

บทที่ 7

การระเหยและการคายน้ำ

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้และเข้าใจตลอดจนสามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความหมายของการระเหยและการคายน้ำได้
2. อธิบายความสำคัญของการคายระเหยได้
3. อธิบายขบวนการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลกได้
4. สามารถตรวจสอบอุณหภูมิของอากาศได้
5. อธิบายหลักการตรวจวัดน้ำระเหยได้
6. อธิบายวิธีการหาค่าการคายระเหยได้
7. อธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศประจำวันได้

สาระสำคัญ

1. ความสำคัญ

ความสำคัญของการระเหยและการคายน้ำถือเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาร่วมกันตามแนวทางของอุทกวิทยา เนื่องจากสาเหตุที่ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำโดยทั่วไปมักจะประกอบด้วยพื้นดินและป่าไม้ที่ปกคลุมอยู่ หากไม่ใช่ป่าไม้โดยส่วนใหญ่แล้วก็มักจะเป็นบริเวณที่มีพืชพรรณต่าง ๆ ที่ปลูกขึ้นเพื่อการเกษตรในลักษณะต่าง ๆ โดยเฉพาะลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ป่าปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ นั้น นอกจากจะมีการระเหยของน้ำตามปกติแล้วจะมีการคายน้ำของต้นไม้อีกด้วย ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับการสูญเสียน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำจากการระเหยจึงต้องรวมถึงการ

คายน้ำของต้นไม้ด้วย เพราะโดยธรรมชาติแล้วพื้นผิวดินมักจะปกคลุมด้วยพรรณไม้นานาชนิดแตกต่างกันออกไป มากบ้างน้อยบ้างแล้วแต่สภาพของภูมิประเทศ

การระเหย (Evaporation) หมายถึง การเปลี่ยนสภาพของน้ำจากสถานะที่เป็นของเหลวกลายเป็นไอ การคายน้ำของต้นไม้ (Transpiration) เป็นขบวนการที่เกิดจากรูใบ (Stomata) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนอื่น ๆ ของใบมีน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ ขบวนการคายน้ำของต้นไม้เป็นขบวนการที่ต้นไม้ผ่านน้ำจากรากมาสู่ลำต้นและคายออกทางใบ โดยปกติแล้วต้นไม้จะใช้น้ำไปถึงร้อยละ 95 เพื่อขบวนการคายน้ำ ส่วนอีกร้อยละ 5 ต้นไม้จะใช้ไปเพื่อขบวนการในการเจริญเติบโต การคายน้ำของต้นไม้เป็นการสูญเสียน้ำอีกทางหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำนอกเหนือไปจากการระเหย ต่างกันตรงที่การระเหยนั้นสามารถควบคุมได้ในระดับหนึ่ง แต่การคายน้ำของต้นไม้ยังไม่มียุทธวิธีในการควบคุมได้

ในทางการจัดการลุ่มน้ำจะเรียกการสูญเสียน้ำในลักษณะของการระเหยและการคายน้ำของต้นไม้รวมกันไปเป็นการคายระเหย (Evapotranspiration) ซึ่งเป็นการรวมการระเหยกับการคายน้ำไว้ด้วยกัน การคายระเหยเป็นการสูญเสียน้ำจากลุ่มน้ำโดยที่ไอน้ำเคลื่อนที่ในลักษณะทางตั้ง หมายถึง จากบริเวณผิวดินระเหยสู่บรรยากาศชั้นบน ความชื้นที่ผิวดินถือว่ามีความค่าประมาณใกล้เคียง 100 เปอร์เซ็นต์และจะมีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ผลที่เกิดจากความเข้มข้นของความชื้นลดลงตามความสูง ทำให้การผสมกันของไอน้ำจากผิวดินระเหยสู่บรรยากาศมีอยู่ได้อย่างต่อเนื่อง ขบวนการในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำให้กลายเป็นไอลอยสู่บรรยากาศนั้นจะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยส่วนที่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนที่โลกได้รับ ประมาณว่าปริมาณน้ำขนาด 1 กรัมจะต้องใช้พลังงานความร้อนเพื่อช่วยในการระเหยถึง 600 แคลอรี พลังงานความร้อนจำนวนนี้ได้มาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เป็นหลัก ขบวนการในการ

ระเหยก็จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นเวลาที่อากาศปกคลุมโปร่งแจ่มใสหรือเมื่อมีฝนตกบางส่วนของเมฆน้ำฝนจะระเหยกลับกลายเป็นไวก่อนที่จะตกลงสู่พื้นดิน น้ำฝนที่เปียกค้างอยู่ตามเรือนยอดและกิ่งก้านของต้นไม้ ตลอดจนน้ำฝนที่เปียกอยู่ตามพื้นดินและสิ่งก่อสร้างทั่วไปจะกลับระเหยกลายเป็นไอน้ำในที่สุด สำหรับน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้ว บางส่วนจะซึมลงไปใต้ดิน บางส่วนจะไหลอยู่ตามผิวดินลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะเกิดการระเหยอยู่ตลอดเวลาด้วยเช่นกัน

การลดปริมาณการคายระเหยเท่ากับเป็นการเพิ่ม Water yield นั้นเอง ดังนั้น การป้องกันแหล่งน้ำในบริเวณป่าต้นน้ำลำธารจึงเป็นมาตรการที่สำคัญในการที่จะรักษาให้ได้น้ำที่มีคุณภาพดี

2. สาเหตุของการคายระเหย

สาเหตุของการคายระเหยมีอยู่หลายประการ แต่ประการที่สำคัญที่สุดนั้น ได้แก่ รังสีความร้อนซึ่งโลกได้รับจากดวงอาทิตย์ ซึ่งส่งความร้อนมาทั้งโลกด้วยกาวยแผ่รังสี ความร้อนที่โลกได้รับจากดวงจันทร์หรือดาวอื่น ๆ มีน้อยมาก ซึ่งจะสามารถสังเกตได้จากอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นในตอนกลางวันและเย็นลงในตอนกลางคืน แสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกมีชื่อเรียกเป็นพิเศษว่า " Insolation solar constant " รังสีที่โลกได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีประมาณ $\frac{1}{2 \times 10^9}$ ของรังสีความร้อนที่ดวงอาทิตย์ส่งออกมาทั้งหมด ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณทั้งหมด ปริมาณของความร้อนมีหน่วยเป็นแคลอรี (Calorie) ซึ่ง 1 หน่วยแคลอรีคือปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 14.5°C เป็น 15.5°C ค่าเฉลี่ยความเข้มของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีประมาณ 1.94 แคลอรี/ซม.²/นาที ที่ระยะทางเฉลี่ยของโลกกับดวงอาทิตย์เมื่อทำการวัดโดยให้แสงส่องตั้งฉากกับผิวพื้นที่ขอบนอกของบรรยากาศ

ค่าที่ได้เรียกว่า เป็นค่า Solar constant เป็นความเข้มที่สมมุติว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความผิดในการทำการตรวจ จากสถิติของการตรวจสอบ ต่อ ๆ มาพบว่า ค่า Solar constant มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของจุดดับในดวงอาทิตย์ นอกจากสาเหตุของการคายระเหยอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์แล้ว สาเหตุอื่น ๆ ของการคายระเหยยังเกิดขึ้นได้จากอุณหภูมิของอากาศ ความดันไอน้ำ ความเร็วลม ปริมาณ และคุณภาพของน้ำ ตลอดจนสภาวะของบรรยากาศโดยทั่วไป แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุต่าง ๆ ก็ล้วนเป็นสาเหตุที่เป็นผลมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เป็นหลักทั้งสิ้น

