0.28	12.41	3.41	0.00	18.47
Cambodia	5.79	3.23	32.89	4.52	62.20	108.63
Indonesia	128.21	134.40	713.33	125.68	364.61	1466.23
Laos	0.32	2.29	0.72	0.02	101.77	105.12
Malaysia	71.11	13.70	289.88	44.88	59.26	478.83
Myanmar	1.87	16.68	14.63	4.26	162.84	200.28
Philippines	31.60	5.56	422.77	38.27	56.11	554.31
Singapore	34.80	0.58	103.37	45.85	0.00	184.60
Thailand	92.55	34.13	667.64	115.38	189.26	1098.96
Vietnam	28.65	38.62	95.17	18.47	204.08	384.99
Southeast Asia Total	397.27	249.47	2352.81	400.74	1200.15	4600.44
Bangladesh	23.63	27.58	33.12	19.46	63.09	166.88
Bhutan	0.35	1.28	0.18	0.26	3.23	5.30
India	720.34	584.23	1809.47	870.81	543.76	4528.61
Nepal	1.43	16.08	5.48	0.13	30.47	53.59
Pakistan	72.82	37.47	268.80	68.20	60.67	507.96
Sri Lanka	7.09	7.09	38.54	6.88	13.27	72.87
Indian Subcontinent Total	825.66	673.73	2155.59	965.74	714.48	5335.20
Ships						1292.40
Asia Total	4281.90	1895.08	10784.77	4576.06	2752.14	25582.35

ที่มา: Center for Global and Regional Environmental Research at the University of Iowa

(CGRER), 2001

ตารางที่ 2.25 ปริมาณการปล่อยไฮโดรคาร์บอนในเอเชีย ปี พ.ศ. 2543 : หน่วยล้านกิโลกรัม

Species: NMVOC Data: EMISSIONS 2000 Version: 5 Date: 10/25/2001						
REGION	Industry (Gg)	Domestic (Gg)	Transport (Gg)	Power Generation (Gg)	Biomass Burning (Gg)	Total (Gg)
Anhui	106.53	201.70	121.28	3.01	104.18	536.70
Beijing	105.69	53.16	228.58	1.63	5.56	394.63
Fujian	85.57	140.51	133.03	0.91	43.59	403.61
Gansu	57.41	98.71	59.99	1.36	20.27	237.74
Guangdong	240.94	130.17	829.10	5.44	83.48	1289.13
Guangxi	76.36	215.57	145.36	3.06	89.96	530.31
Guizhou	56.14	223.18	74.32	1.85	42.80	398.28
Hainan	15.89	16.20	110.23	0.38	8.52	151.23
Hebei	176.93	249.32	338.04	5.48	85.35	855.12
Heilongjiang	215.93	274.43	160.27	3.97	312.44	967.05
Henan	164.98	316.80	227.05	5.24	141.36	855.43
Hong Kong	50.67	30.30	23.61	4.22	0.00	108.80
Hubei	176.52	369.24	152.69	3.78	98.95	801.19
Hunan	108.41	338.94	165.60	1.96	103.60	718.51
Jiangsu	250.44	347.84	228.56	6.01	27.97	860.81
Jiangxi	79.67	221.53	162.54	1.54	131.86	597.15
Jilin	105.57	194.53	100.32	2.56	106.83	509.80
Liaoning	254.33	278.20	331.27	5.38	36.52	905.70
Nei Mongol	61.10	115.84	100.08	3.44	187.84	468.30
Ningxia	13.83	22.33	21.04	0.83	14.94	72.97
Qinghai	9.92	15.01	20.84	0.36	83.17	129.31
Shaanxi	68.66	139.39	100.88	1.95	39.20	350.09
Shandong	315.29	346.96	411.05	6.89	117.08	1197.28
Shanghai	192.14	30.01	156.00	3.97	7.96	390.09
Shanxi	167.67	74.83	127.88	5.72	24.98	401.07
Sichuan	223.36	618.34	227.76	3.72	156.66	1229.84
Tianjin	78.01	39.14	133.55	2.02	7.17	259.89
Xinjiang	69.57	65.27	85.86	0.39	128.01	349.09
Xizang	3.23	5.85	9.52	0.05	23.97	42.62
Yunnan	67.51	238.72	143.20	0.98	143.96	594.37
Zhejiang	123.48	198.42	187.82	2.83	52.80	565.36
China Total	3721.74	5610.43	5317.36	90.94	2431.00	17171.47
Chugoku, Shikoku	107.35	55.66	48.78	5.28		
Chubu	126.22	99.39	82.60	3.80		
Hokkaido, Tohoku	56.68	72.69	59.58	3.36		
Kanto	289.96	183.01	164.79	4.67		
Kinki	121.55	104.17	86.62	1.97		
Kyushu, Okinawa	65.71	68.43	57.75	8.91		
Japan Subtotal	767.48	583.36	500.13	27.99	44.02	1922.99
North	106.52	54.18	26.68	1.57		
Pusan	38.07	20.47	107.94	1.10		
Seoul, Incheon	105.30	54.99	180.23	1.16		
South	295.46	69.20	66.93	1.86		
Korea, Rep of, Subtotal	545.36	198.84	381.78	5.69	27.59	1159.26
Korea, DPR	69.38	26.47	99.82	3.59	14.32	213.57
Mongolia	6.54	4.80	11.35	0.61	322.36	345.66
Taiwan, ROC	263.67	77.66	154.87	5.03	9.12	510.34
Other East Asia Total	1652.42	891.13	1147.95	42.91	417.41	4151.82
Brunei	38.08	1.55	3.47	0.05	0.00	43.16
Cambodia	4.74	56.65	51.64	0.14	192.20	305.37
Indonesia	825.86	3282.82	1183.44	2.46	1894.94	7189.53
Laos	3.00	22.25	35.51	0.00	612.92	673.68
Malaysia	301.35	219.49	462.70	1.13	447.68	1432.35
Myanmar	73.69	224.11	219.11	0.10	1154.15	1671.17
Philippines	129.73	615.28	216.97	0.49	384.47	1346.93
Singapore	33.50	15.66	30.99	0.64	0.00	80.79
Thailand	332.76	646.42	1137.04	3.03	932.28	3051.54
Vietnam	52.47	536.15	296.34	0.59	1034.04	1919.58
Southeast Asia Total	1795.17	5620.39	3637.22	8.64	6652.68	17714.10
Bangladesh	85.92	317.85	77.84	0.35	337.45	819.42
Bhutan	0.69	12.03	7.85	0.01	15.24	35.82
India	1069.75	4366.29	3141.81	53.41	2212.41	10843.67
Nepal	7.05	162.81	36.44	0.00	139.58	345.88
Pakistan	174.58	524.10	434.68	1.15	209.12	1343.63
Sri Lanka	24.90	87.47	83.17	0.01	90.87	286.41
Indian Subcontinent Total	1362.90	5470.54	3781.79	54.93	3004.68	13674.84
Ships						26.55
Asia Total	8532.23	17592.50	13884.31	197.41	12505.76	52738.77

