



เอกสารประกอบการบรรยาย
หลักสูตรเจ้าหน้าที่ข่าวอากาศ พ.ศ.๒๕๖๕
วิชา เครื่องมือตรวจอากาศและ
การจัดดำเนินงานสถานีตรวจอากาศ

กองข่าวกาาศ
กองบัญชาการควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการติดตั้งและใช้งานเครื่องมือตรวจอากาศแบบแอนาล็อกและแบบดิจิทัล
๒. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินการสถานีตรวจอากาศ
๓. มีทัศนคติที่ดีและตระหนักในการติดตั้งและใช้งานเครื่องมือตรวจอากาศแบบแอนาล็อกและแบบดิจิทัล

สมรรถนะรายวิชา

เข้าใจในการติดตั้งใช้งานและการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือตรวจอากาศ ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอน การติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องมือตรวจอากาศเบื้องต้น

คำนำ

หนังสือคู่มือ เครื่องมือตรวจอากาศ ที่ได้เรียบเรียงขึ้นนี้เป็นคู่มือขั้นพื้นฐาน การใช้งาน การดูแล บำรุงรักษาและปรับเทียบเครื่องมือตรวจอากาศ โดยกล่าวเฉพาะหลักการทั่ว ๆ ไป และต้องทำการปรับปรุงขึ้นใหม่ ตามคู่มือ WMO.8 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับ จนท.ตรวจอากาศ และ จนท.ช่างเครื่องมือตรวจอากาศ แต่การบำรุงรักษาและปรับเทียบมาตรฐาน จนท.ช่างเครื่องมือตรวจอากาศ ต้องใช้คู่มือประจำเครื่องต่างๆ ที่ได้รับมาพร้อมเครื่องมือตรวจอากาศ

หากคู่มือฉบับนี้มีเนื้อหาส่วนใดขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดด้วยเนื้อหาส่วนใด ขอความกรุณาแจ้งให้ ผคอ.กขอ.คปอ. ทราบ เพื่อจะได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้คู่มือเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผคอ.กขอ.คปอ.

ม.ค.๖๕

สารบัญ

บทที่	หน้า
๑. การแบ่งประเภทสถานีตรวจอากาศ	๑
- เงื่อนไขในการตั้งสถานีตรวจอากาศ	๒
- สนามอุตุนิยมวิทยา	๑๕
- การกำหนดตำแหน่งเครื่องมือตรวจอากาศบริเวณสนามบิน	๑๘
๒. อุณหภูมิ	๑๙
- เทอร์โมมิเตอร์	๑๙
- ไฮโครมิเตอร์	๒๐
- เรือนเทอร์โมมิเตอร์	๓๒
๓. เครื่องวัดทิศทางลม	๓๖
-ประเภทเครื่องวัดลม	๓๙
๔. การวัดความกดอากาศ	๔๒
-หน่วยและสเกลในการวัด	๔๒
-คุณสมบัติเครื่องวัดความกดอากาศ	๔๓
-ประเภทของเครื่องวัดความกดอากาศ	๔๔
๕. ถังวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า(ถังวัดน้ำฝน)	๕๐
-สถานที่ติดตั้งและสภาพแวดล้อม	๕๑
-ประเภทของถังวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า	๕๒
๗. เครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS -310	๕๙
-ส่วนประกอบเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS – 310	๕๙
-การติดตั้งเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS -310	๗๓
-การใช้งานเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS – 310	๘๖
๘. เอกสารอ้างอิง	๑๐๑

บทที่ ๑

การแบ่งประเภทสถานีตรวจอากาศ

สภาพแวดล้อมของสถานที่ที่ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจอากาศอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาด และเกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดอย่างมากซึ่งมากกว่าตัวเครื่องมือเอง ดังนั้นจึงได้ให้ความสนใจกับลักษณะของเครื่องมือและสภาพแวดล้อมในการวัดที่ถูกสร้างขึ้นมามากขึ้น ซึ่งสภาพแวดล้อมดังกล่าวอาจทำให้ผลการวัดที่มีผลลัพธ์เกิดคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลเหล่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสถานีปฏิบัติการนั้นเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ (๑๐๐ - ๑,๐๐๐ ตารางกิโลเมตร หรือ ๖๒,๕๐๐ - ๖๒๕,๐๐๐ ไร่)

อาจมีสถานีที่ไม่สามารถปฏิบัติตามกฎเกณฑ์การปฏิบัติที่แนะนำ ดังนั้นการจัดหมวดหมู่ของสถานีจึงได้รับการจัดตั้งขึ้นเพื่อช่วยในการพิจารณาชั้นมูลฐาน สถานีที่กำหนดให้เป็นขนาดเล็ก (ผลกระทบของสภาพแวดล้อม) สถานีระดับที่ ๑ ถือได้ว่าเป็นสถานีอ้างอิง ส่วนสถานีระดับที่ ๕ ถือว่าเป็นสถานีที่ใกล้เคียงอุปสรรคและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสำหรับการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ขนาดใหญ่ (อย่างน้อย ๑๐ ตารางกิโลเมตร หรือ ๖,๒๕๐ ไร่) ซึ่งเป็นสถานีทางอุตุนิยมวิทยาที่ควรหลีกเลี่ยง ส่วนสถานีที่มีขนาดเล็ก (จำนวนมาก) เมื่อเทียบกับสถานีที่มีขนาด กว้างใหญ่ ยังคงเป็นสิ่งที่มีความหมายมาก เมื่อนำใช้ใน พื้นที่ที่กว้างใหญ่หรือเกิดจากอุปสรรคของพื้นที่ในท้องถิ่น

สถานีโดยรวมที่มีอยู่ไม่มีการจัดหมวดหมู่ให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน แต่ละพารามิเตอร์หรือ ตัวแปรการวัดที่สถานีแต่ละแห่งมีลักษณะเป็นระดับของตนเอง (บางครั้งก็เป็นความแตกต่างจากคน อื่น ๆ ถ้าการจัดหมวดหมู่มีความจำเป็นต้องมีสถานีส่วนกลาง ระดับของตัวแปรที่มีค่ามากก็สามารถนำไปใช้ได้)

การจัดอันดับของแต่ละสถานีควรได้รับการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ ขณะที่สถานการณ์สิ่งแวดล้อมสามารถเป็นไปเป็นประจำทุกปี และทำการตรวจสอบถ้าลักษณะบางอย่างของสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง กระบวนการจัดหมวดหมู่ใหม่ก็เป็นสิ่งที่จำเป็นและการปรับปรุงแก้ไขระดับของสถานีควรทำอย่างน้อยทุกห้าปี

ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ

ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจอากาศอ้างอิง Geodetic System 1984 (WGS-84) Earth Geodetic Model 1996 (EGM96) เป็นที่ยอมรับและรู้จักอย่างถูกต้อง การบันทึกตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศ (ตามความจำเป็นโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ได้แก่

1. ละติจูด มีค่าเป็นองศาและลิปดา (จำนวนเต็ม)
2. ลองจิจูด มีค่าเป็นองศาและลิปดา (จำนวนเต็ม)
3. ความสูงของสถานีเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเป็นเมตร (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

ตำแหน่งที่ตั้ง หมายถึง จุดตรวจอากาศที่จะถูกนำไปใช้ และอาจจะตั้งชื่อไม่เหมือนตัวเมือง หมู่บ้าน หรือสนามบิน

ความสูงของสถานี

หมายถึงความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง คือบริเวณพื้นดินที่มีการติดตั้งถังวัดปริมาณน้ำฝนตั้งอยู่ หรือถ้าไม่มีถังวัดปริมาณน้ำฝนให้ใช้บริเวณพื้นดินที่อยู่ใต้เรือนเทอร์โมมิเตอร์ หรือถ้าหากไม่มีทั้งถังวัดปริมาณน้ำฝนและเรือนเทอร์โมมิเตอร์ให้ใช้พื้นที่โดยเฉลี่ยของบริเวณโดยรอบสถานี และเมื่อมีการตรวจวัดความกดอากาศที่สถานี จะต้องแยกความสูงของสถานีออกจากต่างหาก ดังนั้นการรายงานความกดอากาศได้อ้างอิงความสูงของสถานีเรียกว่า “ความกดอากาศของสถานี” หรือความสูงของบาโรมิเตอร์ประจำสถานี วัตถุประสงค์ข้อกำหนดนี้เพื่ออ้างถึงการบันทึกความกดอากาศอย่างต่อเนื่อง (WMO, 2010e)

กรณีที่สถานีตั้งอยู่ที่สนามบินการระบุความสูงของสถานีอื่นๆ เป็นกรณีพิเศษ (ดูจาก Part II, Chapter 2, and WMO, 1990) การกำหนดความสูงของสถานีและค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO, 1992)

ข่ายสถานีห่างกันได้เท่าใด

ประเทศต่าง ๆ จัดตั้งสถานีตรวจอากาศขึ้นตามภาคต่าง ๆ ภายในประเทศของตน มีลักษณะ เป็นตาข่ายที่มีระยะสม่ำเสมอ และกระจายทั่วประเทศ เพื่อให้ได้ผลการตรวจลักษณะอากาศที่แท้จริงทั่วประเทศในระยะเวลาหนึ่ง ๆ สถานีตรวจอากาศผิวพื้นที่เป็นมาตรฐานควรมีระยะห่างกันระหว่างสถานีหนึ่ง ๆ ไม่เกิน ๑๕๐ กิโลเมตร (สถานีตรวจอากาศชั้นบนห่างกันไม่เกิน ๒๕๐ กิโลเมตร) แต่ทั้งนี้ต้องสัมพันธ์กับ ฐานะการเงินที่จัดตั้งได้มากน้อยถี่ห่างเพียงใด ยังมีสถานีตรวจอากาศหนาแน่นทั่วประเทศยังเป็นผลดีแก่การพยากรณ์อากาศและการจัดทำแผนที่ภูมิอากาศยิ่งขึ้น

เงื่อนไขในการตั้งสถานีตรวจอากาศ

อุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ที่ติดตั้งสนามตรวจอากาศ ในทางปฏิบัติอาจจะทำได้หรือทำไม่ได้ ซึ่งพิจารณาตามเงื่อนไขเหล่านี้

๑. อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (Air temperature and humidity)
๒. หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)
๓. ลมผิวพื้น (Surface wind)
๔. การแผ่กระจายรังสี (Global and diffuse radiation)
๕. การแผ่รังสีโดยตรงและระยะเวลาแสงแดด (Direct radiation and sunshine duration)

๑. ระดับชั้นในการจำแนก การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (Air temperature and humidity classification)

ข้อกำหนดในการให้บริการทางอุตุนิยมวิทยาของคู่มือฉบับนี้ ได้กำหนดให้เครื่องส่งสัญญาณของเครื่องวัดควรจะต้องติดตั้งภายในตู้สกรีนที่มีระดับความสูง ๑.๒๕ – ๒ เมตร โดยความสูงไม่ควรต่ำกว่า ๑.๒๕ เมตร ส่วนที่ระดับความสูงมากกว่านี้จะไม่มีความคุ้มค่ามากนักเพราะว่าค่าของอุณหภูมิจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับความสูง ตัวอย่างเช่น ความแตกต่างของเครื่องส่งสัญญาณที่ความสูง อยู่ระหว่าง ๑.๕ และ ๒ เมตร มีค่าน้อยกว่า ๐.๒ องศาเซลเซียส (ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ สูงจากพื้นดินขึ้นไป ๑๐ กิโลเมตร อุณหภูมิ ลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย ๖.๕ องศาเซลเซียส ต่อ ๑ กิโลเมตร)

ความแตกต่างหลักมีสาเหตุมาจากที่เกิดจากความไม่ปกติของพื้นผิวและเงา จะเกิดได้จาก

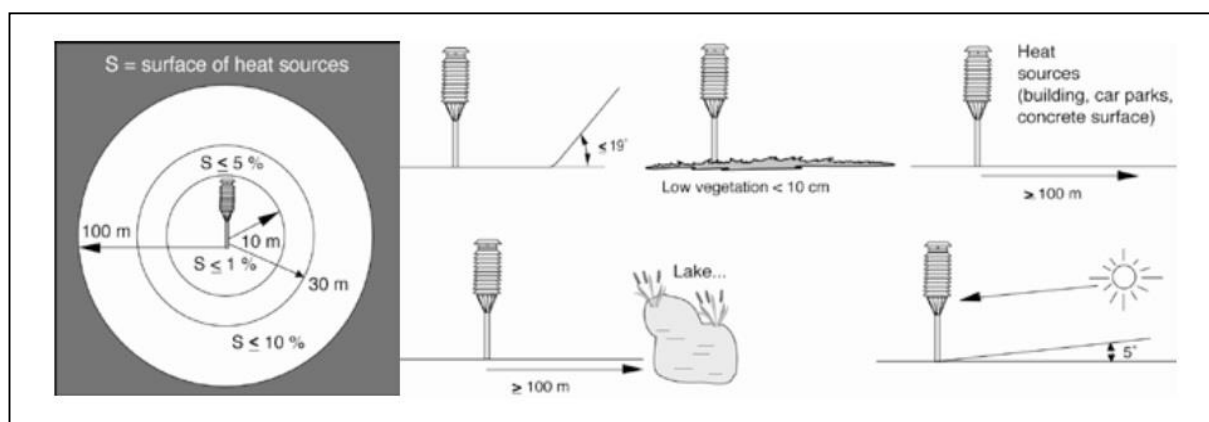
ก) สิ่งกีดขวางรอบ ๆ ต้นไม้ที่มีอิทธิพลต่อความสมดุลของการแผ่รังสีของต้นไม้ เมื่อต้นไม้อยู่ใกล้กับสิ่งกีดขวาง หรืออุปสรรคที่อยู่ในแนวตั้ง ซึ่งอาจจะเป็นร่มเงาจากรังสีของแสงอาทิตย์หรือ “ป้องกัน” กับการระบายความเย็นของอากาศในเวลากลางคืน โดยได้รับความอบอุ่นจากรอบ ๆ หรือได้รับอิทธิพลจากรังสีสะท้อน

ข) พื้นผิวสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงอาจจะมีอิทธิพลทำให้เกิดความร้อนได้ และควรหลีกเลี่ยง ผลกระทบจากลมก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ พื้นผิวธรรมชาติ สิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ก็สามารถเป็นแหล่งทำให้เกิดความร้อนได้ พื้นผิวสะท้อน (เช่น อาคาร พื้นผิวคอนกรีต ที่จอดรถ) และแหล่งน้ำ (เช่น บ่อน้ำ ทะเลสาบ พื้นที่ชลประทาน)

เงาจากสิ่งกีดขวางที่ใกล้เคียงควรหลีกเลี่ยง สำหรับเงาเนื่องจากการบรรเทาธรรมชาติจะไม่นำมาพิจารณาสำหรับการจัดหมวดหมู่

การระบุความสูงจากการเจริญเติบโตของพืชพรรณ รักษาไว้ในลักษณะ “ตามปกติ” ความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นระหว่างความสูงของพืชโครงสร้าง (ต่อชนิดของพืชในปัจจุบันของสถานี) และความสูงที่เกิดจากการบำรุงรักษาไม่ดี การจัดหมวดหมู่ของสถานีจึงทำได้บนสมมติฐานของการบำรุงรักษาปกติ (เว้นแต่การบำรุงรักษาเช่นนั้นไม่สามารถทำได้)

๑.๑ ระดับที่ ๑ (Class 1)



๑. เป็นพื้นที่ราบในแนวระดับ ล้อมรอบพื้นที่เปิดโล่ง ความชันน้อยกว่า ๑/๓ (๑๔ องศา)

๒. พื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยพืชพรรณธรรมชาติ ที่ไม่สูงมากนัก (< ๑๐ เซนติเมตร)

๓. จุดวัดที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง

๓.๑ ห่างจากแหล่งความร้อนหรือพื้นผิวที่สะท้อนแสง (อาคาร, พื้นผิวคอนกรีต, ที่จอดรถ

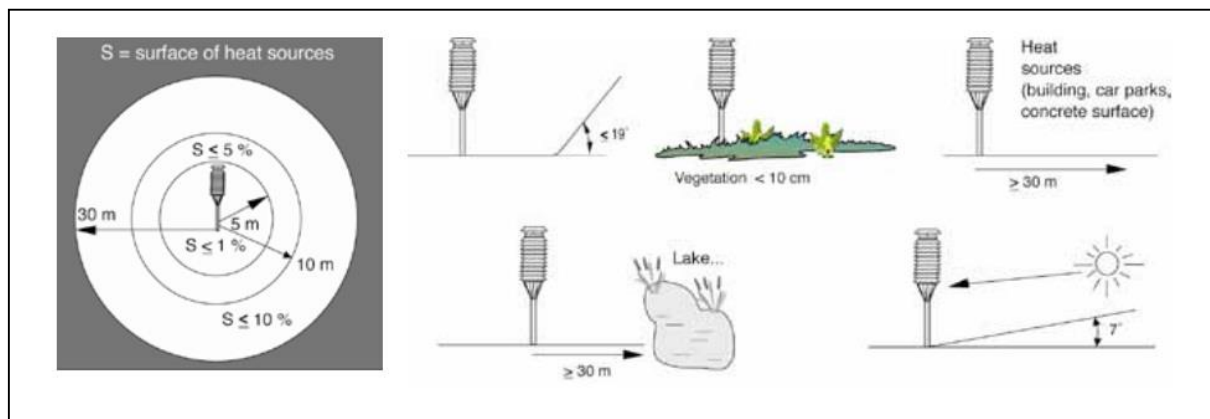
ฯลฯ) มากกว่า ๑๐๐ เมตร

๓.๒ ห่างจากแหล่งน้ำ มากกว่า ๑๐๐ เมตร (ยกเว้นที่สำคัญของภูมิภาค)

๓.๓ อยู่ห่างจากร่มเงาทั้งหมดที่คาดการณ์ไว้ เมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า ๕ องศา

แหล่งที่มาของความร้อน (หรือความกว้างของห้วงน้ำ) ที่ได้รับการพิจารณาแล้วว่า ตรงบริเวณที่ได้รับผลกระทบครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ ๑๐ ของพื้นที่ ที่อยู่ภายในพื้นที่วงกลมรัศมี ๑๐๐ เมตร โดยรอบ ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ ๕ ของวงแหวนรัศมีระหว่าง ๑๐ - ๓๐ เมตร หรือครอบคลุมถึงร้อยละ ๑ ของวงกลมรัศมี ๑๐ เมตร

๑.๒ ระดับที่ ๒ (Class 2)



๑. เป็นพื้นที่ราบที่ล้อมรอบพื้นที่เปิดมีความเอียงน้อยกว่า ๑/๓ (๑๙ องศา)
๒. ภูมิภาคหรือพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยพืชพรรณธรรมชาติ ที่ไม่สูงมาก (< ๑๐ เซนติเมตร)
๓. จุดวัดที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง

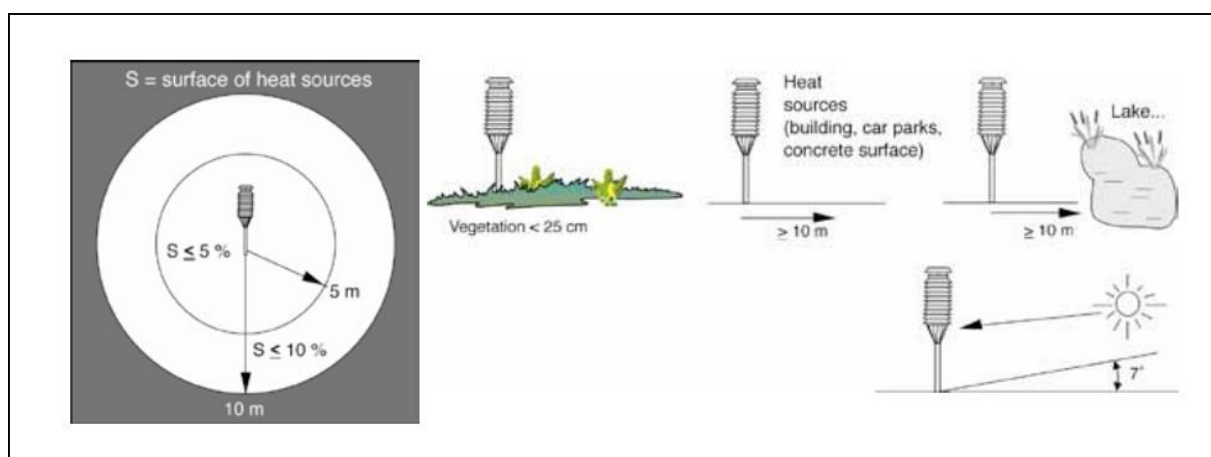
๓.๑ ห่างจากแหล่งความร้อนเทียมหรือพื้นผิวสะท้อน (อาคาร, พื้นผิวคอนกรีต, ที่จอดรถ ฯลฯ) มากกว่า ๓๐ เมตร

๓.๒ ห่างจากแหล่งน้ำ มากกว่า ๓๐ เมตร (เว้นแต่ที่สำคัญของภูมิภาค)

๓.๓ อยู่ห่างจากร่มเงาที่คาดการณ์ไว้ทั้งหมด เมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า ๗ องศา

แหล่งกำเนิดของความร้อน (หรือความกว้างของน้ำ) จะถือว่าได้รับผลกระทบได้หากครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ ๑๐ ของพื้นที่ ที่อยู่ภายในพื้นที่วงกลมรัศมี ๓๐ เมตร โดยรอบ ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ ๕ ของวงแหวนรัศมีระหว่าง ๕ - ๑๐ เมตร หรือครอบคลุมถึงร้อยละ ๑ ของวงกลมรัศมี ๕ เมตร

๑.๓ ระดับที่ ๓ (Class 3) ประเมินความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น โดยสูงได้ถึง ๑ องศาเซลเซียส



๑. ภูมิภาคหรือพื้นที่ปกคลุมไปด้วยพืชพรรณธรรมชาติและต่ำ (< ๒๕ เซนติเมตร)

๒. จุดวัดที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง

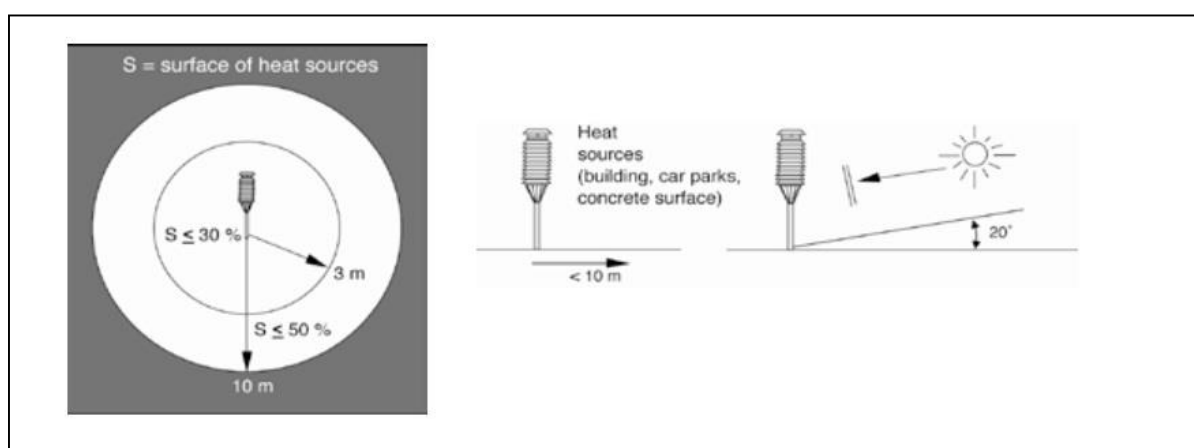
๒.๑ ห่างจากแหล่งความร้อนและพื้นผิวสะท้อน (อาคาร, พื้นผิวคอนกรีต, ที่จอดรถ ฯลฯ) มากกว่า ๑๐ เมตร

๒.๒ ห่างจากแหล่งน้ำ (เว้นแต่ที่สำคัญของภูมิภาค) มากกว่า ๑๐ เมตร

๒.๓ อยู่ห่างจากร่มเงาที่คาดการณ์ไว้ทั้งหมด เมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า ๗ องศา

แหล่งที่มาของความร้อน (หรือห้วงน้ำ) ที่ได้รับการพิจารณาแล้วว่าได้รับผลกระทบครอบคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ ๑๐ ของพื้นที่ ที่อยู่ภายในวงกลมรัศมี ๑๐ เมตร โดยรอบหรือเพิ่มขึ้นร้อยละ ๕ ของวงแหวนรัศมี ๕ เมตร

๑.๔ ระดับที่ ๔ (Class 4) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น โดยสูงได้ถึง ๒ องศาเซลเซียส



๑. ใกล้กับแหล่งความร้อนและพื้นผิวสะท้อน (อาคาร, พื้นผิวคอนกรีต, ที่จอดรถ, ฯลฯ) หรือ ห้วงน้ำ ยกเว้นที่สำคัญของภูมิภาค ครอบคลุมดังนี้

๑.๑ น้อยกว่าร้อยละ ๕๐ ของพื้นผิวภายในพื้นที่วงกลม ๑๐ เมตร รอบ ๆ บริเวณ

๑.๒ น้อยกว่าร้อยละ ๓๐ ของพื้นผิวภายในพื้นที่วงกลม ๓ เมตร รอบ ๆ บริเวณ

๒. ห่างจากร่มเงาที่คาดการณ์ไว้ทั้งหมดดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า ๒๐ องศา

๑.๕ ระดับที่ ๕ (Class 5) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น โดยสูงได้ถึง ๕ องศาเซลเซียส เมื่อสถานีไม่ได้สนองตอบความต้องการของ ระดับที่ ๔ (Class 4)

๒. ระดับชั้นในการจำแนกเครื่องมือวัดหยาดน้ำฟ้า (Precipitation classification)

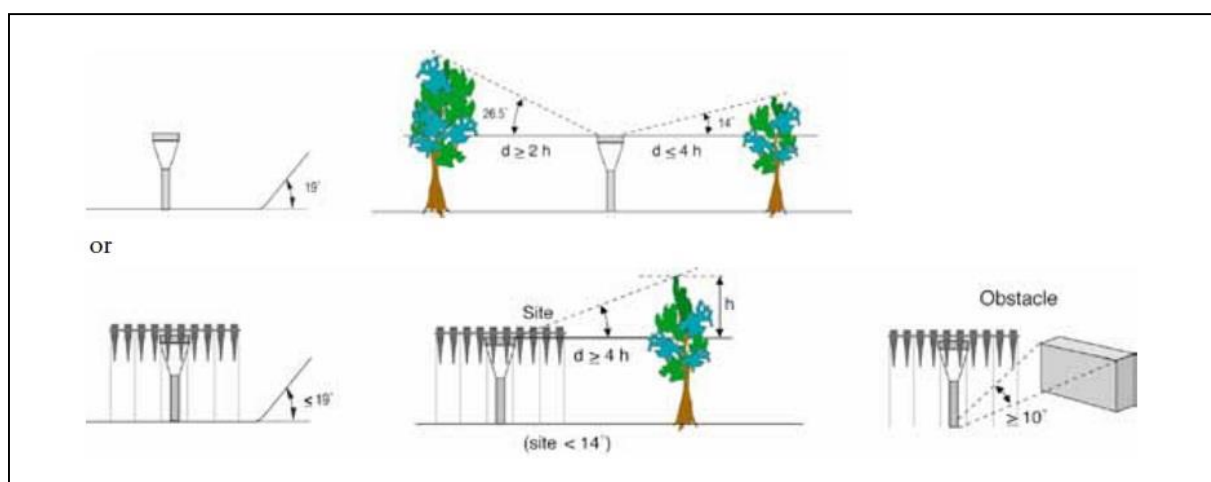
ลมเป็นตัวการสำคัญที่สุดของการรบกวนในการตรวจวัดน้ำฝน อันเนื่องจากผลกระทบของเครื่องวัดเมื่อมีการไหลของอากาศ ยกเว้นกรณีที่มาตรวัดน้ำฝนได้รับปกป้องจากลม เช่น โล่ลม, สถานีที่ดีที่สุดมักพบในป่า หรือสวนผลไม้ท่ามกลางต้นไม้ในป่า ป่าละเมาะหรือพุ่มไม้หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันลมที่มีประสิทธิภาพสำหรับลมที่มาจากทุกทิศทาง เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านั้น ที่มีการตั้งค่า

