

ฝุ่น PM 2.5 กับ พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา



By

ศุภณัฏฐ์โอโซนและรังสี (อร.)

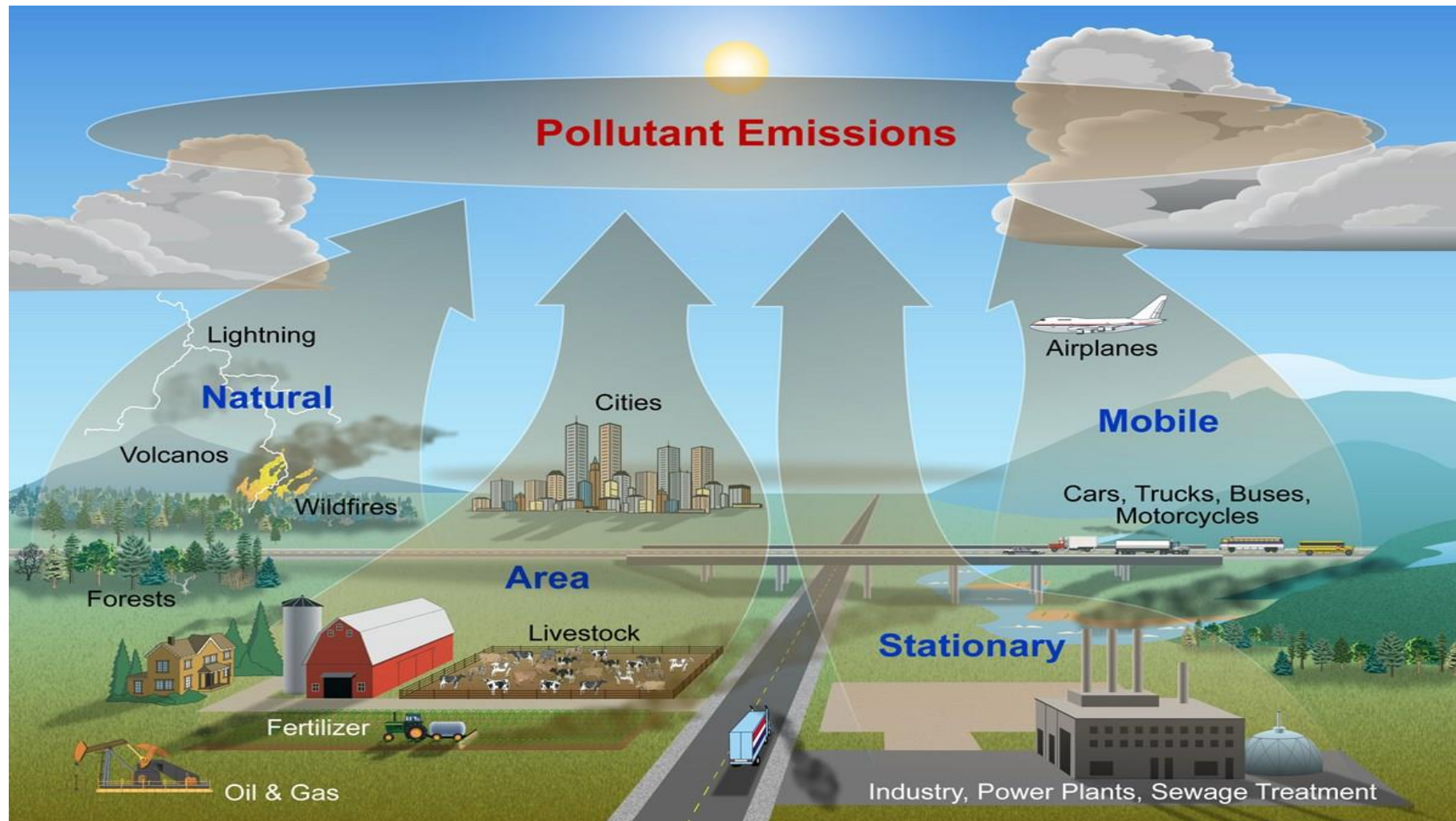
กองบริการดิจิทัลอุตุนิยมวิทยา (บด.)

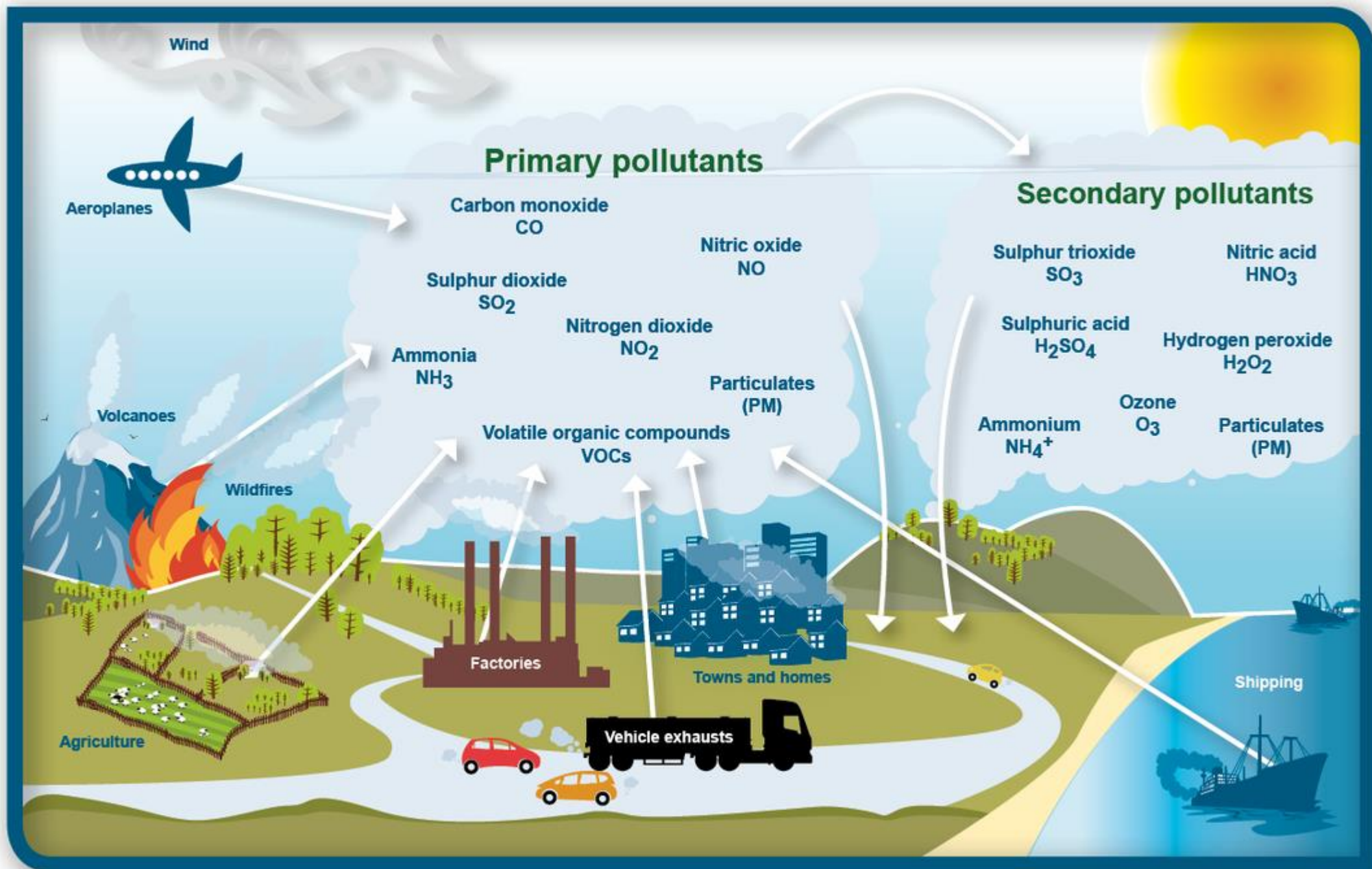
หัวข้อการนำเสนอ

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ
2. รายงานหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่น PM2.5
4. แบบแผนการกระจายของล้ามลพิษ

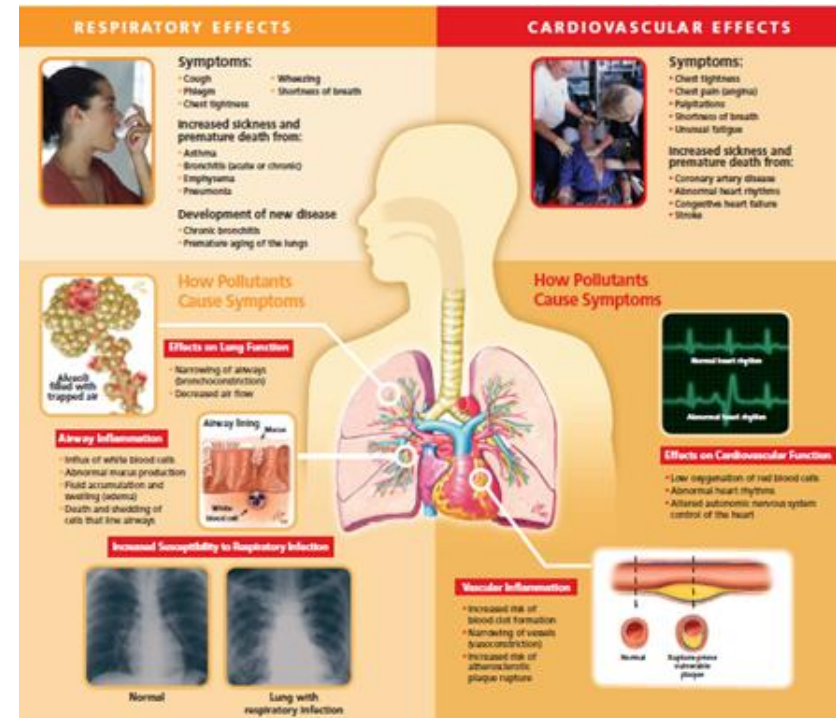


1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ



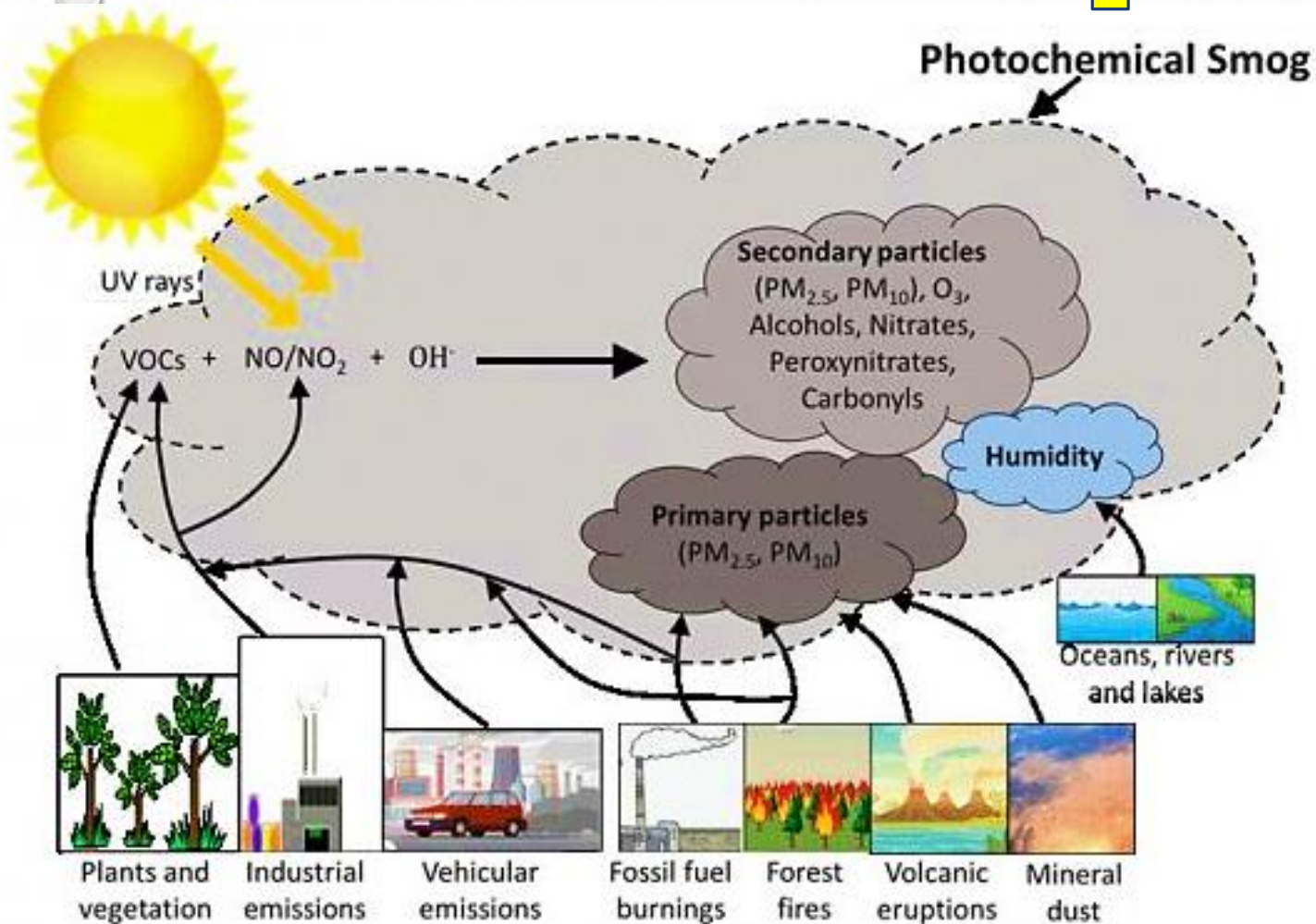


มลพิษทางอากาศกลายเป็นวิกฤตด้านสาธารณสุขของประเทศไทย โดยที่เด็ก ผู้สูงอายุ และกลุ่มประชากรเสี่ยงในสังคมได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยก๊าซโอโซนที่ผิวพื้นและฝุ่น PM2.5 คือมลพิษทางอากาศหลัก 2 ชนิดที่เป็นภัยคุกคามร้ายแรงที่สุดต่อสุขภาพอนามัยของคนในประเทศไทย ซึ่งเมื่อเราสูดหายใจเข้าไปทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดในสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคในระบบทางเดินหายใจ โรคปอดต่างๆ และโรคมะเร็งปอด



ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากก๊าซโอโซนและฝุ่น PM





$\text{NO} + \text{VOCs} + \text{O}_2 + \text{UV} \rightarrow \text{O}_3, \text{PANs, and other oxidants}$

$\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{Hydrocarbons} + \text{UV} \rightarrow \text{PANs}$

PANs : Peroxyacetyl Nitrates (CH₃COONO₂)

PANs แยกตัวออกมาเป็น radical และ NO₂ ได้
ก่อนข้างเข้า ดังนั้น PANs จึงสามารถ transport NO_x ไปยัง
พื้นที่ที่สามารถผลิต O₃ ได้

ก๊าซโอโซนที่พื้นผิว

ก๊าซโอโซนที่ผิวพื้นเกิดจากหมอกควันแบบโฟโตเคมีคัล (Photochemical smog) หรือเรียกว่า หมอกน้ำตาล (brown-air smog) โดยจากภาพเป็นเหตุการณ์ที่เมืองอัลมาตี ประเทศคาซัคสถาน ซึ่งหมอกควันนี้ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของมนุษย์



รูปแสดงหมอกควันเหนือเมืองอัลมาตี ประเทศคาซัคสถาน

ที่มาจาก : https://chem.libretexts.org/Courses/Portland_Community_College/CH100%3A_Everyday_Chemistry/08%3A_Energy_from_Fossil_Fules/8.12%3A_Outdoor_Air_Pollution

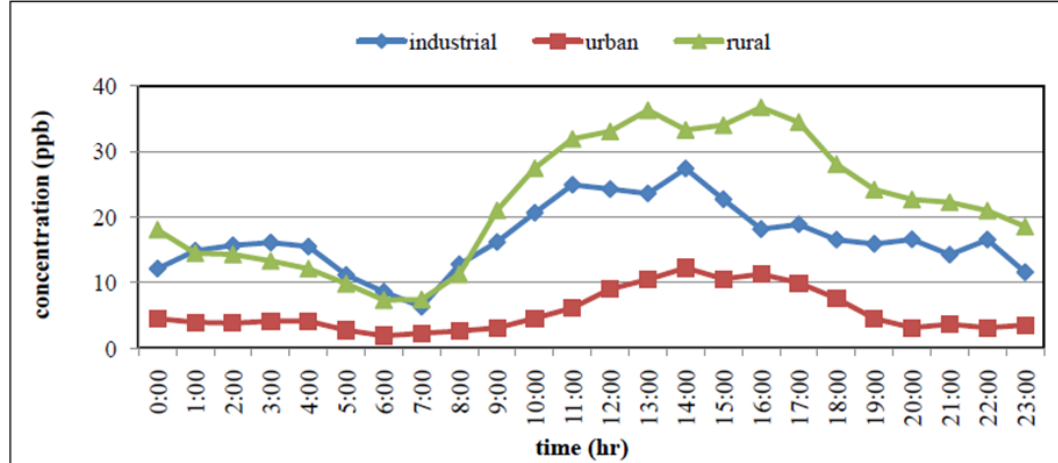
2. รายงานหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า ก๊าซโอโซนที่พื้นผิวจะมีการเปลี่ยนแปลงตามรอบวัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมลพิษ และการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของออกไซด์ของไนโตรเจนในบรรยากาศ โดยที่ความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่พื้นผิว ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล (Pisano et al., 1997; Lin et al., 2010) ของมลพิษในพื้นที่กับความเข้มรังสี UV โดยที่รังสี UV เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Intasean, 2008)

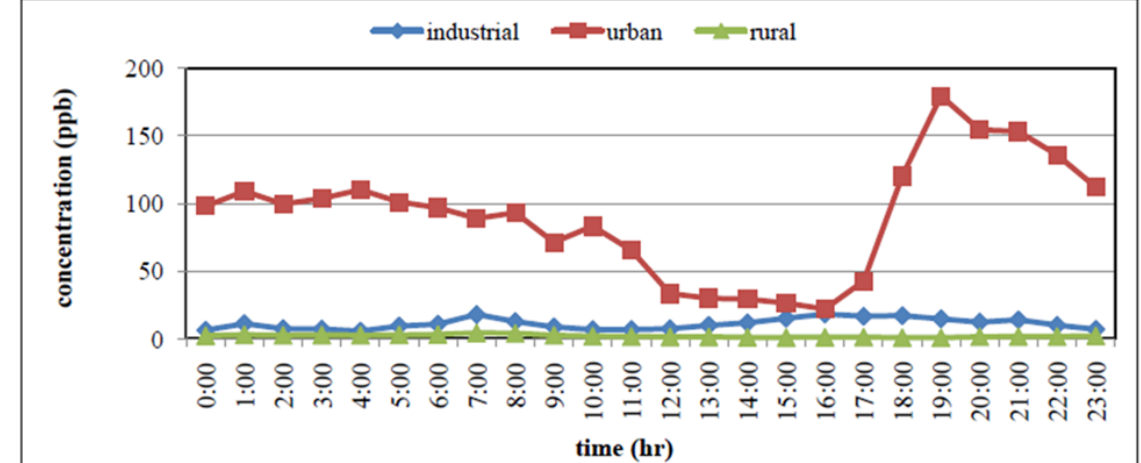
ในส่วนงานวิจัยของ Zhiqiang และคณะ (2011) พบว่าความเข้มรังสี UV และอุณหภูมิอากาศในรอบวันจะมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการเกิดปฏิกิริยา โดยความเข้มข้นโอโซนที่ผิวพื้นมีแนวโน้มสูงสุดในช่วงเวลาบ่าย และลดต่ำลงในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งโอโซนที่ผิวพื้นจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นในช่วงที่รังสี UV และอุณหภูมิอากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีอุณหภูมิอากาศเป็นตัวควบคุมการกระจายตัวของมลพิษ (Limpaseni et al., 2000) สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์รักษ์ และคณะ (2015)



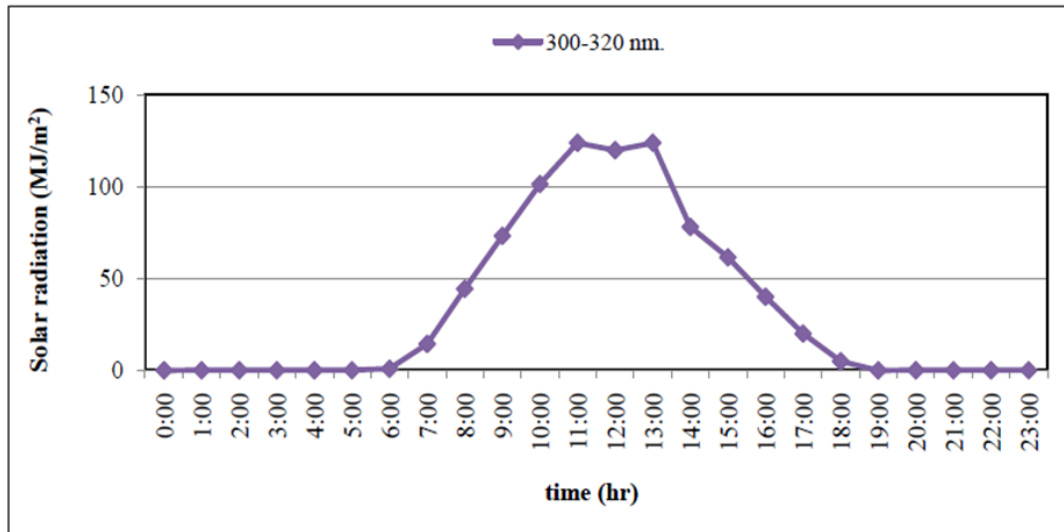
Diurnal of the ozone concentration in the study area



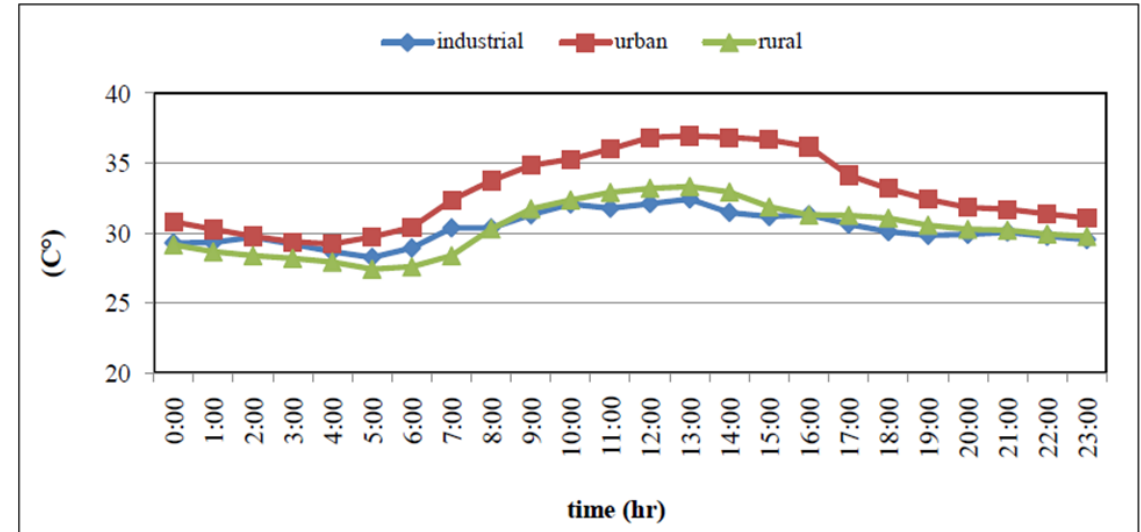
Diurnal of oxide of nitrogen concentration in the study area



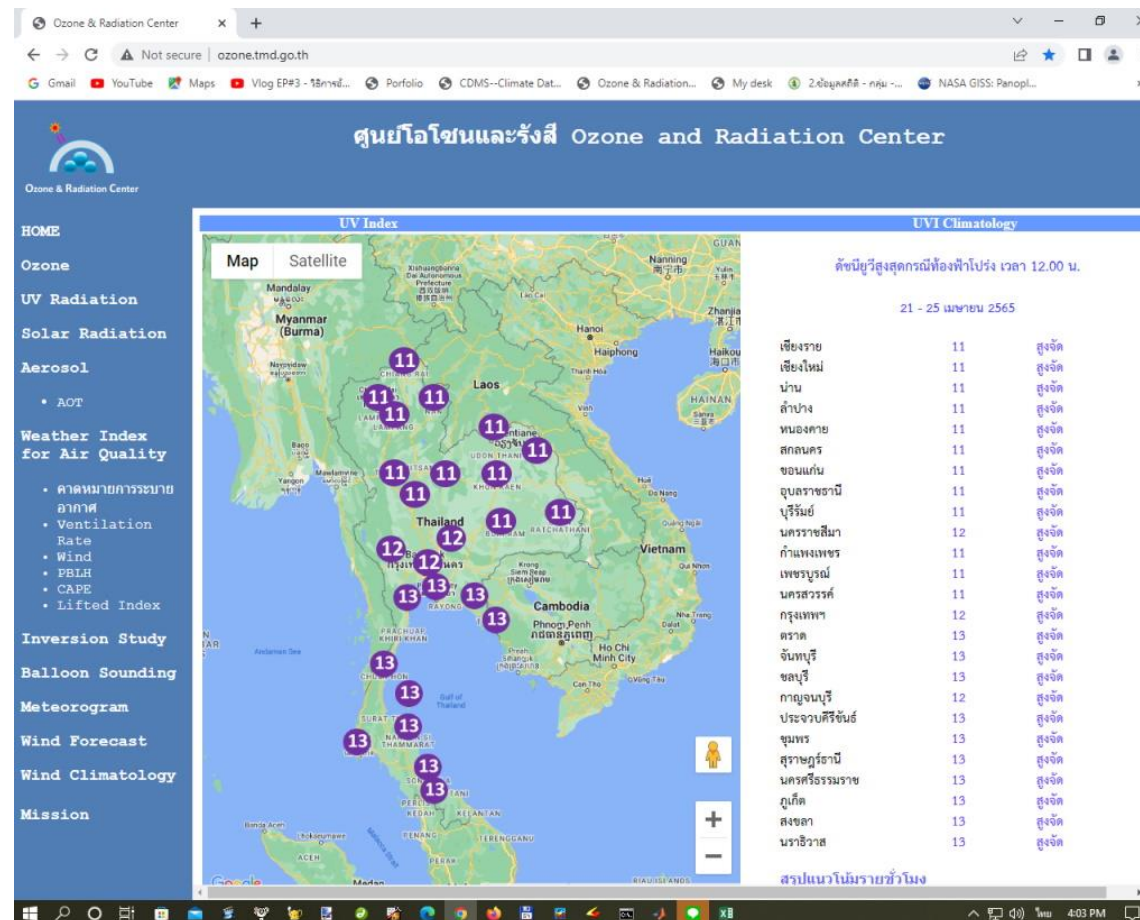
Diurnal of UV radiation (300 -320 nm) in the rural area