ที่มา: CGRER, 2001

ตารางที่ 2.26 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ในเอเชีย ปี พ.ศ. 2543 : หน่วยล้าน
กิโลกรัม

Species: CO Data: EMISSIONS 2000 Version: 3 Date: 10/09/2001						
REGION	Industry (Gg)	Domestic Biofuels (Gg)	Domestic Fossil Fuels (Gg)	Transport (Gg)	Biomass Burning (Gg)	Total (Gg)
Anhui	438.57	1348.19	154.22	688.69	608.02	3237.69
Beijing	766.75	123.36	295.53	1502.69	32.40	2720.73
Fujian	105.40	944.55	85.29	554.47	243.21	1932.92
Gansu	145.14	574.44	216.70	423.47	118.15	1477.90
Guangdong	232.03	681.38	218.91	3455.02	484.69	5072.02
Guangxi	158.77	1544.82	55.21	718.05	518.42	2995.26
Guizhou	114.73	1313.22	635.94	402.29	238.58	2704.76
Hainan	2.75	86.78	5.52	305.35	49.71	450.11
Hebei	1127.86	1454.91	646.75	1981.53	499.30	5710.34
Heilongjiang	122.03	1849.99	314.50	875.44	1638.05	4800.01
Henan	363.73	2046.56	450.54	1201.84	825.88	4888.56
Hong Kong	0.00	1.59	0.36	124.16	0.00	126.10
Hubei	760.70	2451.04	434.54	946.93	574.25	5167.46
Hunan	263.58	2226.66	517.04	843.47	601.93	4452.68
Jiangsu	370.58	2475.39	251.68	1628.90	163.68	4890.23
Jiangxi	256.40	1515.88	166.81	418.67	767.33	3125.09
Jilin	155.76	1293.99	284.79	567.15	616.46	2918.15
Liaoning	1405.40	1776.34	462.47	1998.86	212.99	5856.06
Nei Mongol	371.75	734.11	165.44	560.74	1029.67	2861.72
Ningxia	10.64	139.32	35.27	130.08	-92.57	407.88
Qinghai	17.11	79.30	64.50	142.25	551.44	854.60
Shaanxi	119.39	861.63	211.19	635.99	227.03	2055.23
Shandong	528.00	2392.75	334.77	2199.67	685.89	6141.08
Shanghai	1218.96	66.61	102.00	964.07	46.65	2398.29
Shanxi	1080.20	179.24	326.70	773.51	145.32	2504.97
Sichuan	707.46	4277.95	709.30	1447.23	904.56	8046.50
Tianjin	190.91	134.97	220.38	788.33	42.03	1376.62
Xinjiang	71.42	268.83	432.86	741.09	845.14	2359.35
Xizang	0.53	38.65	9.68	70.07	137.98	256.91
Yunnan	197.45	1540.27	287.23	760.90	795.86	3581.70
Zhejiang	168.65	1366.36	121.02	816.76	308.19	2780.99
China Total	11472.65	35789.09	8217.12	28667.66	14005.38	98151.90
Chugoku, Shikoku						
Chubu						
Hokkaido, Tohoku						
Kanto						
Kinki						
Kyushu, Okinawa						
Japan Subtotal	1438.00	0.00	33.00	2731.83	256.29	4459.12
North						
Pusan						
Seoul, Incheon						
South						
Korea, Rep of, Subtotal	41.66	0.00	22.73	1207.86	161.27	1433.52
Korea, DPR	240.30	1426.34	3.29	753.72	83.08	2506.73
Mongolia	11.92	115.52	3.17	119.19	1979.52	2229.33
Taiwan, ROC	616.54	26.64	1.48	1096.97	52.26	1793.88
Other East Asia Total	2348.43	1568.50	63.67	5909.57	2532.42	12422.58
Brunei	0.00	6.92	1.47	1.69	0.01	10.09
Cambodia	3.48	483.54	1.48	46.64	1137.51	1672.64
Indonesia	186.56	10521.33	215.91	2426.80	10567.81	23918.40
Laos	0.00	163.56	0.19	23.34	3364.61	3551.70
Malaysia	18.56	425.04	22.57	1035.52	2420.03	3921.72
Myanmar	29.41	1666.23	0.79	441.70	6266.99	8405.11
Philippines	79.35	1212.97	27.19	265.30	2099.55	3684.36
Singapore	0.00	0.00	0.02	85.55	0.00	85.58
Thailand	235.50	1482.43	18.32	2241.79	5227.29	9205.33
Vietnam	24.44	4314.71	63.70	1127.62	5781.26	11311.74
Southeast Asia Total	577.29	20276.72	351.64	7695.95	36865.06	65766.67
Bangladesh	90.77	2672.38	27.19	94.63	1899.12	4784.09
Bhutan	0.02	90.31	0.27	2.88	75.26	168.74
India	1850.00	28988.60	153.85	10396.60	12258.30	53647.35
Nepal	1.44	1235.81	21.74	65.15	714.48	2038.62
Pakistan	72.11	4099.28	93.08	861.41	1229.23	6355.11
Sri Lanka	7.08	609.79	9.50	210.26	496.25	1332.88
Indian Subcontinent Total	2021.42	37696.16	305.63	11630.93	16672.65	68326.79
Ships						117.49
Asia Total	16419.80	95330.47	8938.06	53904.10	70075.50	244785.43

ที่มา: CGRER, 2001

ตารางที่ 2.27 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชีย ปี พ.ศ. 2543 : หน่วยล้านตัน