ในพื้นที่ที่ล้อมรอบอย่างสม่ำเสมอโดยสิ่งกีดขวางของความสูงสม่ำเสมอ สิ่งกีดขวางเป็นวัตถุที่มีความกว้างจากเชิงมุม ๑๐ องศา หรือมากกว่า

พื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้กับข้อจำกัดในแง่ของความสูงของอุปกรณ์การวัดอื่น ๆ เงื่อนไขดังกล่าวเป็นความไม่สมจริงในทางปฏิบัติ ถ้าอุปสรรคไม่เหมือนกันมีแนวโน้มที่จะสร้างความผิดพลาด ในการวัดผลกระทบนี้เด่นชัดมากขึ้นสำหรับกลุ่มฝนที่เป็นของแข็ง นี่คือเหตุผลว่าทำไมระดับความสูงกำหนดระยะทางบางอย่างจากสิ่งกีดขวาง ซึ่งทิศทางของสิ่งกีดขวางดังกล่าวขึ้นอยู่กับทิศทางลมอาจจะไม่นำมาพิจารณา สำหรับกลุ่มฝนหนักมักจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยการไหลเวียนโดยทิศทางลม บ่อยครั้งที่ทิศทางลมไม่จำเป็นต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ได้รับการพิจารณาให้เป็นอุปสรรคหากอัตราส่วนระหว่างความสูงสูงสุดกับต่ำสุดอยู่ในระดับต่ำกว่า ๒

หมายเหตุ ข้อมูลอ้างอิงสำหรับความสูงของสิ่งกีดขวางกับความสูงของกระบอกตรวจรองรับน้ำฝน

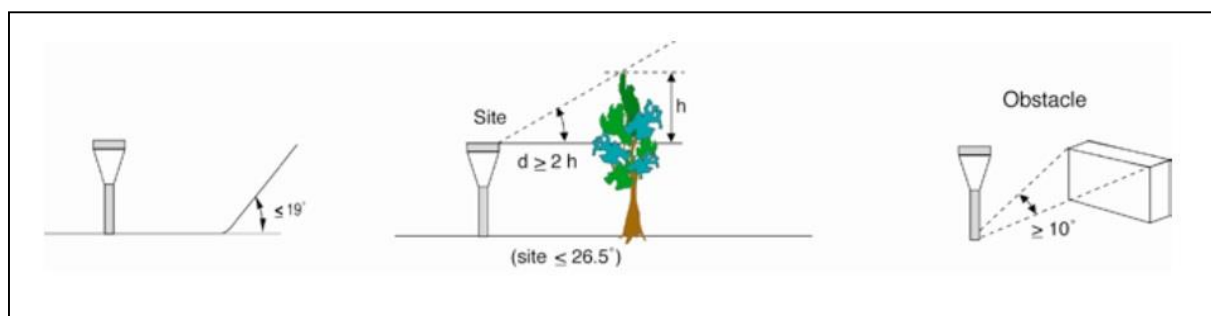
๒.๑ ระดับที่ ๑ (Class 1)



๑. พื้นที่ราบแนวนอน ล้อมรอบด้วยความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่า ๑/๓ (๑๙ องศา) มาตรฐานวัดฝนล้อมรอบไปด้วยสิ่งกีดขวางของความสูง มองเห็นสิ่งกีดขวางภายใต้มุมเงยระหว่าง ๑๔ ถึง ๒๖ องศา (ที่ระยะห่างระหว่าง ๒ ถึง ๔ เท่า ความสูงสิ่งกีดขวาง)

๒. ที่ราบที่ดินแนวล้อมรอบด้วยพื้นที่เปิดลาดน้อยกว่า ๑/๓ (๑๙ องศา) สำหรับมาตรวัดฝนที่ประดิษฐ์ขึ้นให้มีการป้องกันลม เครื่องไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันโดยสิ่งกีดขวางของ ความสูง ในกรณีนี้สิ่งกีดขวางอื่น ๆ จะต้องตั้งอยู่ที่ระยะห่างอย่างน้อย ๔ เท่า ของความสูงสิ่งกีดขวาง

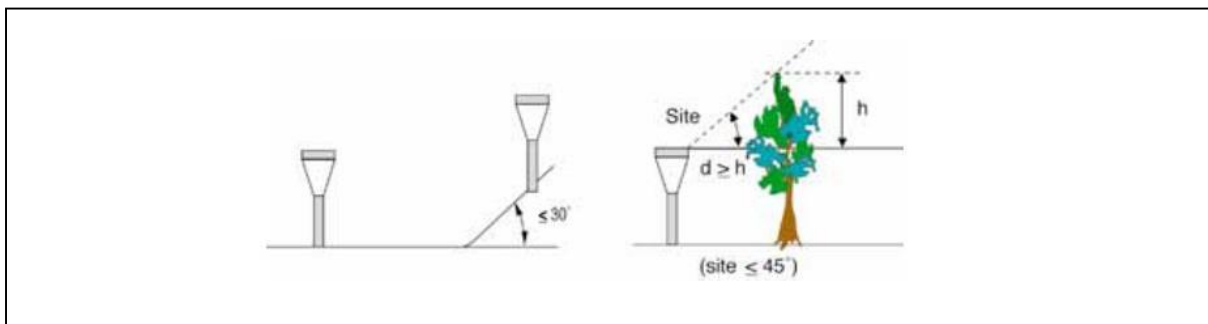
๒.๒ ระดับที่ ๒ (Class 2) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ถึงร้อยละ ๕



๑. ที่ราบที่ดินแนวล้อมรอบด้วยพื้นที่เปิดลาดน้อยกว่า ๑/๓ (๑๙ องศา)

๒. ถ้าเป็นไปได้สิ่งกีดขวางจะต้องตั้งอยู่ที่ระยะทางอย่างน้อยสองเท่าความสูงของ สิ่งกีดขวาง (ขึ้นอยู่กับความสูงของที่รองรับน้ำฝน)

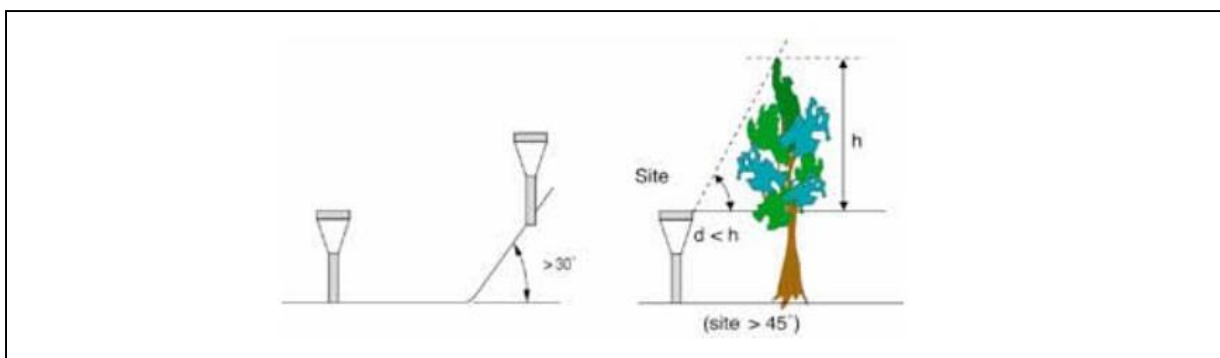
๒.๓ ระดับที่ ๓ (Class 3) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ถึงร้อยละ ๑๕



๑. ที่ดินถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่เปิดลาดน้อยกว่า ๑/๒ (≤ 30 องศา)

๒. ถ้าเป็นไปได้สิ่งกีดขวางจะต้องตั้งอยู่ในระยะทางที่มากกว่าความสูงของสิ่งกีดขวาง

๒.๔ ระดับที่ ๔ (Class 4) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ถึงร้อยละ ๒๕



๑. พื้นที่ลาดชัน (> 30 องศา)

๒. สิ่งกีดขวางที่เป็นไปได้จะต้องตั้งอยู่ในระยะทางที่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงสิ่งกีดขวาง

๒.๕ ระดับที่ ๕ (Class 5) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ถึงร้อยละ ๑๐๐



ถังวัดน้ำฝนตั้งอยู่ใกล้ครึ่งหนึ่งของความสูงสิ่งกีดขวาง (เช่น ต้นไม้, หลังคา, ฝาผนัง ฯลฯ)

๓. ระดับชั้นในการจำแนกเครื่องมือวัดลมผิวพื้น (Surface wind classification)

กฎเกณฑ์ของความสูงโดยทั่วไปกำหนดให้เครื่องส่งสัญญาณควรติดตั้ง ๑๐ เมตร เหนือระดับพื้นดิน และวางบนพื้นดินเปิด พื้นดินเปิดในที่นี้แสดงให้เห็นถึงสิ่งกีดขวางที่ตั้งอยู่ในระยะขั้นต่ำเท่ากับอย่างน้อย ๑๐ เท่าของความสูงเครื่องส่งสัญญาณ

การวัดลมจะถูกรบกวนโดยไม่เพียงแต่อุปสรรคโดยรอบภูมิประเทศเท่านั้น ความไม่สม่ำเสมอของภูมิประเทศยังมีส่วนอีกด้วย ซึ่งองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดให้พิจารณาลมพัดทั่วไปที่ระดับความสูง ๑๐ เมตร และพิจารณาความไม่สม่ำเสมอของสถานที่ติดตั้ง ๐.๐๓ เมตร สำหรับสถานีภาคพื้น

นี่ถือได้ว่าเป็นลมอ้างอิงสำหรับเงื่อนไขที่แท้จริงซึ่งเป็นที่รู้จักกัน (ความสูง ๑๐ เมตร ความไม่สม่ำเสมอ ๐.๐๓ เมตร)

ดังนั้นความไม่สม่ำเสมอของลมในพื้นที่รอบ ๆ การตรวจวัดนั้น จะต้องมีการจัดทำเอกสารความไม่สม่ำเสมอควรจะใช้เพื่อในการแปลงค่าใช้อ้างอิง แต่ขั้นตอนนี้สามารถนำมาใช้เฉพาะกรณีที่สิ่งกีดขวางไม่ได้อยู่ใกล้เกินไป สำหรับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความไม่สม่ำเสมอและวิธีการแก้ไขตามตาราง

Terrain classification from Davenport (1960) adapted by Wieringa (1980b) in terms of aerodynamic roughness length z_0

Class index	Short terrain description	z_0 (m)
2	Mud flats, snow; no vegetation, no obstacles	0.005
3	Open flat terrain; grass, few isolated obstacles	0.03
4	Low crops; occasional large obstacles, $x/H > 20$	0.10
5	High crops; scattered obstacles, $15 < x/H < 20$	0.25
6	Parkland, bushes; numerous obstacles, $x/H \approx 10$	0.5
7	Regular large obstacle coverage (suburb, forest)	1.0
8	City centre with high- and low-rise buildings	≥ 2

หมายเหตุ

x เป็นระยะทางของสิ่งกีดขวางโดยทั่วไปที่อยู่เหนือลม

H เป็นความสูงของสิ่งกีดขวางหลักที่สอดคล้องกัน

การจำแนกสิ่งแวดล้อม (Environments classification)

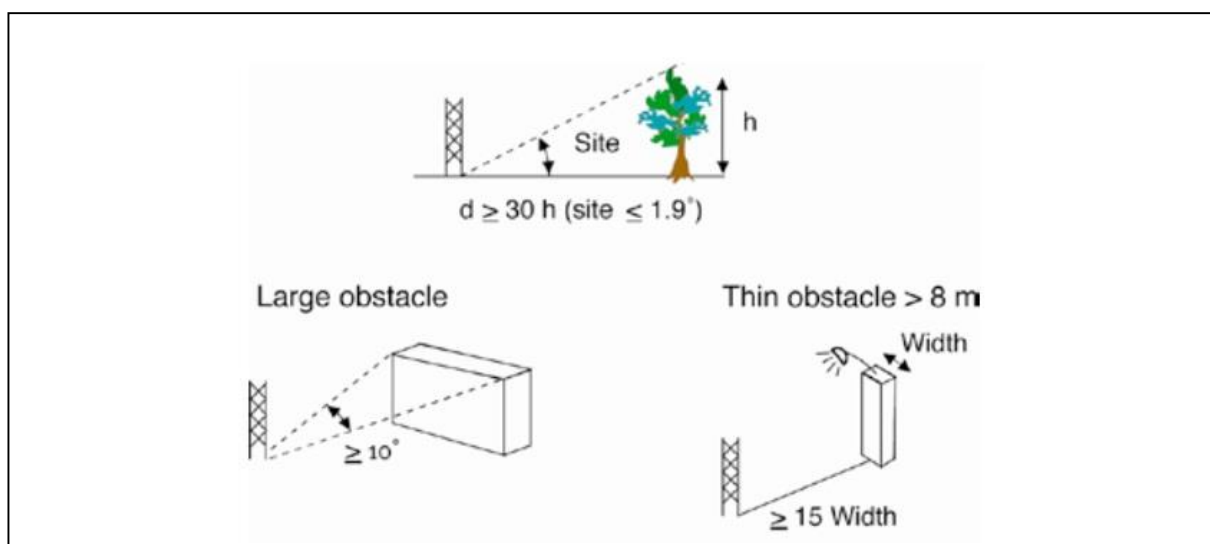
สิ่งกีดขวางที่ปรากฏ (ค่อนข้างทนถาวร) หมายถึง การลดลงของการอ่านลมเฉลี่ย แต่อย่างน้อยก็ยังมีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อลมกระโชก การจัดหมวดหมู่ต่อไปนี้เป็น การคาดประมาณที่ความสูง ๑๐ เมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงมาตรฐานสำหรับการวัดทางอุตุนิยมวิทยา

การดำเนินการตรวจวัดในระดับต่ำกว่า (เช่น การวัดที่ระดับ ๒ เมตร กรณีที่นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางภูมิอากาศ และสภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร)

สิ่งกีดขวางต่างๆ จำนวนมากที่มีความสูงมากกว่า ๒ เมตร การติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณไว้ที่ ๑๐ เมตรเหนือค่าเฉลี่ยความสูงของอุปสรรค วิธีนี้จะช่วยให้อิทธิพลของสิ่งกีดขวางที่อยู่ใกล้เคียง จะถูกลดลง แสดงให้เห็นถึงการแก้ปัญหาอย่างถาวร ส่วนการจัดอิทธิพลบางอย่างของสิ่งกีดขวาง ไม่ความสะดวก ต้องคำนึงถึงความจำเป็นสำหรับเสาสูงกว่าที่ไม่ได้มาตรฐานจึงทำให้มีราคาแพงกว่า ซึ่งต้องพิจารณาสำหรับสถานีบางแห่งที่และสถานที่นั้นจำเป็นต้องใช้งาน ความสูงของสิ่งกีดขวาง ที่จะต้องนำมาพิจารณาก็คืออยู่เหนือระดับ ๑๐ เมตร ตั้งอยู่ด้านล่างเครื่องส่งสัญญาณ (เช่น เครื่องวัดความเร็วลมติดตั้งไว้ที่ความสูง ๑๓ เมตร จากพื้นดิน ระดับสิ่งกีดขวางอยู่ที่ ๓ เมตร อุปสรรคที่ ๗ เมตร ถือว่ามีประสิทธิภาพอยู่ที่ความสูง ๔ เมตร)

วัตถุต่าง ๆ ต่อไปนี้จะถือว่าเป็นสิ่งกีดขวาง ถ้าความกว้างเชิงมุมมีค่ามากกว่า ๑๐ องศา ยกเว้น สิ่งกีดขวางที่มีความสูงและบาง การเปลี่ยนแปลงของระดับความสูง (บวกหรือลบ) ของภูมิประเทศไม่ถือว่าเป็นสิ่งกีดขวาง ดังที่จะกล่าวข้างล่าง

๓.๑ ระดับที่ ๑ (Class 1)

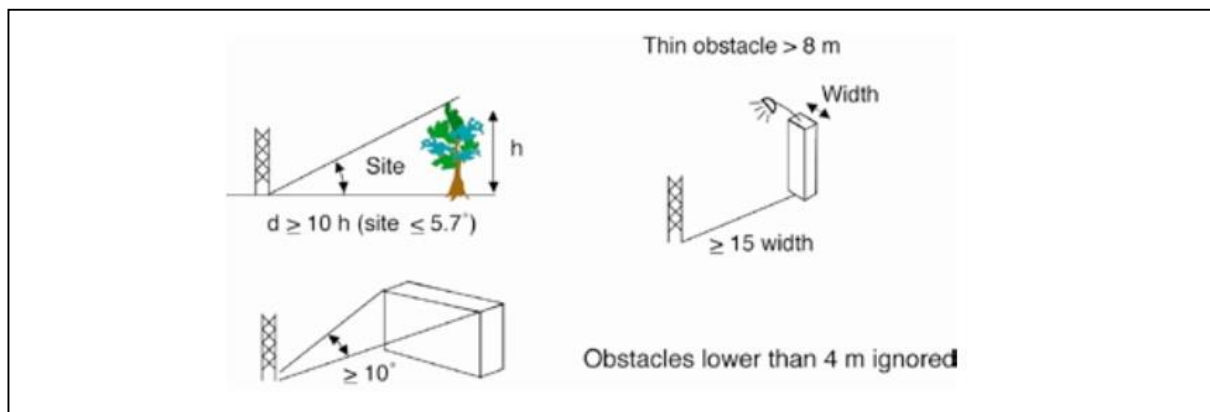


ความไม่สม่ำเสมอของสถานที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง ๒ - ๔ (ความขรุขระ $\leq .0.๑$ เมตร)



๑. เสาควรอยู่ในระยะห่างอย่างน้อย ๓๐ เท่า ความสูงของสิ่งกีดขวางโดยรอบ
๒. เครื่องส่งสัญญาณควรตั้งอยู่ที่ระยะห่างน้อยกว่า ๑๕ เท่า ความกว้างของ สิ่งกีดขวางที่แคบ (เสาหรือต้นไม้ที่ไม่หนา) สูงกว่า ๘ เมตร สิ่งกีดขวางชนิดเดียวต่ำกว่า ๔ เมตร สามารถละเว้นได้

๓.๒ ระดับที่ ๒ (Class 2) ประมาณความไม่แน่นอนเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ถึง ร้อยละ ๓๐ มีความเป็นไปได้ในความถูกต้อง



ความไม่สม่ำเสมอของสถานที่ติดตั้งอยู่ระหว่าง ๒ - ๕ (ความขรุขระ ≤ 0.25 เมตร)

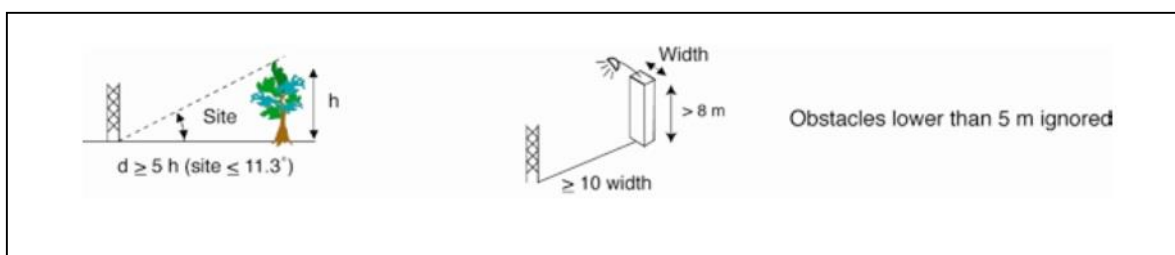


๑. เสาควรอยู่ห่างอย่างน้อย ๑๐ เท่า ความสูงของสิ่งกีดขวางโดยรอบ

๒. เครื่องส่งสัญญาณจะต้องตั้งอยู่ระยะห่างอย่างน้อย ๑๕ เท่า ความกว้างของ สิ่งกีดขวางที่แคบ (เสาหรือต้นไม้ที่บาง) สูงกว่า ๘ เมตร สิ่งกีดขวางชนิดเดียวต่ำกว่า ๔ เมตร สามารถละเว้นได้

หมายเหตุ เสาที่ติดตั้งอยู่ที่ระยะทางไม่น้อยกว่า ๒๐ เท่า ความสูงของสิ่งกีดขวางโดยรอบ ความถูกต้องสามารถนำไปใช้ได้ในการณที่ที่อยู่ใกล้สิ่งกีดขวาง และอาจนำไปประยุกต์ใช้ได้บางสถานการณ์

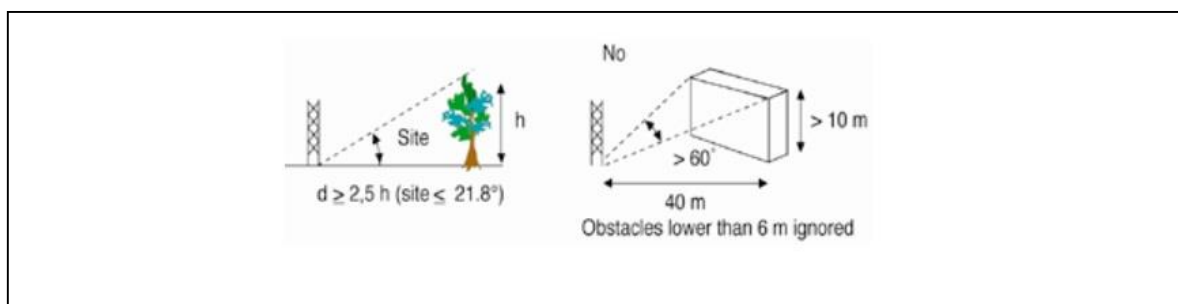
๓.๓ ระดับที่ ๓ (Class 3) ประมาณความไม่แน่นอนเพิ่มเติม เมื่อเทียบกับที่เพิ่มขึ้นโดยได้ไม่เกิน ร้อยละ ๕๐ ไม่สามารถนำไปใช้ในความถูกต้องได้



๑. เสาควรอยู่ระยะห่างอย่างน้อย ๕ เท่า ความสูงของสิ่งกีดขวางโดยรอบ

๒. เครื่องส่งสัญญาณควรจะต้องตั้งอยู่ที่ระยะห่างอย่างน้อย ๑๐ เท่า ความกว้างของ สิ่งกีดขวางแคบ ๆ (เสาหรือต้นไม้บาง) สูงกว่า ๘ เมตร สิ่งกีดขวางชนิดเดียวต่ำกว่า ๕ เมตร สามารถละเว้นได้

๓.๔ ระดับที่ ๔ (Class 4) ประมาณความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้นโดยมากกว่าร้อยละ ๕๐



๑. เสาควัดจะอยู่ในระยะทางไม่น้อยกว่า ๒.๕ เท่า ความสูงของสิ่งกีดขวางโดยรอบ

๒. ไม่มีอุปสรรคที่มีความกว้างเชิงมุมมีขนาดใหญ่กว่า ๖๐ องศา และความสูงมากกว่า ๑๐ เมตร ภายในระยะทาง ๔๐ เมตร

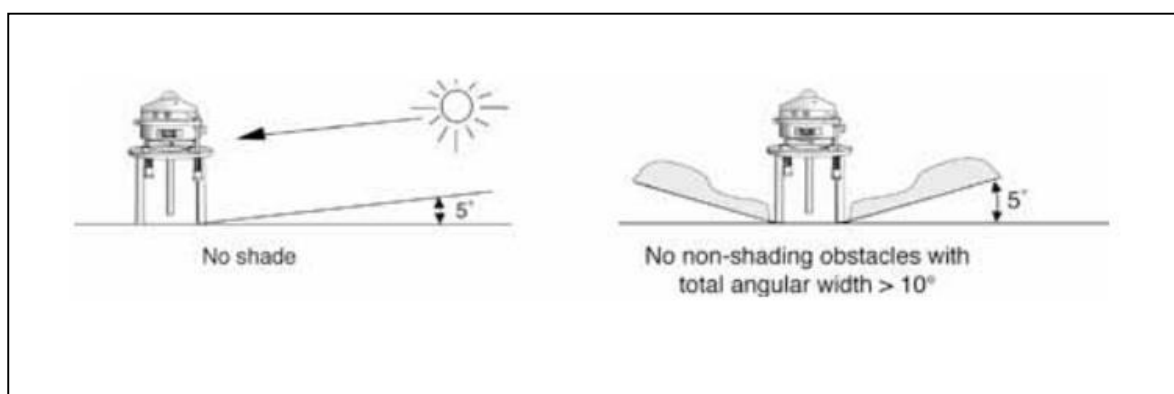
๓.๕ ระดับที่ ๕ (Class 5) ไม่สามารถประมาณความไม่แน่นอนได้

สถานีไม่สามารถตอบสนองความต้องการของ ระดับที่ ๔ (Class 4)

๔. ระดับชั้นในการจำแนก เครื่องมือตรวจการแผ่กระจายรังสี (Global and diffuse radiation classification)

สิ่งกีดขวางที่อยู่ใกล้จะต้องมีการหลีกเลี่ยงจากเงา เนื่องจากการพ่นปรนทางธรรมชาติ ไม่ได้นำมาพิจารณาในการจำแนกคลาส สิ่งกีดขวางที่ไม่สะท้อนที่อยู่ต่ำกว่าแนวการมองเห็น สามารถยกเว้นได้ จะพิจารณาได้ว่าเป็นสิ่งกีดขวางที่เกิดจากการสะท้อนเมื่อค่าการสะท้อนแสงมากกว่า ๐.๕ อ้างอิงตำแหน่งมุมสูงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการสนองตอบของเครื่องมือ

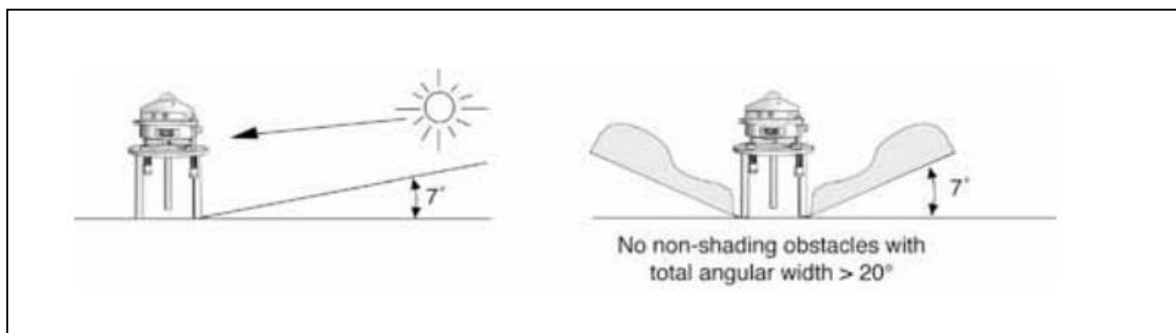
๔.๑ ระดับที่ ๑ (Class 1)