2.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Incoming solar radiation) หมายถึงทั้งการแผ่กำลังงานออกจากวัตถุและกำลังงานที่กำลังเคลื่อนย้ายไปด้วยการเคลื่อนไปของพลังงานที่ผ่านไปในที่ว่างเปล่ามีลักษณะ เป็นคลื่นความถี่ต่าง ๆ ทั้งนี้ โดยไม่มีตัวกลาง ขนาดของคลื่นมีตั้งแต่คลื่นสั้นที่สุดเป็น Cosmic rays และเพิ่มขึ้นตามลำดับเป็น Gamma rays, X - rays, Ultraviolet rays, Infrared, Microwaves และ Radio waves ขนาดต่าง ๆ ลักษณะของการแผ่รังสีความร้อนนั้น เปรียบเทียบได้กับการยืนอยู่หน้าเตาไฟ ความร้อนที่ได้รับแผ่มาในช่องว่างเหมือนกับเป็นพลังงานในการแผ่รังสี ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นอยู่ทั่วไปในบรรยากาศและอวกาศ พลังงานที่แผ่ออกมาเรียกว่า พลังงานในการแผ่รังสี (Radiant energy or Radiation) การเคลื่อนไปของพลังงานผ่านไปในที่ว่างเปล่ามีลักษณะเป็นคลื่นขนาดต่าง ๆ ดูเป็นสิ่งที่ลึกลับ ดวงดาวอื่น ๆ แม้แต่โลกก็มีความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนเช่นเดียวกัน โลกสูญเสียความร้อนให้แก่

บรรยากาศอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้บรรยากาศร้อนขึ้นและเย็นลงด้วยการแผ่รังสีของโลก เมื่อโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน พื้นโลกจะถูกความร้อนไว้แล้วแผ่รังสีความร้อนให้กับบรรยากาศ ในทางตรงกันข้ามในเวลากลางคืนบรรยากาศก็จะได้รับความเย็นจากการแผ่รังสีความเย็นของพื้นดินเช่นกัน ดังนั้น จึงอธิบายได้ว่าบรรยากาศของโลกจะร้อนขึ้นหรือเย็นลงได้ด้วยการแผ่รังสีความร้อนของโลกเป็นสำคัญ บรรยากาศของโลกจะร้อนขึ้นหรือเย็นลงเป็นส่วนน้อยจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง

โดยทั่วไปเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงมายังโลก พลังงานที่ได้รับมีมากกว่าที่สูญเสียออกไป อัตราการแผ่รังสีของวัตถุจะเพิ่มขึ้นตามค่าของอุณหภูมิอนันต์ยกกำลังสี่ ($Emission\ power = \sigma T^4$) ซึ่งถ้าอุณหภูมิของวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าแล้วการแผ่รังสีจะมีความเร็วเพิ่มมากขึ้นเป็น 16 เท่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนผ่านอวกาศด้วยความเร็วประมาณ 186,000 ไมล์/วินาที โดยทั่วไปเรียกว่า ความเร็วของแสง (Speed of light) ความยาวของช่วงคลื่นคือ ระยะระหว่างสองยอดคลื่นที่อยู่เคียงกัน ซึ่งอาจเรียกว่า เป็นหนึ่งจังหวะช่วงคลื่น ส่วนความถี่ (Frequency) ของช่วงคลื่นคือจำนวนยอดคลื่นที่ผ่านจุดที่กำหนดใน 1 วินาที ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ว่า $Wave\ length \times Wave\ frequency = Constant$ ซึ่งหมายความว่า ค่าความยาวของช่วงคลื่นกับค่าความถี่ช่วงคลื่นเป็นปฏิภาคกลับกัน การแผ่รังสีความร้อนในบรรยากาศสามารถส่งผ่านได้โดยไม่มีตัวนำและมีบางส่วนที่สามารถผ่านตัวนำได้อีกด้วย แสงในช่วงคลื่น Visible light สามารถส่งผ่านอากาศ น้ำ หรือกระจกได้ ในขณะที่รังสี x - ray และรังสีช่วงคลื่นสั้นต่าง ๆ สามารถเคลื่อนผ่านมวลสารที่มีความหนาแน่นมาก ๆ ได้ แต่ Visible light กลับเคลื่อนผ่านมวลสารที่มีความหนาแน่นมากไม่ได้ ในกรณีนี้เรียกว่า "การส่งผ่าน"

(Transmitted) โดยไม่มีปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้น ดังนั้น จึงไม่จำเป็นว่าจะต้องมองผ่านได้ รังสีจึงจะส่งผ่านได้ วัตถุต่าง ๆ มีการเลือกช่วงคลื่นในการส่งผ่านรังสีความร้อน คลื่นบางคลื่นผ่านได้ แต่บางช่วงคลื่นกลับผ่านไม่ได้ กระจกหน้าต่างยอมให้แสงแดดผ่านได้แต่ไม่ยอมให้คลื่นความร้อนที่เป็นคลื่นยาวผ่าน ปฏิกิริยานี้ เรียกว่าปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect)

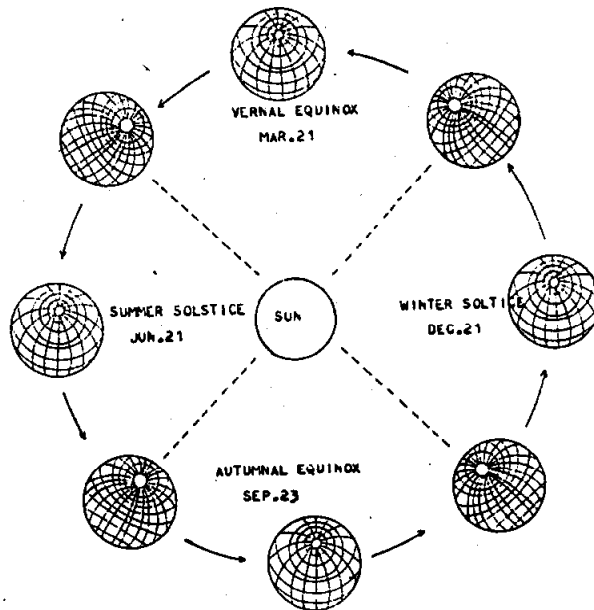
บางส่วนของ การแผ่รังสีจะ เคลื่อน เข้าไปในมวลสารบางชนิดแต่ไม่สามารถผ่านออกไปได้ จึงถูกดูดเก็บ (Absorb) เอาไว้ในมวลสารแล้วพลังงานในการแผ่รังสีจะหยุดและเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น ๆ ซึ่งส่วนจะเป็นรูปของพลังงานความร้อนมีคลื่นบางคลื่นเมื่อตกลงบนผิวหน้าวัสดุแล้วจะสะท้อนกลับโดยไม่ได้ผ่านเข้าไปในมวลสารเลย เพียงแต่เปลี่ยนทิศทางของคลื่นเท่านั้น การสะท้อนกลับอาจจะเป็นระเบียบสม่ำเสมอเมื่อแสงตกกระทบบนพื้นวัตถุที่เรียบ ในทางกลับกันการสะท้อนกลับจะกระจัดกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบ หากแสงตกกระทบบนวัตถุที่มีผิวขรุขระไม่ราบเรียบ วัตถุที่มองเห็นได้เกิดจากการสะท้อนแสง หากวัตถุที่ไม่สะท้อนแสงจะไม่สามารถมองเห็นได้ นอกจากวัตถุนั้นจะเปล่งแสงออกมาเอง แม้ว่าพลังงานความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์แตกต่างจากค่า Solar constant ที่ผิวพื้นน้อยมากก็ตาม แต่จำนวนพลังงานดังกล่าวบนพื้นโลกที่จุดใดจุดหนึ่งจะแตกต่างกันมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

2.1.1 การดูดเก็บและการสะท้อนกลับ จำนวนของการแผ่รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญก็คือ ค่าของการแผ่รังสีที่พื้นโลกได้รับจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการดูดเก็บและสะท้อนกลับของบรรยากาศโดยตรง เมื่อมีเมฆหรือมีผงฝุ่นตลอดจนสิ่งเจือปนในบรรยากาศ ซึ่งมีผลทำให้สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อเนื้อทำให้ปริมาณการแผ่รังสีมายังโลกเปลี่ยนแปลงไปด้วย ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก คือ อัตราการสะท้อนกลับของเมฆ ทำให้รังสีความร้อนบางส่วนสะท้อนกลับ