Species: CO ₂ , Data: EMISSIONS 2000 Version: 1 Date: 1/18/2002 (D. Streets and K. Yarber, ANL)										
REGION	Industry Coal (Tg)	Domestic Coal (Tg)	Transport Coal (Tg)	Power Coal (Tg)	Biomass Burning (Tg)	Biofuel Comb. (Tg)	Gas Comb. (Tg)	Oil Comb. (Tg)	Cement Product. (Tg)	Total (Tg)
Anhui	38.18	3.70	0.24	26.32	9.99	25.79	4.05	11.91	8.04	128.21
Beijing	21.24	6.04	0.28	13.48	0.53	2.32	4.05	28.67	3.02	79.63
Fujian	11.50	1.69	0.00	9.31	3.89	22.21	0.62	10.56	6.88	66.66
Gansu	13.17	5.49	0.18	14.18	1.94	11.48	0.89	9.50	2.66	59.49
Guangdong	27.70	3.52	0.03	34.36	7.92	19.92	2.31	76.86	21.13	193.74
Guangxi	15.67	0.68	1.33	9.86	8.41	40.69	0.13	11.14	7.77	95.69
Guizhou	13.29	14.33	0.03	21.22	3.81	26.09	0.18	4.07	2.68	85.69
Hainan	0.57	0.03	0.00	1.68	0.82	2.54	0.00	3.62	1.09	10.35
Hebei	75.75	15.67	0.84	54.54	8.21	27.83	6.91	30.60	15.57	235.92
Heilongjiang	22.22	5.97	1.57	45.04	25.44	34.20	7.23	29.25	3.21	174.14
Henan	40.19	10.81	0.46	52.06	13.58	39.15	4.99	20.23	14.32	195.79
Hong Kong	0.00	0.00	0.00	24.50	0.00	0.21	1.81	11.19	0.58	38.30
Hubei	52.89	8.99	0.62	46.79	9.40	49.84	0.37	32.25	8.32	209.49
Hunan	29.10	10.25	0.54	20.10	9.86	50.26	0.24	14.79	8.57	143.71
Jiangsu	49.28	5.34	5.57	64.50	2.69	45.90	1.96	37.28	16.49	229.02
Jiangxi	14.43	3.41	0.44	14.21	12.59	48.62	0.15	6.90	4.95	105.71
Jilin	26.03	5.64	0.93	29.46	10.12	23.92	1.92	14.91	2.48	115.41
Liaoning	65.77	9.15	3.13	57.96	3.50	32.84	18.18	54.59	6.45	251.57
Nei Mongol	11.60	3.66	4.73	63.91	18.13	14.06	0.05	8.12	2.07	126.33
Ningxia	3.49	0.79	1.06	8.98	1.87	2.67	0.25	1.92	0.94	21.96
Qinghai	2.47	1.28	0.04	2.34	13.47	1.65	0.01	2.99	0.44	24.70
Shaanxi	24.25	5.29	0.31	20.39	3.71	17.21	0.71	10.07	3.73	85.67
Shandong	43.16	7.75	0.82	68.48	11.29	43.73	7.04	64.49	22.41	269.17
Shanghai	25.15	2.09	0.00	29.80	0.77	1.32	11.82	24.13	0.95	96.03
Shanxi	78.37	8.08	0.64	48.92	2.38	3.41	4.59	11.39	5.38	163.16
Sichuan	59.73	15.10	0.49	40.87	14.77	83.01	24.42	17.29	14.27	269.94
Tianjin	12.68	4.20	0.47	13.01	0.69	2.35	2.18	21.73	0.97	58.28
Xinjiang	3.88	8.70	0.17	2.48	20.44	5.61	0.13	17.10	0.15	58.65
Xizang	0.37	0.19	0.02	0.35	2.25	0.81	0.00	0.97	3.02	7.98
Yunnan	23.28	5.22	0.03	8.96	12.42	33.41	0.13	10.83	6.11	100.38
Zhejiang	24.06	2.07	0.01	29.06	5.06	30.66	1.48	22.88	14.30	129.59
China Total	829.46	175.12	25.00	877.12	239.97	743.72	108.78	622.25	208.92	3830.34