๑. ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๕ องศา สำหรับภูมิภาคที่มีละติจูด ≥ ๖๐ องศา ขีดจำกัดนี้จะลดลงถึง ๓ องศา

๒. ไม่มีการสะท้อนของเงาของสิ่งกีดขวางให้เห็นที่มีความสูงเชิงมุมสูงกว่า ๕ องศา และความกว้างเชิงมุมทั้งหมดสูงกว่า ๑๐ องศา

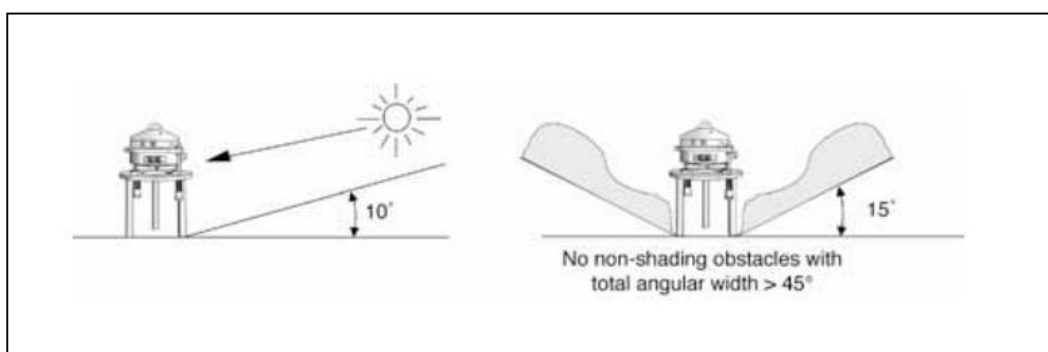
๔.๒ ระดับที่ ๒ (Class 2)



๑. ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๗ องศา สำหรับภูมิภาคที่มีละติจูด ≥ ๖๐ องศา ขีดจำกัดนี้จะลดลงถึง ๕ องศา

๒. ไม่มีการสะท้อนของเงาของสิ่งกีดขวางให้เห็นที่มีความสูงเชิงมุมสูงกว่า ๗ องศา และความกว้างเชิงมุมทั้งหมดสูงกว่า ๒๐ องศา

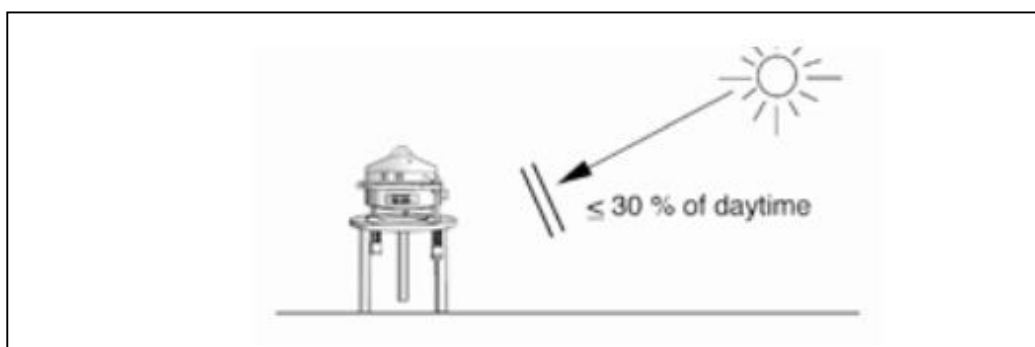
๔.๓ ระดับที่ ๓ (Class 3)



๑. ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๑๐ องศา สำหรับภูมิภาคที่มีละติจูด ≥ ๖๐ องศา ขีดจำกัดนี้จะลดลงถึง ๗ องศา

๒. ไม่มีการสะท้อนของเงาของสิ่งกีดขวางให้เห็นที่มีความสูงเชิงมุมสูงกว่า ๑๕ องศา และความกว้างเชิงมุมทั้งหมดสูงกว่า ๔๕ องศา

๔.๔ ระดับที่ ๔ (Class 4)



ไม่มีร่มเงาในช่วงเวลากลางวัน เกินกว่าร้อยละ ๓๐ ของปี

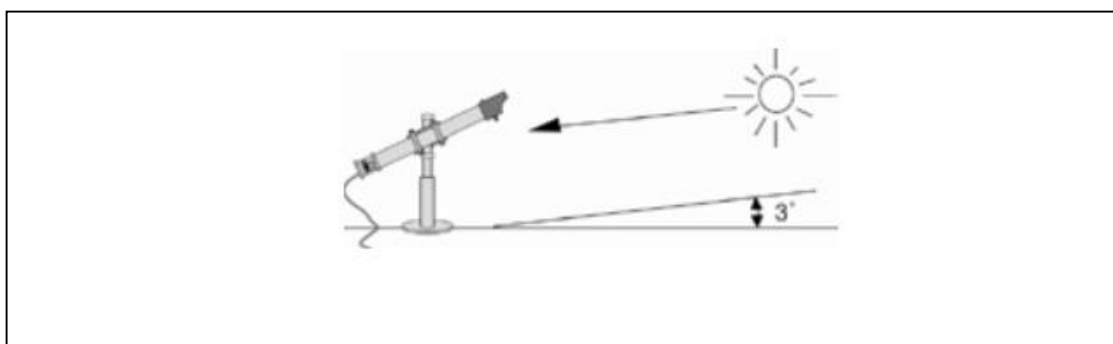
๔.๕ ระดับที่ ๕ (Class 5)

ไม่มีร่มเงาในช่วงที่คาดการณ์ไว้เกินกว่าร้อยละ ๓๐ ในตอนกลางวัน เป็นเวลา อย่างน้อยหนึ่งวันของปี

๕. ระดับชั้นในการจำแนก เครื่องมือตรวจวัดการแผ่รังสีโดยตรงและระยะเวลาแสงแดด(Direct radiation and sunshine duration classification)

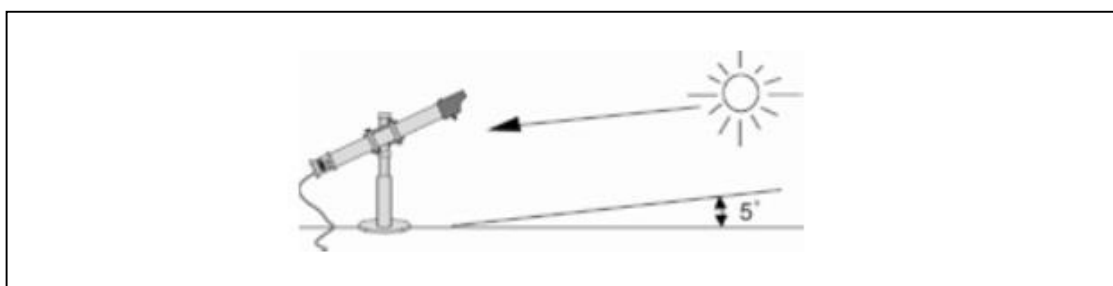
สิ่งกีดขวางอยู่ใกล้จะต้องมีการหลีกเลี่ยง เนื่องจากจากผอนปรนทางธรรมชาติไม่นำมาพิจารณาในการจำแนกระดับ สิ่งกีดขวางที่ไม่สะท้อนที่อยู่ต่ำกว่าแนวการมองเห็นสามารถยกเว้นได้ การอ้างอิงตำแหน่งมุมสูงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการตอบสนองของเครื่องมือ

๕.๑ ระดับที่ ๑ (Class 1)



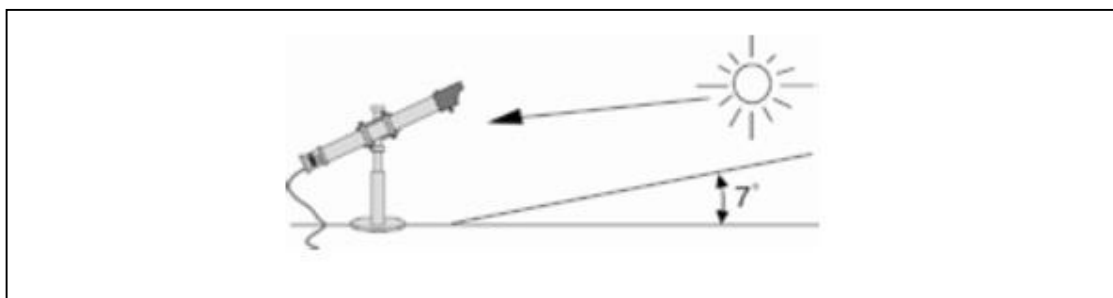
ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๓ องศา

๕.๒ ระดับที่ ๒ (Class 2)



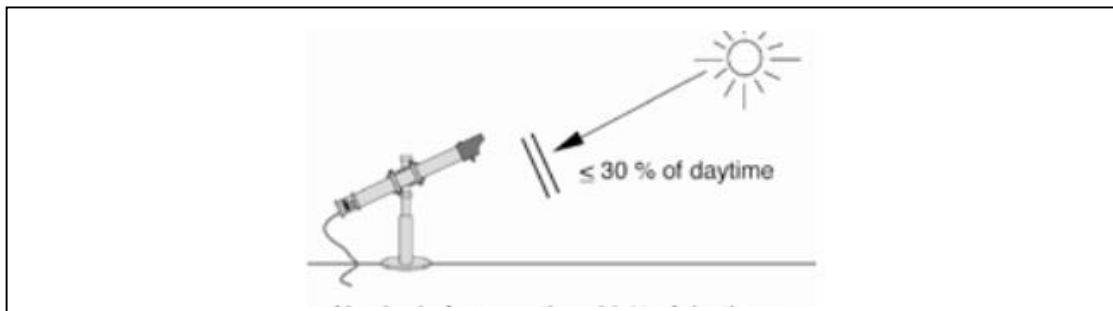
ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๕ องศา

๕.๓ ระดับที่ ๓ (Class 3)



ไม่มีร่มเงาที่ฉายลงบนเครื่องส่งสัญญาณเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ระดับความสูงเชิงมุมมากกว่า ๗ องศา

๕.๔ ระดับที่ ๔ (Class 4)



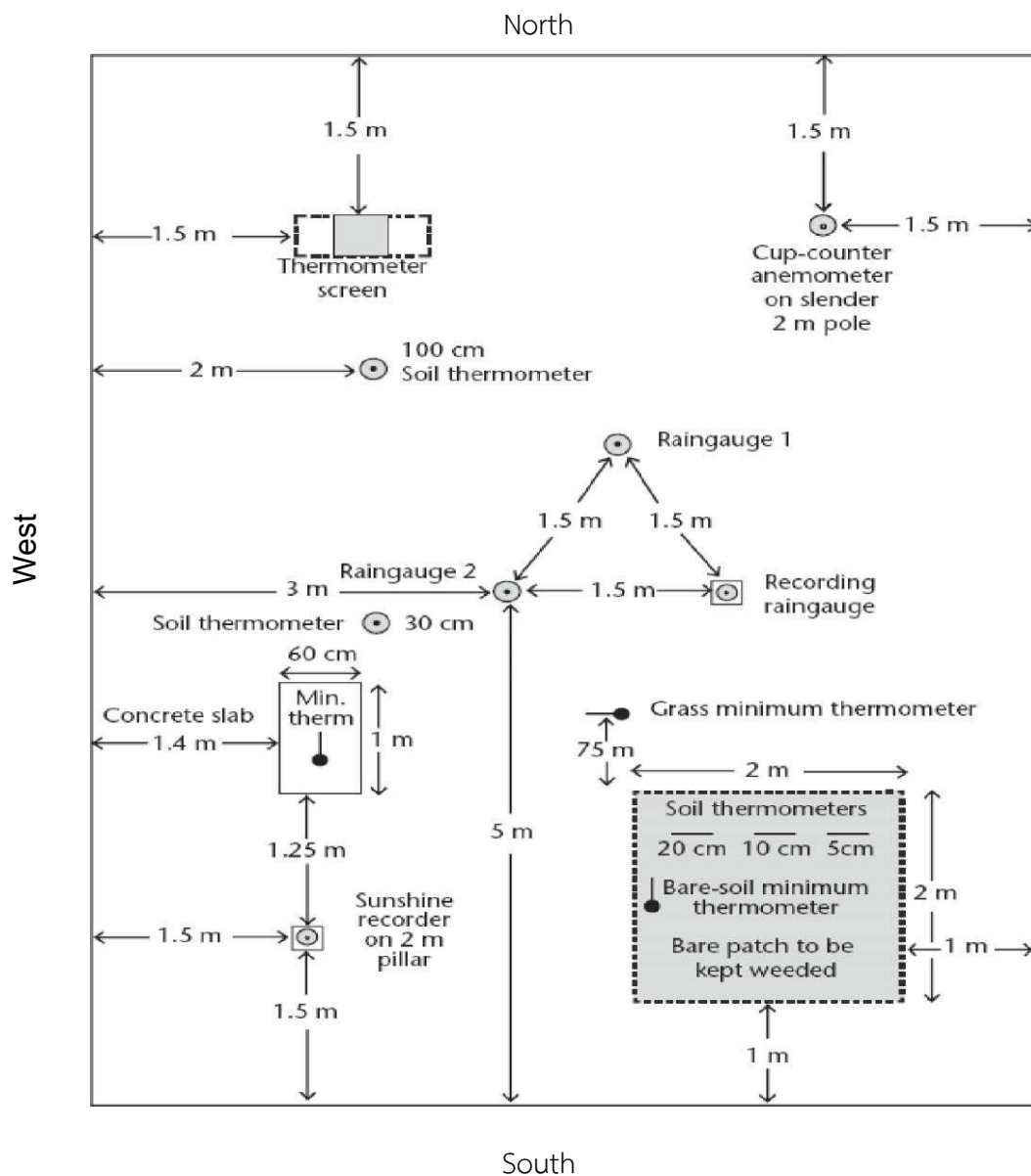
ไม่มีร่มเงาในช่วงที่ค่าการแผ่รังสีเกินกว่าร้อยละ ๓๐ ในตอนกลางวันทั้งปี

๕.๕ ระดับที่ ๕ (Class 5)

ไม่มีร่มเงาในช่วงที่ค่าการแผ่รังสีเกินกว่าร้อยละ ๓๐ ในตอนกลางวัน เป็นเวลาอย่างน้อยหนึ่งวันของปี

สนามอุตุนิยมวิทยา

การพิจารณาดังต่อไปนี้เป็นตัวอย่งที่นำไปใช้กับการเลือกสถานที่และเครื่องมือ สำหรับสถานีตรวจอากาศในภูมิภาคหรือเครือข่ายในระดับชาติ



รูปที่ ๑.๑ แผนผังสถานีตรวจอากาศที่อยู่ในเขตซีกโลกเหนือ แสดงระยะต่ำสุดระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ

สถานที่ติดตั้งเครื่องมืออุตุนิยมวิทยาทั่วไป มีเกณฑ์พิจารณาดังต่อไปนี้

๑. เครื่องมือชนิดกลางแจ้งควรได้รับการติดตั้งในสนามอุตุนิยมวิทยาที่ระดับพื้นดิน โดยขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า ๒๕ x ๒๕ ตารางเมตร ประกอบไปด้วยเครื่องมือหลายชนิด แต่ในกรณีที่มีเครื่องมือจำนวนน้อย (รูปที่ ๑.๑) อาจพิจารณาใช้พื้นที่เล็กกว่าได้ เช่น ๑๐ x ๗ ตารางเมตร (ในพื้นที่ล้อมรอบ) บนพื้นควรมีหญ้าปกคลุมหรือลักษณะพื้นผิวมีความเป็นตัวแทนท้องถิ่น และล้อมรอบด้วยรั้วไม้เพื่อป้องกันบุคคลภายนอก ภายในรั้วจะมีพื้นที่เล็กเปิดโล่งขนาด ๒ x ๒ ตารางเมตร สำหรับวัดอุณหภูมิดิน และความลึกที่เท่ากับหรือน้อยกว่า ๒๐ เซนติเมตร (อุณหภูมิดินที่ระดับความลึกมากกว่า ๒๐ เซนติเมตร สามารถวัดได้จากนอกรั้วของพื้นที่โล่งได้) ตัวอย่างรูปแบบของสถานียังกล่าวในรูปที่ ๑.๑

๒. พื้นสนามอุตุนิยมวิทยาควรราบเรียบและไม่ควรลาดเอียง หรือเป็นโพรง หรือหุบต่ำกว่าพื้นโดยรอบ ทำให้มีผลต่อการวัดค่าต่างๆ อาจผิดเพี้ยนไปจากลักษณะความเป็นตัวแทนของท้องถิ่น

๓. สนามอุตุนิยมวิทยาควรตั้งอยู่ห่างจากต้นไม้ อาคาร ผนัง หรือสิ่งกีดขวางอื่นๆ ระยะห่างของสิ่งกีดขวาง (รวมถึงรั้ว) จากถึงวัดน้ำฝน ควรไม่น้อยกว่าสองเท่าของความสูงของวัตถุที่เหนือกว่าขอบถึง หรือหากเป็นไปได้ควรเป็นสี่เท่าของความสูงนั้น

๔. เครื่องวัดความยาวนานแสงแดด ถึงวัดปริมาณน้ำฝน และเครื่องวัดความเร็วลม จะต้องถูกติดตั้งอย่างเป็นไปตามข้อกำหนด โดยเฉพาะในสนามอุตุนิยมวิทยาร่วมกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ

๕. ข้อสังเกตสนามอุตุนิยมวิทยาเป็นสถานที่ที่ไม่ดีที่สุด สำหรับการประมาณความเร็วและทิศทางของลม จุดตรวจอื่นที่เปิดโล่งได้มากกว่าอาจจำเป็นสำหรับการตรวจวัดลม

๖. พื้นที่โล่งมากๆ เหมาะสำหรับการติดตั้งเครื่องมือส่วนใหญ่ แต่อาจไม่เหมาะสำหรับการวัดปริมาณน้ำฝน เนื่องจากลมแรงทำให้การเก็บปริมาณฝนได้น้อยกว่าพื้นที่ที่มีลมอ่อน

๗. กรณีเครื่องมือถูกล้อมรอบหรือกำบังด้วยต้นไม้ หรืออาคาร ควรพิจารณาหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดความยาวนานแสงแดดหรือรังสีดวงอาทิตย์

๘. ตำแหน่งที่ใช้ในการสังเกตเมฆและทัศนวิสัย ควรเป็นพื้นที่เปิดโล่งมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อสามารถมองเห็นท้องฟ้าและภูมิประเทศโดยรอบได้

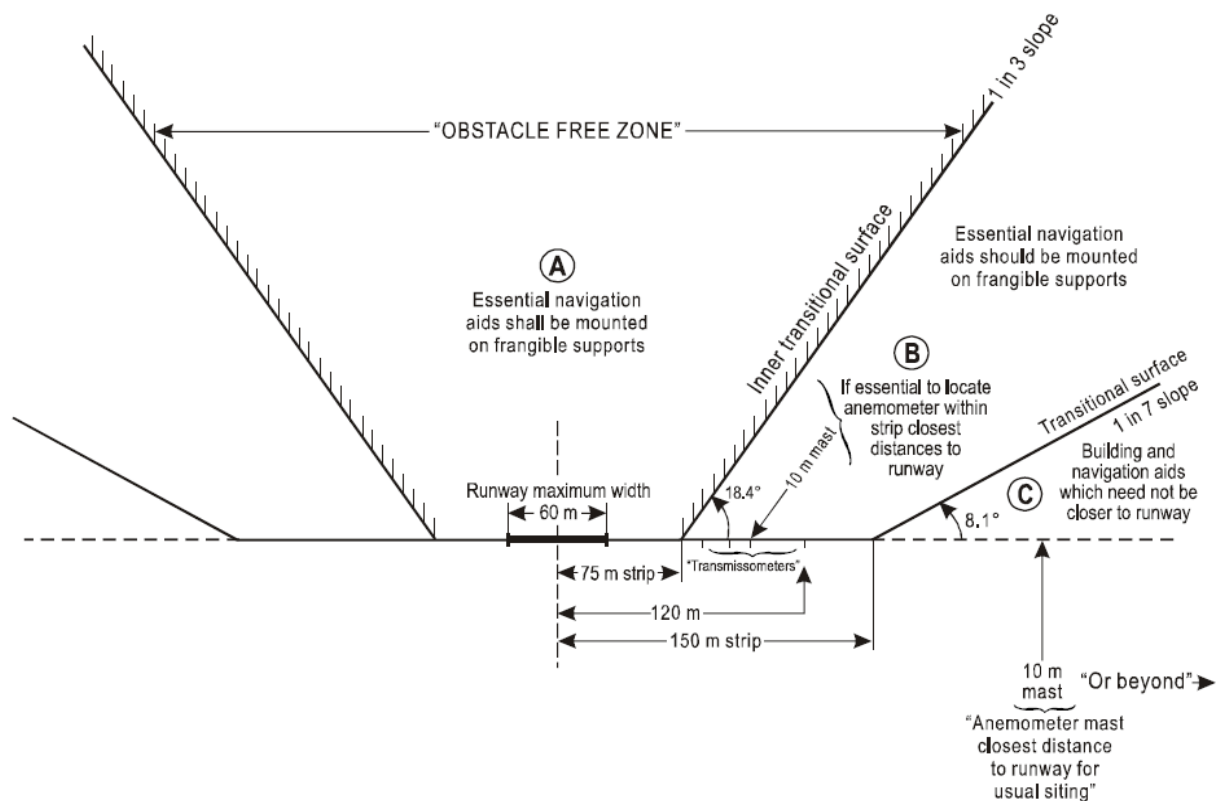
๙. สถานีตรวจอากาศชายฝั่งทะเล จำเป็นต้องมองเห็นพื้นที่โล่งในทะเล อย่างไรก็ตามสถานีนี้ไม่ควรอยู่ใกล้ขอบหน้าผา เพราะการเกิดลมหมุนเนื่องจากการปะทะหน้าผา ทำให้มีผลต่อการตรวจวัดลมและการวัดปริมาณฝนได้

๑๐. การตรวจวัดเมฆและทัศนวิสัยในเวลากลางคืนที่ดีที่สุด ทำได้ในสถานีซึ่งไม่ถูกรบกวนจากแสงภายนอก

ข้อกำหนดในการตั้งสถานีตรวจวัดอากาศอาจมีข้อจำกัดหรือขัดแย้งกันอยู่อย่างชัดเจนและบางครั้งต้องความยืดหยุ่นในเลือกสถานที่ รายละเอียดข้อมูลที่เหมาะสมกับเครื่องมือและการตรวจวัด เพื่อใช้ประกอบการพิจารณา

การติดตั้งเครื่องมือตรวจอากาศในบริเวณสนามบิน

คู่มือการติดตั้งเครื่องมือตรวจอากาศในบริเวณสนามบิน (ICAO Doc 8896, *Manual of Aeronautical Meteorological Practice* Ninth edition 2011 หน้า 116 -117)



สถานที่ติดตั้งเครื่องมืออุตุนิยมวิทยาบริเวณสนามบิน แบ่งเป็น ๓ เขต ดังนี้

๑. เขตไม่มีสิ่งกีดขวาง (Obstacle Free Zone) ปกติแล้ว จะไม่มีการติดตั้งเครื่องตรวจวัด ใด ๆ เกี่ยวกับเครื่องวัดสภาพอากาศในเขตนี้ เว้นแต่จะมีการขอติดตั้งเป็นกรณีพิเศษ ต้องเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ลักษณะบอบบาง ถ้าเป็นไปได้ต้องมีการป้องกันโดย existing obstacle (ติดตั้งกับอุปกรณ์อื่นที่ติดตั้งไว้แล้ว)

๒. เขตที่ติดตั้งเครื่องวัดต่างๆ ได้แก่

๒.๑ เครื่องวัดทัศนวิสัยบนทางวิ่ง (RVR : Runway Visual Range) จะต้องติดตั้งห่างจาก กึ่งกลางทางวิ่ง ในระยะ ๖๖-๑๒๐ เมตร

๒.๒ เครื่องมือวัดและบันทึกความสูงของเมฆ (Ceilometers) อาจติดตั้งในบริเวณเขตนี้ ถ้าไม่ ติดตั้งในแนวกึ่งกลางทางวิ่ง

๒.๓ ถ้าจำเป็นที่ต้องติดตั้งเครื่องวัดทิศทางและความเร็ว (Anemometer) ในเขตนี้ ความสูง ของเสา ๑๐ เมตร ในระยะใกล้จุดกึ่งกลางทางวิ่ง ๙๐ เมตร

๓. เขตใช้งานทั่วไป

โดยทั่วไปแล้วจะทำการติดตั้งเครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลมที่มีความสูง ๖ เมตร ในระยะ ๑๙๒ เมตร และสูง ๑๐ เมตร ในระยะ ๒๒๐ เมตร จากจุดกึ่งกลางทางวิ่ง ก็ถือว่าเป็นการเพียงพอในการหาทิศทางและความเร็วลมบนทางวิ่ง

หมายเหตุ

ระยะห่างมากกว่า ๑๕๐ เมตร จากกึ่งกลางทางวิ่ง เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลมมีความสูง ๑๐ เมตร หรือมากกว่า เครื่องช่วยเดินอากาศและสิ่งปลูกสร้างอื่นมีความสูงได้ไม่เกิน ๘.๑ องศา (ทำมุมจากฐานล่างขึ้นไป)

การกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือตรวจอากาศบริเวณสนามบิน

๑. เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลมแบบใบพัด โดยทั่วไปมีความสูง ประมาณ ๑๐ เมตร (๓๐ ฟุต)
๒. เครื่องวัดทัศนวิสัยทางวิ่ง (RVR : Runway Visual Range) มีความสูงประมาณ ๒.๕ เมตร เหนือทางวิ่ง ปกติจะแยกออกเป็นชุดรับชุดส่ง ติดตั้งห่างจากจุดกึ่งกลางทางวิ่งไม่เกิน ๑๒๐ เมตร โดยแยกติดตั้งเป็น ๓ ระยะ คือ ระยะประชิดสนามบิน กึ่งกลางและหัวทางวิ่งหรือท้ายทางวิ่ง ซึ่งมีระยะห่างประมาณ ๓๐๐ เมตร, ๑,๐๐๐ เมตร และ ๑,๕๐๐ เมตร จากจุดเครื่องบินลงสู่พื้น (Threshold) ตามแนวทางวิ่ง
๓. เครื่องวัดความสูงของฐานเมฆ (Ceilometers) ปกติจะมีความสูงน้อยกว่า ๑.๕ เมตร ติดตั้งบนฐานที่แข็งแรง จะต้องติดตั้งห่างจากแนวสัมผัสพื้น (Landing threshold) ก่อนถึงทางวิ่ง ๙๐๐ ถึง ๑,๒๐๐ เมตร

บทที่ ๒

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนหนาวซึ่งร่างกายมนุษย์มีความรู้สึก

เครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ มีหลายชนิด เช่น เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้า เทอร์โมกราฟ เป็นต้น หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส การวัดค่าของอุณหภูมิเพื่อความมุ่งหมายทางอุตุนิยมวิทยามีอยู่ ๓ อย่าง คือ

๑. การวัดค่าอุณหภูมิของอากาศ
๒. การวัดค่าอุณหภูมิของดิน
๓. การวัดค่าอุณหภูมิของน้ำ

เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers)

คำศัพท์

[n.] thermometer

อ่านว่า เทอร์มอมิเตอร์ (NECTEC's Lexitron Dictionary) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ

อ่านว่า เทอร์โมมิเตอร์ (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน) หมายถึง น. เครื่องมือ ที่ใช้วัดอุณหภูมิ อาจประกอบด้วยปรอท แอลกอฮอล์ แก๊ส หรือโลหะ เป็นต้น แล้วแต่ความมุ่งหมาย ความสะดวกที่จะนำไปใช้ และความละเอียดถูกต้องในการวัด, เทอร์มอมิเตอร์ ก็เรียก. (อ. thermometer).