Diurnal of temperature in the study area



ดังนั้นการวัดความเข้มรังสี UV จึงมีความสำคัญต่อการพยากรณ์แนวโน้มการเกิดมลพิษทางอากาศได้
ซึ่งในงานของศูนย์โอโซนและรังสี ได้มีการพยากรณ์ความเข้มรังสี UV ให้ประชาชนได้รับทราบข้อมูลในรูปแบบ
ของ UV index ซึ่งสามารถติดตามได้ที่ <http://ozone.tmd.go.th>



ฝุ่น PM 2.5

ฝุ่น PM 2.5 เป็นฝุ่นขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สามารถเข้าไปในถุงลมปอดแพร่กระจายผ่านผนังถุงลมเข้าสู่เส้นเลือดฝอย และกระจายในกระแสเลือดได้ ซึ่งความเป็นอันตรายต่อร่างกายขึ้นอยู่กับ

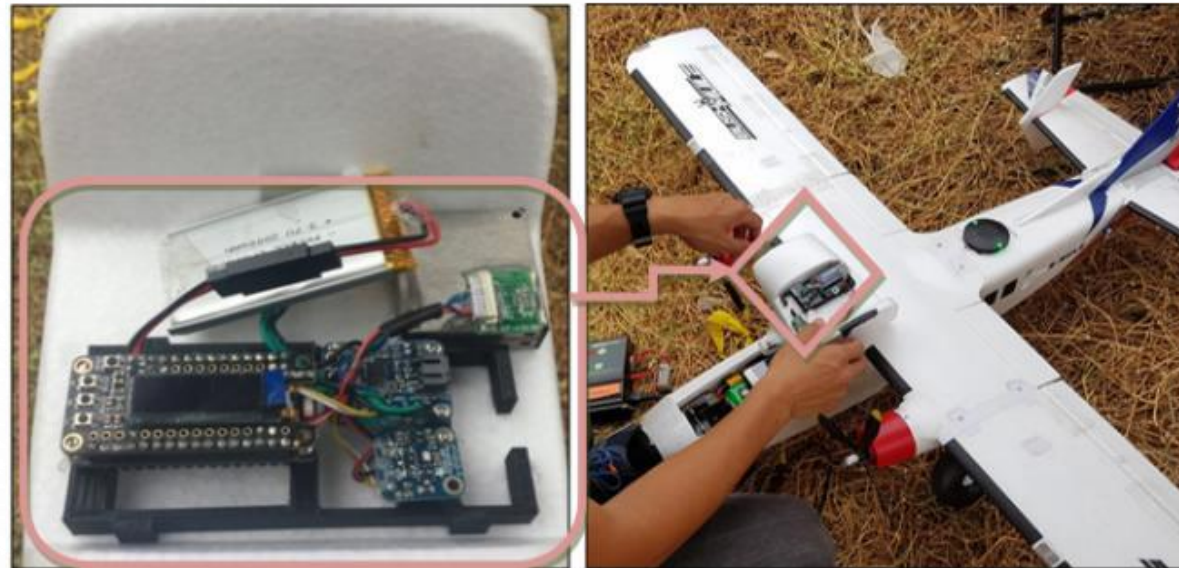
- ✓ ความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5
- ✓ ระยะเวลาที่สัมผัส
- ✓ สภาพร่างกายของผู้ที่สูดหายใจเข้าไป

ฝุ่น PM2.5 มีทั้งแหล่งกำเนิดโดยตรงและที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซและมลพิษอื่นๆ ในบรรยากาศ โดยเฉพาะก๊าซ SO_2 และ NO_x ซึ่งฝุ่น PM2.5 เป็นมลพิษข้ามพรมแดน สามารถปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศได้นาน ซึ่งในปี พ.ศ. 2556 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดอย่างเป็นทางการให้ฝุ่น PM2.5 จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ของสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งปอด



จากรายงานของกรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-เมษายน) หลายพื้นที่ของประเทศไทย มีค่าปริมาณฝุ่นละอองเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือ ซึ่งมีสาเหตุมาจากความแห้งแล้งที่เชื่อมโยงกับ extreme weather event รวมถึงปรากฏการณ์เอลนีโญ ประกอบกับในช่วงดังกล่าว มีการเผาเศษวัสดุเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเกษตร ส่งผลให้เกิด hot spot ทั้งในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน จากสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่ง ประกอบกับภูมิประเทศบางแห่งเป็นแอ่งกระทะ ส่งผลให้ฝุ่นละอองสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน และไม่สามารถแพร่กระจายได้ไกลมากนัก $\Rightarrow$ ฝุ่นละอองเพิ่มสูงขึ้น

J.B. Babaan และคณะ (2018) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ในแนวดิ่งโดยใช้เครื่องบินไร้คนขับ ทำการบินตรวจวัดภายในบริเวณมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ เมืองเกซอน ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 มีค่าลดลงตามความสูง และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการถดถอยทางสถิติชี้ให้เห็นว่า ความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ และเชิงลบกับความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม



3. พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่น PM2.5



Temperature and Solar radiation

อุณหภูมิอากาศและรังสีอาทิตย์ มีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาเคมีของก๊าซ CO , NO_x และ VOCs รวมถึงไฮโดรคาร์บอนต่างๆ ในบรรยากาศ ซึ่งก๊าซเหล่านี้มาจากไอเสียของรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก เมื่อก๊าซดังกล่าวทำปฏิกิริยากับรังสีดวงอาทิตย์จะก่อให้เกิด Photochemical Smog ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งก่อสร้าง ดังนั้นอุณหภูมิอากาศและรังสีดวงอาทิตย์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความเข้มข้นของ smog เพิ่มขึ้น

Wind speed and Wind direction

ลมเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้มลพิษมีการกระจายตัว เนื่องจากลมสามารถพัดเอามลพิษออกจากแหล่งกำเนิดได้ ซึ่งถ้าความเร็วลมมีค่าสูง มลพิษในอากาศจะกระจายตัวได้ดีและมีความเข้มข้นลดลง ยิ่งลมแรง จะเกิด turbulence ได้ดี (มลพิษจะผสมกันได้ดีในบรรยากาศ) ดังนั้นความเร็วลมจึงส่งผลต่อการเคลื่อนย้าย (Transport) การเจือจาง (Dilution) และการกระจายตัว (Dispersion) ของมลพิษ

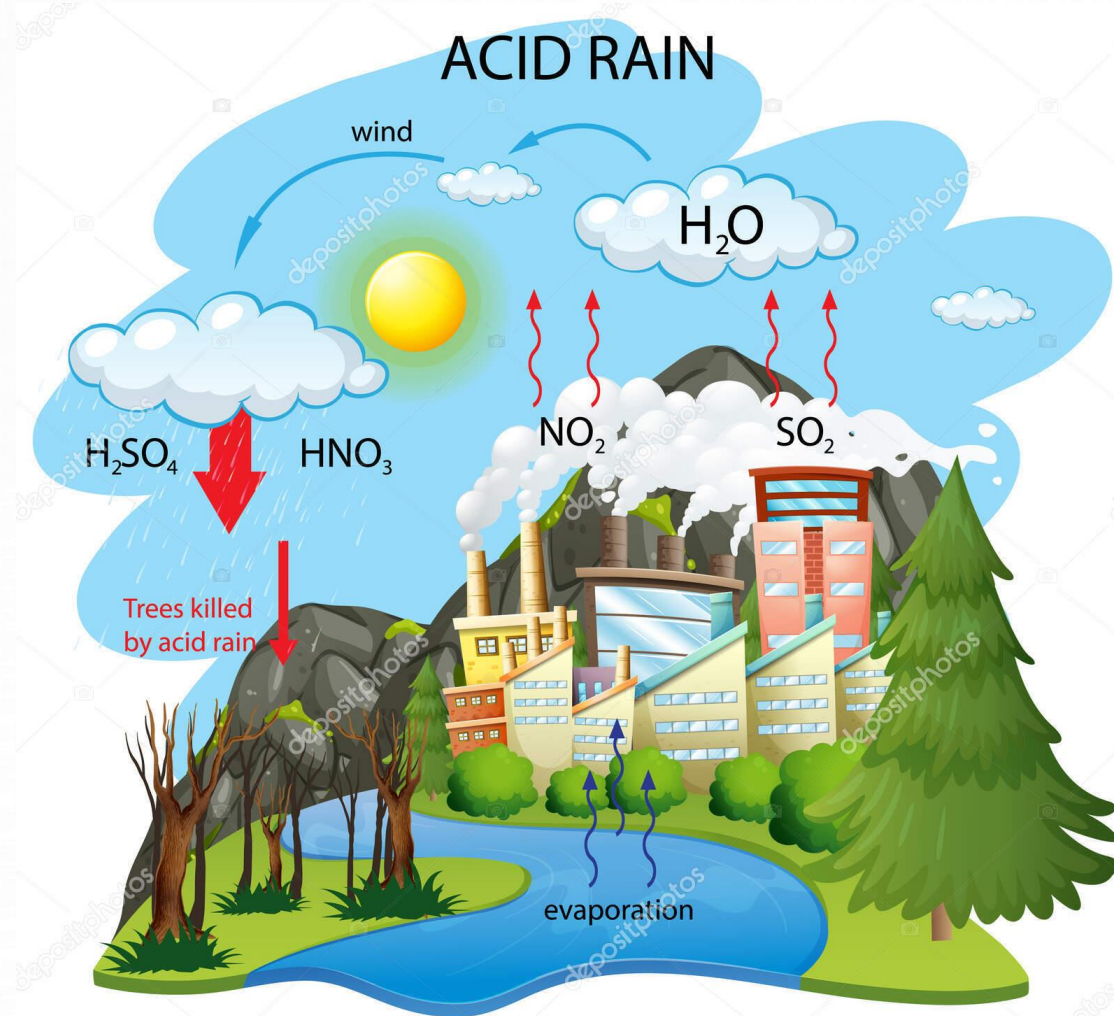
Humidity

ความชื้น (Humidity) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง โดยปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ (water vapour) มีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาความร้อนและปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีขนาดเล็กและมีความเป็นขั้วสูง จึงสามารถจับกับสารหลายชนิดได้ดี หากจับกับอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศจะสามารถเพิ่มปริมาณรังสีกระจายได้อย่างมีนัยสำคัญ หากโมเลกุลของน้ำไปจับกับก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อน เช่น ก๊าซ SO_2 จะรวมตัวกลายเป็นสารละลายกรดที่สามารถทำลายสุขภาพและทรัพย์สินได้ ดังนั้นความชื้นจึงมีผลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษ

Rainfall

การตกลงมาของฝนสามารถกำจัดมลพิษในบรรยากาศได้ โดยฝนจะชะล้างฝุ่นละอองและเจือจางก๊าซมลพิษในบรรยากาศลง ซึ่งการกำจัดมลพิษในบรรยากาศออกไปได้มากหรือน้อย ขึ้นกับความถี่ของการที่ฝนตกและปริมาณฝนที่ตก