ไปสู่อวกาศ ส่วนสิ่งถูกเก็บที่สำคัญของบรรยากาศคือ ปริมาณไอน้ำ

2.1.2 ระยะห่างของโลกกับดวงอาทิตย์ เนื่องจากโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปไข่ ระยะทางเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์ประมาณ 93 ล้านไมล์ แต่ในรอบปีปรากฏว่า โลกจะโคจรอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ในวันที่ 1 มกราคม มากกว่าวันที่ 1 กรกฎาคม อยู่ประมาณ 3 ล้านไมล์ ทำให้ในเดือนมกราคมโลกได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าในเดือนกรกฎาคมอยู่ประมาณร้อยละ 7 ซึ่งน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแตกต่างของพื้นที่กับพื้นน้ำในโลก ทำให้อิทธิพลของระยะห่างของโลกกับดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อฤดูกาลมีเพียงเล็กน้อย

2.1.3 ความยาวของวันและมุมของแสงที่ตก ในระหว่างที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ แกนของโลกจะคงที่ทำมุม $66\frac{1}{2}^{\circ}$ กับพื้นที่โคจร ดังนั้น มุมที่แสงตกตกลงบนพื้นโลกที่จุด ๆ หนึ่งจะเปลี่ยนแปลง เมื่อแกนของโลกเปลี่ยนไปสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ในวันที่ 21 มิถุนายน ดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงศีรษะตอนเที่ยงวันที่ Tropic -



รูปที่ 7.1 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์
(ที่มา : สุกิจ เย็นทรง, 2513)

of Cancer และอีก 6 เดือนต่อมา ดวงอาทิตย์จะอยู่ตรงศีรษะตอนเที่ยงวันที่ Tropic of Capricorn ต่อจากวันที่ 21 ธันวาคม แสงที่ส่องตั้งฉากเมื่อเวลาเที่ยงวันจะเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือและจะตรงศีรษะที่เส้นศูนย์สูตรในวันที่ 21 มีนาคม และจะเคลื่อนขึ้นมาทางเหนือเรื่อย ๆ จนถึงเส้น Tropic of Cancer ใหม่ในวันที่ 21 มิถุนายน จากนั้นจะเลื่อนกลับมาสู่เส้นศูนย์สูตรอีกในวันที่ 23 กันยายน วันที่เหล่านี้มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า Vernal equinox, Autumnal equinox, Summer solstice และ Winter solstice

ที่จุด Equinox กลางวันกับกลางคืนจะมีเวลาเท่ากันทั่วโลก นอกนั้นในหนึ่งรอบปีกลางวันกับกลางคืนจะมีเวลาไม่เท่ากันยกเว้นที่เส้นศูนย์สูตร วันที่ของ Equinox และ Solstice จะเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยปีละหนึ่งวัน เนื่องจากปีปฏิทินไม่ตรงกับปีของดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนมุมของแสงแดดทำให้พลังงานความร้อนที่ได้รับเปลี่ยนแปลงไปด้วย เนื่องจากพื้นที่ตกกระทบของแสงแดดที่ส่องตรงตั้งฉากจะมีพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ตกกระทบของแสงแดดที่ส่องเฉียงเมื่อลำแสงของมุมตกกระทบมากขึ้น จำนวนพลังงานในการแผ่รังสีที่ได้รับก็น้อยลงถ้าไม่มีสิ่งใด ๆ มารบกวน นอกจากนั้นระยะทางหรือความยาวของลำแสงที่ผ่านอากาศยังไม่เท่ากัน ลำแสงเฉียงจะมีความยาวมากกว่าลำแสงที่ตั้งฉาก ดังนั้น ลำแสงเฉียงจึงต้องสูญเสียพลังงานระหว่างทางให้กับชั้นบรรยากาศและอวกาศมากกว่าลำแสงที่ตั้งตรงหรือตั้งฉาก ความร้อนจะสูญเสียให้กับความชื้นและผงฝุ่นในบรรยากาศ ค่าความยาวของกลางวันแสดงไว้ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ความยาวกลางวันของทุก ๆ 10 องศาละติจูด

ละติจูด	21 มี.ค.	21 มิ.ย.	23 ก.ย.	21 ธ.ค.
0	12 ชม.	12 ชม.	12 ชม.	12 ชม.
10	12 ชม.	12 du. 35 นาที	12 ชม.	11 ชม. 25 นาที
20	12 ชม.	13 ชม. 12 นาที	12 ชม.	10 ชม. 48 นาที
30	12 ชม.	13 ชม. 56 นาที	12 ชม.	10 ชม. 4 นาที
40	12 ชม.	14 ชม. 52 นาที	12 ชม.	9 ชม. 8 นาที
50	12 ชม.	16 ชม. 18 นาที	12 ชม.	7 ชม. 42 นาที
60	12 ชม.	18 ชม. 27 นาที	12 ชม.	5 ชม. 33 นาที
70	12 ชม.	2 เดือน	12 ชม.	0 ชม. 0 นาที
80	12 ชม.	4 เดือน	12 ชม.	0 ชม. 0 นาที
90	12 ชม.	6 เดือน	12 ชม.	0 ชม. 0 นาที
ละติจูด	23 ก.ย.	21 ธ.ค.	21 มี.ค.	21 มิ.ย.

หมายเหตุ ชีกโลกเหนือให้อ่านลง ชีกโลกใต้ให้อ่านขึ้น

เครื่องมือที่ใช้วัดการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์เรียกว่า Pyrheliometer ใช้ระบบ Thermoelectric effect เมื่อมีอุณหภูมิต่างกันจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนของกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นปรากฏการณ์โดยตรงกับจำนวนของการแผ่รังสีที่ได้รับ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกบันทึกโดยเครื่อง Potentiometer ข้อมูลที่ได้จะนำไปเปลี่ยนเป็นหน่วยของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งนักอุตุนิยมวิทยา นักพฤกษศาสตร์ วิศวกรและผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ จะนำไปใช้ได้

พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของพื้นผิวโลกและบรรยากาศ ตามเวลาและสถานที่ในทางภูมิศาสตร์ อัตราส่วนของแรงที่สะท้อนจากผิวพื้นเมื่อเปรียบเทียบกับแสงที่ตกลงบนผิวพื้นทั้งหมดเรียกว่า "Albedo" ของวัตถุนั้น การสะท้อนของผิวพื้นโลกเมื่อสมมุติว่ามีเมฆปกคลุมและสภาพของบรรยากาศที่ปานกลาง การสะท้อนจะเพิ่มขึ้นจากเส้นศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกมีค่าเฉลี่ย ร้อยละ 34 เรียกว่ามี Albedo 0.34 เมฆมีค่า Albedo มากกว่าผิวพื้นเล็กน้อย แสงแดดจะถูกดูดซับรังสีความร้อน โดยอากาศประมาณร้อยละ 19 พื้นดินจะถูกดูดซับรังสีความร้อนประมาณร้อยละ 47 เมฆจะสะท้อนกลับรังสีความร้อนไปสู่อวกาศประมาณร้อยละ 25 ที่เหลือประมาณร้อยละ 9 จะกระจัดกระจายในทิศทางต่าง ๆ กันในอวกาศ

2.2 อุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิของอากาศจะล่าช้ากว่าอุณหภูมิของโลกและเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า อากาศไม่ได้อุ่นขึ้นมากเหมือนแผ่นดินในตอนกลางวันหรือเย็นตัวลงในตอนกลางคืน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศส่วนใหญ่จะร้อนขึ้นหรือเย็นลงได้ด้วยการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นโลก พื้นโลกที่ได้รับความร้อนและเย็นได้เร็วกว่าอากาศจะดูดซับความร้อนและเย็นไว้แล้วค่อยแผ่รังสีความร้อนและเย็นให้อากาศต่อไป การเป็นตัวนำที่

เลวของอากาศและการสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสีอย่างช้า ๆ เป็นเครื่องอธิบายว่า ทำไมน้ำค้างแข็งจึงเกิดขึ้นในบางครั้งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งมากตามพื้นที่ที่เป็นสนามหญ้าและผิวพื้นอื่น ๆ ที่มีน้ำแข็งเกาะอยู่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่ามวลอากาศที่อยู่สูงขึ้นไปราว 2-3 ฟุต ด้วยอิทธิพลของอุณหภูมิที่กลับดังกล่าวจึงสามารถอธิบายได้ว่า เหตุผลที่ต้องใส่เทอร์โมมิเตอร์ไว้ในตู้สกรีนก็เพื่อป้องกันการแผ่รังสีทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้ หากจะสมมุติให้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบเกิดจากการนำความร้อนเท่านั้น การเกิดอุณหภูมิที่กลับ (Inversion temperature) มักเกิดขึ้นได้ทั่วไปโดยเฉพาะในเขตตอนหรือเขตที่มีอิทธิพลของมวลอากาศเย็นค่อนข้างมาก อุณหภูมิของอากาศเป็นผลมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เมื่อทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นอัตราของการคายระเหยก็จะมีมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยทำให้โมเลกุลของน้ำหนีจากผิวระเหยได้มากขึ้น นอกจากนั้น การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดช่องว่างที่ไอน้ำ ทำให้อัตราการระเหยจากผิวระเหยมีมากขึ้น

อุณหภูมิของแสงแดดจะมีแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัตถุต่างชนิดกันที่อยู่ท่ามกลางแสงแดด การดูดเก็บรังสีความร้อนจะมีแตกต่างกันออกไป วัตถุที่มีสีดำจะร้อนกว่าวัตถุสีขาวเมื่อวางไว้ในที่เดียวกัน วัตถุที่แห้งจะร้อนกว่าวัตถุที่ชื้นหรือเปียก เมื่อเอาเทอร์โมมิเตอร์ที่มีกะเปาะสีดำวางรับแสงแดดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศประมาณ $60-70^{\circ}\text{F}$ ขณะที่สีที่วางไว้กลางแสงแดดจะมีอุณหภูมิสูงถึง 140°F ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศเพียง 40°F ในทางตรงกันข้ามวัตถุดังกล่าวจะเย็นกว่าอากาศในเวลากลางคืน ดังนั้น อุณหภูมิของอากาศจึงมีความสัมพันธ์กับการแผ่รังสีของผิวพื้นที่แข็งมากกว่าการดูดเก็บรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ผิวพื้นโลกที่ร้อนขึ้นและเย็นลงด้วยรังสีของดวงอาทิตย์จะมีอยู่เพียงผิวพื้นบาง ๆ เท่านั้น เนื่องจากพื้นดินเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ความร้อนจะถูกชักนำอย่าง

ซ้ำ ๆ ลงสู่พื้นดินชั้นล่าง โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวันจะแทรกลงไป
ในดินได้ประมาณ 2-3 ฟุตเท่านั้น กว่าที่แทรกลึกลงไปถึงระดับนั้นก็ถึงเวลากลางคืน
ซึ่งอุณหภูมิก็จะต่ำลงอีก ค่าอุณหภูมิของผิวพื้นโลก (Earth temperature)
โดยทั่วไปก็จะมีอยู่เพียงระดับ 2-3 ฟุตเช่นกัน ค่าของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะลด
น้อยลงอย่างมากในระดับที่ลึก ๆ ลงไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาค
ของโลก อุณหภูมิที่ระดับความลึก 100 ฟุต จะเปลี่ยนแปลงไปตามละติจูดเมื่อเปรียบ
เทียบกับค่าอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยประจำปีผิวพื้น ในที่ลึก ๆ ลงไปอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น
อย่างช้า ๆ แต่ไม่เป็นระเบียบ

2.2.1 การตรวจอุณหภูมิของอากาศ เป็นการตรวจอันดับแรกของ
การตรวจอากาศอุณหภูมิของอากาศทั่วโลกเปลี่ยนแปลงมากและรวดเร็ว ซึ่งเกี่ยวข้องกับ
กับความเป็นอยู่ของมนุษย์ สัตว์ และการเจริญเติบโตของพืชโดยรู้สึกง่ายต่อความ
ร้อนเย็น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินค่าในความเป็นอยู่และสภาพของดินในภูมิภาค
ต่าง ๆ ทั่วโลก ในเมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลง สภาพของบรรยากาศทั่วไปก็
จะเปลี่ยนแปลงด้วย การตรวจอุณหภูมิของอากาศจึงสำคัญและจำเป็น

ในทางฟิสิกส์ได้อธิบายทฤษฎีโมเลกุลของสสารในการขยาย
ตัวว่า สสารต่าง ๆ ประกอบด้วยโมเลกุลที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในช้าบ้างเร็วบ้าง ใน
ขณะที่ความเร็วของโมเลกุลเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น วัตถุที่เคลื่อนไหวเป็นรูปของ
พลังงานสามารถที่จะเอาไปเปลี่ยนเป็นแรงสำหรับทำงานได้ กำลังงานที่ได้รับจาก
โมเลกุลเคลื่อนไหวนี้เรียกว่า "ความร้อน" หรือ " Heat " ดังนั้น ความร้อนจึง
เป็นรูปของพลังงาน สามารถวัดจำนวนได้ แม้ว่าจะไม่เป็นสสารและสามารถเปลี่ยนเป็น
พลังงานอื่นได้ และถึงแม้ว่าคนเราสามารถที่จะจับความรู้สึกได้แต่ก็ยังไม่ถูกต้องแน่นอน
เหมือนกับใช้เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ ได้มีการประดิษฐ์ Thermometer ขึ้นมาหลาย
แบบ ซึ่งพอจะแบ่งออกได้ 4 พวก คือ

ก. พวกของเหลวในหลอดแก้ว พวกนี้ใช้ "ปรอท" หรือ ใช้ของเหลว (Organic Sprit) อื่น ๆ เช่น Ethyl alcohol หรือ Pentane ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในการตรวจอุณหภูมิผิวพื้นทั่ว ๆ ไป

ข. แบบใช้อาการยืดหดหรือเปลี่ยนรูป (Deformation) รวมทั้งแบบ Bourdon thermometer ซึ่งเป็นรูปโค้งและมีช่องของเหลวบรรจุอยู่ภายในหลอด โดยใช้โลหะสองชนิดมาประกบกัน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนโลหะที่ประกบกันนั้นจะโค้งงอเอาคุณสมบัติอันนี้มา ต่อแขนเข้ากับปลายปากกาใช้บันทึกอุณหภูมิใน Thermograph ได้

ค. ของเหลวในหลอดโลหะซึ่งแตกต่างไปจากแบบ Bourdon การขยายตัวของของเหลวซึ่งอยู่ในที่ปิด แต่มีช่องให้อากาศและของเหลวปิดได้อีกที่หนึ่งใช้อ่านห่างจากที่ต้องการวัดได้พอประมาณ ส่วนมากใช้ในโรงงาน

ง. แบบใช้ไฟฟ้า โดยใช้ระบบเปลี่ยนความต้านทานของกระแส ขณะที่อุณหภูมิของตัวนำ (Conductor) เปลี่ยนหรือจะใช้หลักของ Thermoelectric เมื่อมีโลหะสองชนิดไม่เหมือนกันและที่ปลายสายมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน จะมีกระแสไหลผ่านเกิดขึ้น Thermometer แบบนี้ไม่นิยมใช้ในการตรวจอุณหภูมิที่ผิวพื้นส่วนมากใช้กับการตรวจอากาศชั้นบน