ความหมาย

เทอร์โมมิเตอร์ คือเครื่องมือสำหรับวัดระดับความร้อน เมื่อได้รับความร้อน และหดตัวเมื่อคาย ความร้อนของเหลวที่ใช้บรรจุในกระเปาะแก้วของเทอร์โมมิเตอร์ คือ ปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่ผสมกับ สีแดง เมื่อแอลกอฮอล์หรือปรอทได้รับความร้อน จะขยายตัวขึ้นไปตามหลอดแก้วเล็ก ๆ เหนือกระเปาะแก้ว และจะหดตัวลงไปอยู่ในกระเปาะตามเดิมถ้าอุณหภูมิลดลง

สาเหตุที่ใช้แอลกอฮอล์หรือปรอทบรรจุลงในเทอร์โมมิเตอร์ เพราะของเหลวทั้งสองนี้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและไม่เกาะผิวของหลอดแก้ว แต่ถ้าเป็นของเหลวชนิดอื่น เช่น น้ำจะเกาะผิวหลอดแก้วเมื่อขยายตัวหรือหดตัว จะติดค้างอยู่ในหลอดแก้วไม่ยอมกลับมาที่กระเปาะ

ไซโครมิเตอร์ (Psychrometer)

คำศัพท์

Psychrometer (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน)

อ่านว่า ไซโครมิเตอร์ หมายถึง มาตรการความชื้นสัมพัทธ์แบบกระเปาะเปียก-แห้ง

ความหมาย

ไซโครมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศ ประกอบด้วยอุณหภูมิตุ้มแห้งและอุณหภูมิตุ้มเปียก (Dry-Wet Bulbs psychrometer)

ชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ มีหลายประเภทและแบ่งตามชนิดการใช้งาน

เทอร์โมมิเตอร์ แบบธรรมดา

เทอร์โมมิเตอร์ วัดไข้

แอลกอฮอล์เทอร์โมมิเตอร์

เบกแมนเทอร์โมมิเตอร์

ไบเมทัลเทอร์โมมิเตอร์ (Bi-metal Thermometer) เทอร์โมมิเตอร์แบบก้าน

กาลิเลโอเทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ แบบอินฟราเรด

เทอร์โมมิเตอร์ แบบของเหลวคริสตัล

เทอร์โมมิเตอร์ ทางการแพทย์แบบอม

เทอร์โมมิเตอร์ ทางการแพทย์แบบหนีบ

เทอร์โมมิเตอร์ ทางการแพทย์สวนทวาร

เทอร์โมมิเตอร์ แบบตัวต้านทานทางไฟฟ้า

ประวัติผู้คิดค้นเทอร์โมมิเตอร์

องศาเซลเซียส



แอนเดอร์ เซลเซียส (อังกฤษ: Anders Celsius, พ.ศ. 2244-2287) นักดาราศาสตร์ เกิดที่เมือง อุปซอลา ประเทศสวีเดน เป็นผู้คิดแบ่งช่องหรือ ขีดเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิเมื่อปี พ.ศ. ๒๒๘๖ โดยนับอุณหภูมิของน้ำแข็งเท่ากับ ๐ องศา และที่จุดเดือดของน้ำที่ ๑๐๐ องศา ที่ระดับน้ำทะเล โดยเรียกชื่อว่าองศาเซนติเกรด ซึ่งใช้มาเป็นเวลานาน แต่ต่อได้มีการเปลี่ยนชื่อเรียกใหม่เป็นองศาเซลเซียส เพื่อเป็นเกียรติแก่แอนเดอร์ เซลเซียส เซลเซียสเป็นผู้รณรงค์สนับสนุนให้เริ่มใช้ปฏิทินระบบเกรกอเรียน และเป็นผู้เริ่มสังเกตการณ์แสงออโรราหรือแสงเหนือ เซลเซียสเสียชีวิตด้วยอายุเพียง ๔๓ ปี

องศาโรเมอร์



โอลาฟ โรเมอร์ (Roemer, Olau ค.ศ.1644 - 1710) นักวิทยาศาสตร์และนักประดิษฐ์ชาวฝรั่งเศส เป็นผู้คิดแบ่งช่วงหน่วยวัดอุณหภูมิ ในปี ค.ศ. ๑๗๓๑ โดยกำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ ๐ องศาโรเมอร์ และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ ๘๐ องศาโรเมอร์ ดังนั้นช่วงอุณหภูมิ ๑ องศาโรเมอร์จะเท่ากับ ๑.๒๕ องศาเซลเซียส หรือเคลวิน

ในอดีตการใช้หน่วยวัดองศาโรเมอร์ได้ถูกใช้อย่างมากในทวีปยุโรป โดยเฉพาะในประเทศฝรั่งเศส เยอรมัน และรัสเซีย แต่ภายหลังจาก ค.ศ. ๑๗๙๐ ประเทศฝรั่งเศสก็หันมาใช้องศาเซลเซียสในหน่วยวัดแทนองศาโรเมอร์ ปัจจุบันการใช้องศาโรเมอร์ยังถูกใช้งานในการวัดอุณหภูมิของนมในกระบวนการผลิตเนยในประเทศอิตาลี

องศาฟาเรนไฮต์



เกเบรียล แดเนียล ฟาเรนไฮต์ (ค.ศ. 1686-1736) นักฟิสิกส์และวิศวกรชาวเยอรมัน เกิดก่อน แอน เดอร์ส เซลเซียส ๑๕ ปี และเสนอวิธีวัดอุณหภูมิก่อนเซลเซียส ๒๘ ปี ฟาเรนไฮต์ถูกฝึกฝนให้เป็นพ่อค้าตามชาติตระกูล แต่เขาสนใจวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) เป็นพิเศษ จึงศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ในทางนี้เรื่อยมา การใช้ชีวิตเบื้องต้นเช่นนี้เป็นพื้นฐานของการงานอาชีพด้านการผลิตเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในเวลาต่อมา โดยเฉพาะเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์อากาศ

ฟาเรนไฮต์ ประดิษฐ์อุณหภูมิอ้างอิงที่เย็นที่สุดเท่าที่จะทำได้ในเวลานั้น คือ 0°F (-20°C) จากน้ำแข็งผสมกับเกลือ เขากำหนดให้อุณหภูมิในร่างกายมนุษย์เท่ากับ 90°F (ต่อมาเขาแก้ไขเป็น 96°F และถูกปรับเปลี่ยนเป็น 98.6°F โดยนักวิทยาศาสตร์สมัยใหม่) ส่วนจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ กำหนดให้อยู่ที่ 32°F และ 212°F ตามลำดับ

ฟาเรนไฮต์ยังเป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (hygrometer) เป็นผู้ค้นพบว่าของเหลวต่างชนิดกันมีจุดเดือดที่ไม่เท่ากัน หรือแม้จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของของเหลวชนิดเดียวกัน ก็ยังแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันอากาศ นอกจากนี้เขายังทำวิจัยปรากฏการณ์พิเศษที่น้ำ ไม่กลายเป็นน้ำแข็งเมื่ออุณหภูมิลดลงถึงจุดเยือกแข็ง หรือ Supercooling of water อีกด้วย

องศาเคลวิน



เคลวิน (อังกฤษ: William Thomson, 1st Baron Kelvin, ค.ศ.1824-1907) นักฟิสิกส์และวิศวกรชาวอังกฤษ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิหนึ่งและเป็นหน่วยพื้นฐานหนึ่งในเจ็ดของระบบเอสไอ นิยามให้เท่ากับ $1/273.15$ เท่าของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกของจุดสามสถานะของน้ำ เคลวินตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่ วิลเลียม ทอมสัน บารอนที่หนึ่งแห่งเคลวิน (K)

ซึ่งชื่อบรรดาศักดิ์ตั้งตามชื่อแม่น้ำเคลวิน อีกชื่อหนึ่ง เพราะแม่น้ำสายนี้ตัดผ่านมหาวิทยาลัย

กลาสโกว์ สกอตแลนด์

สูตรการแปลงค่าอุณหภูมิ

แปลงจาก	ไปเป็น	สูตร
องศาฟาเรนไฮต์	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32)$
องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	$^{\circ}\text{F} = (\frac{9}{5}^{\circ}\text{C}) + 32$
เคลวิน	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$
องศาโรเมอร์	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{R} \times 1.25$
องศาเซลเซียส	องศาโรเมอร์	$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{C} \times 0.8$
องศาเซลเซียส	เคลวิน	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$
เคลวิน	องศาฟาเรนไฮต์	$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1.8 - 459.67$
องศาฟาเรนไฮต์	เคลวิน	$\text{K} = (^{\circ}\text{F} + 459.67) \div 1.8$

โครงสร้างของเทอร์โมมิเตอร์ ประกอบด้วย



๑. Measuring หรือ Bulb คือ กระเปาะส่วนที่บรรจุของเหลวมีผนังบาง เพื่อให้ความร้อนถ่ายเทไปยังของเหลวในกระเปาะได้ดี เป็นส่วนที่ใช้วัดอุณหภูมิ
๒. Stem คือ ก้านแท่งยาวภายในเป็นท่อเล็ก ๆ (Capillary) ให้ของเหลวขยายตัววิ่งเข้าไป เมื่อได้รับอุณหภูมิ
๓. Scale คือ ชีตแสดงว่าอุณหภูมิที่ติดอยู่บน Stem บอกค่าอุณหภูมิโดยดูจากระดับของเหลวใน Capillary
๔. contraction Chamber เป็นส่วนขยายกว้างใน Capillary มีไว้ป้องกันไม่ให้ของเหลวหดตัวเข้าไปในกระเปาะ เมื่อวัดอุณหภูมิต่ำเกินไป (บางตัวไม่มี)
๕. Expansion Chamber เป็นส่วนขยายกว้างของ Capillary ด้านบนสุดของเทอร์โมมิเตอร์ มีไว้เพื่อระบายความดันไอของก๊าซที่อยู่ด้านบนของของเหลว เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์เสียหาย เมื่อวัดอุณหภูมิสูง ๆ
๖. Immersion Ring มีเฉพาะเทอร์โมมิเตอร์แบบ Partial Immersion Thermometer เป็นชีตบอกเพื่อให้จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ จนผิวของของเหลวอยู่ที่ชีตนี้ เพื่อวัดอุณหภูมิของของเหลว

เทอร์โมมิเตอร์ที่ผลิตเพื่อใช้งาน จะมีด้วยกัน ๓ แบบ คือ



Partial Immersion Thermometer เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้ถูกออกแบบไว้เพื่อให้ใช้วัดอุณหภูมิของของเหลวในการจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้เพื่อวัดอุณหภูมิ ต้องจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในของเหลวจนระดับผิวของของเหลวถึงขีด Immersion Ring เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้เป็นแบบที่มี Accuracy น้อยที่สุด เพราะอุณหภูมิของ Stem ส่วนที่อยู่บนอากาศส่งผลกระทบต่อการใช้วัด ดังนั้น จึงต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องหรือสถานที่ที่ทำการวัดด้วย (Accuracy บอกค่าความผิดพลาดจากค่าจริง)



๒. Total Immersion Thermometer เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ออกแบบไว้ให้ใช้วัดอุณหภูมิของเหลว โดยความลึกของตัวเทอร์โมมิเตอร์ที่จุ่มในของเหลวนั้นจะต้องอยู่ที่ระดับผิวของเหลว ที่ระดับของเหลวใน Capillary ชี้บอกค่าอุณหภูมิ ในขณะที่ใช้งานนั้น ๆ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิห้องหรือสถานที่ที่ทำการวัด

๓. Complete Immersion Thermometer เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ ใ้การใช้งานต้องจุ่มตัวเทอร์โมมิเตอร์ให้จมหมดทั้งตัว ซึ่งตัวทำอุณหภูมิต้องเป็นกระจกในกรณีที่ใช้หม้อต้ม และเทอร์โมมิเตอร์แบบนี้สามารถใช้วัดอุณหภูมิของอากาศได้ เพราะถือว่าเทอร์โมมิเตอร์นี้จุ่มทั้งตัวอยู่ในอากาศ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบ Max-Min

ประเภทของเทอร์โมมิเตอร์และวิธีการทำงาน

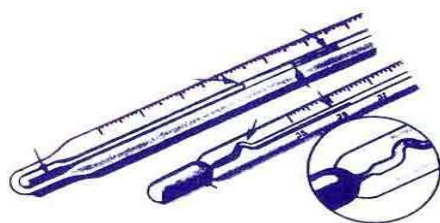
๑. ไฮโครมิเตอร์ ประกอบด้วย

๑.๑ เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดาหรือแบบปรอท (Ordinary Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิทั่วไปของอากาศ



๑.๑.๑ อุณหภูมิแห้ง (Dry Bulb Thermometer) ใช้วัดค่าอุณหภูมิของอากาศ

๑.๑.๒ อุณหภูมิเปียก (Wet Bulb Thermometer) ที่ปลายกระเปาะหุ้มด้วยผ้าฝ้ายสลิิน ใช้วัดค่าอุณหภูมิของดุ่มเปียก



เทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา จะทำด้วยหลอดแก้วกลมและกลวงภายใน สำหรับใส่ปรอทเท่านั้น ปลายข้างหนึ่งทำเป็นดุ่มกลมหรือรีแล้วแต่การออกแบบ ภายในบรรจุปรอทให้เต็มล้นขึ้นไปพอสมควร ปลายอีก ด้านเป็นที่ว่างสุญญากาศ ปรอทจะยืดหรือหดแล้วแต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปรอทมีคุณสมบัติสามารถ ขยายออกได้มากกว่า ๗ เท่า ตัวหลอดแก้วยึดไว้กับไม้หรือโลหะ มีแผ่นแก้วฝ้ายอยู่ด้านหลังเพื่อฉายแสงให้เห็น ลำปรอทได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ด้านหน้าของปรอทแก้วจะเป็น รูปนูนโค้งทำไว้เพื่อเป็นเลนส์ขยายลำปรอทให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์ปรอทที่ดี มีดังนี้

๑. ปรอทต้องบริสุทธิ์ไม่มีฟอง
๒. ตุ่มแก้วโตพอเหมาะไม่บรรจุปรอทมากเกินไป เพราะถ้ามากเกินไปจะทำให้รู้สึกเกิดอุณหภูมิได้ช้าและต้องไม่เล็กเกินไป

๓. หลอดแก้วต้องโตเท่ากันตลอด เมื่อสอบที่ขีดมาตรฐานทั้งสองจุด คือ จุดเดือดและจุดเยือกแข็ง (จุดเดือดที่ ๑๐๐ องศาเซลเซียสและจุดเยือกแข็งที่ ๐ องศาเซลเซียส) ต้องคงที่เสมอ ถ้ามีขีดสเกลไม้หรือโลหะต้องยึดหลอดแก้วให้มั่นคงที่สุดเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อน แต่เทอร์โมมิเตอร์ที่ดีจะมีสเกลที่หลอดแก้ว

การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เป็นสิ่งสำคัญเพราะหลอดแก้วเป็นวัตถุที่บอบบางและคลายความร้อนได้ดีกว่าก๊าซ เมื่อหลอดแก้วถูกความร้อนจะทำให้ร้อนเร็วกว่าอากาศ ในเวลากลางคืนก็คลายความร้อนได้เร็วกว่าอากาศ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จึงเกิดการคลาดเคลื่อนไป ดังนั้นจึงต้องป้องกันความร้อนอันเกิดจากแสงแดดนี้ โดยการนำเทอร์โมมิเตอร์นี้ใส่ไว้ในตู้สกรีนหรือเรือนเทอร์โมมิเตอร์ (จะกล่าวในเรื่องเรือนเทอร์โมมิเตอร์ในโอกาสต่อไป)

๑.๒ เทอร์โมมิเตอร์แบบแกว่ง (Whirling or Sling Thermometer) ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์สองอัน ถูกยึดติดด้วยปลอกที่แข็งแรงซึ่งสามารถแกว่งหมุนได้ด้วยมือ ด้านหนึ่งคือด้านเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง วัดอุณหภูมิอากาศ อีกด้านเป็นเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก(ส่วนปลายของเทอร์โมมิเตอร์มีผ้าฝ้ายลินินหุ้มอยู่) วัดอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อน้ำระเหยออกไป ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกยิ่งมากเท่าไร อากาศจะยิ่งแห้งมากเท่านั้น การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ทำได้โดยอ่านค่าจากตารางความชื้นสัมพัทธ์



เทอร์โมมิเตอร์แบบแกว่ง (SLING PSYCHROMETER) ใช้วัดค่าอุณหภูมิของอากาศ และหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยไม่ต้องใช้เรือนเทอร์โมมิเตอร์ บรรจุอยู่ในซองหนังป้องกันการตกกระแทกและสามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้

วิธีการใช้งาน โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

๑. เลือกสถานที่ร่ม ๆ (ที่โล่งภายนอกห้อง)
๒. จับกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียก (กระเปาะหุ้มผ้าฝ้ายลินิน) ในน้ำสะอาดโดยให้ ผ้าฝ้ายลินินเปียกชุ่ม
๓. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า ๓ องศาเซลเซียส ให้เก็บไว้ในห้อง แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า ๓ องศาเซลเซียส ให้นำไปเก็บไว้ในห้อง

๔. หันหน้าด้านลมและถือไว้สูงระดับเอว

๕. การแกว่งและหาค่าที่ได้

๕.๑ แกว่งประมาณ ๑๕ วินาที แล้วอ่านค่าอุณหภูมิของตุ้มเปียก

๕.๒ แกว่งต่อไปอีก ๑๐ วินาที แล้วอ่านค่าอุณหภูมิของตุ้มเปียกอีกครั้ง

๕.๓ แกว่งต่อไปอีก ๑๐ วินาที จนสามารถอ่านค่าอุณหภูมิของตุ้มเปียกแต่ละครั้งต่างกันได้ไม่เกิน

๑ องศาเซลเซียส

๕.๔ แกว่งต่อไปอีก ๕ วินาทีจะได้ค่าคงที่แล้วจึงอ่านค่าของตุ้มเปียกที่ได้

๕.๕ อ่านค่าอุณหภูมิของตุ้มแห้งเป็นอันดับสุดท้าย

การบำรุงรักษา

๑. โดยปกติแล้วต้องเปลี่ยนผ้าหุ้มสลินทุกๆ ๑ เดือน

๒. ถ้ามีสิ่งสกปรกจำพวกเกลือ เหมะหรือผงฝุ่นเกาะมากเกินไปต้องทำการเปลี่ยนผ้าหุ้มสลิน

๓. ต้องตรวจสอบเทียบค่าความถูกต้องทุก ๑ เดือน

๔. รอยขีดสเกลอาจ ให้ใช้เขม่าไฟหรือผงดินสอดำบดให้ละเอียดผสมกาวใสหรือน้ำมันเล็กน้อยแล้วถูลงบนขีดสเกลนั้นให้ทั่ว หรือใช้หมึกสีดำอย่างดีทาให้ทั่วก็ได้ แล้วเช็ดออกด้วยผ้าสะอาดให้เหลืออยู่แต่รอยดำฝังอยู่ในขีดสเกล

ข้อปฏิบัติโดยทั่วไป

ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแกว่งเป็นเครื่องมือสำรอง ควรจะเก็บไว้ในห้องและถ้าจะนำไปใช้ต้องนำออกไปนอกห้องที่มีร่มเงาและเป็นทีโล่ง ก่อนที่จะทำการตรวจหาค่าประมาณ ๑๕ นาที เพื่อที่จะให้ปราศจากผงฝุ่นใด ๆ เพื่อป้องกันความสกปรกที่เกิดขึ้นกับผ้าหุ้มกระเปาะปรอท น้ำที่ใช้จุ่มเทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียกจะต้องสะอาดปราศจากสารเคมีใด ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าหุ้มสลินแข็งหรือมีสารเคมีเกาะเป็นคราบ ควรใช้น้ำกลั่นหรือน้ำฝนและเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด เปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ ตามความจำเป็นซึ่งปกติจะเปลี่ยนน้ำทุก ๆ สัปดาห์

๑.๓ เทอร์โมมิเตอร์แบบถ่ายอากาศ (Ventilated Thermometer)

วิธีการทำงานของไซโครมิเตอร์

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใช้ไซโครมิเตอร์ตุ้มแห้ง – ตุ้มเปียก ซึ่งติดตั้งอยู่ในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ ตุ้มแห้งคือเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาอันหนึ่ง สำหรับตุ้มเปียกคือใช้เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาอีกอันหนึ่งแต่ที่ตุ้มปรอทใช้หุ้มด้วยผ้าหุ้มสลิน (ผ้าฝ้าย) มีด้ายดิบผูกโยงไปยังแก้วน้ำ (๓ – ๖ นิ้ว) ให้น้ำซึมมาตามด้ายดิบจนถึงผ้าหุ้มสลินหลักในการวัดหาความชื้นด้วยไซโครมิเตอร์แบบนี้ อาศัยหลักความจริงที่ว่า ทรายใดที่อากาศยังไม่อิ่มตัว (ความชื้นต่ำกว่า ๑๐๐%) น้ำที่ผ้าหุ้มสลินจะระเหยออก ในการระเหยนี้ ต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่ง ซึ่งก็ได้มาจากภายในตัวเทอร์โมมิเตอร์นั่นเอง ดังนั้น เทอร์โมมิเตอร์ ตุ้มเปียกจึงอ่านได้ค่าต่ำกว่าตุ้มแห้งเสมอ ค่าที่เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียกต่ำกว่าตุ้มแห้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการระเหย

เมื่ออากาศอิ่มตัว (ความชื้น ๑๐๐%) อากาศโดยรอบจะไม่สามารถรับเอาไอน้ำไว้ได้อีก ดังนั้น น้ำที่ผ้าหุ้มสลินจึงไม่มีการระเหยออก ค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองอันจึงชี้เท่ากัน ผลต่างของเทอร์โมมิเตอร์ตุ้ม

แห้งกับตุ้มเปียก นำไปเปิดหาค่าของความชื้นสัมพัทธ์ได้จากตารางสำเร็จรูปและสามารถหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้อีกด้วย (หลังจากการเปลี่ยนผ้ามีสลิน(ด้ายดิบ) และน้ำแล้ว ๑๕ นาที จึงทำการตรวจได้ แต่น้ำมีอุณหภูมิต่างกับอากาศควรใช้เวลา ประมาณ ๓๐ นาที)

๒. เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด (Maximum Thermometer) เป็นแบบปรอทใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดประจำวัน ตัวเทอร์โมมิเตอร์ จะมีคอติดด้านใต้สเกลล่างสุด เมื่ออุณหภูมิลดลงปรอทจะไม่สามารถไหลย้อนกลับ และต้องวางตัวเทอร์โมมิเตอร์ ให้ทางตุ้มปรอทอยู่ต่ำกว่าปลายเล็กน้อย เพื่อกันลำปรอทไหลกลับ เนื่องจากการสั่นสะเทือน เพื่อที่จะวัดให้ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดประจำวันจริงๆ

๓. เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด (Minimum Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิต่ำที่สุดประจำวัน เป็นแบบวัตถุเหลวภายใน เช่นพวกแอลกอฮอล์ หรือน้ำมันสี โดยมีก้านชี้ (Index) อยู่ภายใน เมื่ออุณหภูมิต่ำลงแอลกอฮอล์จะดูดผิวก้านชี้ลงไปด้วย แต่ถ้าอุณหภูมิสูงสุดแอลกอฮอล์จะไหลผ่านก้านชี้ไปได้ ลักษณะการวางตัวเทอร์โมมิเตอร์ จะวางให้อยู่ในระดับแนวนอนจริงๆ

๔. เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้า (Grass minimum Thermometer) หรือเทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดเรดิเอชันของพื้นโลก (Terrestrial radiation Thermometer) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดธรรมดาที่เอง ใช้วัดอุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน จากตุ้มของ ๆ เหลวภายในกะปุกของเหลวไปสู่ท้องฟ้า เพื่อทราบเกล็ดน้ำค้าง (Ground Frosts) ในเวลากลางคืน " ไม่ใช่วัดอุณหภูมิของอากาศ " โดยจะวางให้เป็นแนวนอนบนพื้นหญ้าสั้นให้สัมผัสยอดหญ้าพอดี



เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้บางทีก็เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดเรดิเอชันของพื้นโลก (Terrestrial radiation thermometer) และใช้กันส่วนใหญ่เพื่อให้ทราบเกล็ดน้ำค้าง (ground frosts) ในเวลากลางคืน เป็นเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดธรรมดาและติดตั้งไว้ในทางตามนอนบนพื้นหญ้าสั้น ๆ โดยให้กระเปาะวัตถุเหลวสัมผัสพอดีกับยอดของใบหญ้า ปกติเขาทำเป็นไม้จุ่มรูป Y อยู่สูง ๑ หรือ ๒ นิ้ว เหนือพื้นดิน ระวางอย่าให้ตุ้มของวัตถุเหลวไปสัมผัสกับง่ามไม้เป็นอันขาด การป้องกันการกลั่นตัวของวัตถุเหลวทำได้โดยใช้แผ่นโลหะกำบังสีดำคลุมไว้ ตอนบนของเทอร์โมมิเตอร์ ให้มีความยาวประมาณ ๕ เซนติเมตร วัตถุคานี้จะดูดเอาเรดิเอชันไว้ ทำให้ตอนบนอบอุ่นขึ้น

การวางเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดยอดหญ้าให้ห่างไกลจากวัตถุสิ่งกีดขวาง เพราะจะทำให้เกิดการรบกวนจากสิ่งเหล่านั้นไม่ได้รับค่าที่ถูกต้องแท้จริง ข้อควรจำเครื่องมือนี้มิได้ใช้วัดค่าของอุณหภูมิของอากาศ แต่ใช้วัดค่าของอุณหภูมิอันเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากตุ้มของวัตถุเหลวไปสู่ท้องฟ้า

ในฤดูร้อนควรเก็บเครื่องมือนี้ไว้ในเรือนเทอร์โมมิเตอร์เอาทางตุ้มลง ช่วงเวลา ๐๙.๐๐ น. จนถึงค่า ทำการตั้งค่า (Set) เสร็จแล้วเอาไปวางไว้ในที่ของติดตามเดิม ทั้งนี้เพราะถ้าเอาไปไว้กลางแจ้งที่ร้อนจัดตอนกลางวัน ความร้อนอาจทำให้เกิดพายุอากาศขึ้นในลำวัตถุเหลว ขึ้นไปสะสมตัวกันอยู่ทางปลายสุดของลำหลอดแก้วได้

สำหรับการตั้งค่า (Set) กระทำเช่นเดียวกับเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดแบบธรรมดาทุกประการ

๕. **เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดเรดิเอชันจากดวงอาทิตย์ (Actinometer)** ใช้วัดค่าความแรงของเรดิเอชันจากดวงอาทิตย์ ซึ่งบรรลุสู่ผิวโลกในวันหนึ่งๆ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ แบบเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มดำ ใช้ขมิ้นไฟสีดำอบเคลือบไว้รอบ ๆ กระจุกปรอทให้ล้าขึ้นมาทางหลอดแก้ว ๑ นิ้ว ซึ่งสีดำจะดูดความร้อนได้ดีที่สุด เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มขาววางไว้เฉยๆ โดยมีแก้วหุ้มตัวเทอร์โมมิเตอร์อีกชั้นหนึ่ง โดยสีขาวจะสะท้อนความร้อนออกได้ดี นำค่าของตุ้มดำและตุ้มขาวมาหาค่าผลเฉลี่ยเรดิเอชันจากดวงอาทิตย์ที่บรรลุสู่ผิวโลก