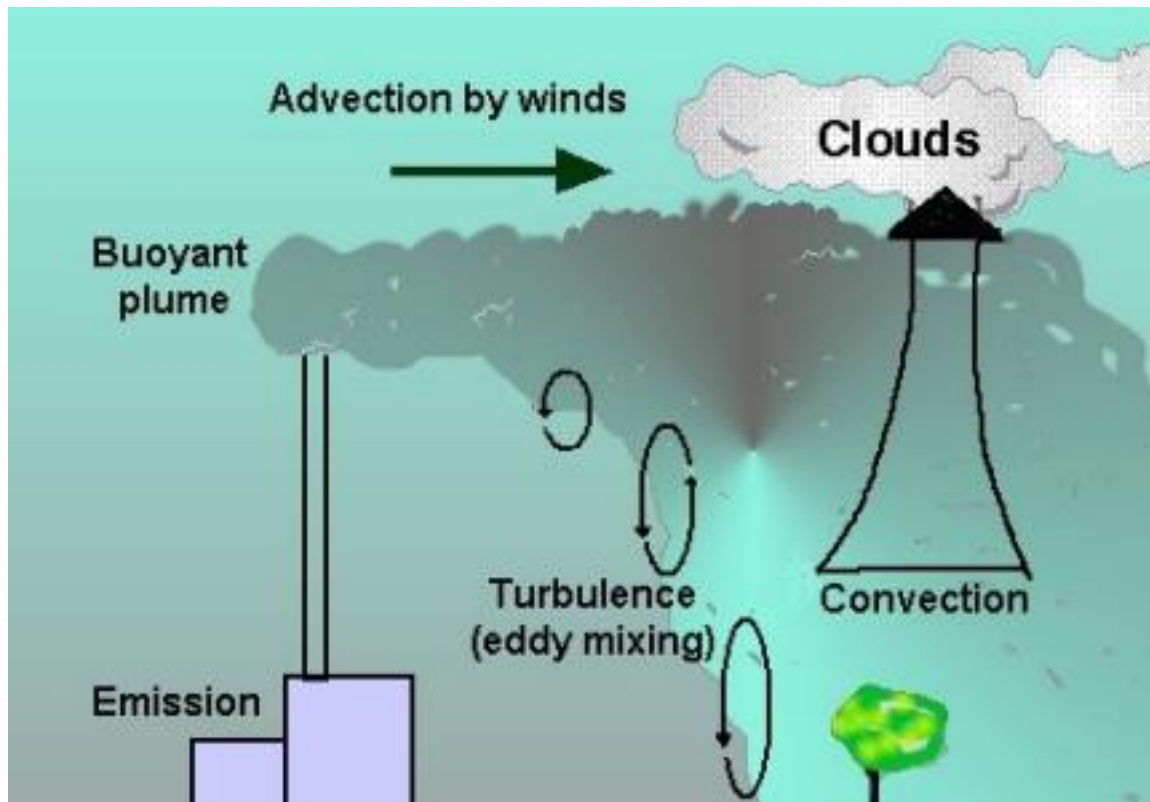
- ถ้าฝนตกได้บ่อยและมีปริมาณมาก จะชะล้างฝุ่นละอองในบรรยากาศได้ดี ส่งผลให้คุณภาพอากาศดีขึ้น
- ถ้าฝนเจือจางสารมลพิษที่เป็นก๊าซ เช่น ก๊าซ SO_2 จะเกิดเป็นฝนกรด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุและ/หรือพืชได้



Atmospheric Stability

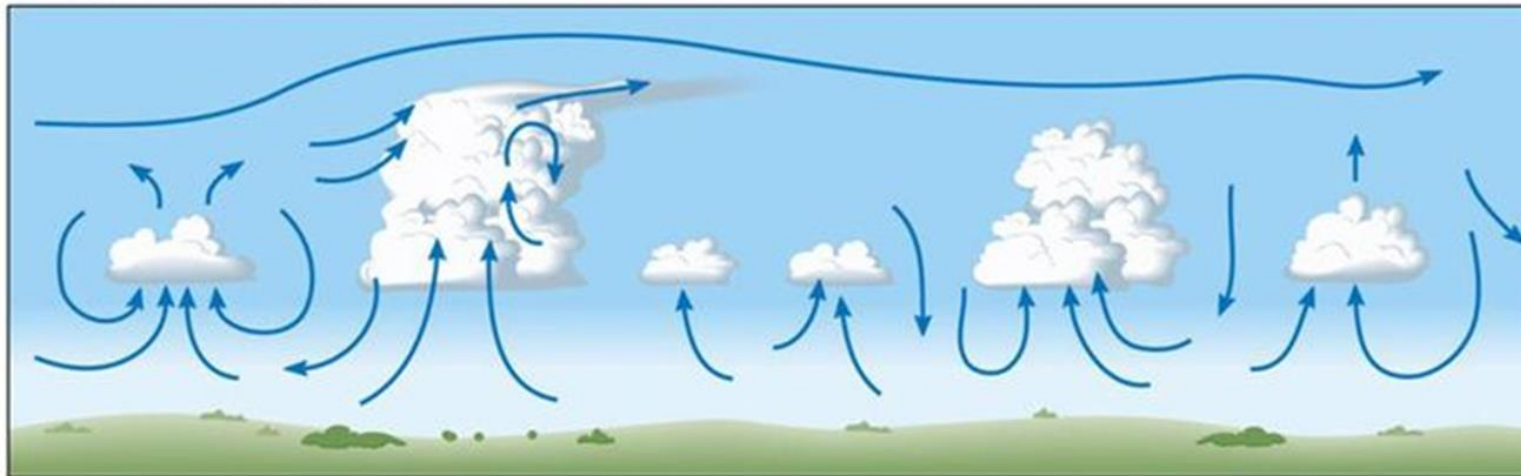
การเคลื่อนที่ของอากาศสามารถนำพามลพิษให้เคลื่อนที่ตามไปได้ โดยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ ในชั้นบรรยากาศจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของมลพิษที่เข้าไปแทรกหรือผสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งวิธีการหลักที่มลพิษเข้าไปแทรกในชั้นบรรยากาศเรียกว่า Free convection และชั้นความสูงที่มลพิษเข้าไปผสมกับอากาศจะเรียกว่า Mixed layer

Convection

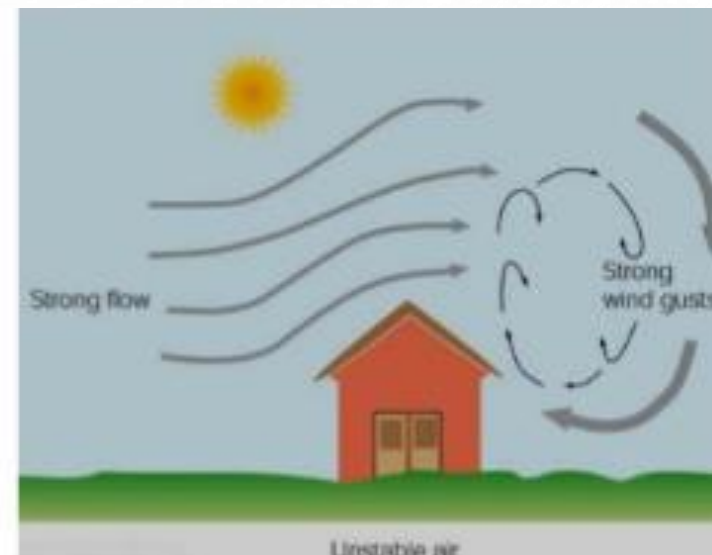
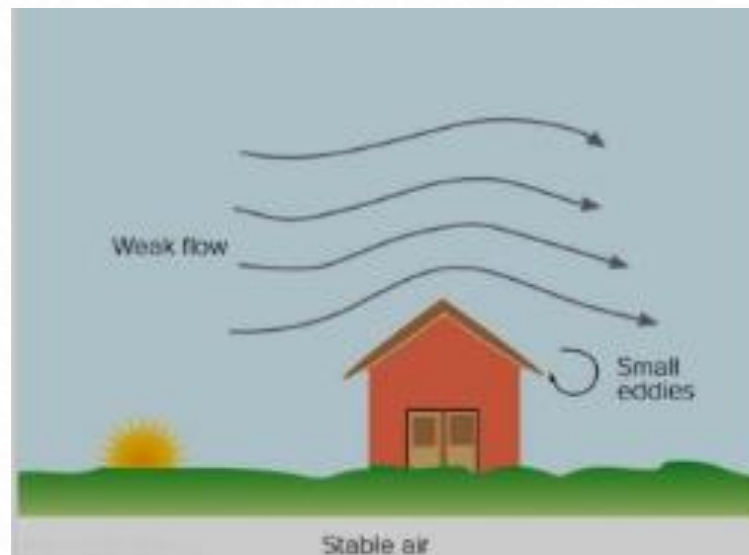


คือการถ่ายเทของมวลอากาศในแนวตั้ง ซึ่ง convection นั้นสามารถเกิดได้ในของไหลเท่านั้น วิธีการส่งผ่านพลังงานหรือมวลสารของอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งสามารถทำได้ด้วยการหมุนวนของกลุ่มก้อนอากาศหรือเรียกว่า eddy ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบ Convection มี 2 แบบ ได้แก่

1. Free convection หรือ Convective turbulence จะเกิดขึ้นในบรรยากาศที่ระดับต่ำ โดยเกิดจากก้อนอากาศมีการลอยตัวและจมตัว เนื่องจากความกดอากาศของบริเวณหนึ่งต่างจากบริเวณโดยรอบ ซึ่ง turbulence แบบนี้จะมีความรุนแรงมากใน **ช่วงบ่ายของฤดูร้อน ประกอบกับมีลมพัดอ่อน** อากาศที่ได้รับความร้อนบริเวณพื้นผิวจะร้อนกว่าอากาศโดยรอบ อากาศบริเวณที่ร้อนจะเบากว่า และลอยขึ้นไปด้านบนในทางกลับกัน อากาศบริเวณที่เย็นกว่าจะจมตัวลงสู่ด้านล่าง ทำให้เกิดการแทนที่ของอากาศขึ้น ดังรูป



2. Force convection หรือ Mechanical turbulence เป็นกระแสน้ำอากาศปั่นป่วนที่เกิดขึ้นเมื่ออากาศไหลผ่านพื้นผิวที่ขรุขระหรือสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น เกิดเป็นแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหยาบของพื้นผิวที่กั้นขวาง และความเร็วของการเคลื่อนที่ในแนวนอน ซึ่งเมื่อกระแสลมพัดผ่านพื้นผิวที่ขรุขระหรือสิ่งกีดขวาง จะม้วนและขดตัวเป็นวงขนาดต่างๆ (eddy) ตามรูป และเคลื่อนที่ไปตามการไหลของกระแสลม

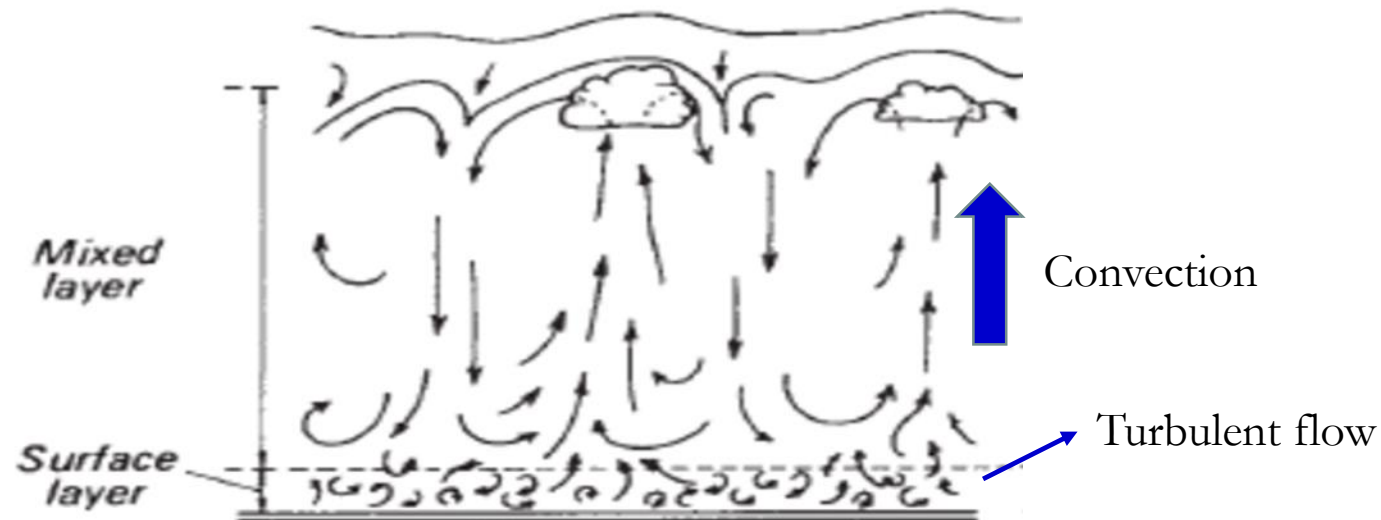


Lapse Rates

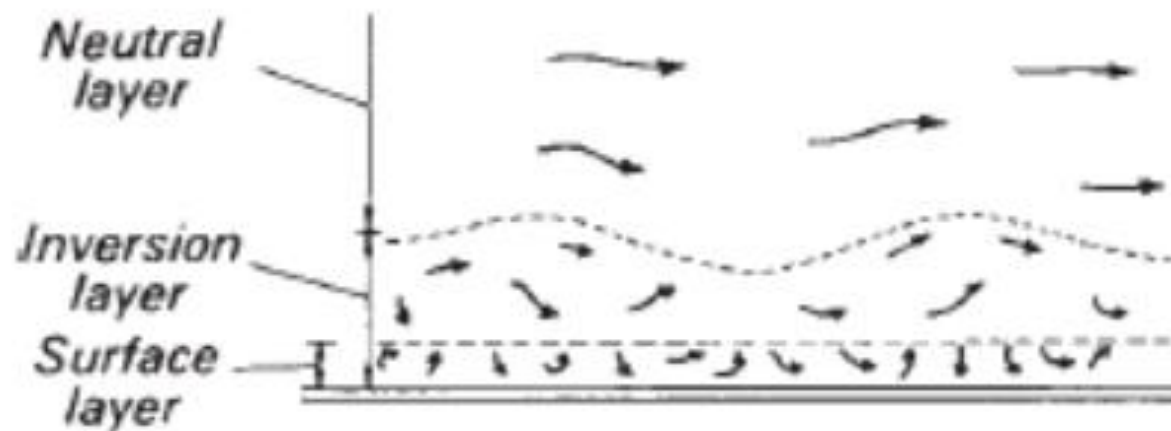
- **Lapse Rates:** The rate at which temperature changes in the vertical (slope of the temperature vertical profile)
- **Environmental lapse rate (ELR) :** the rate at which the environment's temperature decreases with increasing altitude
 - Environmental lapse rate = 6.5°C/km (on average in the troposphere)

- **Moist adiabatic lapse rate (MALR):** the rate at which a saturated air parcel will cool if it rises or warm if it sinks (applies to an air parcel with a RH of 100%)
 - Moist adiabatic lapse rate = $6^{\circ}\text{C} / \text{km}$ (on average in the troposphere)
- **Dry adiabatic lapse rate (DALR):** the rate at which an unsaturated air parcel will cool if it rises or warm as it sinks (applies to an air parcel with a relative humidity (RH) of less than 100%)
 - Dry adiabatic lapse rate = $10^{\circ}\text{C} / \text{km}$
- ✓ Use the ELR to determine the *temperature of the environment* as you move up or down in the atmosphere.
- ✓ Use the DALR or MALR to determine the *temperature of an air parcel* as it rises or sinks in the atmosphere.