2.2.2 คุณสมบัติของเทอร์โมมิเตอร์โดยทั่วไปจะเป็นหลอดแก้วแต่หลอดแก้วที่ใช้จะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวของปรอทมีประมาณ 7 เท่าของหลอดแก้ว คุณสมบัติของเทอร์โมมิเตอร์ที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

ก. ลำหลอดแก้วที่บรรจุปรอทต้องสม่ำเสมอ

ข. ชีตเครื่องหมายต้องแน่นอน

ค. การขยายตัวของของเหลวและหลอดแก้วเป็นไปโดย
สม่ำเสมอ

ง. จะต้องบรรจุของเหลวที่เหมาะสมกับอุณหภูมิที่จะวัด
คือ จะต้องไม่แข็งตัวกลายเป็นไอหรือสลายตัวเสียก่อนที่จะทำการวัด และขนาดของ
กะเปาะปรอทกับหลอดแก้วต้องได้ส่วนกันเพื่อจะได้มีความไว

2.2.3 หลักการตรวจอุณหภูมิของอากาศ (Obtaining the
temperature of the air) หลักการในการตรวจมีความสำคัญมากกว่าอัตรา
ผิดของเทอร์โมมิเตอร์ การที่ตรวจอุณหภูมิผิดอาจเป็นเพราะสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ก. เทอร์โมมิเตอร์ถูกแสงแดด หรือได้รับความร้อนจากพื้นดิน
ตัวอาคาร อุณหภูมิที่ได้รับจึงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ แต่ถ้าเป็นในเวลากลางคืนเมื่อ
วางอยู่ใกล้ผิวดินหรือวัตถุที่แผ่ความร้อนได้ดี ค่าที่อ่านได้จะเย็นกว่าอุณหภูมิของอากาศ

ข. อากาศถ่ายเทไม่ดี อุณหภูมิที่ได้รับจะไม่ใช่อุณหภูมิของ
อากาศทั่ว ๆ ไป

การที่จะอ่านอุณหภูมิให้ได้ถูกต้องจึงจำเป็นต้องมีตู้ใส่
เครื่องมือ (Screened or sheltered) เพื่อป้องกันอิทธิพลอื่น ๆ ที่จะทำให้อุณหภูมิผิดไป ปกติเป็นตู้ขนาดกว้าง $2 \times 2\frac{1}{2}$ ฟุต และสูง 33 นิ้ว มีหลังคาลาด
สองชั้น รอบ ๆ ทั้งสี่ด้านมีระแนงเฉียงสองชั้นในอากาศผ่านได้ ป้องกันแสงแดด ผง
และหิมะข้างล่างปิดมิดแต่ให้อากาศผ่านได้ มีเสาปักอยู่บนพื้นดินสูงประมาณ 4 ฟุต
หลักเกณฑ์ดังกล่าวใช้กันทั่วโลก

2.2.4 การใช้อุณหภูมิ (Use of temperature observation)
การตรวจอุณหภูมิมาตรฐานทั่ว ๆ ไปได้เริ่มในยุโรปบางแห่งมากกว่า 100 ปี และสหรัฐ

อเมริกา เริ่มมาประมาณ 60 ปี บางรัฐประมาณ 35 ปี สถิติที่มีการตรวจมีมานานพอที่จะได้ค่าปกติประจำปี (Normal annual) ค่าปกติประจำเดือน (Monthly normal) ค่าปกติประจำวัน (Daily normal) ค่าเฉลี่ยสูงสุด ค่าเฉลี่ยต่ำสุดรวมทั้งค่าที่สูงที่สุดและค่าที่ต่ำที่สุดจริง ๆ ด้วย

ค่าปกติประจำเดือนและประจำปีทั่ว ๆ ไปชั่วระยะเวลา 10 ปีก็ใช้ได้ แต่ถ้าถึง 30-40 ปี ค่าก็ยิ่งน่าเชื่อถือมากขึ้น

ค่าเฉลี่ยประจำวันได้จากการเฉลี่ย ค่า 24 ชั่วโมง จากการตรวจทุก ๆ ชั่วโมง แต่ค่าเฉลี่ยที่ได้จาก $\frac{\text{อุณหภูมิสูงสุด} + \text{อุณหภูมิต่ำสุด}}{2}$ จะง่ายกว่า

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิประจำเดือน เป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของสูงสุดและต่ำสุดของเดือนนั้น

ค่าเฉลี่ยปานกลาง เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยทั้ง 12 เดือน

จากการตรวจรายชั่วโมง จะได้ค่าเปลี่ยนแปลงประจำวัน สูงสุดต่ำสุด การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล (Annual march) และการเปลี่ยนประจำปี

2.3 ความดันไอน้ำ

ความดันไอน้ำ (Vapor pressure) อัตราการระเหยจะเปลี่ยนแปลงตรงกับผลต่างของความกดไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิของผิวหน้าน้ำกับความกดไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ค่าความกดไอน้ำในอากาศจะเปลี่ยนแปลงโดยตรงกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ กล่าวโดยสรุปได้ว่า ถ้ามีไอน้ำในอากาศมากอัตราการระเหยจะมีน้อยลง ในทางตรงกันข้ามถ้ามีไอน้ำในอากาศน้อยอัตราการระเหยจะมีมากขึ้น ความดันไอน้ำมีหน่วยเป็นมิลลิบาร์ (Millibar) หรือความสูงของปรอท

ถ้ากำหนดให้ $E = \text{Evaporation}$
 $b = \text{Constant (} < 1 \text{)}$
 $e_w = \text{Water vapor or Saturated vapor pressure}$
 $e_a = \text{Air vapor or Atmospheric moisture}$


จะได้ว่า $E = b (e_w - e_a)$


การที่มีการระเหยมากดังกล่าวแล้ว เนื่องจากค่าความแตกต่างของไอน้ำในอากาศกับค่าความชื้นของบรรยากาศมีมาก ถ้าความชื้นในบรรยากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็น 100% การระเหยจะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศเท่ากับอุณหภูมิของผิวน้ำ

2.4 ความเร็วลม

ความเร็วลม (Wind velocity) มีอิทธิพลต่อการระเหยของน้ำ เนื่องจากกระแสลม (Wind movement) พัดพาเอาอากาศขึ้นไปสัมผัสกับผิวน้ำ อากาศแห้งก็จะถูกพัดพาเข้ามาแทนที่ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การระเหยจะมีมากขึ้นเมื่อกระแสลมรุนแรงขึ้น

2.4.1 การตรวจทิศทางและความเร็วลม สามารถติดตั้งเครื่องมือตรวจได้ในสถานีตรวจอากาศ การตรวจทิศทางลมดูได้จากศรลม (Wind vane) ผิดกับกระแสน้ำในการเรียกทิศสำหรับลมใช้ เรียกทิศที่พัดเข้าหาผู้ตรวจ

Veering คือ ลักษณะของลมที่หันเหตามเข็มนาฬิกา 

Backing คือ ลักษณะของลมที่หันเหทวนเข็มนาฬิกา 

ลมผิวพื้นทำการตรวจเพียงทิศเท่านั้น เช่น P, WNW ,
NW, NNW, N... ส่วนลมชั้นบนทำการตรวจทุก ๆ 10 องศา

ความเร็วลมเป็นการเคลื่อนไหวของลมทำให้เกิดกำลังงาน
คือ มีความกดลงบนผิวพื้นวัตถุและแรงหรือความกดเป็นอัตราส่วนกับความเร็วยกกำลัง
สอง

$$\text{นั่นคือ} \quad P = KV^2$$

K ขึ้นอยู่กับหน่วยที่ใช้ เป็นค่าคงที่

$$\text{ถ้า } P = \text{lb / ft}^2 \quad V = \text{knots}, \quad K = 0.0053$$

$$\therefore P = 0.0053 V^2 \quad \text{สำหรับพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางลม}$$

และ P รวมถึงการดึงดูทางด้านหลังของวัตถุด้วย

$$\text{เมื่อ } V = \text{mils./hr.} \quad \text{ถ้า } K = 0.004$$

$$\therefore P = 0.004 V^2$$

จากสูตรเหล่านี้ ลมที่พัดจึงสามารถบอกความเร็วลมอย่างคร่าว ๆ
ได้จากการสังเกตต้นไม้, กลิ่น นายพลเรือ Beaufort ได้กำหนดหน่วยโบฟอร์ต
ขึ้นตั้งแต่ 0-12 โบฟอร์ต ปัจจุบันไม่ใช่แล้ว ใช้ม็อด (Knots) แทนโดยกำหนด
ให้ 1 ชีคเท่ากับ 10 Knots ครึ่งชีคเท่ากับ 5 Knots และรูป ▲ แทน
5 ชีคหรือเท่ากับ 50 Knots ในการเขียนแผนที่อากาศ

(กำหนดให้ 1 Knots = 1 Nautical mile / hr = 6080.20 ft/hr.)

เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลมมีอยู่หลายลักษณะ เช่น แบบใช้แผ่นกระดก
(Deflection anemometer), แบบใช้ระบบความกด (Pressure anemometer),

แบบรูปถ้วย (Robinson cup - anemometer) และแบบใช้ใบพัด (Aerovene)
ซึ่งจะรู้ทิศทางของลมด้วย เป็นต้น

2.4.2 อัตรามืดของลมทางสูง (Effect of altitude)

จะเกิดอยู่ในระดับสูงขึ้นไป ความเร็วของลมผิวพื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นผิวดินขึ้นไปประมาณ
10 เมตร (\approx 90 ฟุต) เนื่องจากความมืด (Frictional drag) ทั่ว ๆ
ไป ความเร็วลมที่สูง 33 ฟุต จะเป็น 2 เท่าของที่สูง $1\frac{1}{2}$ ฟุต และความเร็วลม
ที่สูง 100 ฟุต จะเป็น 1.2 เท่าของที่สูง 33 ฟุต โดยไม่คำนึงถึงความเร็วยิ่งสูงขึ้น
ไปจากผิวพื้น ความปั่นป่วน จะมีน้อยลงและจะหมดไปที่ระดับประมาณ 6000 -
9000 ฟุต (1800-2700 ม.) แต่บางทีในชั้นสูง ๆ ก็ยังมีกระแสของความปั่นป่วนอยู่
เนื่องจากความมืดของลมต่างทิศทางความเร็วและบางทีเกิดจากความแน่นต่างกัน ดังนั้น
เราวัดลมควรสูงประมาณ 15 เมตร บางครั้งอาจสูงถึง 200 หรือ 300 ม. ก็เป็นไปได้

2.4.3 Wind rose คือ สถิติของทิศทางลม ด้วยวิธีเขียนลงบน
ศูนย์กลางโดยให้เส้นชี้ออกจากศูนย์กลางเป็นทิศทางลม ขนาดความยาวแสดงถึงความถี่
(Frequeuey)

ผลของการตรวจลมรวบรวมทำเป็นสถิติของลมแนทิศ

และความเร็วลมเฉลี่ยทำเป็นประจำวัน ประจำเดือน ประจำปี
และทำเป็นรายงานค่าปกติประจำเดือนและประจำปี นอกจากนั้นยังได้ค่าความเร็วสูงสุด
ประจำเดือน ค่าสูงสุดประจำปีและจำนวนวันที่มีลมแรงเกินกว่า 32 mls/hr.
(16 m./sec)

2.4.4 การเปลี่ยนประจำของลม การเปลี่ยนประจำวันของลมเป็น
การหมุนเวียนอย่างหนึ่ง โดยทั่วไปในตอนกลางวันบนแผ่นดินลมจะพัดแรงมากกว่าตอน

กลางวัน โดยเฉพาะในฤดูร้อนและในวันที่มีอากาศแจ่มใส ลมจะแรงที่สุดประจำวัน
ทั่ว ๆ ไปประมาณตั้งแต่ 13-15 น. และลมจะอ่อนที่สุดประมาณในตอนเช้าระหว่าง
ดวงอาทิตย์ขึ้น ทั้งนี้เพราะความร้อนและการลอยตัวของกระแสอากาศในตอน
กลางวันและการจมตัวของอากาศเย็นจากเบื้องบนจะเห็นได้จากลมในทะเล ซึ่ง
ไม่ค่อยมีอุณหภูมิสูงในตอนกลางวัน ดังนั้น ลมในทะเลตอนกลางวันกับตอนกลางคืนไม่
ค่อยมีความเร็วต่างกันมากนัก

2.5 ปริมาณและคุณภาพน้ำ

ปริมาณและคุณภาพน้ำมีผลโดยตรงต่ออัตราการคายระเหย ถ้ามี
น้ำมากอัตราการระเหยก็จะมีความตามขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะถ้าพื้นผิวหน้าน้ำมีมาก
อัตราการระเหยของน้ำยิ่งมีมาก ดังนั้น การขุดสระหรืออ่างเก็บน้ำที่ดีควรขุดให้ลึก
และแคบดีกว่าขุดให้ตื้นและกว้าง เพราะในปริมาณน้ำที่เท่ากัน อ่างเก็บน้ำที่กว้างและ
ตื้นจะมีการสูญเสียน้ำจากการระเหยมากกว่าอ่างเก็บน้ำที่ลึกและแคบ ปัจจัยที่ควบคุม
ในการระเหยของน้ำก็ขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุทกนิยมนิววิทยาต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น
ความกดอากาศ กระแสลม ฯลฯ เป็นต้น แต่ในส่วนของการคายน้ำของต้นไม้ในตัว
ควบคุมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางพฤกษศาสตร์ของต้นไม้ นั้น ๆ อย่างไรก็ดีตามการมีน้ำให้แก่
ต้นไม้อยู่ตลอดเวลาจะทำให้ต้นไม้มีโอกาสในการคายน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ คุณภาพ
ของน้ำจะมีอิทธิพลในการคายระเหยด้วยเช่นกัน การมีสารเจือปนบางอย่าง เช่น
เกลือจะทำให้ น้ำที่มีเกลือปนอยู่ระเหยช้าลง เพราะสารเคมีที่ละลายในน้ำดังกล่าว
ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น คุณภาพน้ำมีผลต่อการคายน้ำของ
ต้นไม้เช่นกัน เนื่องจากน้ำที่มีสิ่งเจือปนบางชนิดที่เป็นพิษต่อพืชอาจจะทำให้รูใบปิด
ซึ่งเป็นผลทำให้เป็นการปิดทางออกของน้ำจากใบสู่บรรยากาศ

2.6 สภาพของบรรยากาศ

สภาพของบรรยากาศ (Atmospheric condition)

หมายถึง สภาพโดยทั่วไปของบรรยากาศขณะนั้นว่ามีสิ่งเจือปน (Impurity) มากน้อยเพียงใด ในภาวะการณืที่บรรยากาศถูกรบกวนด้วยสารพิษและสิ่งแปลกปลอม ทั้งหลายในปัจจุบัน ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ (Air pollution) อยู่โดยทั่วไป ทั้งที่เกิดจากสารพิษโดยตรงและที่เกิดจากสารที่ไม่เป็นพิษ สารเหล่านี้ล้วนมีบทบาทต่อการเปิดหรือปิดของรูใบของพืช เช่น ก๊าซ CO_2 ทำให้รูใบปิดเมื่อมีปริมาณก๊าซ มากเกินไป ผุ่นละอองที่ติดแน่นอยู่บริเวณใบไม้จะทำให้เกิดการผิดปกติทั้งในขบวนการคายน้ำและการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ ปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเกิดจากการใช้ประโยชน์ ที่ดินต่าง ๆ จะทำให้สภาพของบรรยากาศโดยทั่วไปเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การตัดไม้ ทำลายป่าหรือการถางป่าเพื่อเปิดพื้นที่ทำไร่ จะทำให้อัตราการระเหยสูงขึ้นและอุณหภูมิ โดยทั่วไปสูงขึ้น การเปิดพื้นที่ให้รับแสงแดดโดยตรง จะทำให้น้ำถูกใช้ไปมากในการ ระเหย