๖. **เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หรือเครื่องเทอร์โมไฮโกรกราฟ (Thermo Hygrograph)** เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักความจริงที่ว่า เส้นผมมนุษย์เมื่อล้างไขมันออกแล้วจะยืดและหดไปตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ โดยความชื้นสูงเส้นผมจะยืดตัวออก ขณะเดียวกันถ้าความชื้นน้อยเส้นผมก็จะหดตัวเข้าหากัน ซึ่งอุณหภูมิจะผกผันกับความชื้นในอากาศ คือความชื้นสูงอุณหภูมิจะต่ำในทางตรงกันข้าม ความชื้นต่ำอุณหภูมิจะสูง

๗. **เทอร์โมมิเตอร์ใต้ดิน (Soil Thermometers)** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิใต้ดินที่ความลึกระดับ ๕, ๑๐, ๒๐, ๕๐ และ ๑๐๐ ซม. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตทางรากของพืชในระดับต่างๆ (ความยาวของรากพืช) โดยที่ความลึกระดับ ๕, ๑๐, ๒๐ ซม. ตัวเรือนเทอร์โมมิเตอร์ จะออกเป็นมุมฉาก ขีดสเกลของเครื่องจะอยู่ด้านบนเพื่อสะดวกในการอ่าน สำหรับที่ระดับ ๕๐ และ ๑๐๐ ซม. ลำตัวเทอร์โมมิเตอร์ จะอยู่ในท่อเหล็กบางๆ ผึงลงไปใต้ดิน โดยจะมีปลอกแก้วหุ้มอีกชั้นหนึ่ง และตุ้มปรอทจะเคลือบด้วยขี้ผึ้งพาราฟิน เพื่อป้องกันไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์ ขยับเขยื้อนจากท่อ

๑๐. **ไซโครมิเตอร์ บันไดไมโครไคเลเมท** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นในระดับต่างๆ มี ๗ ระดับ ได้แก่ ๕, ๑๐, ๒๐, ๕๐, ๑๐๐, ๒๐๐ และ ๔๐๐ ซม. เพื่อศึกษาการคายน้ำและการเก็บความชื้นของลำต้นและใบพืชในระดับต่างๆ

๑๑. เทอร์โมกราฟ (Thermograph)

เครื่องที่ใช้บันทึกค่าของอุณหภูมิติดต่อกันตลอดเวลาเป็นอัตโนมัติ มีอยู่ ๒ แบบ คือ

๑๑.๑ แบบบูร์ดอน อากาศของเครื่องเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนปริมาตรของแอลกอฮอล์ซึ่งอัดบรรจุอยู่ในหลอดโลหะกลมแบบยาวโค้งจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย มากน้อยตามค่าของอุณหภูมิ แล้วส่งอากาศไปยังแขนปากกา ทำให้ปากกาเลื่อนขึ้นลงอยู่บนกระดาษกราฟ

๑๑.๒ แบบโลหะประกบ โลหะประกบทาด้วยแร่อินวาและบรอนซ์ประกบกัน อากาศของเครื่องเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนโลหะประกบนี้อจะยืดหรือหดแอ่นเข้าออก ส่งอากาศไปจนถึงแขนปากกา ทำให้ปากกาเลื่อนขึ้นลงอยู่บนกระดาษกราฟ

เทอร์โมกราฟทั้งสองแบบนี้ กระดาษกราฟแบ่งจำนวนองศาไว้ด้วยเว้นตามนอน และจำนวนชั่วโมง วัน ด้วยเส้นโค้งตามการเลื่อนขึ้นลงของปากกา กระดาษกราฟพันอยู่รอบกระบอก กระบอกหมุนด้วยเครื่องนาฬิกา เป็นระยะ ๑ รอบ ต่อ ๑ สัปดาห์ หรือ ๑ วัน ปากกาจะขีดอุณหภูมิเป็นเส้นติดต่อกันตลอดเวลาที่กระบอกหมุน ๑ รอบ เทอร์โมกราฟไม่เป็นเครื่องที่จดอุณหภูมิได้ถูกต้องนัก จะต้องคอยสอบเทียบกับเครื่องมาตรฐานอยู่เสมอๆ

การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้น (Humidity)

คือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

คือ “อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว” ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%)



อุณหภูมิจุดน้ำค้าง

คือ อุณหภูมิ ณ จุดที่อากาศเริ่มกลั่นตัวเป็นน้ำค้างในเมื่ออากาศนั้นเย็นตัวลง เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดน้ำค้างแล้วอากาศจะอิ่มตัว ต่อจากนี้ถ้ามีการเย็นตัวลงอีก ความชื้นในอากาศก็จะกลั่นตัวเป็นหมอกหรือน้ำค้าง บรรดาเมฆ ฝน หิมะ และน้ำในบรรยากาศในระดับสูง ๆ นั้น เป็นผลเนื่องจากอากาศเย็นลงของอากาศทั้งสิ้น หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า เมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดต่ำลงจนอากาศไม่สามารถพยุ้งไอน้ำไว้ได้ต่อไปอีก ไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัวในขณะนั้น จุดอุณหภูมิตรงนี้ (จุดเปลี่ยนภาวะ) เรียกว่า จุดน้ำค้าง ถ้าอุณหภูมิลดลงอีก ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำค้าง หมอก หิมะ เมฆ หรือฝนตกต่อไป การหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างนั้น หาได้จากตารางเปรียบเทียบของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

การบำรุงรักษาเทอร์โมมิเตอร์และไฮโครมิเตอร์

๑. เทอร์โมมิเตอร์ แบบสูงสุด-ต่ำสุด

๑. ตรวจสอบประจำวัน

๑.๑ ใช้ผ้าสะอาดเช็ดฝุ่นภายนอกแห้งแล้วให้สะอาด

๑.๒ ตรวจสอบสเกลบอกองศามีความชัดเจนหรือไม่

๑.๓ การตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด ปลดออกจากที่ติด มือกำหลอดแก้วให้กระชับ ต้มอยู่ทางปลายมือแล้วชูสูงขึ้นเหนือศีรษะเหวี่ยงแรง ๆ ๒-๓ ครั้ง อย่าให้ถูกอะไรแตก แล้วรีบอ่านค่าเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ต้มแห้งทันทีจะได้ค่าตรงกัน เสร็จแล้ววางไว้ที่เดิม วางแขวนเอียง ๕ องศา

๑.๔ การตั้งค่าอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์แบบต่ำสุด ให้ปลดออกจากที่แขวนค่อย ๆ เอียงทางต้มสูงขึ้นจนอินเด็กซ์เลื่อนมาอยู่ที่ปลายของเหลว ถ้าอินเด็กซ์เลื่อนช้าให้อำมือช่วยเคาะเบา ๆ เสร็จแล้ววางไว้ที่เดิม วางแขวนตามนอน

๒. ตรวจสอบประจำสัปดาห์

๒.๑ ตรวจสอบอุณหภูมิแบบสูงสุด มีปรอทเกาะตามหลอดแก้วหรือไม่

๒.๒ ตรวจสอบอุณหภูมิแบบสูงสุด ลำปรอทขาดหรือไม่

๒.๓ ตรวจสอบอุณหภูมิแบบต่ำสุด แอลกอฮอล์ขาดหรือไม่

๓. ตรวจสอบประจำเดือน

๓.๑ ตรวจสอบลำปรอทหรือแอลกอฮอล์ เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามอุณหภูมิหรือไม่

๓.๒ ตรวจสอบหลอดแก้วมีสภาพชำรุดหรือไม่

๔. ตรวจสอบประจำปี

๔.๑ การตรวจสอบเหมือนกับการตรวจสอบประจำวัน, ประจำสัปดาห์ และประจำเดือน

๔.๒ กรณีปรอทเกาะลำหลอดแก้ว ใช้ผ้าชุบน้ำอุ่นหุ้มปรอทแก้วตรงที่ปรอทเกาะ

๔.๒ การทดสอบจุดเยือกแข็ง ให้นำกระเปาะจุ่มลงในน้ำผสมน้ำแข็ง

๔.๔ ถ้าลำปรอทขาดตอนจากกันให้ปลดออกจากที่ติดตั้ง จับที่ตัวหลอดแก้วกำให้กระชับ แล้วสะบัดโดยแรง ๒-๓ ครั้ง ระวังอย่าให้กระแทกอะไรแตกได้ ถ้ายังไม่ติดกันให้ทำเช่นนี้ซ้ำอีก

๔.๕ ถ้ามีหยดวัตถุเหลวที่ยอดลำหลอดแก้ว วัตถุเหลวอาจจะเหวแล้วไปอัดตัวเป็นหยดน้ำที่ตอนบนของลำหลอดแก้ว ถ้าไม่คอยตรวจอาจสะสมยาวถึง ๕ - ๑๐ องศา ให้เอาทาง ต้มเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในน้ำเย็น ถ้าน้ำไม่เย็นพอให้เติมน้ำแข็งพอสมควร วางภาชนะไว้กลางแดด ให้แสงแดดถูกลำหลอดแก้ว ตรงที่มีวัตถุเหลวค้างอยู่ ทิ้งไว้สัก 1 ชั่วโมง วัตถุเหลวที่ค้างอยู่จะไหลกลับไปรวมกันตามเดิม

๔.๖ ก้านเหล็กชี้หรืออินเด็กซ์หลุดออกไปนอกลำวัตถุเหลว ให้ใช้มือข้างหนึ่งจับกึ่งกลางเทอร์โมมิเตอร์เอาทางต้มลง แล้วฟาดข้อมือลงบนฝ่ามืออีกข้างหนึ่งเบา ๆ หลาย ๆ ครั้ง ถ้าไม่สำเร็จให้กระแทกแรงขึ้นอีกเล็กน้อย พอก้านเหล็กเลื่อนตัวลงก็ปล่อยให้เลื่อนลงด้วยน้ำหนักตัวเอง หรือจะช่วยตบเบา ๆ ด้วยก็ได้ วิธีนี้อาจใช้กับวัตถุเหลวที่ขาดตอนกัน หากไม่สำเร็จเอาทางต้มหันขึ้นข้างบน จนวัตถุเหลวไหลมาท่วมก้านเหล็ก แล้วหันกลับตามเดิมเหวี่ยงเบา ๆ ให้วัตถุเหลวกลับในต้มดังกล่าวแล้วเอาแช่น้ำเย็นไว้ ๑ ชั่วโมง

๔.๗. ถ้ามีพรายอากาศในต้ม ให้ถือตามแนวนอนจนพรายอากาศลอยขึ้นไปอยู่ตรงปากช่องของหลอดแก้ว แล้วเอามืออุดตรงนั้นให้ร้อนจนพรายอากาศขึ้นไปในลำหลอดแก้ว เหวี่ยงเทอร์โมมิเตอร์ไปมาจนพรายอากาศหลุดหายไป แล้วจึงเอาไปแช่น้ำเย็น

๒. ไซโครมิเตอร์ (PSYCHROMETER : เทอร์โมมิเตอร์ดุ่มแห้ง-ดุ่มเปียก)

๑. ตรวจสอบประจำวัน

- ๑.๑ ใช้ผ้าสะอาดเช็ดฝุ่นภายนอกแห้งแก้วให้สะอาด
- ๑.๒ ตรวจสอบสเกลบอกองศามีความชัดเจนหรือไม่

๒. ตรวจสอบประจำสัปดาห์

- ๒.๑ ทำการเปลี่ยนน้ำสะอาดที่ขวดใส่น้ำ
- ๒.๒ ตรวจสอบลำปรอทขาดหรือไม่
- ๒.๓ ตรวจสอบปรอทเกาะหลอดแก้วหรือไม่

๓. ตรวจสอบประจำเดือน

- ๓.๑ ทำการเปลี่ยนผ้ามีสลิน ทุก ๑ เดือน
- ๓.๒ ถ้ามีผงเกลือ เขม่า ตะไคร่น้ำ หรือหินปูนเกาะอุณหภูมิดุ่มเปียก หรือผ้ามีสลิน

ต้องทำการเปลี่ยนทันที

- ๓.๓ ผ้ามีสลินที่เปลี่ยนใหม่ ความยาว ประมาณ ๓-๖ นิ้ว

๓.๔ รอยขีดสเกลอาจ ให้ใช้เขม่าไฟหรือผงดินสอดำบดให้ละเอียดผสมกาวใสหรือน้ำมันเล็กน้อย แล้วถูลงบนขีดสเกลนั้นให้ทั่ว หรือใช้หมึกสีดำอย่างดีทาให้ทั่วก็ได้ แล้วเช็ดออกด้วยผ้าสะอาดให้เหลืออยู่แต่รอยดำฝังอยู่ในขีดสเกล

๔. ตรวจสอบประจำปี

- ๔.๑ ตรวจสอบความถูกต้องทุก ๆ ๖ เดือน
- ๔.๒ กรณีเปลี่ยนน้ำใหม่ต้องใช้น้ำสะอาด (น้ำกลั่นหรือน้ำฝน) เท่านั้น
- ๔.๓ ทำการตรวจสอบจุดเยือกแข็ง ด้วยการนำกระเปาะจุ่มลงในน้ำผสมน้ำแข็ง
- ๔.๔ ตรวจสอบจุดเดือด ด้วยการนำกระเปาะจุ่มลงในน้ำเดือด

การอ่านเทอร์โมมิเตอร์

การอ่านเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่าง ๆ ให้ปฏิบัติตามหัวข้อดังต่อไปนี้

๑. สายตาต้องพอดีกับระดับยอดปรอท อย่าให้สูงหรือต่ำ จะทำให้การอ่านเหลื่อมได้
๒. ระวังอย่าหายใจรดหรืออยู่ใกล้นานเกินควร เพราะความร้อนจากร่างกายผู้ตรวจจะทำให้เกิดความผิดได้
๓. กลางคืนควรใช้ไฟฉาย ห้ามใช้ตะเกียงธรรมดาเป็นอันตราย
๔. ถ้าเพิ่งเอาออกมาใช้ใหม่ ๆ หรือเอาไปวัดอุณหภูมิของน้ำเย็นควรทิ้งไว้เฉย ๆ อย่างน้อย ๑ ชั่วโมงก่อน จึงจะอ่านได้
๕. สเกลแบ่งไว้ทุกครึ่งองศา การอ่านค่าให้ได้เศษ ๑๐ ระวังอย่าอ่านผิดช่อง



๖. เทอร์โมมิเตอร์ที่อยู่ในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อเปิดฝาตู้แล้วให้ทำการอ่านทันที ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้อากาศภายนอกเข้าไปรบกวน ซึ่งจะทำให้ค่าของอุณหภูมิในตู้คลาดเคลื่อนไป

การอ่านและตั้งค่าไซโครมิเตอร์ (PSYCHROMETER : เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง-ตุ้มเปียก)

เทอร์โมมิเตอร์สูงสุด (Maximum Thermometer)

การอ่านค่าเทอร์โมมิเตอร์สูงสุดเวลา ๑๙.๐๐ น. เทอร์โมมิเตอร์สูงสุดบางแบบต้องปลดออกจากเครื่อง ยึดแล้วตั้งให้ได้ฉาก 90° ก่อนจึงจะอ่านได้

การตั้งค่าเทอร์โมมิเตอร์สูงสุด

เทอร์โมมิเตอร์สูงสุดตั้งค่าเวลา ๐๗.๐๐ น. วิธีการตั้งค่าให้ปลดออกจากที่ติด มือกำหลอดแก้วให้กระชับ ตุ้มอยู่ทางปลายมือแล้วชูสูงขึ้นเหนือศีรษะเหวี่ยงแรง ๆ ๒-๓ ครั้ง อย่าให้ถูกอะไรแตก แล้วรีบอ่านเทียบกับ เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งทันทีจะได้ค่าตรงกัน เสร็จแล้ววางไว้ที่เดิม การติดตั้งเช่นเดียวกับเทอร์โมมิเตอร์อื่น ๆ แต่ วางแขวนเอียง ๕ องศา

เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด (Minimum Thermometer)

การอ่านค่าเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดเวลา ๐๗.๐๐ น. วิธีอ่านให้อ่านทางปลายอินเด็กซ์ที่อยู่ไกลจากตุ้มแก้ว (หรือปลายอินเด็กซ์ทางขวามือ)

การตั้งค่าเทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุด

เทอร์โมมิเตอร์ต่ำสุดตั้งค่าเวลา ๑๙.๐๐ น. วิธีการตั้งค่าให้ปลดออกจากที่แขวนค่อย ๆ เอียงทางตุ้ม สูงขึ้นจนอินเด็กซ์เลื่อนมาอยู่ที่ปลายของเหลว ถ้าอินเด็กซ์เลื่อนช้าให้อาบน้ำช่วยเคาะเบา ๆ (อย่ายกตุ้มแก้วสูงนัก หรืออย่าสะบัดกระแทก เพราะจะทำให้อินเด็กซ์หลุดออกมาจากลำของเหลวได้) เสร็จแล้ววางไว้ที่เดิม การติดตั้งเช่นเดียวกับเทอร์โมมิเตอร์อื่น ๆ แต่วางแขวนตามนอน

เรือนเทอร์โมมิเตอร์



โทมัส สตีเวนสัน (ค.ศ.1818-1887) เป็นวิศวกรโยธาชาวสก็อต ผู้คิดค้นที่กำบังเครื่องมืออุตุนิยมวิทยาซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันในนามเรือนเทอร์โมมิเตอร์ (สตีเวนสันสกรีน) เรือนเทอร์โมมิเตอร์เป็นกล่องมีการระบายอากาศที่ล้อมรอบเครื่องมือ ซึ่งจะได้รับการปกป้องจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง แต่ในขณะเดียวกันอากาศไหลเวียนได้อย่างอิสระโดยรอบเครื่องมือ คุณสมบัติลักษณะส่วนใหญ่สตีเวนสันสกรีนรอบข้างเป็นบานเกล็ด บานเกล็ดจะเป็นในลักษณะที่เป็นร่มเงา การตกแต่งภายในของเรือนเทอร์โมมิเตอร์ ในขณะเดียวกันช่องว่างระหว่างบานเกล็ดที่อนุญาตให้อากาศไหลเวียนผ่านพักพิง เรือนเทอร์โมมิเตอร์ จะทาสีขาว (สีเข้มจะทำให้เกิดการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์และเป็นผลให้ความร้อนขึ้น ความร้อนดังกล่าวจะทำให้เครื่องมือที่จะให้อ่านไม่ได้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ) เรือนเทอร์โมมิเตอร์โดยทั่วไปอย่างน้อยมีเครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งสำหรับการวัด

อุณหภูมิของอากาศและเครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกสำหรับการวัดความชื้น เครื่องวัดอุณหภูมิอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่มักจะรวมและเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นที่อาจจะนำเสนอเช่นกัน

สถิติเวกสันสกรีนเข้ามาใช้ร่วมกันในการสังเกตสภาพอากาศสถานีในช่วงปลายยุค 1860 จนถึงวันนั้นเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์สถานีตรวจสภาพอากาศมาตรฐานทั่วโลก ออกแบบให้ด้านข้างและประตูเป็นบานเกล็ดช่วยให้การไหลของอากาศมีเสถียรภาพมากกว่า เพื่อป้องกันไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรงลดลง และมีผลกระทบต่อเครื่องมือเมื่อประตูเปิด ได้รับการออกแบบเพื่อให้ประตูเปิดไปทางทิศเหนือ (ซีกโลกเหนือ) นั่นคือดวงอาทิตย์ไม่เคยส่องมาจากทางเหนือ ถูกทาสีขาวเพื่อสะท้อนรังสีเข้ามาจากดวงอาทิตย์ และตั้งอยู่ที่ความสูง ๑.๒๕ เมตร เหนือพื้นดิน เพื่อที่จะไม่ได้รับผลกระทบจากโลกรังสีในระดับต่ำ เรือนเทอร์โมมิเตอร์ป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งสกปรก เครื่องวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้ง ตุ้มเปียก สูงสุด ต่ำสุด การอ่านตามลำดับ

เรือนเทอร์โมมิเตอร์หรือสกรีน (Thermometer shelter or screen or Stevenson' screen) เรียกสั้น ๆ ว่า ตู้สกรีน มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ทำจากวัสดุที่ไม่เก็บความร้อน เช่น ไม้หรือพลาสติก ทาด้วยสีขาว เป็นแบบบานเกล็ดไม้ แต่มีหลักเกณฑ์ใหญ่ ๆ คือ ให้มีการถ่ายเทอากาศโดยธรรมชาติ การออกแบบต้องให้ได้ค่าของอุณหภูมิภายในและนอกตู้เป็นแบบเดียวกัน และต้องป้องกันไม่ให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ (radiant heat) เข้าไปภายในตู้ได้ ฝาของตู้ควรทำเป็นบานเกล็ด ๒ ชั้น และพื้นควรทำเป็นแผ่นไม้สลับกันไปมา โดยทั่วไปเครื่องมือตรวจอากาศต่าง ๆ จะติดตั้งอยู่ภายในสนามอุตุนิยมวิทยา และเครื่องมือบางชนิดจะถูกติดตั้งอยู่เรือนเทอร์โมมิเตอร์ ประตูของตู้ต้องหันออกไปทางทิศเหนือ (ซีกโลกเหนือ) เพื่อป้องกันรังสีแสงอาทิตย์เข้าไปในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ขณะอ่านข้อมูล และการติดตั้งในสนามอุตุนิยมวิทยาให้สูงจากพื้นดิน ๑.๒๕ ถึง ๒.๐๐ เมตร ให้พอดีกับระดับสายตาเพื่อสะดวกแก่การอ่าน

หมายเหตุ

๑. ตอนที่ประเทศไทยเริ่มทำนาปีกัน จะเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรอยู่แถบซีกโลกเหนือ (เหนือเส้นศูนย์สูตร) ดวงอาทิตย์จึงตรงกับศีรษะในตอนเที่ยง แต่ช่วงข้าวตั้งท้องจนถึงเก็บเกี่ยว (หลัง ๒๑ กันยายนของทุกปี) ดวงอาทิตย์จะโคจรในแถบซีกโลกใต้ (ใต้เส้นศูนย์สูตร) ดวงอาทิตย์จะไม่ตรงศีรษะในตอนเที่ยง จึงดูเหมือนว่าดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกแล้วอ้อมไปทางใต้ไปตกทางทิศตะวันตก โดยไม่ข้ามต้นข้าวในนา จึงเรียกว่าตะวันอ้อมข้าว (ช่วงฤดูหนาวแสงอาทิตย์จะส่องเข้ามาทางทิศใต้)

๒. การระบายอากาศภายในเรือนเทอร์โมมิเตอร์แบบบานเกล็ดที่ใช้กันอยู่นั้น ไม่อาจป้องกันอาการกระทบกระเทือนจากเรดิเอชันให้หมดไปได้อย่างแท้จริง ซึ่งในวันที่อากาศร้อนจัด กับมีลมอ่อน อาจทำให้มีอุณหภูมิภายในเรือนเทอร์โมมิเตอร์สูงเกินไป ๑-๒ องศา หรือในคืนที่มีอากาศแจ่มใสค่าอุณหภูมิจะต่ำกว่าค่าที่เป็นจริงประมาณ ๑ องศา และเมื่ออากาศเย็นลงหลังจากฝนตก อาจเป็นเหตุทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ผิดไป ดังนั้นในการอ่านค่าอุณหภูมิภายในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ แต่ละครั้งพึงระลึกอยู่เสมอว่าค่าที่อ่านได้อาจไม่ตรงกับความเป็นจริง

การตรวจสอบและบำรุงรักษาเรือนเทอร์โมมิเตอร์

๑. ตรวจสอบบานเกล็ดชำรุดหรือไม่
๒. ตรวจสอบสีที่ทาซีดจางหรือไม่ (การทาสีอย่างน้อยปีละ ๑ ครั้ง)
๓. ตรวจพบมีการชำรุด ไม้ผุ ต้องทำการซ่อมแซมให้เรียบร้อย
๔. ตรวจสอบรอยรั่วของน้ำที่สามารถหยดเข้าไปในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ได้หรือไม่
๕. ทำความสะอาดตัวเรือนเทอร์โมมิเตอร์ อย่างน้อยปีละ ๑ ครั้ง

สถานที่ติดตั้งเรือนเทอร์โมมิเตอร์แบบสติเวนสัน

เรือนเทอร์โมมิเตอร์แบบสติเวนสันเป็นสถานีตรวจอากาศขนาดเล็กที่ใช้วัดสภาพอากาศ ในท้องถิ่น โดยมีเครื่องมือตรวจอากาศต่าง ๆ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสูงสุด-ต่ำสุด ไฮโกรมิเตอร์ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ ตุ่มแห้ง-ตุ่มเปียก และบารอมิเตอร์ ส่วนด้านนอกเรือนเทอร์โมมิเตอร์ จะประกอบด้วยเครื่องวัดปริมาณ น้ำฝน และเครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม

อัลเบโด : เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวกับปริมาณรังสีทั้งหมดที่ ตก กระทบ มันแสดงด้วยตัวเลขทศนิยมระหว่าง ๐-๑ กล่าวคือ วัตถุใดมีการดูดกลืนรังสีอย่างสมบูรณ์ ไม่มีการ สะท้อนรังสีกลับเลย มีค่าอัลเบโดเท่ากับ ๐ ส่วนวัตถุที่มีการสะท้อนแสง ๑๐๐% และไม่มีการดูดกลืนรังสีเลย มีค่าอัลเบโดเท่ากับ ๑

เรือนเทอร์โมมิเตอร์แบบสติเวนสัน



บทที่ ๓
เครื่องวัดทิศทางลม
(WIND DIRECTION MEASUREMENT)

การตรวจหรือการวัดลมมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังสภาพอากาศ และการคำนวณค่า กำลังลม (wind-load) ทางภูมิอากาศ หรือในการคำนวณค่าความเป็นไปได้ของความเสียหายจากลม การประมาณค่าของ พลังงานลม หรือในการประเมินการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของพื้นผิว เช่น ค่าการระเหยในการติดตาม มลพิษที่แพร่กระจายในอากาศและการประยุกต์ทางการเกษตร ทั้งนี้ข้อกำหนดในด้านประสิทธิภาพ กำหนดให้ ค่าความถูกต้องนอกเหนือจากค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วและทิศทางลมแล้ว การใช้งานหลายๆ อย่างอาจต้องการค่า การเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviations) และค่าความสูงสุด (extremes) ไม่เป็นความยากใดๆ ที่จะได้ ค่าความถูกต้องที่กำหนดไว้ข้างต้น จากเครื่องมือวัดลมที่ทันสมัย สิ่งที่เป็นอุปสรรคที่สุดของการวัดลมคือ การ วางตำแหน่งเปิดโล่งที่จะวางเครื่องวัดลม เนื่องจากแทบจะเป็นไปยากที่จะหาพื้นที่ติดตั้งเครื่องวัดลมเพื่อที่จะได้ ค่าตรวจวัดที่เป็นค่าตัวแทนของลมในพื้นที่ใหญ่ขึ้นไป ดังนั้นต้องประมาณค่าผิดพลาดที่เกิดการวางตำแหน่งของ เครื่องมือการใช้งานหลายๆ อย่างต้องการข้อมูลเกี่ยวกับค่าความแรงของลมกระโชก ข้อมูลดังกล่าวใช้เพื่อ รายงานสภาวะอากาศที่เกิดขึ้นในขณะปัจจุบันสำหรับเตรียมการขึ้นและลงจอดของเครื่องบินในบริเวณ ท่าอากาศยาน การศึกษา wind load ทางภูมิอากาศ และปัญหาการแพร่กระจายของมลพิษในอากาศ สองตัว แปรที่เหมาะสมสำหรับการอ่านค่าประจำได้แก่ ค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเร็วและทิศทางลมและลม กระโชกสูงสุด