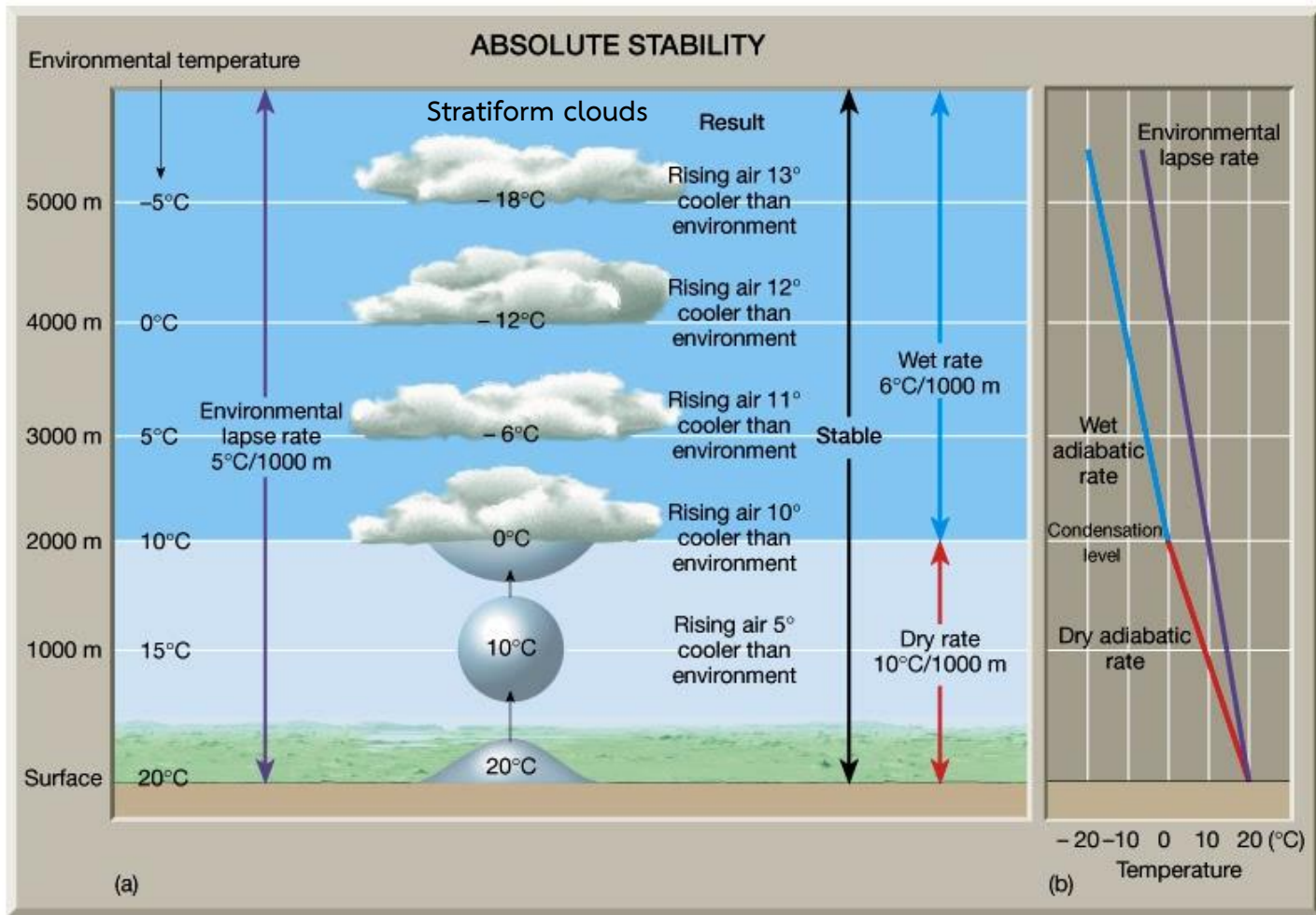
มลพิษจะแทรกเข้าไปในบรรยากาศได้ดี เมื่อชั้นบรรยากาศที่ใกล้ผิวพื้นมีสถานะ unstable โดย Mixed layer จะหนามาก โดยอาจหนาได้ถึง 2,000-3,000 เมตร ซึ่งมักเกิดในช่วงที่อากาศร้อน (เวลากลางวัน) โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนทำให้บรรยากาศใกล้ผิวดินร้อน ก้อนอากาศ (air parcel) ร้อนจะลอยตัวขึ้นด้านบนไปเรื่อยๆ โดยมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (convection) หรือมีการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) (ขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ) มลพิษในอากาศจะกระจายตัวได้ดีในแนวตั้ง ส่งผลให้มลพิษมีความเข้มข้นต่ำ



ในทางตรงกันข้าม การกระจายตัวของมลพิษที่เข้าไปแทรกในบรรยากาศจะทำได้ไม่ดีในช่วงที่อากาศเย็น (เวลากลางคืน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงฤดูหนาวในวันที่มีเมฆมาก ซึ่งจะเกิด Temperature inversion โดยบรรยากาศใกล้ผิวดินมีสภาวะแบบ **stable** กล่าวคือ บรรยากาศที่ใกล้ผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศที่อยู่ด้านบน ก้อนอากาศที่ยกตัวลอยขึ้นไปด้านบนจะถูกผลักกลับไปที่ตำแหน่งเดิม อากาศเย็นจะจมตัวลงด้านล่าง ทำให้ mixed layer หดตัวลง (เหลือ ~ 200-300 เมตร) มลพิษในบรรยากาศจะเคลื่อนที่แบบ convection หรือ turbulence น้อยลงและอยู่คงที่ ไม่กระจายตัวขึ้นไปด้านบน



Absolutely stable



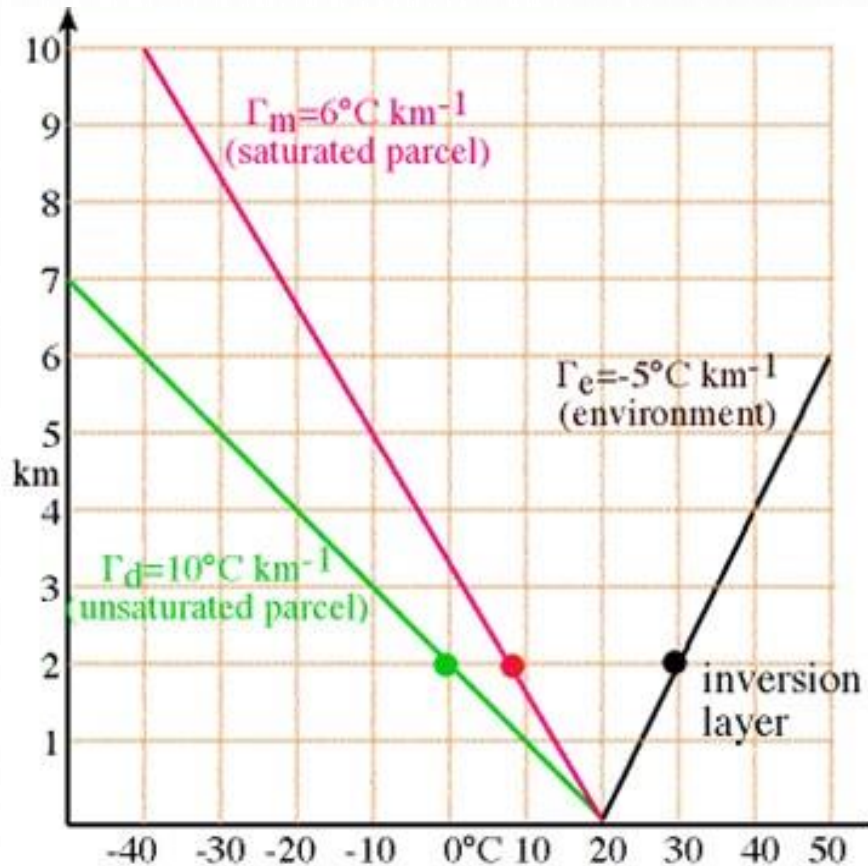
➤ $ELR < MALR < DALR$

➤ $T_{env} > T_{parcel}$

➤ $\rho_{env} < \rho_{parcel}$; parcel is negative buoyancy

⇒ A saturated or unsaturated parcel will be cooler than the surrounding environment and **will sink, if raised**

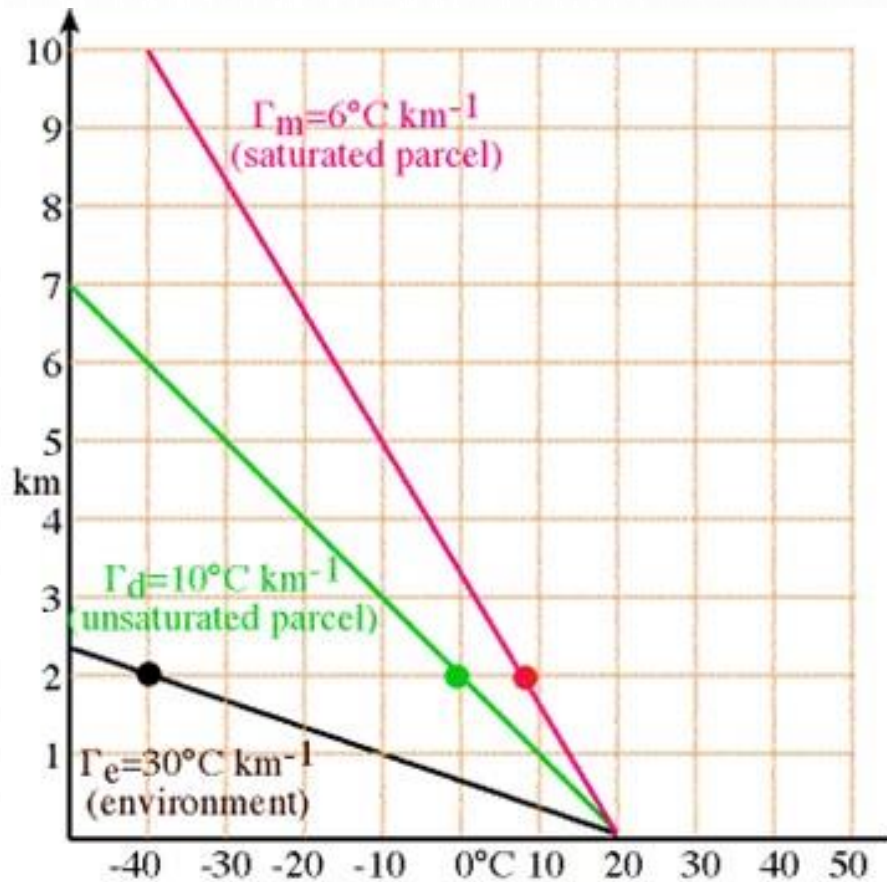
Inversion



- Inversion layer are always **very stable**
- Temperature increases with heights
- Warm air above cold air