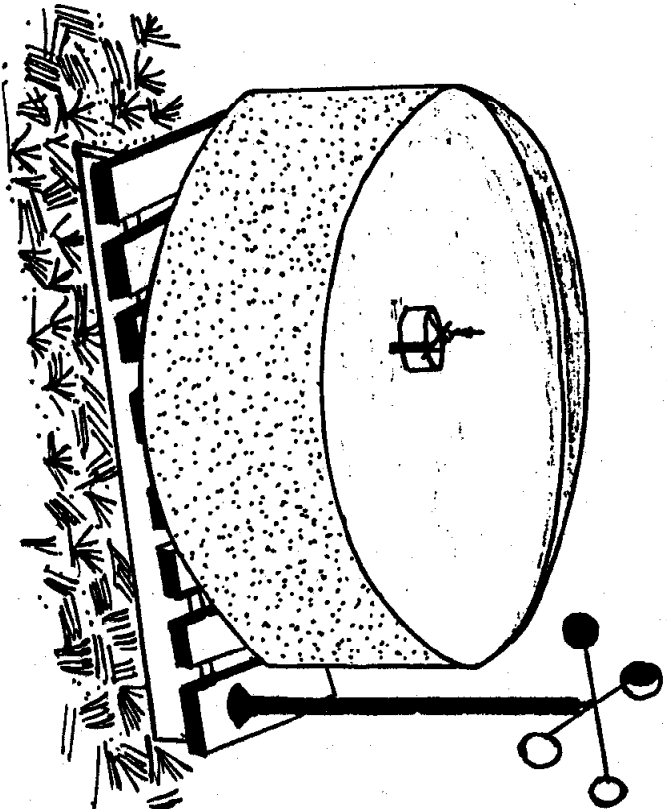
3. การวัดน้ำระเหย

การวัดน้ำระเหย (Evaporation observation) เนื่องจาก การระเหยของน้ำมีความสำคัญต่อพื้นที่ดินและการเจริญเติบโตของพืช การวัดน้ำระเหย จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดการลุ่มน้ำ การวัดน้ำระเหยใช้วัดความสูงของน้ำที่ระเหยไป ในหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดในช่วงระยะเวลาที่กำหนดโดยทั่วไปกำหนดให้วัดในช่วง เวลา 24 ชั่วโมง

3.1 เครื่องมือวัดการระเหย

เครื่องมือวัดน้ำระเหยโดยทั่วไปมักจะใช้ดาดวัดน้ำระเหย

(Evaporation pan) ใช้วัดปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปในช่วงระยะเวลาที่กำหนด
ลักษณะโดยทั่วไปของภาควัดน้ำระเหย ดังนี้



รูปที่ 7.2 ภาควัดน้ำระเหย
(ที่มา : A.MILLER, 1953)

3.1.1 มีลักษณะเป็นภาควัดทำด้วยเหล็กอบสังกะสี มีขนาดเส้นผ่า
ศูนย์กลาง 120 ซม. สูง 25 ซม. คงบนฐานไม้หรือคอนกรีต ให้ฐานอยู่ห่างจาก
ผิวดินประมาณ 6" ภาควัดใช้วัดอากาศด้วยเพื่อป้องกันความร้อนสะสม
อยู่ในภาควัด

3.1.2 มี Still well สำหรับทำให้น้ำในถาดนิ่งเพื่อจะใช้

Hook gage วางลงบน Still well เพื่อวัดน้ำระเหย

หลักการคือวาง Hook gage โดยให้ตะขอบริเวณผิวหน้าพอดี แล้วอ่านค่าที่ Vernier จะได้ค่าออกมาเป็นมิลลิเมตร

ตัวอย่างการอ่านค่าน้ำระเหย

สมมุติ อ่านค่าเดิมได้จากการตรวจครั้งที่แล้วได้ 27.32

อ่านครั้งใหม่ได้ 27.13

$$\begin{aligned}\text{ค่าน้ำระเหย} &= 27.32 - 27.13 \\ &= 0.19 \text{ mm.}\end{aligned}$$

ในกรณีฝนตกให้ลบกัน เช่น เดิม หักด้วยค่าน้ำฝน ในกรณีนี้ค่าอาจติดลบ ซึ่งเป็นไปได้ ให้ทำเหมือนเดิม แต่บวกด้วยค่าน้ำฝนจะได้ค่าน้ำระเหย

$$\text{ค่าเดิม} + \text{ค่าน้ำฝน} - \text{ค่าใหม่} = \text{ค่าน้ำระเหย}$$

โดยทั่วไป Evaporation pan มักจะมี Cup anemometer ติดไว้เหนือถาดด้วยเพื่อวัดกำลังแรงของลมเหนือพื้นผิวน้ำในถาด ซึ่งจะช่วยให้อัตราการระเหยของน้ำสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ถาดวัดน้ำระเหยยังมีแบบและขนาดต่าง ๆ ให้เลือกใช้ อีกหลายชนิด เช่น แบบ Colorado Sunken Pan มีขนาด 3 × 3 ฟุต ลึกระหว่าง 18 นิ้ว ถึง 3 ฟุต ผังอยู่ในพื้นดินให้ปากของถาดอยู่เหนือพื้นดิน 4 นิ้ว ระดับน้ำในถาดอยู่เหนือระดับพื้นดิน 1 นิ้ว และแบบ Floating Pan ที่เชื่อว่าน้ำที่ระเหยจากถาดที่ลอยอยู่ในน้ำจะใกล้เคียงกับการระเหยที่แท้จริงของน้ำ จึงสร้างถาดขนาด 3 × 3 ฟุต ลึก

18 นิ้ว ตรึงไว้ในท่อนลอยขนาด 14 × 18 ฟุต ระดับน้ำในภาคให้อยู่ระดับเดียวกับพื้นผิวน้ำ โดยให้ปากภาควิ่งเหนือผิวน้ำ 3 นิ้ว เป็นต้น แต่แบบที่นิยมใช้กันก็คือแบบของ U.S. Weather Bureau ที่กล่าวแล้วข้างต้น

3.2 การควบคุมการระเหย

การควบคุมการระเหย (Control of evaporation)

เนื่องจากปริมาณน้ำที่สูญเสียไปโดยการระเหยมีสูงถึงประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำฝนที่ลุ่มน้ำได้รับ การลดการระเหยโดยใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อรักษาผิวน้ำน้ำให้คงอยู่เสมอ จะสามารถลดอัตราการระเหยได้มาก แต่อุปสรรคจากลักษณะของอากาศ เช่น กระแสลม ตลอดจนกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ จะทำให้คุณสมบัติของสารเคมีเพื่อรักษาผิวน้ำถูกทำลายลงได้ ดังนั้น การควบคุมการระเหยของน้ำโดยใช้สารเคมีจึงมักไม่ค่อยได้ผล วิธีการที่ดีคือ พยายามใช้วิธีธรรมชาติ เช่น การใช้ร่มเงาของต้นไม้เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำ การทำแนวบังลมธรรมชาติ ตลอดจนกรรมวิธีทางด้านวิศวกรรมอื่น ๆ จะช่วยในการควบคุมการระเหยได้มากกว่า