หน่วยวัดและระบบการวัด (Units and scales)

อัตราเร็วลม ควรรายงานโดยค่าความละเอียดที่ ๐.๕ เมตรต่อวินาที หรือ ๑ นอต (๐.๕๑๕ เมตรต่อ วินาที) โดยปัดหน่วยที่ใกล้เคียงที่สุด และในรายงานอากาศควรใช้ค่าเฉลี่ยของลมในช่วง ๑๐ นาที ค่าเฉลี่ยของ ความเร็วลมในระยะเวลาที่สั้นกว่านี้ ใช้ในวัตถุประสงค์ของการบิน ทิศทางลมรายงานโดยใช้หน่วย องศา ที่ ใกล้เคียงหน่วย 10° ที่สุด โดยใช้รหัส 01 ถึง 36 และควรจะแสดงค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา ๑๐ นาที

นิยามของทิศทางลม คือ ทิศทางจากที่ลมพัดเข้าหาสถานี และวัดตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือทาง ภูมิศาสตร์ กล่าวคือ ทิศเหนือจริง (True north) นั่นเอง

“ลมสงบ” ควรรายงานเมื่อความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่า ๑ นอต ใช้รหัส 00

มีข้อเปรียบเทียบความแตกต่างที่สำคัญถึงความต้องการของการตรวจอากาศผิวพื้น สำหรับ การ ตรวจวัดและการรายงานอัตราเร็วและทิศทางลม ต่อการนำเครื่องบินขึ้น-ลง บริเวณสนามบิน ในการตรวจ อากาศผิวพื้นสถานีตรวจอากาศโดยปกติแล้ว ทิศทางลมควรได้จากการตั้งค่าเส้นวางราบ (Azimuth) ให้อ้างอิง กับทิศเหนือจริง (True north) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจ ในขณะที่การตรวจอากาศตามสนามบิน นั้น ทิศทางลมที่สนามบินจะต้องรายงานโดยอ้างอิงกับทิศเหนือของแม่เหล็ก (Magnetic North) และค่าเฉลี่ยใน ช่วงเวลา ๒ นาที ดังนั้นหากมีการรายงานลมของสนามบินปรับทิศทางลมให้อ้างอิงถึงทิศเหนือจริง

การอ่านค่าเครื่องวัดแรงลม

เมื่ออัตราเร็วลมเพิ่มขึ้นอย่างมากตามความสูง โดยเฉพาะเหนือภูมิประเทศที่ขรุขระ สำหรับเหตุผลนี้ ความสูงมาตรฐาน ๑๐ เมตร เหนือภูมิประเทศแบบโล่งถูกระบุไว้แน่นอนสำหรับการอ่านค่าด้วยเครื่องวัดลม ใน ส่วนของการวัดทิศทางลมนั้นการเปลี่ยนแปลงทิศทางกับระยะความสูงมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อย และไม่ จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการการวัดลมผิวพื้น ตำแหน่งที่ตั้งที่ใช้สังเกตแรงลม ที่เหมาะสม เป็นสิ่งหนึ่งที่ลมที่ วัดได้สามารถใช้เป็นตัวแทนลมเหนือพื้นที่ย่านน้อย ๒ – ๓ กิโลเมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนสำหรับภูมิประเทศที่ไม่ราบเรียบที่มีสิ่งกีดขวาง หรือสภาพพื้นผิวไม่เหมือนกัน ทั้งอัตราเร็วลมและทิศทางสามารถส่งผลอย่างมาก ใน การพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ข้อมูลดิบของลมต่อไป

เครื่องวัดอัตราเร็วลมสำหรับวัดเหนือพื้นดิน

การอ่านค่ามาตรฐานของเครื่องวัดแรงลมเหนือภูมิประเทศแบบโล่ง คือ ๑๐ เมตรเหนือพื้นดิน ภูมิประเทศแบบโล่งถูกให้คำจำกัดความเสมือนพื้นที่ซึ่งระยะทางระหว่างเครื่องวัดอัตราเร็วลมและสิ่งกีด ขวางใด ๆ คืออย่างน้อย ๑๐ เท่าของความสูงสิ่งกีดขวาง การวัดแรงลมที่ทำในบริเวณระลอก (wake) ของต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ มีคุณค่าเพียงเล็กน้อยและให้ข้อมูลเพียงน้อยนิดเกี่ยวกับลมที่ไม่ถูกรบกวน เนื่องจากระลอกลมจากสิ่งกีดขวางสามารถเพิ่มกระแสลมได้โดยง่ายถึงระยะทาง ๑๒ ถึง ๑๕ เท่าของความสูง สิ่งกีดขวาง ดังนั้นข้อบังคับที่ระยะ ๑๐ เท่าของความสูงของ สิ่งกีดขวางเป็นค่าต่ำสุด

การสอบเทียบมาตรฐานและการซ่อมบำรุง

การสอบเทียบมาตรฐานที่น่าเชื่อถือในเครื่องวัดอัตราเร็วลมแบบลูกถ้วย ใบพัดและศรลม มีความ เป็นไปได้ในอุโมงค์ลมเท่านั้น ในปัจจุบันประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นที่รู้จัก และมาตรฐานของผู้ผลิตสามารถ เชื่อถือได้ในการใช้งาน หากเครื่องมืออยู่ในสภาพดี ดังนั้นการทดสอบในอุโมงค์ลมมีประโยชน์สำหรับโครงการ พิเศษ หรือสำหรับทดสอบโมเดลใหม่ ควรมีการตรวจสอบเครื่องมือในด้านความเสียหายทางกายภาพ โดย ตรวจสอบค่าศูนย์ของระบบ anemometer โดยถือลูกถ้วยหรือ propeller และโดยเช็คการทำงานของใบพัด โดยถือมันตรึงในตำแหน่งที่กำหนดไว้ สำหรับการซ่อมแซมเครื่องรับสัญญาณ ควรทำในโรงซ่อมเท่านั้น

วิธีการวัดและการสังเกต (Methods of measurement and observation)

ลมผิวพื้นวัดโดยศรลมและเครื่องวัดความเร็วลมแบบลูกถ้วยหรือใบพัด หากต้องนำเครื่องวัดลมออกไป ซ่อมแซมชั่วคราวหรือไม่มีเครื่องมือใช้งาน ผู้ตรวจอากาศอาจประมาณการค่าของลมได้เอง จากตารางเปรียบเทียบความเร็วลม (ใช้สำหรับการประมาณการค่าของลม) เครื่องวัดลมเกือบทุกรูปแบบนั้นเป็น สิ่งที่จำเป็นในการวัดค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วและทิศทางลม การใช้งานในหลายๆ ด้านยังคงต้องการข้อมูลของ ความแรงของลมกระโชก (gustiness) ด้วยเหตุนี้ระบบของการวัดลมจึงไม่ได้ประกอบไปด้วยแค่เพียงตัวเซนเซอร์ แต่ยังรวมระบบของการบันทึกและประมวลผลไว้ด้วย

ตารางเปรียบเทียบความเร็วลม

มาตราโบฟอร์ต และคำอธิบาย		อัตราเร็วลมเทียบเท่ามาตรฐานที่ความสูง 10 เมตร เหนือ พื้นดิน				คุณสมบัติสำหรับการประมาณการ ความเร็วเหนือพื้นดิน
		นอต	เมตร/วินาที	กิโลเมตร/ ชม.	ไมล์/ชม.	
0	ลมสงบ	< 1	0 – 0.2	< 1	< 1	สงบ ควันลอยดิ่งขึ้นตรง
1	ลมเบา	1 – 3	0.3 – 1.5	1 – 5	1 – 3	ทิศทางลมมองเห็นได้โดยควันที่ลอย ขึ้นแต่ไม่ไขวจากศรลม
2	ลมอ่อน	4 – 6	1.6 – 3.3	6 – 11	4 – 7	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	ลมเฉื่อย	7 – 10	3.4– 5.4	12 – 19	8 –12	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหว ตลอดเวลา ธงคล้ออกตามลม
4	ลมปานกลาง	11 – 16	5.5 – 7.9	20 – 28	13 – 18	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5	ลมกระโชก	17 – 21	8.0 – 10.7	29 – 38	19 – 24	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เริ่มเห็นยอดเป็นคลื่นระลอกเล็กๆ
6	ลมแรง	22 – 27	10.8 – 13.8	39 – 49	25 – 31	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขดังหวิวๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	พายุปาน กลาง	28 – 33	13.9 – 17.1	50 – 61	32 – 38	ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	พายุกระโชก	34 – 40	17.2 – 20.7	62 – 74	39 – 46	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9	พายุแรง	41 – 47	20.8 – 24.4	75 – 88	47 – 54	เปี่ยงโครงสร้างความเสียหายที่เกิด ขึ้น (ปล่องควันและกำแพงแยกออก)
10	พายุจัด	48 – 55	24.5 – 28.4	89 – 102	55 – 63	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหาย มาก
11	พายุรุนแรง	56 – 63	28.5 – 32.6	103 – 117	64 – 72	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12	พายุเฮอริ เคน	64 and over	32.7 and over	118 and over	73 and over	

ประเภทเครื่องวัดลม

เครื่องวัดลมแบบลูกถ้วยและใบพัด โดยทั่วไปจะใช้เพื่อตรวจสอบอัตราเร็วลม มีส่วนประกอบย่อย ๒ ส่วน คือ ตัวที่หมุนรอบ (rotor) และ เครื่องกำเนิดสัญญาณ (signal generator) ในระบบ ที่ออกแบบไว้ดี ความเร็วเชิงมุมของลูกถ้วยหรือใบพัดที่หมุนต้องเป็นส่วนโดยตรงต่ออัตราเร็วลม หรือถ้าจะกล่าวให้แน่นอนนั้น ในกรณีของตัวหมุนใบพัด ส่วนประกอบของอัตราเร็วลมต้องขนานกับแกนของการหมุน นอกจากนี้การออกแบบเครื่องวัดอัตราเร็วลมที่ดีนั้น การสอบเทียบอัตราเชิงเส้น (linearity) ต้องเป็นอิสระกับความหนาแน่นอากาศ และตั้งค่าศูนย์ไว้อย่างดีและมีเสถียรภาพในพิสัยของอัตราเร็วลมที่วัด โดยสามารถทดสอบได้โดยง่ายในกระบวนการผลิต และการสอบเทียบเครื่องวัดอัตราลมแบบลูกถ้วยสามารถคลาดเคลื่อนจากอัตราเชิงเส้นได้มาก หากแขนเชื่อมต่อกับลูกถ้วยกับแกนหมุนยาวกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกถ้วยมากไป ลักษณะการตอบสนองของอัตราลมประเภทลูกถ้วยและใบพัด ต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราเร็วลมสามารถตรวจสอบโดย “ระยะการตอบสนอง (response length)” ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับโมเมนต์ของความเฉื่อยของตัวหมุน (rotor) และ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเรขาคณิตของเครื่องวัดอัตราเร็วลม

นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดลมชนิดใหม่ซึ่งกำลังพัฒนาหรือค้นคว้าขึ้นมาอยู่เรื่อยๆ เครื่องมือเหล่านี้อาจจะกลายมาเป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าสำหรับใช้เป็นเครื่องวัดลมที่ใช้งานประจำต่อไป

(ก) เครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิด Pitot tube ซึ่งวัดค่าความกดที่เพิ่มขึ้นในหลอดที่ปรับให้เป็นแนวเดียวกับเวกเตอร์ลมโดยทิศทางของสครลม ระบบการบันทึกเชิงเส้น ใช้หลักการเกี่ยวข้องกับปัญหาอัตราเร็วเฉลี่ยที่เกิดจากความสัมพันธ์กำลังสองระหว่างอัตราเร็วลมและความกด และสามารถให้ข้อมูลความแรงของลมกระโชกโดยไม่ต้องพลังงานไฟฟ้า

(ข) เครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิดคลื่นเสียง (Sonic anemometers) ที่วัดเวลาในระหว่างการส่งออกและการรับของคลื่นอัลตราโซนิกเหนือในระยะทางที่กำหนด เนื่องจากเครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิดคลื่นเสียงไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว เช่นเซอร์ชิตินี้จึงมีความทนทานสูง และความถูกต้องไม่เปลี่ยนแปลง ปัจจุบันเครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิดคลื่นเสียงบางชนิดสามารถวัดลมได้แม้ว่าจะอยู่ในสภาวะที่มีฝนราคาของเครื่องมือชนิดนี้ในปัจจุบันใกล้เคียงกับเครื่องวัดลมแบบใบพัด-สครลม

(ค) เครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิดจานร้อน (Hot-disc anemometer) ล่าสุดได้มีการพัฒนาให้เป็นเครื่องวัดชนิดทรานซิสเตอร์ (Solid-state) ใช้วัดระดับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ ตัวชิปส์สามารถวัดทั้งอัตราเร็วลมและทิศทางได้อย่างแม่นยำภายใต้ข้อกำหนด เครื่องมือดังกล่าวแข็งแรงและคงทนในการสอบเทียบเครื่องมือ แต่จนถึงปัจจุบันนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพการใช้งานจริงอยู่

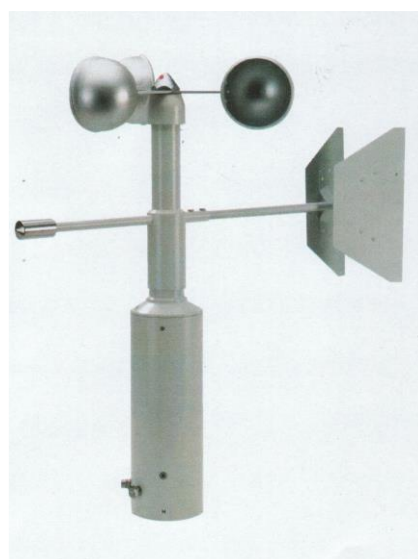
(ง) เครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิดลวดร้อน (Hot-wire anemometer) ใช้ในการวัดการเย็นลงของเส้นโลหะบางๆที่ถูกทำให้ร้อน โดยในเชิงปฏิบัติแล้วมีความน่าเชื่อถือต่ำ เนื่องจากสาเหตุสองประการคือ มีความเปราะบางมากเกินไป และประการที่สอง การเปลี่ยนแปลงในค่าสอบเทียบสูง เมื่อมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนหรือเมื่อมีความชื้น ดังนั้น จึงไม่แนะนำให้ใช้งานในสภาวะที่มีฝนหรือความชื้น

(จ) การมีเครื่องวัดสครมชนิดแบบแผ่นปัดโบราณ (Antique swinging-plate) ดีกว่าการที่ไม่มีเครื่องมือใด ๆ เลยสักชนิด

(ฉ) เทคนิคการวัดอัตราเร็วลมโดยการหยั่งข้อมูลระยะไกล (Remote wind-sensing) ด้วยเสียง (sodar), แสง (lidar) หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (เรดาร์) ไม่ได้เป็นเทคนิคที่มีการใช้อยู่เป็นประจำในเครือข่ายอุตุนิยมวิทยา

เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลมแบบลูกถ้วย

เครื่องวัดลมที่หน่วยข่าวอากาศ ทอ. มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนมากสร้างจากประเทศเยอรมัน คือ ยี่ห้อ LAMBRECHT ใช้ระบบ POTENTIOMETER สำหรับวัดทิศทาง และระบบไฟฟ้า AC. หรือ DC. มี GENERATOR สำหรับวัดความเร็วลม



ส่วนประกอบใหญ่ ๆ มี ๒ ส่วน คือ

๑. เครื่องส่ง (TRANSMITTER) มีด้วยกันหลายแบบ แต่ละแบบมีหลักการทำงานคล้ายคลึง ปัจจุบันใช้ปฏิบัติงานอยู่เป็นแบบ NO.1464 และ NO.14512 ตั้งอยู่บนเสาสูงประมาณ ๑๐ เมตร รูปร่างของเครื่องเป็นแบบทรงกระบอก สูงประมาณ ๓ ฟุต แบ่งออกเป็น ๒ ส่วน ครึ่งล่างโตมีเส้นผ่า ศูนย์กลางประมาณ $4\frac{1}{2}$ นิ้ว สูงประมาณ $12\frac{1}{2}$ นิ้ว ส่วนตอนบนจะเล็กกว่า สูงประมาณ ๑๖ นิ้ว

๑.๑ ส่วนบนสุดของเครื่องมีลูกถ้วย ๓ ใบ ติดอยู่บนแกน โดยแกนนี้จะต่อลงมายัง ROTOR ของ AC.GENERATOR เมื่อมีลมพัดมากระทบลูกถ้วย ลูกถ้วยจะหมุนจึงทำให้ ROTOR ของ AC.GENERATOR หมุนตามไปด้วย จึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า AC. ส่งต่อไปยัง MOVING COIL ที่เครื่องรับ ทำให้เข็มที่เครื่องรับชี้ความเร็วลมในขณะนั้น ความเร็วลมจะมากหรือน้อยจึงขึ้นกับกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น หากลมแรงกระแสไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น เข็มที่เครื่องรับก็จะชี้ค่าความเร็วลมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

๑.๒ ส่วนถัดลงมาสามารถหมุนได้รอบตัว ตรงกึ่งกลางมีสครลมที่ปลายหางกว้างเป็นพิเศษ เพื่อให้มีความไวต่อลมที่มาปะทะ ปลายสครลมจะหันหรือชี้ไปทางทิศที่ลมพัดเข้ามาสู่สถานี แกนของสครลมจะต่อไปยังแกนของ POTENTIONMETER ที่มีแรงไฟประมาณ 16 DC. 1.6 W. 100 MA. (สูงสุด) เมื่อสครลมหมุนจะทำให้ค่าความต้านทานของ POTENTIONMETER เปลี่ยนไป จึงทำให้ค่าแรงไฟ ที่ตกคร่อมเปลี่ยนตามไปด้วย สาเหตุนี้จะส่งผลต่อไปยังเครื่องรับ จึงทำให้เข็มที่เครื่องรับบอกทิศทางที่ลมพัดเข้าสู่สถานีต่อไป

๒. เครื่องรับ (INDICATOR) ประกอบด้วย หน้าปัดของ METER ๒ ตัว คือ หน้าปัดวัดทิศทางลมกับ หน้าปัดวัดความเร็วลม

๒.๑ หน้าปัดสำหรับวัดทิศทางลม จะมี SYNCHRO อีกตัวหนึ่งสำหรับรับแรงไฟที่เปลี่ยนแปลงที่ส่งมาจากเครื่องส่ง ที่หน้าปัดจะมีเข็มชี้ทิศทางลมได้รอบตัว ๓๖๐ องศา และเข็มนี้จะชี้ทิศทางลมที่พัดเข้าหาเครื่องส่งหรือสถานี

๒.๒ หน้าปัดวัดความเร็วลม มี MOVING COIL เป็นตัวสำคัญ จะมีสเกลแบ่งไว้ ๐-๗๐ นอต หรือ ๐-๑๒๐ นอต MOVING COIL ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าจาก GENERATOR จากเครื่องส่ง

๓. หลักการทำงาน เมื่อเปิดสวิตซ์ที่เครื่องรับกระแสไฟ 220 V.DC. จะไหลผ่าน PIN.14, 15มายัง TRANSMITTER เพื่อปรับแรงไฟให้เหลือประมาณ 12-16 V.AC. จากนั้นจะไหลผ่านวงจร BRIDGE RECTIFEIR เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟ DC. เพื่อส่งผ่าน PIN 1, 5 ส่งไปยัง POTENTIOMETER ที่เครื่องส่ง เมื่อลมพัดสครลมจะหันหัวลูกศรไปทางทิศที่กระแสลมพัดเข้าหาเครื่องส่งหรือสถานี เมื่อลมเปลี่ยนทิศจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ส่งไปเลี้ยง POTENTIOMETER แรงไฟที่เปลี่ยนแปลงจะถูกส่งไปยัง PIN 2, 3 และ 4 ที่เครื่องรับ ทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้สัมพันธ์กับสครลม แสดงให้รู้ว่าลมพัดมาทางทิศทางใด

ส่วนแรงไฟที่เกิดจาก AC.GENERATOR เมื่อลมพัดรูปถ้วยหมุนจะส่งต่อไปยัง PIN 9 และ 10 ที่หน้าปัดเครื่องรับผ่านไปยัง VOLT METER เข็มที่หน้าปัดจะชี้บอกค่าความเร็วลมที่พัดผ่านมายังเครื่องส่งหรือสถานี

หมายเหตุ

๑. เครื่องส่งแบบ 1464 จำนวน ๑ เครื่อง สามารถต่อหน้าปัดเครื่องรับวัดทิศทางลม ได้จำนวน ๗ ตัวหรือ ต่อแบบบันทึกได้ ๑ ตัว กับหน้าปัดวัดทิศทางลมได้อีก ๕ ตัว (ต่อแบบขนาน)

๒. เครื่องส่งแบบ 1464 GENERATOR เป็นแบบ DC.GENERATOR มีความพิเศษคือสามารถต่อหน้าปัดวัดความเร็วลมได้หลายตัว รวมทั้งต่อหน้าปัดแบบบันทึกได้ด้วย (ต่อแบบอันดับ)

บทที่ ๔

การวัดความกดอากาศ

ความกดอากาศเหนือผิวพื้นใด คือ แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำหนักของบรรยากาศ อันเป็นน้ำหนักของในแท่งสมมติในแนวตั้งของอากาศข้างบนผิวพื้นนั้น ซึ่งแท่งสมมติของอากาศนี้ขยายออกไปจนถึงสุดขอบเขตของบรรยากาศนอกเหนือจากค่าความกดอากาศ แนวโน้มของความกดอากาศ เป็นค่าที่นำมาใช้งานเช่นกัน ค่าแนวโน้มของความกดอากาศ (pressure tendency) คือลักษณะและค่าการเปลี่ยนแปลงของของความกดอากาศในช่วงเวลาทุก ๓ ชั่วโมง หรือ ช่วงเวลาเฉพาะ อื่น ๆ ที่สิ้นสุด ณ เวลาที่ทำการตรวจอากาศ แนวโน้มความกดอากาศ ประกอบด้วย ๒ ส่วน กล่าวคือ ค่าความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าความกดอากาศ ค่าความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลง คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความกดอากาศที่อ่านในจุดเริ่มแรก กับจุดสุดท้ายของช่วงเวลาที่ระบุไว้ ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าความกดอากาศนั้นคือ ตัวชี้วัดที่ใช้ระบุค่าความกดอากาศได้เปลี่ยนแปลงอย่างไรในระยเวลานั้น ตัวอย่างเช่น การลดแล้วเพิ่ม หรือการเพิ่มแล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

หน่วยและสเกลในการวัด

หน่วยพื้นฐานสำหรับการวัดความกดอากาศ คือ ปาสคาล (Pa) (หรือนิวตันต่อตารางเมตร) สำหรับการรายงานความกดอากาศนั้น จะใช้หน่วย เฮกโตปาสคาล (hPa) นี้ โดย $100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ ทั้งนี้หน่วย hPa นี้เป็นที่นิยมมากในทางอุตุนิยมวิทยา เพราะ $1 \text{ hPa} = 1 \text{ มิลลิบาร์ (mbar)}$ ซึ่งเดิมวงการอุตุนิยมวิทยาใช้หน่วยมิลลิบาร์ (mbar) มายาวนาน สเกลของบารอมิเตอร์ทุกชนิดที่ใช้งานทางด้านอุตุนิยมวิทยาควรมีค่าในหน่วยเฮกโตปาสคาล (hPa) แต่อย่างไรก็ดี บารอมิเตอร์บางตัวมีค่าหน่วยวัดเป็น “มิลลิเมตรของปรอท (mm Hg)_n หรือ นิ้วของปรอท (in Hg)_n ภายใต้สภาวะมาตรฐานที่กำหนดไว้” หากเป็นที่เข้าใจถึงข้อกำหนดของมาตรฐานสภาวะแวดล้อมดังกล่าวชัดเจนแล้ว เราอาจใช้คำสั้น ๆ ว่า มิลลิเมตรของปรอท (mm Hg)_n หรือ นิ้วของปรอท (in Hg)_n ได้ ทั้งนี้ภายใต้สภาวะมาตรฐานดังกล่าว แท่งปรอทสูง 760 (mm Hg)_n มีความกดที่ 1013.25 hPa

วิธีการแปลงหน่วยวัดค่าความกดอากาศ

$$1 \text{ hPa} = 0.750 \ 062 \text{ มิลลิเมตรของปรอท}$$

$$1 \text{ มิลลิเมตรของปรอท} = 1.333 \ 224 \text{ hPa}$$

ในกรณีที่ใช้ค่าทางวิศวกรรมในการแปลงหน่วย นิ้ว เป็น มิลลิเมตร กล่าวคือ ๑ นิ้ว = ๒๕.๔ มิลลิเมตร การเปลี่ยนหน่วยต่าง ๆ จะเป็นดังนี้

$$1 \text{ hPa} = 0.029 \ 530 \text{ นิ้วของปรอท}$$

$$1 \text{ นิ้วของปรอท} = 33.863 \ 9 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ มิลลิเมตรของปรอท} = 0.039 \ 370 \ 08 \text{ นิ้วของปรอท}$$

ในทางอุตุนิยมวิทยา สเกลบนบารอมิเตอร์แบบปรอทควรถูกแบ่งสเกลที่แสดงผลในการอ่านความกดอากาศโดยตรงจากเครื่อง อยู่ในหน่วยมาตรฐาน หากดูแลให้บารอมิเตอร์ให้อยู่ในมาตรฐาน กล่าวคือ คงอุณหภูมิมาตรฐานไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส และค่าอัตราเร่งโน้มถ่วงมาตรฐานที่ $9.806 \ 65 \text{ ms}^{-2}$ ไว้

คุณสมบัติเครื่องวัดความกดอากาศ

สำหรับวัตถุประสงค์ทางด้านอุตุนิยมวิทยานั้น โดยทั่ว ๆ ไปแล้วค่าความกดอากาศจะวัดได้จาก บารอมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ บารอมิเตอร์แบบปรอทและบารอมิเตอร์แบบตลับ หรือฮิโไซมิเตอร์ (hypsoneter) เครื่องวัดความกดอากาศที่เหมาะสมในการใช้ตรวจวัดความกดอากาศนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ดังต่อไปนี้

๑. เครื่องมือปฏิบัติการต้องได้รับการสอบเทียบหรือได้รับการดูแลเป็นประจำ โดยเปรียบเทียบกับบารอมิเตอร์มาตรฐานโดยวิธีการที่ได้รับการรับรองยอมรับ ทั้งนี้ช่วงเวลาระหว่างการสอบเทียบ ต้องเป็นช่วงเวลาที่ยาวพอที่จะแน่ใจได้ว่าค่าผิดพลาดของการตรวจวัดทั้งหมดจะอยู่ภายใต้ค่าความถูกต้องของเครื่องมือที่ได้ข้อกำหนดไว้แล้วข้างต้น