Chugoku, Shikoku	56.53	0.23	0.00	26.07		3.50	42.83	68.85		
Chubu	4.71	0.26	0.00	24.23		3.47	25.42	148.75		
Hokkaido, Tohoku	8.80	0.27	0.00	18.52		6.97	17.90	76.05		
Kanto	13.24	0.29	0.00	25.99		4.47	57.57	201.21		
Kinki	18.69	0.26	0.00	12.01		4.78	29.41	128.74		
Kyushu, Okinawa	7.05	0.25	0.00	53.07		4.37	29.77	76.37		
Japan Subtotal	109.02	1.56	0.00	159.91	4.20	27.55	202.90	699.98	30.14	1235.25
North	25.89	0.00	0.00	20.03		1.18	1.61	17.17		
Pusan	6.62	0.00	0.00	11.04		0.25	7.28	56.03		
Seoul, Incheon	0.25	0.00	0.00	17.61		0.82	29.32	136.74		
South	14.10	0.00	0.00	18.78		1.91	3.19	22.72		
Korea, Rep of, Subtotal	46.86	0.00	0.00	67.47	2.65	4.16	41.40	232.67	20.72	415.93
Korea, DPR	71.21	0.00	0.00	35.50	1.36	29.68	3.23	29.17	6.40	176.55
Mongolia	13.78	0.00	0.00	18.21	44.21	3.98	5.98	25.30	0.04	111.51
Taiwan, ROC	30.03	0.00	0.00	41.78	0.84	0.52	19.36	109.34	0.08	201.95
Other East Asia Total	270.90	1.56	0.00	322.86	53.27	65.89	272.86	1096.46	57.38	2141.19
Brunei	30.03	0.00	0.00	41.78	0.00	0.67	26.13	111.82	0.15	210.59
Cambodia	1.70	0.00	0.00	1.05	22.16	8.30	0.00	2.61	0.04	35.85
Indonesia	4.12	0.00	0.00	32.22	175.17	173.68	76.55	144.80	9.42	615.96
Laos	0.00	0.00	0.00	0.00	54.22	3.23	0.00	1.80	0.00	59.26
Malaysia	2.51	0.00	0.00	3.15	36.92	13.53	24.05	66.15	4.52	150.83
Myanmar	0.00	0.00	0.00	0.00	96.88	39.35	3.17	5.78	0.19	145.37
Philippines	2.84	0.00	0.00	13.22	32.37	40.41	0.30	53.75	5.27	148.16
Singapore	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.33	5.62	40.21	1.24	57.41
Thailand	14.93	0.00	0.00	27.79	87.82	79.90	27.14	102.16	12.81	352.55
Vietnam	5.77	1.38	0.00	5.46	96.43	82.74	2.26	16.87	2.64	213.55
Southeast Asia Total	61.89	1.38	0.00	124.66	601.97	452.15	165.22	545.95	36.28	1989.51
Bangladesh	0.41	0.24	0.00	1.30	30.15	62.20	17.77	0.00	0.38	112.44
Bhutan	0.01	0.00	0.00	0.00	1.11	1.79	0.13	0.59	0.06	3.69
India	210.95	0.33	0.39	399.69	199.28	682.62	55.98	320.27	32.77	1902.28
Nepal	0.42	0.10	0.00	0.00	10.80	24.78	0.00	3.08	0.11	39.29
Pakistan	9.06	1.08	0.00	8.26	21.62	85.02	36.27	57.69	3.39	222.39
Sri Lanka	0.00	0.00	0.01	0.00	7.65	14.35	0.11	7.33	0.45	29.89
Indian Subcont. Total	220.85	1.75	0.39	409.24	270.60	870.77	110.25	388.95	37.17	2309.98
Ships										51.28
Asia Total	1383.10	179.82	25.40	1733.89	1165.82	2132.53	657.12	2653.60	339.75	10322.30