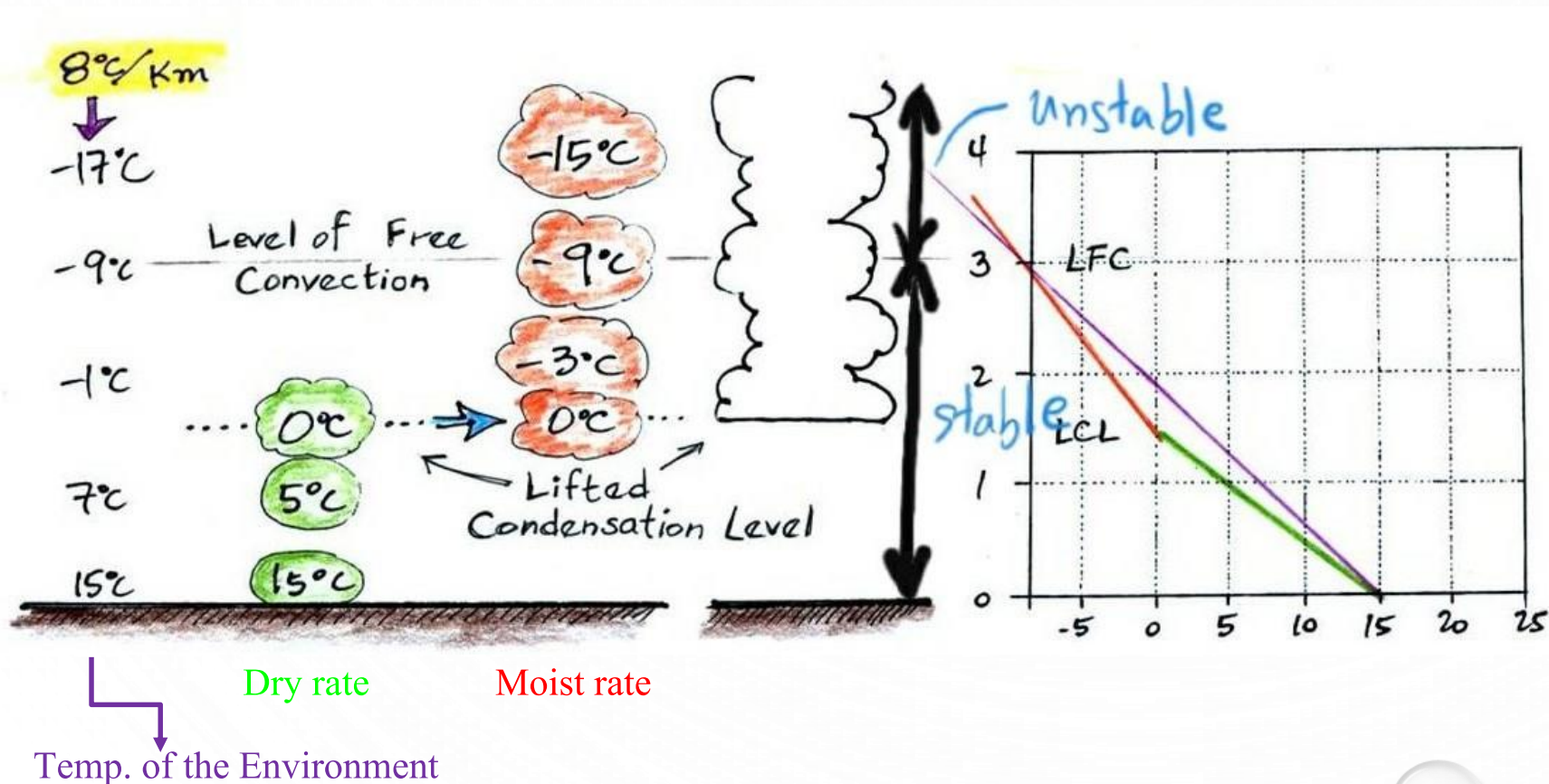
⇒ เกิดในช่วงกลางคืนที่อากาศที่ผิวดินเย็น หรือเรียก
สถานะนี้ว่า **Inversion** ⇒ **winter, night**

Absolutely unstable

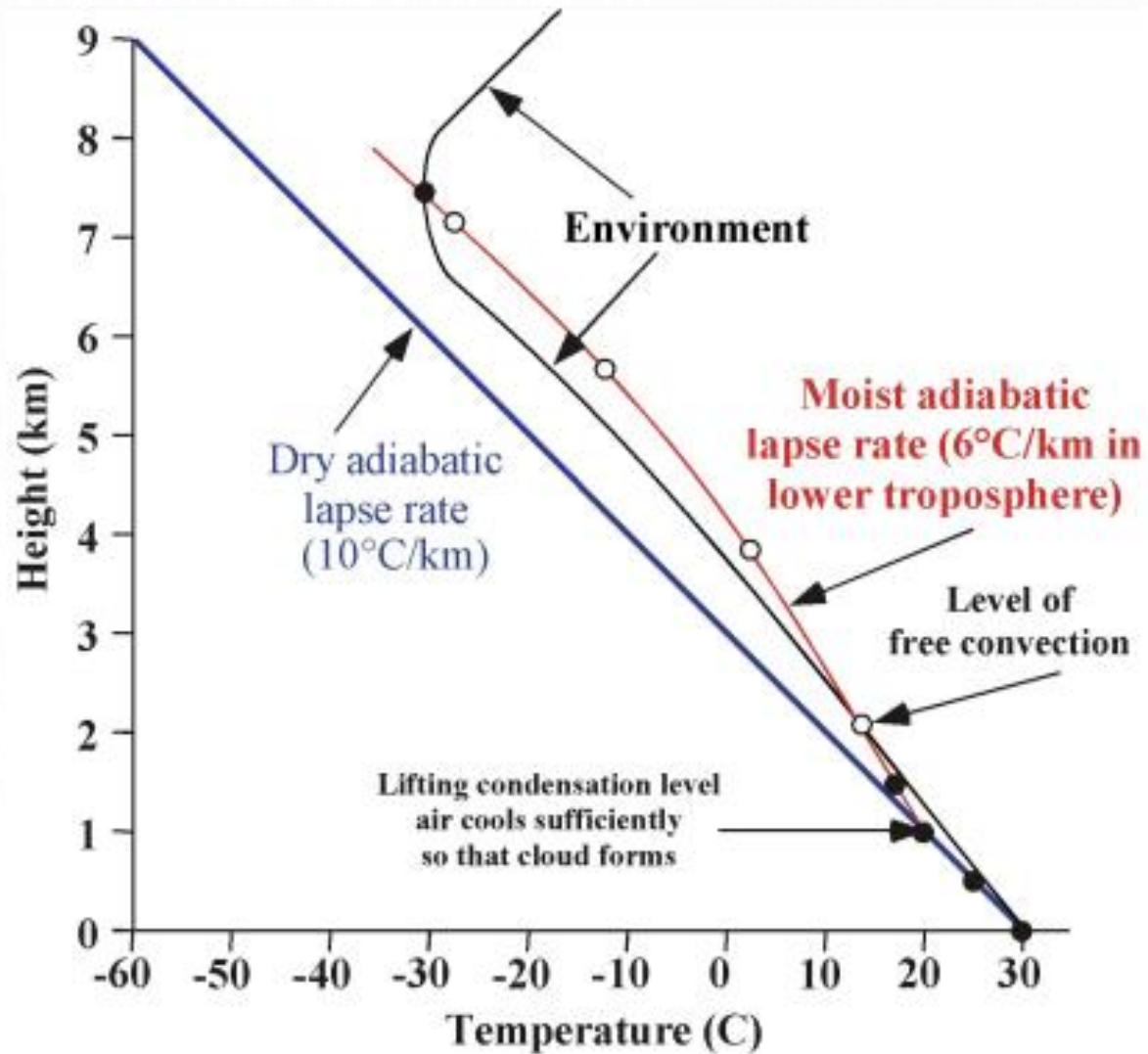


- **ELR > DALR > MALR**
- A saturated or unsaturated parcel will be warmer than the surrounding environment and **will continue to ascend, if raised.**

Conditionally unstable

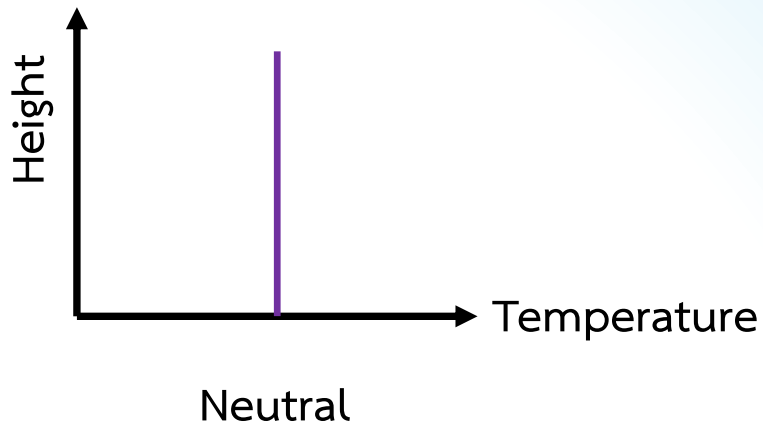
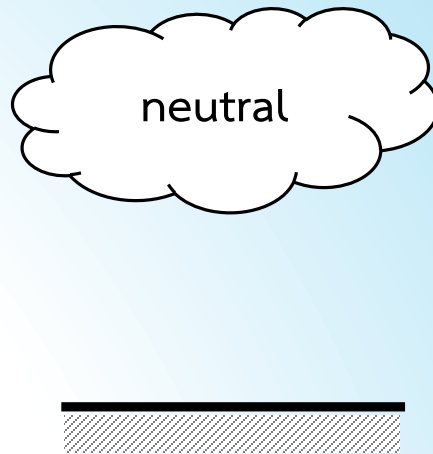


- **MALR < ELR < DALR**
 - $T_{env} < T_{parcel}$
 - $\rho_{env} > \rho_{parcel}$; parcel is positive buoyancy
 - An unsaturated parcel will be cooler and will sink, if raised
 - A saturated parcel will be warmer and will ascend, if raised
- ⇒ เกิดในวันที่อากาศแจ่มใส แดดจัด ไม่มีเมฆ ⇒ *summer, day*



- Lifting Condensation Level (LCL) : the level where condensation first occurs as an air parcel is lifted (where the relative humidity of the air parcel becomes 100%)
- Level of Free convection (LFC) : the level where an air parcel first becomes buoyant (warmer than its environment)

Neutral



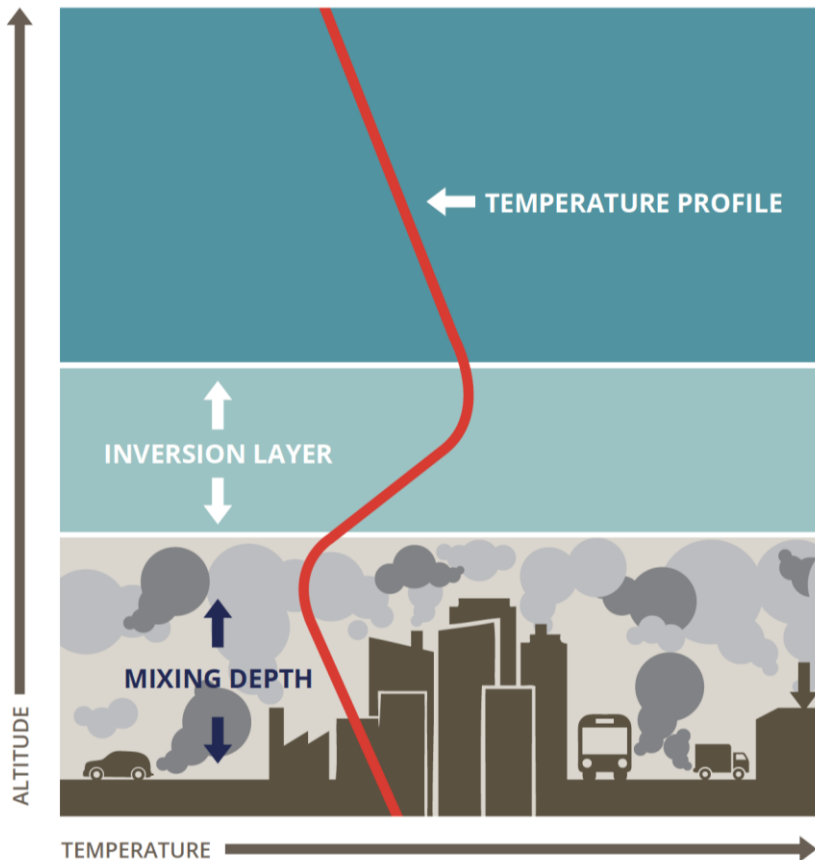
➤ Neutral – no effect on vertical movement (convection)