๒. การแปรเปลี่ยนใด ๆ ของค่าความถูกต้อง (ไม่ว่าในช่วงเวลายาว หรือสั้น) จะต้องมียุทธศาสตร์น้อยกว่ามาก ๆ ต่อค่าที่ยอมรับได้ (tolerance) ที่กำหนดไว้ใน หากเครื่องบารอมิเตอร์บางเครื่องมีประวัติค่าการสอบเทียบต่างจากค่ามาตรฐานมาก เมื่อจะใช้บารอมิเตอร์เครื่องนั้นวัดความกดอากาศก็ต่อเมื่อมีการสอบเทียบที่ดีมากเพียงพอที่จะแน่ใจว่าสามารถวัดได้ค่าความถูกต้องตามที่กำหนดไว้ทุกครั้งที่ทำการวัด

๓. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่ควรส่งผลต่อการอ่านเครื่องมือ ดังนั้นการใช้บารอมิเตอร์ได้อย่างเหมาะสม ต้องคำนึงถึงวิธีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

๓.๑ ใช้วิธีการหักแก้ค่าความกดอากาศ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิเพื่อให้ได้ค่าความกดอากาศที่มีค่าความถูกต้องตามที่กำหนด และ/หรือ

๓.๒ วางตัววัด (sensor) ค่าความกดอากาศในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ เพื่อที่จะให้ได้ผลค่าการวัดที่แม่นยำตามต้องการ เครื่องมือวัดความกดอากาศบางชนิดจะวัดอุณหภูมิของ ตัววัด (sensor) ที่วัดค่าความกดอากาศ เพื่อใช้หักแก้ค่าผลจากอุณหภูมิ ดังนั้นเป็นเรื่องจำเป็นที่จะต้องควบคุมและสอบเทียบฟังก์ชันของการหักแก้อุณหภูมิ อันเป็นส่วนหนึ่งของการสอบเทียบที่ได้มาตรฐาน

๔. เครื่องวัดความกดอากาศที่ใช้งาน ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีผลทำให้การวัดค่าที่คาดเคลื่อนไป ผลจากสภาพแวดล้อมนั้นรวมไปถึง ลม แสงแดด/อุณหภูมิ แผ่นดินไหวและการสั่นสะเทือน ความผันแปรของกำลังไฟฟ้าและแรงกระแทกของความกดอากาศ ดังนั้นในการเลือกตำแหน่งเพื่อวางเครื่องวัดความกดอากาศจะต้องมีความพิถีพิถันในเรื่องดังกล่าว โดยเฉพาะบารอมิเตอร์แบบปรอทเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ตรวจอากาศทุกคนควรเข้าใจและตระหนักถึงผลจากสภาพแวดล้อมดังกล่าวอย่างท่วงแท้อและสามารถประเมินได้ว่าผลของสภาพแวดล้อมอันใดมีผลต่อความถูกต้องของการอ่านค่าความกดอากาศจากบารอมิเตอร์

๕. เครื่องวัดความกดอากาศควรอ่านค่าได้ง่ายและเร็ว เครื่องวัดต้องถูกออกแบบเพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการอ่านน้อยกว่าหนึ่งในสามของค่าความถูกต้องทั้งหมด

๖. ถ้าเครื่องมือต้องถูกนำไปสอบเทียบจากที่ตั้ง วิธีการที่ใช้ในการขนส่งต้องไม่ส่งผลต่อเสถียรภาพหรือความถูกต้องของบารอมิเตอร์ การสั่นสะเทือน การกระแทกกระทั้นของเครื่องวัดรวมถึง การเคลื่อนย้ายในแนวตั้งและความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปมากในการขนส่งโดยทางเครื่องบิน อาจมีผลต่อการสอบเทียบของบารอมิเตอร์ได้

ส่วนมากบารอมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบในปัจจุบันใช้เครื่องแปลงความถี่หรือกระแส (Transducer) ซึ่งแปลงค่าตอบสนองของตัววัด (sensor) ต่อความกดอากาศมาเป็นค่าเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับค่าความกดอากาศแล้วผ่านระบบวงจรไฟฟ้ารวมหรือระบบรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการปรับข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความกดอากาศในการใช้บารอมิเตอร์ในการตรวจอากาศนั้น ค่าคงที่ทางเวลา (time constant) มีค่า ๑๐ วินาที (ทั้งนี้ต้องไม่เกินกว่า ๒๐ วินาที) ทั้งนี้ค่าคงที่ทางเวลานั้นโดยทั่วไปแล้วไม่มีความสำคัญอะไรกับบารอมิเตอร์แบบปรอท

ประเภทของเครื่องวัดความกดอากาศ

แบ่งออกได้เป็น ๓ ประเภท ดังนี้

๑. บารอมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ หรือบารอมิเตอร์ที่อาศัยหลักการยืดหยุ่น (ANEROID OR ELASTIC BAROMETERS)

๒. บารอมิเตอร์แบบปรอท (MERCURY BAROMETER)

๓. บารอมิเตอร์แบบฮิพโซมิเตอร์ (HYPSOMETER)

ในทางอุตุนิยมวิทยาจะใช้แบบที่ ๒ เป็นมาตรฐาน เพราะจะได้ผลที่แน่นอนกว่าวิธีอื่น ๆ และแบบที่ ๑ จะรองลงมา ส่วนแบบที่ ๓ นั้น จะใช้หลักความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดของวัตถุเหลวกับความกดของบรรยากาศ นับว่าเป็นความยุ่งยากจึงไม่นิยมใช้

๑. บารอมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ (Aneroid barometers)



บารอมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ เป็นบารอมิเตอร์ที่ไม่ใช้วัตถุไหล (ปรอท) จึงเคลื่อนย้าย ไปมาได้สะดวก เหมาะสำหรับใช้ในเรือหรือนำติดตัวไปใช้ในที่ต่าง ๆ แต่ความถูกต้องแม่นยำนั้น แบบแอนเนอรอยด์ย่อมใช้ได้หยาบกว่าบารอมิเตอร์แบบปรอท

หลักการสร้าง ใช้แผ่นโลหะบาง ๆ (metal diaphragms) หนาประมาณ ๐.๐๐๕ นิ้ว ทำเป็นตลับลูกฟูกสองชั้นประกบกัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑^๑/_๒ นิ้ว และความหนาของตลับลูกฟูกประมาณ ๑^๑/_๔ นิ้ว (เปลี่ยนแปลงได้ตามแต่บริษัทผู้สร้าง) ด้านบนและด้านล่างทำเป็นลูกฟูก บัดกรีขอบให้สนิทแล้วสูบลมอากาศออกให้ภายในเป็นสุญญากาศ อากาศรั่วไม่ได้ มีแหวนแข็ง (CONTROL SPRING) ยึดด้านบนและด้านล่างของตลับไว้ เพื่อดึงให้ตลับโป่งออกอยู่เสมอ

เมื่อความกดอากาศสูงขึ้นจะกดตั้บลูกฟูกให้แฟบลง ขณะที่กำลังของແນบสปริงและตรงกันข้าม เมื่อความกดอากาศน้อยลงແນบสปริงก็จะดีดตัวออกต้งให้ตั้บลูกฟูกโป่งออก ระยะที่โป่งออกและแฟบเข้านี้ต่ออาการไปยังเครื่องกระเดื่องกลไก ทำให้ขยายระยะออกให้มากขึ้นจนถึงเข็มชี้ให้หันไปตามหน้าปัด บอกค่าของความกดอากาศเป็นมาตราเดียวกันกับบาโรมิเตอร์แบบปรอท

ข้อกำหนดสำคัญของบาโรมิเตอร์แบบแอนเนรอยด์ที่ดี มีดังนี้

๑. ต้องมีอากาศเหลือชดเชยไว้ในตั้บลูก เพื่อที่จะให้การอ่านค่าของความกดอากาศ ไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า ๐.๕ มิลลิบาร์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ๓๐ องศาเซลเซียส
๒. ในการใช้เครื่องตามปกติ อัตราผิดของสเกล ณ จุดใดก็ตามต้องไม่เกิน ๐.๕ มิลลิบาร์ และต้องรักษาอัตราผิดนี้ไว้อย่างน้อยเป็นเวลา ๑ ปี
๓. ถ้าความกดอากาศเปลี่ยนแปลงไป ๕๐ มิลลิบาร์ และเมื่อเข็มชี้กลับมาที่เดิม ค่าที่อ่านได้ครั้งหลังนี้กับครั้งแรกต้องไม่ต่างกันเกินกว่า ๐.๕ มิลลิบาร์
๔. เมื่อมีการลำเลียงขนส่งตามธรรมดา เครื่องต้องสามารถรักษาความถูกต้องแม่นยำไว้ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดเกินกว่าขีดจำกัดที่กล่าวแล้วข้างต้น
๕. ก่อนการอ่านค่าควรเคาะเครื่องก่อนเบา ๆ และต้องอ่านให้ได้ค่าใกล้เคียง ๐.๑ มิลลิบาร์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

อัตราแก้ (Corrections)

โดยทั่วไปการอ่านค่าของแอนเนรอยด์นั้น อ่านได้โดยตรง ณ ระดับสูงที่ติดตั้งเครื่องมือไว้ อย่างไรก็ตาม ในเรือหรือ ณ สถานที่ที่อยู่ต่ำกว่ามาก ๆ ควรจะตั้งเครื่องให้อ่านค่าของความกดที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยหาค่าประจำของผลต่างของความกดที่สถานี (หรือเรือ) กับความกดที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง อัตราแก้ของแอนเนรอยด์นี้ แก่เฉพาะอัตราผิดประจำเครื่องแต่อย่างเดียว ส่วนอัตราแก้อุณหภูมิเข้าหาอุณหภูมิมาตรฐาน (๐ องศาเซลเซียส) ถือว่ามีค่าเล็กน้อยมาก จนไม่ต้องนำมาคำนึงถึง

การชดเชยความผิดในเรื่องอุณหภูมิ (Compensation of the aneroid for temperature) เนื่องจากบาโรมิเตอร์แบบแอนเนรอยด์ใช้การยืดหยุ่น (elastic) หรืออาการแฟบเข้าและโป่งออกเป็นหลัก มิได้ใช้น้ำหนักของ ๆ ไหล (ปรอท) เป็นบรรทัดฐานอย่างบาโรมิเตอร์แบบปรอท ฉะนั้นจึงไม่มีอัตราผิดในเรื่องส่วนโค้งของผิวปรอท (Meniscus) และความถ่วงเข้าหาศูนย์กลางโลก (gravity) จะมีความผิดในเรื่องอุณหภูมิบ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกระเดื่องกลไกได้ และเพื่อแก้ความผิดอันเนื่องมาจากอุณหภูมิให้หมดไปมีวิธีแก้ ๒ วิธี คือ

๑. ใช้วิธีแก้อาการยืดหดของเครื่องกระเดื่องกลไก วิธีนี้ใช้ทำแขนอันยาวของระบบคันกระเดื่องด้วยโลหะสองชนิด เช่น ทองเหลืองกับเหล็กเชื่อมให้ต่อกันแน่น โดยปกติแขนใช้ทำด้วยทองเหลือง แต่มีเหล็กเชื่อมติดอยู่ข้างบน โดยที่ทองเหลืองมีการขยายตัวมากกว่าเหล็ก ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้แขนงอโค้งขึ้นข้างบน เป็นการชดเชยในเรื่องอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี

๒. ใช้วิธีเหลืออากาศไว้ในตลับบ้างเล็กน้อย วิธีนี้นิยมกันแพร่หลายทั่วไป โดยที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความกดอากาศในตลับสูงขึ้นด้วย ทำให้ตลับลูกสูบมีความพยายามในอันที่จะโป่งออก แต่โดยที่เราเหลืออากาศไว้จำนวนเล็กน้อยในตลับ ความพยายามในอันที่จะโป่งออกจึงหมดไปโดยการขยายตัวของความร้อน (Thermal expansions) ภายในตลับนั่นเอง จึงทำให้เกิดความพยายามในอันที่จะแฟบเข้า อาการทั้งสองอย่างนี้เท่ากันพอดีในช่วงของอุณหภูมิหนึ่ง จึงเป็นการชดเชยกันไปในตัว เครื่องแอนเนอรอยด์ที่ทำแบบนี้เราจะเขียนเครื่องหมายไว้ที่เครื่องว่า (Compensated aneroid)

บาร์โรมิเตอร์แบบแอนเนอรอยด์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีทำตลับลูกสูบเพียงตลับเดียว ความถูกต้องแน่นอนจึงมีไม่มากนัก ดังนั้น จึงได้คิดสร้างแบบที่มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น เรียกว่าเครื่องแบบ Precision aneroid โดยทำเป็นตลับลูกสูบหลาย ๆ อันซ้อนกันและทำเป็นหลายชุด (อาจมีสองถึงสี่ชุด) ซึ่งใช้อาการยืดหยุ่นอย่างเดียวกัน แต่มีระยะขยายมากกว่า ส่งอาการมารวมที่เข็มชี้ อันเดียวกัน ไปชี้แสดงค่าความกดอากาศที่หน้าปัด เครื่องแบบนี้มีความละเอียดถูกต้องดีมาก ค่าของความกดอากาศที่อ่านได้ละเอียดถึง ๑/๑๐๐๐ นิ้ว หรือ ๐.๑ มิลลิบาร์

๒. บาร์โรมิเตอร์แบบปรอท (Mercury barometer)

บาร์โรมิเตอร์แบบปรอท (Mercury barometer) แบ่งออกได้เป็น ๒ ชนิด

๒.๑ แบบฟอร์ติน (FORTIN) คือ ที่เหนือระดับปรอท (ตรงกระปุก) จะมีเข็มงาช้าง (IVORY POINT) เพื่อไว้สำหรับแต่งระดับปรอทให้สัมผัสกับเข็มงาช้าง ก่อนที่จะอ่านค่าของความกดอากาศ



๒.๒ แบบคิวิ (KEW) ชนิดนี้ไม่ต้องแต่งระดับปรอท เพราะปรอทจะถูกปิดทึบ การอ่านค่าความกดอากาศ อ่านได้โดยปรับเวอร์เนียให้สัมผัสกับผิวหลอด (ส่วนโค้ง) ของลำปรอทแล้วอ่านค่าความกดอากาศที่สเกลของเวอร์เนีย



ข้อกำหนดมูลฐาน (Basic requirements)

หลักขั้นพื้นฐานของบาร์โรมิเตอร์ปรอท คือ ความกดของบรรยากาศจะต้องสมดุลต่อน้ำหนักของปรอทในลำหลอดแก้ว บาร์โรมิเตอร์ปรอทที่ใช้อยู่ทั่ว ๆ ไป เพื่อความมุ่งหมายทางอุตุนิยมวิทยา ได้แบ่งสเกลตามความยาวของลำปรอทเป็นหน่วยของความกด (มิลลิเมตร นิ้ว หรือมิลลิบาร์) บาร์โรมิเตอร์ที่ใช้อยู่ตามสถานีตรวจอากาศทั่ว ๆ ไปมีอยู่หลายแบบด้วยกัน

บาร์โรมิเตอร์ปรอทที่ใช้เพื่อความมุ่งหมายทางอุตุนิยมวิทยา ต้องได้รับการสอบเทียบปรับแต่ง (Calibration) กับเครื่องมาตรฐานที่มีความถูกต้องแม่นยำดี ซึ่งได้รับการตรวจสอบกับเครื่องมาตรฐาน ที่แท้จริง (absolute barometers) แล้ว บางทีเรียกว่า primary หรือ normal barometer

ข้อกำหนดส่วนใหญ่ของบาร์โรมิเตอร์ปรอท ที่ใช้ตามสถานีตรวจอากาศ คือ

๑. ต้องรักษาความถูกต้องแม่นยำอยู่ในระยะเวลานาน ๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง
๒. ต้องอ่านได้ง่าย
๓. เมื่อทำการลำเลียงเคลื่อนย้าย ปรอทต้องไม่รั่วไหลออกมา

๔. รูของลำหลอดแก้วต้องไม่เล็กกว่า ๘ มิลลิเมตร ถ้าจะให้ดีควรเป็นขนาด ๙ มิลลิเมตร หรือมากกว่า
๕. ช่องว่างเหนือปรอทในลำหลอดแก้วต้องเป็นสุญญากาศจริง ๆ
๖. ผิวหน้าของปรอทในลำหลอดแก้ว (ตอนบน) ต้องเป็นรูปโค้ง (Meniscus) ไม่ราบแบน
๗. ในการสอบเทียบปรับแต่งกับเครื่องมาตรฐาน อัตราผิดประจำเครื่องต้องเป็นดังนี้.
 - ๗.๑ อัตราผิดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ ณ ประมาณ ๑๐๐๐ มบ.....± ๐.๓ มบ.
 - ๗.๒ อัตราผิดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ ณ ความกดอื่น ๆ
 - ๗.๒.๑ ความกดไม่ต่ำกว่า ๘๐๐ มบ.....± ๐.๕ มบ.
 - ๗.๒.๒ ความกดต่ำกว่า ๘๐๐ มบ.....± ๐.๘ มบ.
- ผลต่างระหว่างอัตราผิดในช่วง ๑๐๐ มบ. หรือน้อยกว่า .± ๐.๓ มบ.
๘. สำหรับบาโรมิเตอร์ที่ใช้ในเรือต้องมีอัตราผิดไม่เกิน.....± ๐.๕ มบ.

พหุติภาพมาตรฐาน (Standard conditions)

โดยที่ความยาวของปรอทในลำหลอดแก้วขึ้นอยู่กับตัวการหลายอย่าง โดยเฉพาะอุณหภูมิและความถ่วงเข้าหาศูนย์กลางโลก และขึ้นอยู่กับความกดของบรรยากาศด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดพหุติภาพมาตรฐานของบาโรมิเตอร์ปรอทไว้เป็นระบบเดียวกัน

อุณหภูมิและความแน่นมาตรฐานของปรอท (Standard temperature and density of mercury) ค่าของอุณหภูมิมาตรฐานของปรอทในลำหลอดแก้ว กำหนดให้เป็น ๐°C หรือ ๓๒°F ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ความยาวของปรอทในลำหลอดแก้วย่อมเปลี่ยนไปด้วย คือ ค่าของความกดอากาศนั่นเอง เพื่อจะได้ค่าของความกดอากาศมาตรฐานที่แท้จริง จึงต้องหักแก้เข้าหาอุณหภูมิมาตรฐาน คือ ๐ °C หรือ ๓๒ °F สำหรับความแน่นมาตรฐานของปรอท ที่ ๐ °C กำหนดให้เท่ากับ ๑๓.๕๙๕๑ กรัม/ซม.³

ความถ่วงมาตรฐาน (Standard gravity)

การอ่านค่าความกดอากาศจากบาโรมิเตอร์ปรอท จะต้องหักแก้ค่าของอัตราเร่งเนื่องจากความถ่วงของตำบลที่เข้าหาค่ามาตรฐาน standard (normal) gravity ซึ่งค่าของความถ่วงมาตรฐานนี้เป็น $g_n = ๙๘๐.๖๖๕ \text{ cm/sec}^2$

สเกลของบาโรมิเตอร์ปรอท (Barometer scales)

สเกลของบาโรมิเตอร์ปรอทที่ใช้ในทางอุตุนิยมวิทยา จะต้องแบ่งไว้ให้อ่านได้ค่าของความกดอากาศที่แท้จริงโดยตรงตามหน่วยมาตรฐาน เมื่อเครื่องมืออยู่ในอุณหภูมิมาตรฐาน 0°C และความถ่วงมาตรฐาน 980.665 cm/sec^2

พหุติภาพมาตรฐานของสเกลของบาโรมิเตอร์ปรอท คือ

๑. มบ.จริง- true mb. ที่ 0°C และ 980.665 cm/sec^2
๒. มม.จริง – true (mm hg)_n ที่ 0°C และ 980.665 cm/sec^2
๓. นิ้วจริง – ture (in.hg)_n ที่ 0°C และ 980.665 cm/sec^2

สเกลของบาโรมิเตอร์ปรอทอาจแบ่งไว้มากกว่า ๑ หน่วยก็ได้ เช่น เป็นมิลลิเมตรกับมิลลิบาร์ หรือเป็นมิลลิบาร์กับนิ้ว หรือเป็นมิลลิเมตรกับนิ้ว เป็นต้น

หน่วยที่ใช้วัดค่าความกดอากาศ คือ นิ้วปรอท, มิลลิบาร์ และมิลลิเมตร

- | | | |
|--------------------|---|---------------------------|
| ๑ มิลลิบาร์ (mb.) | = | ๑/๑๐๐๐ บาร์ |
| | = | ๐.๗๕๐๐๖๒ มิลลิเมตร (mmHg) |
| ๑ มิลลิเมตร (mmHg) | = | ๑.๓๓๓๓๒๒๔ มิลลิบาร์ (mb.) |
| ๑ นิ้วปรอท (IN.Hg) | = | ๓๓.๘๖๓๙ มิลลิบาร์ (mb.) |
| ๑ มิลลิบาร์ (mb.) | = | ๐.๐๒๙๕๓๐ นิ้วปรอท (IN.Hg) |
| ๑ มิลลิเมตร (mmHg) | = | ๐.๐๓๙๓๗๐ นิ้วปรอท (IN.Hg) |
| ๑ นิ้วปรอท (IN.Hg) | = | ๒๕.๔๐ มิลลิเมตร |

บทที่ ๕

ถึงวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ถึงวัดน้ำฝน)

ถึงวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (หรือถึงวัดน้ำฝนวัดได้เฉพาะหยาดน้ำฟ้าที่เป็นของเหลวเท่านั้น) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการตรวจวัดน้ำฝน โดยทั่วไปแล้วจะใช้ปากเปิดรับ (orifice) มีด้านข้างในแนวตั้งทรงกระบอกพร้อมด้วยกรวยที่ปาก ซึ่งส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดฝน เนื่องจากรูปร่างและขนาดของปากเปิดรับและความสูงของถึงวัดต่างๆ ที่ใช้ในประเทศต่างๆ แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นปัญหาในการใช้ข้อมูลเปรียบเทียบกัน ในการตรวจวัดนั้นเป็นการวัดปริมาตรหรือน้ำหนักของหยาดน้ำฟ้าที่ตกเก็บได้ หากหยาดน้ำฟ้าเป็นของแข็งจะใช้น้ำหนักในการวัด ระดับสูงของปากเปิดรับของถึงวัดหยาดน้ำฟ้า นั้น อาจกำหนดไว้ที่ระดับใดระดับหนึ่งหรือในระดับเดียวกับพื้นที่แวดล้อม ปากเปิดรับต้องถูกวางอยู่เหนือความสูงที่คาดเดาว่าหิมะจะปกคลุมถึง และเหนือความสูงของการกระเด็นของฝนจากพื้น ในการตรวจวัดหยาดน้ำฟ้าของแข็ง ปากเปิดรับจะอยู่เหนือพื้นและมีแผ่นกันไว้โดยรอบๆ ทั้งนี้ระดับสูงของ

การวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า ณ จุดใด จะเป็นแหล่งข้อมูลหลักสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณหยาดน้ำฟ้าในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าหากมีการตรวจวัดหยาดน้ำฟ้าที่ดีที่สุด จะเพียงแสดงค่าที่เป็นตัวแทนข้อมูลของพื้นที่ที่จำกัดเท่านั้น ซึ่งขนาดของพื้นที่ขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงเวลาที่ยาดน้ำฟ้าสะสม ลักษณะทางกายภาพและความต่อเนื่องของภูมิประเทศ สภาพพื้นที่ และขบวนการเกิดหยาดน้ำฟ้า เมื่อไม่นานมานี้มีการใช้เรดาร์และดาวเทียมในการประเมินการกระจายตัวในพื้นที่ของปริมาณหยาดน้ำฟ้า โดยหลักการแล้วหากมีการบูรณาการณข้อมูลที่เหมาะสมกับแหล่งข้อมูลหยาดน้ำฟ้าทั้ง ๓ แหล่ง (เครื่องวัดฝนอัตโนมัติ เรดาร์ และดาวเทียม) ในเครือข่ายการตรวจวัดของชาติ การประมาณปริมาณหยาดน้ำฟ้าในพื้นที่น่าจะให้ความแม่นยำที่เพียงพอในทางปฏิบัติต่อผู้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับหยาดน้ำฟ้าที่หลากหลายพอสมควร สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและระบุหยาดน้ำฟ้าซึ่งแตกต่างจากการวัดปริมาณ เราสามารถใช้ในการรายงานสภาพอากาศปัจจุบันได้

คำศัพท์

- [N] เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน, Syn. pluviometer
- n. เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน, มาตรวัดน้ำฝน
- เครื่องวัดน้ำฝน [วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี]
- เครื่องวัดฝน, ถึงวัดฝน [เทคนิคด้านการชลประทานและการระบายน้ำ]
- เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน, อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝน เป็นภาชนะรูปทรงกระบอกวางไว้รองรับน้ำฝนในที่กลางแจ้ง ปริมาณฝนตกวัดจากความสูงของระดับน้ำฝนในภาชนะเป็นมิลลิเมตร [พจนานุกรมศัพท์ สสวท.]