3.3 การระเหยของน้ำที่ถูกรองรับไว้

การระเหยของน้ำที่ถูกรองรับไว้ (Evaporation of intercepted water) จะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกลงมา สิ่งแรกที่น้ำฝนปะทะก่อนจะตกลงสู่พื้นดินก็คือ สิ่งรองรับต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ เรือนยอดของต้นไม้ กิ่ง ก้าน และลำต้นของต้นไม้ ตลอดจนสิ่งก่อสร้าง อาคาร บ้านเรือน ฯลฯ เป็นต้น น้ำฝนส่วนที่ถูกเรือนยอดของต้นไม้รองรับไว้นี้ เรียกว่า Interception storage ซึ่งในช่วงระยะเวลาหนึ่งน้ำส่วนนี้จะระเหยกลายเป็นไอไปในที่สุด น้ำส่วนที่ค้างอยู่ตามลำต้นและกิ่งก้านสาขาของต้นไม้แล้วรวมตัวกันไหลลงมาตามลำต้นเรียกว่า Stemflow ส่วน Throughfall เป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกผ่านเรือนยอดของต้นไม้ลงสู่ดิน ปริมาณของ Throughfall และ Stemflow

ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ อย่างไรก็ตาม ความหนักเบาของฝนและชนิดของต้นไม้ก็มีผลต่อปริมาณน้ำที่ถูกกรองรับไว้ด้วย นอกจากนี้ยังมีน้ำส่วนที่เปียกชื้นค้างอยู่ในชั้นดินบน สิ่งที่เป็น Litter layer ซึ่งจะระเหยไปก่อนที่จะไหลลงสู่ดิน น้ำในส่วนนี้เรียกว่า Forest floor interception loss

ในการศึกษาถึงเรื่อง Interception storage, Throughfall, Stemflow และอื่น ๆ นั้น วัตถุประสงค์หลักก็เพื่อหาค่าน้ำฝนที่อยู่ในลุ่มน้ำจริง ๆ ว่ามีปริมาณเท่าใด การที่จะทราบค่าการระเหยของน้ำที่ถูกกรองรับไว้ นั้น จำเป็นที่จะต้องทราบค่า Total rainfall, Throughfall และ Stemflow เสียก่อน สำหรับค่า Total rainfall วัดได้จากที่วัดน้ำฝนในพื้นที่โล่งแจ้ง ส่วนค่า Throughfall ใช้วัดจากเครื่องวัดน้ำฝนเช่นกัน แต่วางไว้ใต้เรือนยอดของต้นไม้ในแปลงทดลอง โดยวางให้กระจายกันอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างมีระบบ และสำหรับ Stemflow สามารถวัดได้โดยใช้แผ่นโลหะ เช่น อลูมิเนียม ตัดให้เป็นแผ่นยาว ๆ แล้วคอกคิไว้รอบต้นไม้สูงจากระดับพื้นดินประมาณ 1-1.5 เมตร ใช้ชั้นหรือกาวปิดรอยต่อเพื่อทำเป็นรางน้ำรอบต้นไม้ เพื่อให้ น้ำที่ไหลลงมาตามลำต้นไหลอยู่ในรางน้ำนี้ จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยังถึงวัดน้ำฝนเพื่อทำการวัด สำหรับค่า Interception ได้จากการรวมค่า Throughfall และ Stemflow เข้าด้วยกันแล้วลบออกจากค่า Total rainfall ของลุ่มน้ำนั้น โดยทั่วไปพบว่าปริมาณฝนที่ตกน้อยจะมีโอกาสระเหยสู่อากาศก่อนถึงพื้นดิน ปริมาณของ Intercept จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของฝนที่หยุดตกไปก่อนหน้านั้นด้วย ระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมงทำให้พื้นที่แห้งฝนที่จะตกใหม่ก็จะถูก Intercept ได้ใหม่อีกมาก

4. การคายน้ำของต้นไม้

การคายน้ำของต้นไม้ (Transpiration) ทำให้พืชต้องสูญเสียน้ำในลำต้นไปเป็นจำนวนมาก มีน้ำเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ยังคงเหลืออยู่ในต้นไม้เพื่อการเจริญเติบโตต่อไป ปริมาณของการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้างทางสรีรวิทยาของพืชและสิ่งแวดล้อม ลักษณะโครงสร้างทางสรีรวิทยาของพืช ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างของใบ ปริมาณและความหนาแน่นของปากใบ สารที่เคลือบผิวใบ ฯลฯ เป็นต้น ส่วนลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่พืชเจริญเติบโตอยู่นั้น ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ดิน และน้ำ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันสภาพแวดล้อมทั้งหลายนั้นอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในบรรยากาศจะเป็นสิ่งสำคัญและมีอิทธิพลต่อพืชในระดับต้น ๆ

การวัดการคายน้ำโดยทั่วไปนิยมใช้วิธี Phytometer ซึ่งเป็นการวัดการคายน้ำของต้นไม้ที่อยู่ในกระถาง โดยพยายามสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมือนกับหรือใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด เมื่อต้นไม้เจริญเติบโตและตั้งตัวได้ก็แล้วก็จะใช้พาราฟินทาปิดผิวหน้าดินให้สนิทรอบกระถาง ทั้งนี้ เพื่อให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นได้เฉพาะการคายน้ำจากต้นไม้ทางเดียวเท่านั้น จากนั้นนำต้นไม้พร้อมกระถางไปชั่งน้ำหนักในช่วงเวลาต่าง ๆ กันที่กำหนดไว้จะสามารถทราบอัตราการคายน้ำได้จากน้ำหนักที่หายไป การใช้วิธีการนี้สามารถทำได้ตลอดวงจรของต้นไม้ เพียงแต่เตรียมกระถางและมีที่สำหรับเติมน้ำที่ขาดหายไปจากการคายน้ำ ดังนั้น จะสามารถทราบได้ทั้งอัตราการคายน้ำของพืชตลอดจนอัตราการคายน้ำในช่วงระยะต่าง ๆ ของพืชด้วย วิธีการของ Phytometer สามารถใช้ได้กับต้นไม้ขนาดเล็กที่มีระบบรากไม่มากนัก ไม่สามารถนำมาใช้กับต้นไม้ขนาดใหญ่ได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการเปรียบเทียบเพื่อนำผลมาใช้กับต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่

ซึ่งผลที่ได้ก็นับว่าเป็นที่ยอมรับได้และถือว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการหาปริมาณการคายน้ำของต้นไม้ การใช้วิธีการหาปริมาณการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ของใบของพันธุ์ไม้ที่ทำการทดลองในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง แล้วนำไปคูณกับเนื้อที่ของใบของต้นไม้ทั้งต้นหรือทั้งป่า ก็จะสามารถทราบปริมาณการคายน้ำโดยประมาณของต้นไม้ทั้งต้นหรือทั้งป่าได้

อย่างไรก็ตาม วิธีการวัดการคายน้ำของต้นไม้ มีวิธีการแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการศึกษา เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ ปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น สภาพของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา แสงแดดเมฆแต่ภัยธรรมชาติ และอื่น ๆ ล้วนมีอิทธิพลต่อพืชทั้งสิ้น นักสำรวจทางพฤกษศาสตร์จำเป็นต้องใช้วิธีการและเวลาในการศึกษาในส่วนของการคายน้ำของพืชและสรีรวิทยาของพืชในรูปแบบต่าง ๆ กัน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการเกษตร พันธุศาสตร์ การชลประทาน การจัดการลุ่มน้ำ ตลอดจนกิจการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้จำเป็นต้องศึกษาเป็นเวลายาวนาน เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอนที่สุด

5. การหาการคายระเหย

การหาการคายระเหย (Estimating Evapotranspiration) เนื่องจาก วัตถุประสงค์ในการจัดการลุ่มน้ำก็เพื่อให้มีน้ำใช้ได้ตลอดปี การที่จะวางแผนการจัดการลุ่มน้ำที่ดีได้ต้องทราบปริมาณน้ำที่ลุ่มน้ำได้รับทั้งหมด รวมทั้งต้องทราบปริมาณน้ำที่สูญเสียออกไปในวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะได้เปรียบเทียบหักลบกันจะได้ทราบค่าของปริมาณน้ำที่เหลืออยู่จริง การหาการระเหยของน้ำและการหาค่าการคายน้ำของต้นไม้ ในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก การใช้วิธีการประมาณค่า