➤ **ELR = DALR**

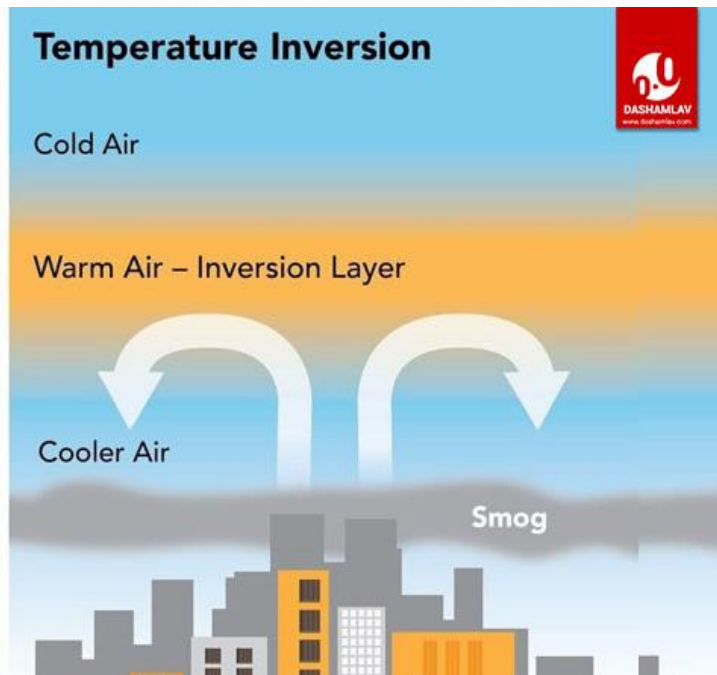
⇒ Air parcel เคลื่อนที่ขึ้นๆ ลงๆ จากตำแหน่ง
ท้ายที่สุดจะถึงจุดสมดุลที่อุณหภูมิไม่มีการ
เปลี่ยนแปลง จึงอยู่ในระดับเดิม คือไม่ลอยขึ้นหรือ
จมลงอีกต่อไป

⇒ เกิดในวันที่ท้องฟ้ามีดครึ้ม มีเมฆมาก และลมแรง
(Autumn, high wind)

TEMPERATURE INVERSION



<https://www.eea.europa.eu/media/infographics/temperature-inversion-traps-pollution-at/view>



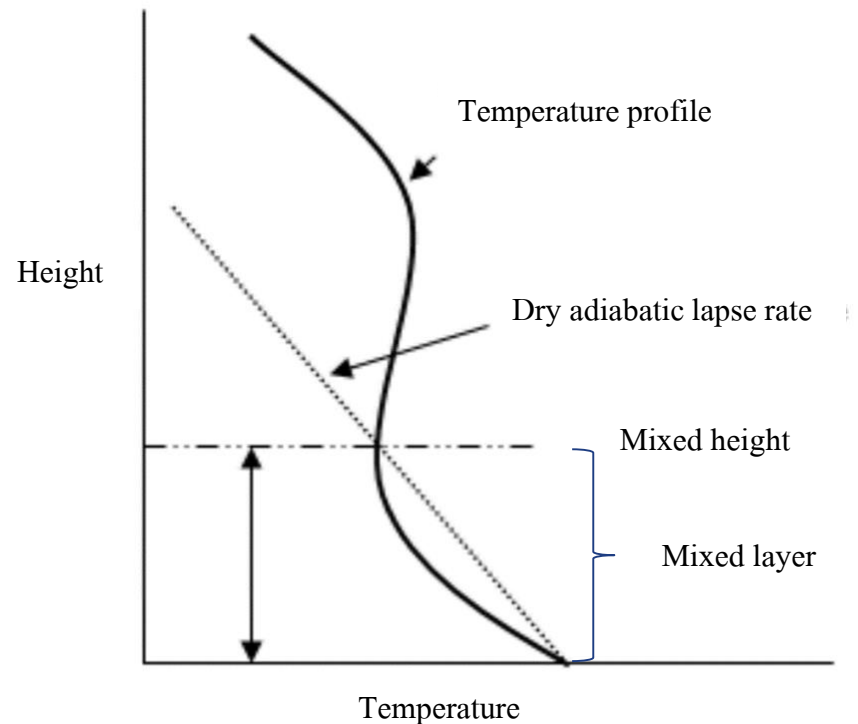
<https://dashamlav.com/temperature-inversion-meaning-definition-causes-effects-diagram/>



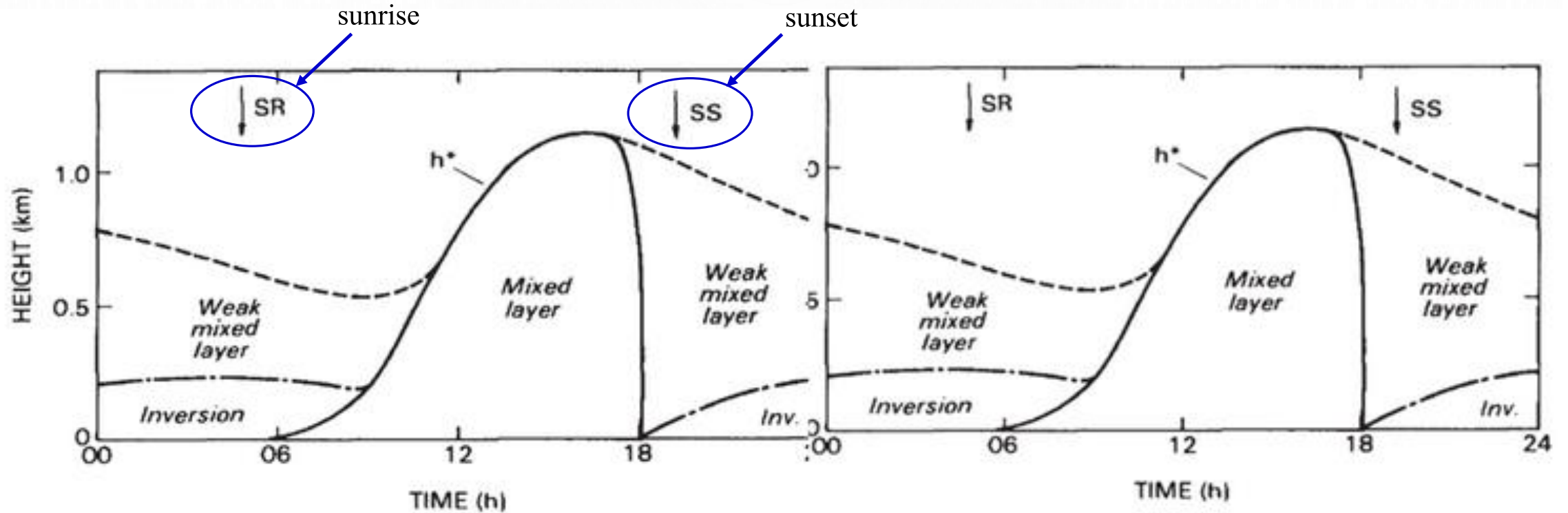
<https://stem.in.th/temperature-inversion/>

Mixing height

ระดับความสูงผสม (Mixing height or Mixing Depth) เป็นระยะทางจากพื้นผิวโลกไปจนถึงขอบล่างของ inversion layer โดยจะเรียกชั้นดังกล่าวว่า Mixed layer ซึ่งสามารถใช้บอกลักษณะการกระจายของมลพิษในบรรยากาศ



Diurnal variation in the height of the Mixed Layer



ที่มาจาก : Basic Physical Boundary Layer Climate เรียบเรียง โดย นพ.ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล

Ventilation rate

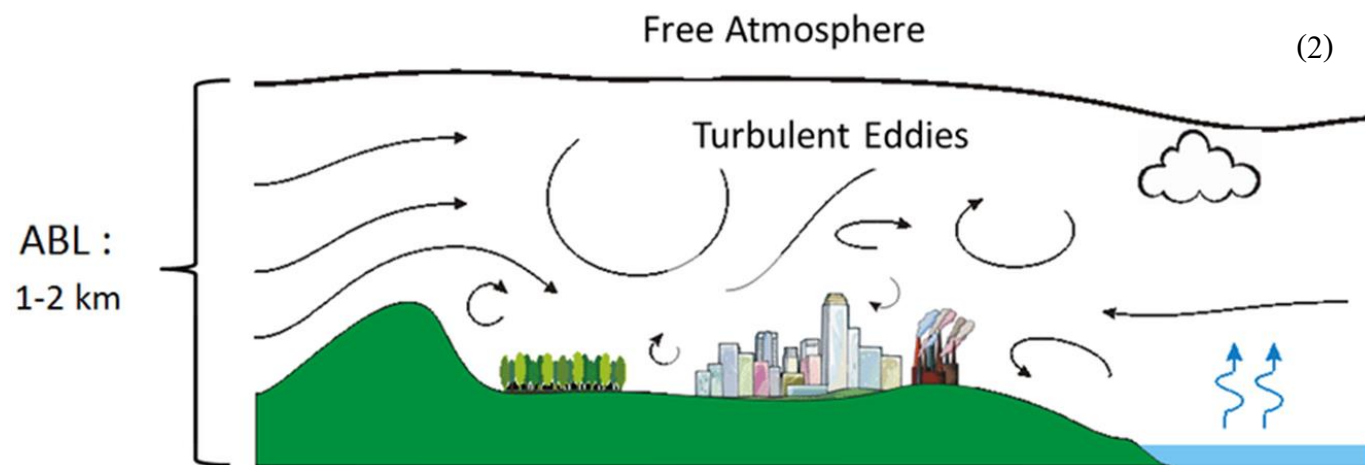
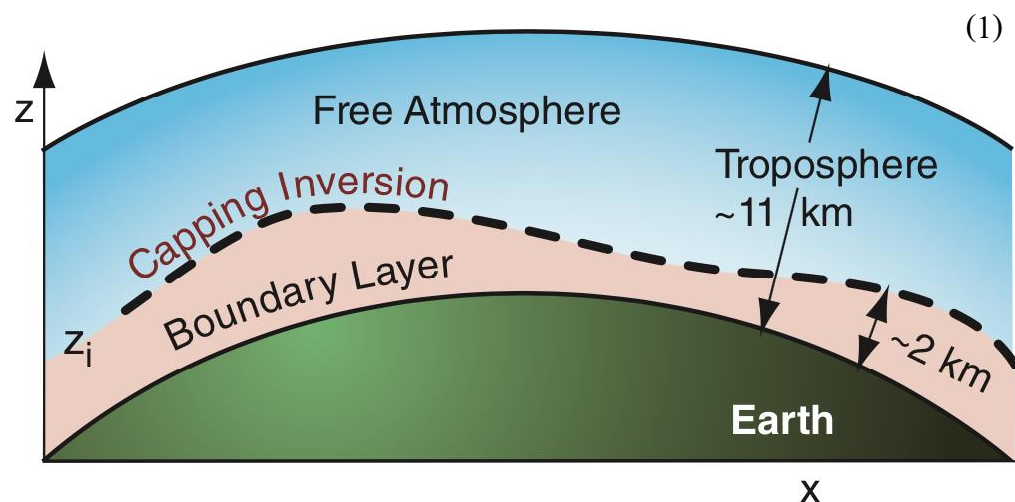


อัตราการระบายอากาศ (Ventilation rate) เป็นค่าที่บอกความสามารถในการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งแนวราบและแนวตั้ง หรือผลคูณของความเร็วลมเฉลี่ยใน mixed layer กับความสูงของชั้นอากาศใกล้ผิวพื้นโลก (mixing height) ซึ่งค่าการระบายอากาศนี้ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์คุณภาพอากาศเพื่อกำหนดความสามารถการกระจายตัวของมลพิษในบรรยากาศ

ยกตัวอย่างเช่นที่คณะ Atmospheric Sciences มหาวิทยาลัยวอชิงตัน ได้ใช้ผลคูณของความสูง PBL และความเร็วมที่ความสูง 20 เมตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาดัชนีการระบายอากาศ เป็นต้น



Planetary Boundary Layer (PBL)



It is also called the Atmospheric Boundary Layer (ABL) or just the boundary layer (BL).