ที่มา: CGRER, 2001

นอกจากนี้จากผลการศึกษาศึกษาของการปล่อยสารมลพิษจากสนามบินทั้ง 9 แห่งของ ประเทศอังกฤษ โดยศูนย์วิจัยแห่งลอนดอน (The London Research Centre) ในตาราง 2.28 พบ ว่าท่าอากาศยานนานาชาติกรุงเทพบมีการจราจรใกล้เคียงกันกับของ Gatwick ดังนั้นอาจจะ ประเมินได้ว่าการปล่อยสารมลพิษของท่าอากาศยานกรุงเทพจะใกล้เคียงกับของ Gatwick ด้วย ซึ่งมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดประเภทอื่น

ตารางที่ 2.28 การปล่อยสารมลพิษจากสนามบินของอังกฤษในปี ค.ศ. 1994-1995

Airport	SO _x , tonnes per annum	NO _x , tonnes per annum	CO, tonnes per annum	CO ₂ , tonnes per annum	NMVOC, tonnes per annum	Benzene, tonnes per annum	Movements per year	Annual Arrivals	Annual Departures	Fuel Use, tonnes per annum
City	1	19	23	24,914	3	0	16,945	8,505	8,440	2,107
Gatwick	1,417	2,626	1,608	543,569	613	12	186,005	93,296	92,709	97,277
Heathrow	6,666	5,060	4,275	1,280,312	926	18	438,113	219,147	218,965	322,988
Southampton	1	11	315	70,172	28	1	47,726	23,974	23,752	2,296
Liverpool	3	36	482	138,283	33	1	94,049	47,454	46,595	4,532
Bristol	3	71	173	79,846	14	0	54,305	26,885	27,420	5,129
Manchester	37	899	847	475,231	223	4	162,620	80,900	81,721	63,859
Birmingham	6	165	329	8,381	46	1	69,104	NA	NA	NA
Coventry	1	17	33	838	5	0	6,949	NA	NA	NA

หมายเหตุ: NA หมายถึงไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

ที่มา: The London Research Centre, 2000