(1) ที่มาจาก : https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/flying/met_concepts/03-met_concepts/03f-BL_obstacle_wake/index.html

(2) ที่มาจาก : <https://bmeafl.com/the-project-proposal/>



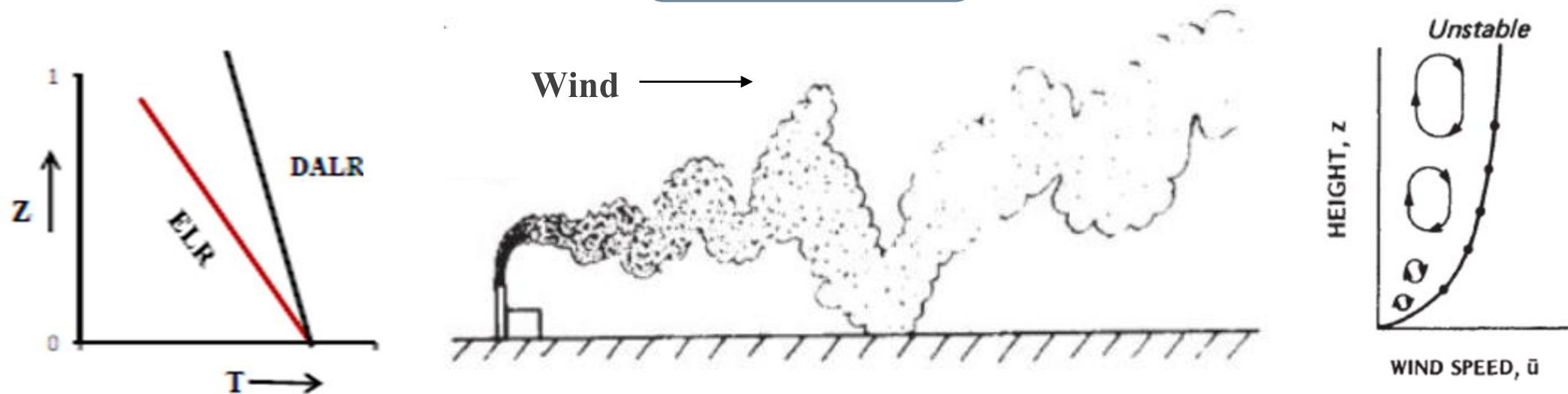
4. แบบแผนการกระจายของล้ามลพิษ

การกระจายของล้ามลพิษ (Plume) จะสัมพันธ์กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยแสดงเป็นแบบแผนการกระจายของล้ามลพิษได้ดังนี้

- 1) แบบลูป (Looping)
- 2) แบบโคน (Coning)
- 3) แบบพัด (Fanning)
- 4) แบบกระจายชั้นบน (Lofting)
- 5) แบบรมควัน (Fumigating)



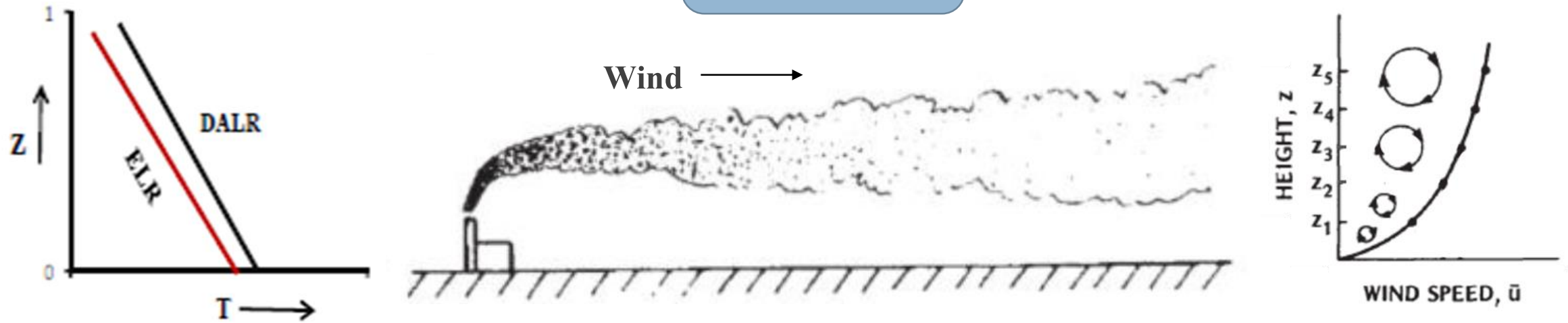
Looping



- เกิดในเวลากลางวันที่มีแดดจัดและลมแรง
- เสถียรภาพของบรรยากาศเป็นแบบไม่เสถียร (unstable)
- มี convection หรือ turbulence ค่อนข้างแรง
- ลามลพิษมีการเคลื่อนตัวแบบ transport มากกว่าแบบ diffuse กระแสอากาศจึงพัดลามลพิษขึ้นๆลง และมีบางช่วงที่ลามลพิษแต่ละพื้นด้านล่างในจุดใดจุดหนึ่งที่ไม่ไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษ โดยพบว่าความเข้มข้นของมลพิษมีค่าสูง



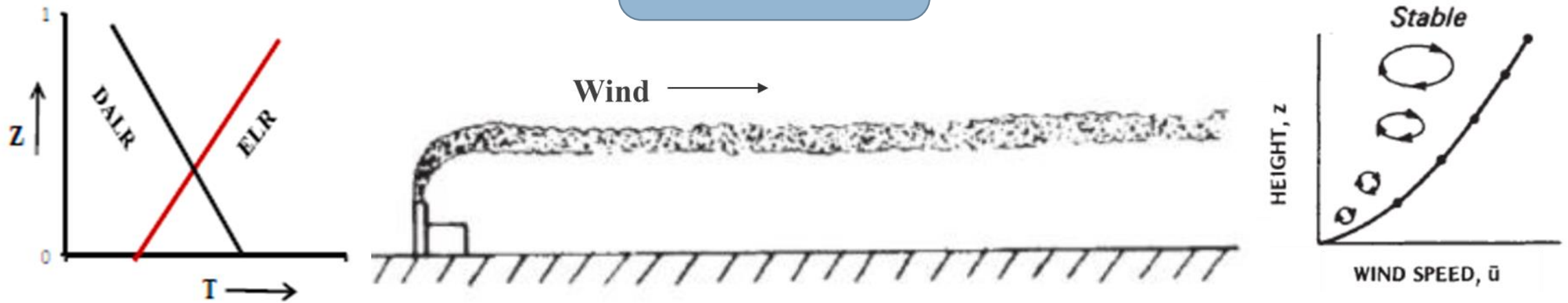
Coning



- สามารถเกิดขึ้นได้ทุกฤดูกาล ในวันที่มีลมแรงและมีเมฆมาก
- เสถียรภาพของบรรยากาศเป็นแบบค่อนข้างเสถียร (neutral atmosphere)
- มี turbulence สามารถพาลำมลพิษขึ้นไปด้วยได้แต่ไม่แรง โดยมลพิษถูกพาไปแบบ diffuse มากกว่าแบบ transport ทำให้ลำมลพิษเคลื่อนที่ไปด้วยข้างตามกระแสลมและมีการเคลื่อนขึ้นไปด้วยแบบ eddy เกิดสมดุลงี้จึงเห็นลำมลพิษเป็นรูปโคน และไม่มีจุดที่กลุ่มมลพิษตกลงพื้น ความเข้มข้นของมลพิษถูกเจือจางลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่ห่างออกไป



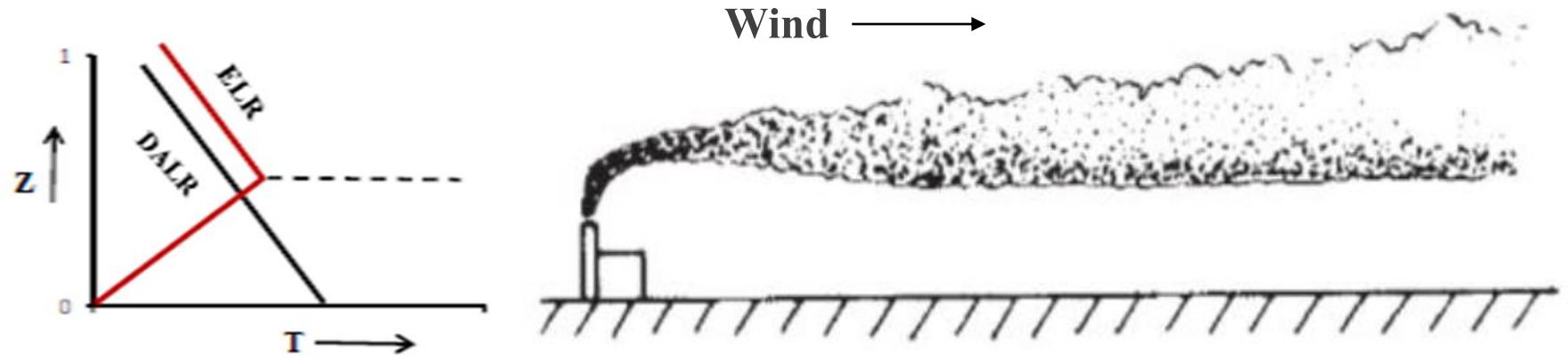
Fanning



- เกิดช่วงเวลากลางคืนในวันที่อากาศแจ่มใส
- เสถียรภาพของบรรยากาศเป็นแบบเสถียรสูง (extremely stable atmosphere) บรรยากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าด้านล่างเกิด inversion
- มี eddy ต่ำ ทำให้มลพิษถูกพาแบบ transport มากกว่าแบบ diffuse ดังนั้นความเข้มข้นของมลพิษที่แหล่งกำเนิดกับที่ถูกลมพัดไปมีค่าไม่ต่างกัน แม้จะเคลื่อนที่ไปไกลถึง 100 กิโลเมตร



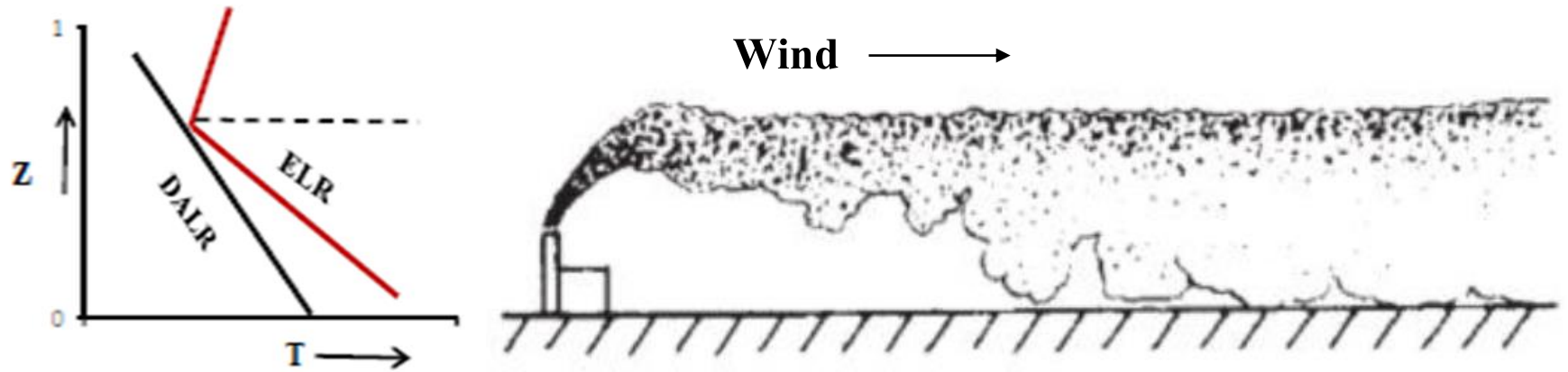
Lofting



- เกิดเมื่อเสถียรภาพบรรยากาศด้านบนของลุ่มลพิษเป็นแบบ unstable ส่วนด้านล่างเป็นแบบ inversion $\Rightarrow$ มลพิษจะกระจายตัวขึ้นไปสู่บรรยากาศด้านบน
- เกิดในช่วงเย็นที่ดวงอาทิตย์ตกแล้ว พื้นดินเริ่มเย็นทำให้บรรยากาศเหนือพื้นดินไม่มาก (~ 150 เมตร) เกิด inversion ส่งผลให้ความเข้มข้นของมลพิษลดลงตามระยะทางที่ไกลจากแหล่งกำเนิด
- ภาวะนี้เกิดชั่วคราว เพราะเมื่อผ่านจากช่วงเย็นไปหัวค่ำจะเปลี่ยนจาก Lofting เป็นแบบ Fanning แทน



Fumigation



- เกิดเมื่อเสถียรภาพบรรยากาศด้านบนของลุ่มลพิษเป็นแบบ inversion ส่วนด้านล่างเป็นแบบ unstable $\Rightarrow$ สารมลพิษจะตกลงมาสู่พื้น
- เกิดในพื้นที่ชนบท ช่วงกลางคืนก่อนพระอาทิตย์ขึ้น บรรยากาศด้านล่างเย็นกว่าด้านบน (เกิด inversion) แต่หลังจากพระอาทิตย์ขึ้นใหม่ๆ บรรยากาศติดพื้นจะค่อยๆ ร้อนขึ้น inversion layer จะค่อยๆ ลดความหนาลง ในกรณีที่ inversion layer ยังไม่หมด ส่วนที่สูงกว่าลุ่มลพิษจะทำหน้าที่เป็นฝาชีครอบไม่ให้มลพิษกระจายขึ้นด้านบน ส่วนด้านล่างอุณหภูมิมีค่าสูงกว่าด้านบน ส่งผลให้มลพิษกระจายตัวลงด้านล่างจนลงมาถึงพื้นดินได้ โดยมีช่วงเวลาการเกิดประมาณ 30 นาที เพราะเมื่อพระอาทิตย์ขึ้นเต็มที่แล้ว inversion layer จะหมดไป



Summary

- รังสี UV เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาใน photochemical smog ทำให้เกิด O_3 ที่ผิวพื้นและฝุ่น $PM_{2.5}$
- ก๊าซ NO_2 เป็นตัวการหลักที่ทำให้เกิด Secondary pollutant (O_3 ที่ผิวพื้น และฝุ่น $PM_{2.5}$)
- อุณหภูมิอากาศเป็นตัวควบคุมการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ $\Rightarrow$ Mixing Height
- Ventilation จะมีค่าสูง (การระบายอากาศดี) เมื่อ Mixing Height สูงในวันที่เสถียรภาพอากาศเป็นแบบ unstable และ neutral ในช่วงเวลากลางวัน และมี Ventilation ต่ำเมื่อ Mixing Height มีค่าน้อยในช่วงเวลากลางคืนหรือในวันที่เสถียรภาพเป็นแบบ stable

จบการนำเสนอ