ประวัติ

ต้นกำเนิดเครื่องวัดน้ำฝนเกิดขึ้นเมื่อ ๓๒๖ ปีก่อน โดย นายคาสเทลลิ (Mr.Castelli) ชาวอิตาลี คิดค้นเครื่องวัดฝนอย่างง่าย ๆ ขึ้น ในพ.ศ. ๒๒๓๖ โดยใช้แก้วทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕ นิ้วและลึก ๙ นิ้ว ทดลองใช้ครั้งแรกที่หมู่เกาะบริติช ไอเอิล ของอังกฤษ โดยนำไปวางไว้บนหลังคา

ต่อมา ปี พ.ศ. ๒๔๐๒ จี.เจ. ซีมอมส์ (G.J. Symoms) พัฒนาเครื่องวัดฝนโดยใช้วัสดุอื่นแทนแก้วซึ่งแตกง่าย และออกแบบโครงสร้างให้แข็งแรงมั่นคงขึ้น

ปัจจุบันเครื่องวัดฝนพัฒนาไปหลายรูปแบบ แต่รูปร่างยังคงเป็นทรงกระบอกเหมือนเดิม ไม่ว่าเครื่องวัดฝนจะเป็นขนาดไหนก็ตาม จะต้องมียกชามสำคัญ ได้แก่ ขอบปากถังต้องคม โดยทำด้านในเป็นแนวตั้งลึกลงไป ในถัง ส่วนด้านนอกเอียงลาดชันเทลง ส่วนพื้นที่ของปากถังต้องคงที่และรู้พื้นที่อย่างแน่ชัด สำหรับถังภายนอกต้องออกแบบให้ป้องกันน้ำฝนกระเซ็นเข้าและออก ด้านในถังควรให้ตั้งลึกและมีกรวย ซึ่งมีความลาดชันอย่างน้อย ๔๕ องศา ในส่วนถังรองภายในควรเป็นคอแคบๆ เพื่อป้องกันน้ำฝนระเหยออกไป

การวัดปริมาณน้ำฝน ใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร เช่น ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น ๑๐ มิลลิเมตร หมายความว่าฝนตกวัดได้ ๑๐ มิลลิเมตร

ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น ๒๕ มิลลิเมตร หมายความว่า ฝนตกวัดได้ ๒๕ มิลลิเมตร

หมายเหตุ การวัดปริมาณน้ำฝน เป็นการวัดความสูงของน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร หรือนิ้ว เช่น ความสูงของฝน ๑ มิลลิเมตร ถ้าจะคำนวณเป็นปริมาตรได้เท่ากับน้ำ ๑ ลิตร ไปเทลงในพื้นที่ ๑ ตารางเมตร โดยไม่ให้มีการซึมลงใต้ดิน

สถานที่ติดตั้งและสภาพแวดล้อม

วิธีการตรวจวัดทั้งหมดของการตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าควรมีจุดมุ่งหมายในการเก็บตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนปริมาณของหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงทั่วทั้งพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดได้ ไม่ว่าจะเป็น การตรวจวัดบริเวณกว้าง (synoptic scale) การตรวจวัดพื้นที่ขนาดกลาง (mesoscale) หรือการตรวจวัดในพื้นที่ขนาดเล็ก (microscale) ทางเลือกสำหรับสถานที่ติดตั้งเครื่องวัด และความผิดพลาดอย่างเป็นระบบในการตรวจวัดเป็นเรื่องที่สำคัญ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าภายในพื้นที่ที่ต้องการเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวกำหนดจำนวนและตำแหน่งของเครื่องมือที่แสดงปริมาณจริงของหยาดน้ำฟ้าในพื้นที่นั้นๆ ความหมาย ของการเป็นข้อมูลตัวแทนของพื้นที่ที่ตรวจวัดนั้นการคำนวณปริมาณหยาดน้ำฟ้าในพื้นที่ที่กำหนด และการแก้ไขเนื่องจากตำแหน่งทางภูมิประเทศ อิทธิพลจากลมในพื้นที่รอบ ๆ อาจทำให้ปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่วัดได้มากกว่าหรือน้อยกว่าที่เป็นจริง โดยทั่วไปไม่ควรมิวัดอยู่ใกล้กับเครื่องวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าในระยะทางน้อยกว่าสองเท่าของความสูงของปากเครื่องวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า ในแต่ละสถานที่ติดตั้งควรประมาณค่ามุมในแนวตั้งเฉลี่ยของสิ่งกีดขวางและควรทำแผนผังสถานที่ติดตั้งไว้ ควรหลีกเลี่ยงสถานที่บนเนิน หรือหลังคาของอาคาร

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับสถานที่และสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า

๑. ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของพืชคลุมกลืน ควรรักษาระดับสูงของพืชให้อยู่ระดับเดียวกับปากถังของเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า โดยการใช้ตัดระดับของพืชเป็นประจำ
๒. ในพื้นที่อื่นๆ ให้จำลองผลในข้อ ๑ ผ่านการใช้โครงสร้างรั้วกันที่เหมาะสม
๓. โดยการใช้ที่กันลมรอบๆ เครื่องวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าบริเวณพื้นผิวรอบๆ เครื่องวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าสามารถปกคลุมด้วยหญ้าสั้น ก้อนกรวด หรือแผ่นมุง แต่ไม่ควรใช้วัสดุที่แข็งและเรียบเช่นคอนกรีต เพื่อป้องกันการกระเด็นกระดอนที่มากเกินไป

ประเภทของเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า

๑. เครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าแบบไม่มีการบันทึก

๑.๑ ถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบธรรมดา

หยาดน้ำฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปประกอบด้วยปากเปิดรับหรือตัวเก็บที่วางอยู่บนกรวยที่นำไปสู่ภาชนะที่รับน้ำ และหิมะที่ละลายเก็บสะสมไว้ในระหว่างช่วงเวลาที่ตรวจ มีเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่มีขนาดแตกต่างกันไปทั่วโลก ในกรณีการตรวจวัดหยาดน้ำฟ้าส่วนใหญ่เป็นชนิดของแข็ง



จากการดัดแปลงพิเศษในการปรับปรุงความแม่นยำของการตรวจวัด การดัดแปลงนั้นรวมไปถึงการถอดตัวถังวัดน้ำฝนในตอนเริ่มต้นของฤดูกาล หรือการจัดให้มีแผ่นกันเพื่อป้องกันการรับหิมะที่ถูกลมพัดพา ทั้งนี้ แผ่นกันลมรอบๆ เครื่องวัดปริมาณจะลดความผิดพลาดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลมเหนือเครื่องวัด และจากหิมะที่ถูกพัดเข้าสู่ปากเครื่องวัด อันเป็นข้อแนะนำสำหรับเครื่องมือวัดปริมาณฝนและเป็นข้อกำหนดที่จำเป็นสำหรับการวัดหิมะ

น้ำจะถูกเก็บอยู่ที่ทั้งภาชนะที่มีสเกลสำหรับวัด หรือรินจากภาชนะไปที่ถ้วยวัด หรือใช้การวัดระดับโดยตรงในภาชนะเก็บโดยไม่บรรทัดแบ่งสเกลเพื่อวัดระดับ ขนาดของปากเปิดรับสำหรับเก็บตัวอย่างจะไม่ใช้สิ่งสำคัญมาก

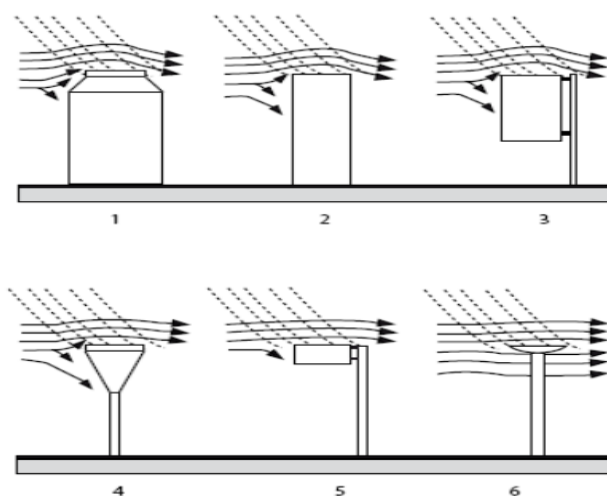
สำหรับหยาดน้ำฟ้าที่เป็นของเหลว แต่ต้องมีพื้นที่อย่างน้อย ๒๐๐ ซม.² ในกรณีที่คาดว่าจะมีหยาดน้ำฟ้าที่เป็นของแข็งตกมาด้วย ต้องมีพื้นที่ปากรับขนาด ๒๐๐ ถึง ๕๐๐ ซม.² ซึ่งถือเป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด ข้อกำหนดของเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

๑. ขอบของภาชนะเก็บควรจะมีขอบคมและเป็นแนวตั้งด้านใน และเป็นแนวเอียงชันภายนอก สำหรับการออกแบบเครื่องมือที่วัดหิมะควรจะทำให้มีการเกาะตัวของหิมะที่ขอบน้อย
๒. พื้นที่ของปากเปิดรับควรมีค่าวัดได้รายละเอียดถึงหน่วย 0.5 เปอร์เซ็นต์ และโครงสร้างควรจะให้พื้นที่ที่คงที่เมื่อใช้เครื่องมือตามปกติ
๓. ถังรับหยาดน้ำฟ้าควรจะได้รับ การออกแบบให้ป้องกันฝนจากการกระเด็นเข้าและออก ซึ่งทำได้โดยการให้ผนังในแนวตั้งมีความลึกเพียงพอและส่วนในแนวชัน (รูปกรวย) ภายในควรมีความชันอย่างน้อย ๔๕ เปอร์เซ็นต์

๔. โครงสร้างควรออกแบบให้หลีกเลี่ยงความผิดพลาดจากการเปียกของน้ำ

๕. ภาชนะเก็บควรจะมีทางเข้าแคบและป้องกันรังสีเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยการระเหย เครื่องมือที่ใช้วัดหยาดน้ำฟ้าในรูปสัปดาห์หรือเดือนควรจะมีการออกแบบคล้ายกับที่ใช้วัดรายวัน แต่มีขนาดเก็บได้มากกว่า และโครงสร้างแข็งแรงกว่า

กระบอกวัดควรจะทำมาจากแก้วใสหรือพลาสติก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนที่เหมาะสม และทำเครื่องหมายเพื่อแสดงขนาด หรือชนิดของเครื่องมือที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางควรจะน้อยกว่า ๓๓ เปอร์เซ็นต์ของปากเปิดรับ หรือปากถึงของเครื่องวัดหยาดน้ำฟ้า สัดส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกวัดที่น้อยมากเท่าใดจะยังมีความแม่นยำของการตรวจวัดดีขึ้น



ดังรูปที่แสดง รูปร่างต่างๆ ของเครื่องวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้ามาตรฐาน เส้นทึบแสดงกระแสน้ำ และเส้นประแสดงถึงแนวการตกของหยาดน้ำฟ้าที่ตรวจวัด

เครื่องวัดแรก แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำที่มีมากที่สุดเหนือปากถึง

เครื่องวัดท้ายสุด แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำน้อยที่สุด

ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากลม ในเครื่องวัดแรกจะมีค่ามากกว่าเครื่องวัดสุดท้าย

การสอบเทียบและการบำรุงรักษา

ขีดวัดระดับของกระบอกวัดหรือไม้บรรทัดวัดระดับจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กันกับขนาดของภาชนะเก็บ ตัวอย่างหรือถังวัด ในการสอบเทียบเครื่องมือนี้จะรวมถึงการตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลางของปาก ถึงวัดว่าอยู่ในช่วงของค่าที่ยอมรับได้ และการตรวจสอบปริมาตรวัดของกระบอกวัดและไม้บรรทัดวัดการบำรุงรักษาเป็นประจำควรรวมไปถึงการตั้งถังวัดให้ในระดับที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องมือเสียระดับ นอกจากนี้แล้ว ควรจะได้รับการดูแลภายนอกของถังวัด และขีดบอกระดับให้สะอาดอยู่เสมอทั้งภายในและภายนอกโดยใช้แปรงด้ามยาว น้ำสบู่ และการล้างด้วยน้ำสะอาด ชิ้นส่วนที่มีการสึกกร่อนเสียหายหรือแตก ควรจะได้รับการเปลี่ยน ควรตัดหญ้า

หรือพืชที่อยู่รอบๆ ไม่ให้สูงเกินประมาณ ๕ ซม. (หากมี) ทั้งนี้ควรตรวจสอบสภาพแวดล้อมและบันทึกสิ่งที่อยู่โดยรอบถึงวัดไว้

๑.๒ ถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบสะสม (Storage Gauges)

ถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบสะสมใช้ในการวัดการตกของหยาดน้ำฟ้าทั้งฤดูกาลในพื้นที่ห่างไกล เครื่องมือนี้จะประกอบด้วยส่วนภาชนะเก็บที่น้ำหยาดน้ำฟ้าผ่านกรวยลงท่อเล็กสู่ถังเก็บที่ใหญ่พอที่จะเก็บได้ทั้งฤดูกาล (หรือรายเดือนในพื้นที่ที่เปียก) ควรใส่น้ำมันหรือสารกันระเหยในถังเก็บเป็นชั้นของเหลวที่ควรหนาไม่ต่ำกว่า ๕ มม. เพื่อลดการระเหย โดยชั้นของเหลวนี้นี้ต้องยอมให้หยาดน้ำฟ้าผ่านลงไปด้านล่าง

ได้สะดวก อาจมีการเติมสารละลายที่ป้องกันการแข็งตัวในถังเก็บ เพื่อเปลี่ยนหิมะที่ตกอยู่ภายในให้เป็นของเหลว ทั้งนี้เป็นสิ่งสำคัญมากที่สารละลายต้านการแข็งตัวจะต้องกระจายตัว สารต้านการแข็งตัวที่น่าพอใจ มีส่วนผสม ๓๗.๕ เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของแคลเซียมคลอไรด์ (ความบริสุทธิ์ ๗๘ เปอร์เซ็นต์) และน้ำ ๖๒.๕ เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม อีกทางเลือกหนึ่งสามารถใช้สารละลายเอทิลีนไกลคอลกับน้ำหรือเอทิลีนไกลคอลกับเมทานอลได้ ซึ่งสารชนิดหลังนี้มีราคาสูงกว่า แต่มีการกัดกร่อนน้อยกว่าและมีการป้องกันการแข็งตัวที่ช่วงการละลายที่มากกว่า ปริมาตรของสารละลายที่ใสในภาชนะไม่ควรเกิน ๓๓ เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร เครื่องมือรวมทั้งหมด ในบางประเทศจะถือว่าสารต้านการแข็งตัวและสารละลายน้ำมันนี้เป็นสารพิษและมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม แนวทางในการกำจัดสารพิษนี้ควรจะได้รับจากหน่วยงานดูแลสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

การเก็บปริมาณหยาดน้ำฟ้าตามฤดูกาลทำได้โดยการตรวจวัดปริมาตรของสิ่งที่อยู่ในภาชนะถังเก็บ (เหมือนในกรณีถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบธรรมดา) ทั้งนี้ควรนำค่าปริมาณของน้ำมันและสารละลายที่ต้านการแข็งตัวที่อยู่ในภาชนะที่ตอนเริ่มต้นฤดูกาลมาคิดหักล้างด้วย ทั้งนี้ อาจจะต้องใช้การแก้ไขเหมือนกรณีถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบธรรมดา

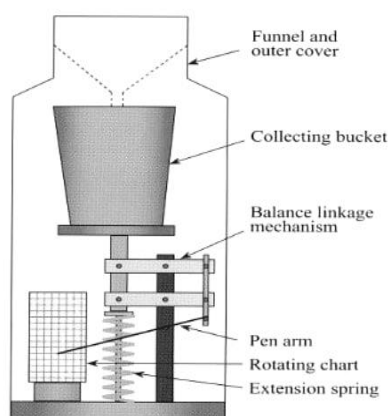
การปฏิบัติการและการบำรุงรักษาถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบสะสมนี้ ในพื้นที่ห่างไกลมีปัญหาหลายประการ เช่น การปกคลุมโดยหิมะหรือยากในการวางตำแหน่งถังวัดหยาดน้ำฟ้าสำหรับบันทึกค่าที่วัดและอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจดูโดยเฉพาะ ควรจะให้ความสนใจเป็นพิเศษกับคุณภาพของข้อมูลที่ได้รับจากถังวัดหยาดน้ำฟ้า

๒. เครื่องมือวัดหยาดน้ำฟ้าชนิดบันทึกค่า (Recording Precipitation Gauges)



โดยทั่วไปมีการใช้เครื่องบันทึกปริมาณหยาดน้ำฟ้าอัตโนมัติอยู่ ๓ ชนิด คือ ชนิดบันทึกน้ำหนัก ชนิดกระดก (tilting or tipping-bucket) และชนิดหุ่นลอย ทั้งนี้ เครื่องบันทึกชนิดชั่งน้ำหนักเท่านั้นที่สามารถใช้วัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าได้ทุกประเภท ส่วนเครื่องบันทึกที่เหลือส่วนใหญ่ใช้ในการวัดฝนเท่านั้น เครื่องมืออัตโนมัติแบบใหม่บางชนิดใช้วัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าโดยที่ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว เครื่องมือเหล่านี้ใช้อุปกรณ์เช่น ตัวเซนเซอร์ชนิดตัวเก็บประจุไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำความกด และอุปกรณ์กลไกทางแสงหรือเรดาร์ ที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นสัดส่วนกับจำนวนเทียบเท่าของหยาดน้ำฟ้า อุปกรณ์นาฬิกาที่มีการบันทึกช่วงเวลาและวัน เป็นส่วนที่สำคัญของเครื่องบันทึก

๒.๑ ถังวัดบันทึกหยาดน้ำฟ้าแบบน้ำหนัก (Weighing – recording gauge)

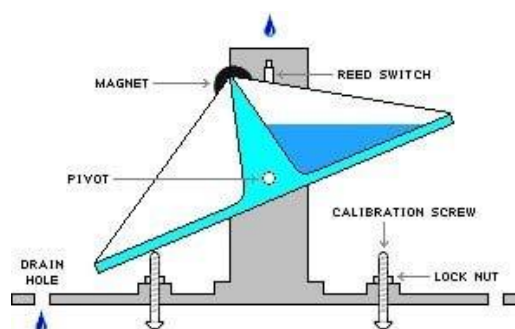
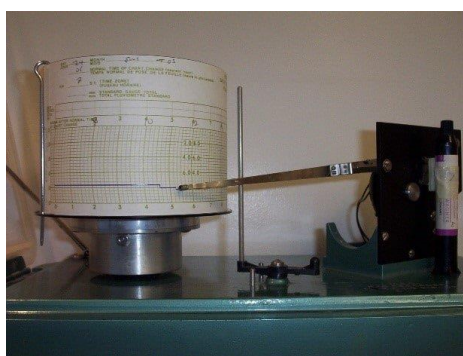


อุปกรณ์เหล่านี้ น้ำหนักของภาชนะและหยาดน้ำฟ้าที่สะสมอยู่ภายใน จะถูกบันทึกอย่างต่อเนื่อง ทั้งโดยใช้กลไกสปริง หรือด้วยระบบในการสมดุลน้ำหนัก ปริมาณหยาดน้ำฟ้าทั้งหมดทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็งถูกบันทึกขณะตกลงมาสู่ถัง เครื่องมือชนิดนี้ปกติแล้วไม่สามารถเทหยาดน้ำฟ้าในถังทิ้งออกด้วยตนเองได้ ปริมาณความจุ (ปริมาณสะสมที่มากที่สุดระหว่างการเริ่มวัดใหม่หลังการเททิ้ง) อยู่ระหว่าง ๑๕๐ ถึง ๗๕๐ มม. ถังวัดชนิดนี้ต้องจัดการให้มีความสูญเสียจากการระเหยให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถทำได้ โดยการเติมน้ำมันที่เพียงพอหรือสารยับยั้งการระเหยภายในถังเก็บ เพื่อสร้างฟิล์มกั้นบนผิวน้ำ ส่วนปัญหาจากการ

แกว่งของสมดุลการวัดอันเนื่องมาจากกระแสลมแรงนั้นสามารถลดได้ใช้กลไกการลดโดยใช้น้ำมันช่วย หรือโดยการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการกำจัดผลนี้ออกจากค่าที่อ่าน ถังบันทึกหยาดน้ำฟ้าแบบน้ำหนักมีประโยชน์ในการบันทึกหิมะ ลูกเห็บ และหิมะผสมกับฝน เนื่องจากหยาดน้ำฟ้าที่เป็นของแข็งไม่จำเป็นต้องละลายก่อนการบันทึก สำหรับการใช้งานในฤดูหนาว ต้องมีการเติมสารป้องกันการแข็งตัวในถังเก็บ เพื่อ

ละลายส่วนที่เป็นของแข็ง ปริมาณของสารป้องกันการแข็งตัวขึ้นอยู่กับปริมาณของหยาดน้ำฟ้าที่คาดว่าจะมี และอุณหภูมิต่ำที่สุดในเวลาที่มีการละลาย น้ำหนักของถังเก็บที่วัดโดยสปริงที่มีการสอบเทียบแล้ว จะถูกเปลี่ยนค่าวัดแนวตั้งเป็นกลไกเคลื่อนที่เชิงมุมตามชุดของก้านหรือลูกรอก การเคลื่อนที่เชิงมุมนี้จะโยกทางกลไกบันทึกบนกับแผ่นกระดาษม้วนบนกระบอกหรือแถบกระดาษ หรือส่งเป็นข้อมูลบันทึกแบบดิจิทัลผ่านทรานส์ดิวเซอร์ ความแม่นยำของถังบันทึกชนิดนี้จะสัมพันธ์โดยตรงกับการตรวจวัดและ/หรือ ลักษณะการบันทึก ซึ่งแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต

๒.๒ ถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket Gauge)



ถังวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดกใช้ในการตรวจวัดปริมาณสะสมรวมและอัตราของฝนตก แต่ให้ค่าความละเอียดถูกต้องไม่สูงเท่าที่ควร เนื่องจากมีค่าผิดพลาดแบบไม่เป็นเชิงเส้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในกรณีที่มีอัตราตกมาก

หลักการเบื้องต้นหลังการใช้งานของอุปกรณ์นี้มีความเรียบง่าย ภาชนะเก็บฝนแบบโลหะหรือถ้วย โลหะชนิดเบาจะถูกแบ่งเป็นสองส่วนซึ่งปรับสมดุลในแกนนอน ในตำแหน่งปกติ ถ้วยจะอยู่ที่จุดหยุดหนึ่งในสองจุด ซึ่งจะป้องกันการพลิก น้ำฝนจะมาจากที่เก็บเข้าไปยังส่วนด้านบนและหลังจากได้ปริมาณหนึ่งถ้วยจะไม่สมดุลและจะพลิกลงมาอยู่ที่อีกตำแหน่งหนึ่ง รูปร่างของถ้วยจะสามารถเทน้ำออกได้หมดที่ตำแหน่งด้านล่าง ในขณะเดียวกัน ฝนก็จะตกลงมาอย่างต่อเนื่องในภาชนะด้านบน การเคลื่อนที่ของถ้วยขณะที่พลิกลงมา ทำให้สามารถใช้ตัวรีเลย์เพื่อให้บันทึกข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องได้ โดยช่วงเวลาห่างของแต่ละครั้งจะแสดงถึง ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บจำนวนของน้ำฝนที่ตก ปริมาณการบันทึกนี้ไม่ควรเกิน ๐.๒ มม. หากต้องการการตรวจวัดที่ละเอียด ถึงแม้ว่าถ้วยจะใช้เวลาน้อยแต่เป็นช่วงเวลาหนึ่งในการพลิกลง โดยในระหว่างครั้งแรกของการเคลื่อนไหว อาจมีน้ำฝนเพิ่มเข้ามาในส่วนที่คำนวณไว้แล้ว ทำให้ปริมาณฝนที่วัดได้มีค่าผิดพลาด ค่าผิดพลาดนี้จะมีมากขึ้นหากฝนตกหนัก (๒๕๐ มม. ต่อชั่วโมง) แต่อย่างไรก็ดีเป็นค่าผิดพลาดที่สามารถควบคุมได้ วิธีการที่ง่ายที่สุด คือ การใช้อุปกรณ์คล้ายกับ กาลักน้ำที่ปลายกรวยของถังวัดฝน ที่จะส่งน้ำไปที่ถ้วยในอัตราที่ควบคุม ซึ่งจะช่วยปรับอัตราฝนตกที่มีการตกสูงมากในระยะเวลานั้นให้ลดลง อีกทางหนึ่งคือ การเพิ่มอุปกรณ์เพื่อเร่งเวลาการพลิก ซึ่งใช้ใบขนาดเล็กที่ได้รับการกระทบของน้ำฝนจากถังเก็บ ใช้ในการเพิ่มแรงไปที่ถ้วย ซึ่งเปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของฝนที่ตก

ถังวัดแบบถ้วยกระดกนี้ สะดวกสำหรับใช้กับสถานีตรวจอากาศแบบอัตโนมัติ เนื่องจากมันจะสามารถใช้กับวิธีการแบบดิจิทัลได้ รูปคลื่นที่เกิดจากตัวสัมผัสสามารถนำมาเก็บเป็นข้อมูลในเครื่องเก็บข้อมูลและหาปริมาณสะสมของฝนในระยะเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ได้กับเครื่องบันทึกแบบกราฟได้ด้วย

๒.๓ ถังวัดหยาดน้ำฟ้าแบบลูกลอย (Float Gauge)



ในอุปกรณ์ชนิดนี้ น้ำฝนจะผ่านไปที่ช่องที่มีลูกลอยอยู่ เมื่อระดับของน้ำภายในช่องเพิ่มสูงขึ้น การเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกลอยจะถูกส่งผ่านไปโดยกลไกที่เหมาะสมไปที่ปากกาที่เคลื่อนที่บนกราฟหรือเครื่องส่งสัญญาณดิจิทัล เมื่อปรับขนาดของช่องปากรับน้ำฝน ลูกลอยและช่องลูกลอยให้เหมาะสมกัน สามารถใช้กราฟตามสเกลที่ต้องการได้ในการที่จะบันทึกน้ำฝนในช่วงเวลาที่ต้องการ (โดยทั่วไป ๒๔ ชั่วโมง) นั้น ช่องลูกลอยจะต้องมีขนาดใหญ่ (ในกรณีนั้นจะใช้สเกลที่มีขนาดบีบอัดบนกราฟหรือสื่อบันทึกอื่นๆ) หรือจะต้องมีกลไกในการระบายน้ำออกจากช่องลูกลอยโดยอัตโนมัติ และรวดเร็วเมื่อมันเต็ม เพื่อให้ปากกาหรือตัวชี้กลับที่ที่ศูนย์ใหม่ ปกติแล้วจะใช้งานออกแบบของกาลักน้ำเข้าช่วย โดยขั้นตอนของกาลักน้ำควรจะเริ่มต้นที่ระดับที่กำหนดไว้ ที่กันไม่ให้น้ำล้นระดับดังกล่าวในช่วงต้นหรือช่วงท้ายของระยะเวลาที่เกิดกาลักน้ำ ทั้งนี้ระยะเวลาของกาลักน้ำไม่ควรนานกว่า ๑๕ วินาที ในบางแบบของถังวัดฝนชนิดนี้ การประกอบช่องลูกลอยจะอยู่บนใบมีด เพื่อให้ช่องลูกลอยที่เต็มจะไม่สมดุล ดังนั้นการกระเพื่อมของน้ำจะช่วยขบวนการกาลักน้ำ หากน้ำฝนในช่องลูกลอยถูกเทออกหมด มันจะกลับไปที่ตำแหน่งเริ่มต้นเดิม เครื่องบันทึกน้ำฝนแบบอื่นๆ จะมีกาลักน้ำแบบบังคับ ซึ่งทำงานในเวลาน้อยกว่า ๕ วินาที กาลักน้ำแบบบังคับแบบหนึ่ง มีช่องขนาดเล็กที่แยกจากช่องหลัก และรับน้ำฝนที่ตกใน

ระหว่างกาลักน้ำไว้ ก่อนที่จะเทลงสู่ช่องลูกลอยภายหลัง เพื่อให้มีการบันทึกน้ำฝนที่ถูกต้องควรติดตั้ง อุปกรณ์ทำความร้อน (ควรควบคุมโดยเทอร์โมสตัท) ภายในเครื่องมือ หากพบว่ามีความเป็นไปได้ที่น้ำจะแข็งตัวในช่องลูกลอยในฤดูหนาว เพื่อป้องกันความเสียหายในลูกลอยและช่องลูกลอย ทำให้สามารถบันทึกน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลานั้นได้ ถ้ามีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก อุปกรณ์ทำความร้อนขนาดเล็กหรือหลอดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ทำความร้อนที่เหมาะสมเพียงพอ ไม่เช่นนั้นแล้วต้องใช้แหล่งพลังงานอื่นๆ วิธีการหนึ่งที่สะดวกคือ การใช้แถบความร้อนขนาดเล็กครอบๆ ช่องเก็บตัวอย่างแล้วเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ที่มีความจุมาก ทั้งนี้ปริมาณความร้อนที่จ่ายให้ถึงวัดควรมีค่าน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในการป้องกันการแข็งตัวของน้ำฝน เนื่องจากหากความร้อนมีมากเกินไป อาจลดความแม่นยำของการตรวจวัดโดยการสร้างการเคลื่อนไหวของอากาศเหนือในแนวตั้งช่องวัดและเพิ่มความสูญเสียจากการระเหย มีการรายงานจากบางประเทศว่า มีการเก็บตัวอย่างน้ำฝนที่น้อยกว่าความเป็นจริง ในการใช้ถังวัดชนิดไม่มีแผงกัน แต่มีอุปกรณ์ทำความร้อน ซึ่งเกิดจากลมและการระเหยของหิมะที่ละลาย เช่นเดียวกับที่รายงานไว้ในกรณีของถังวัดน้ำหิมะ

นอกจาก การสอบเทียบสามารถทำได้โดยการใช้น้ำที่รู้ค่าปริมาตรแล้ว การบำรุงรักษาสำหรับเครื่องมือนี้จะคล้ายกับถังวัดบันทึกแบบน้ำหิมะ

ขั้นตอนที่แนะนำในการปรับแก้ไขค่าสำหรับการตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า

วิธีการแก้ไขค่ามีพื้นฐานจากหลักการทางฟิสิกส์ที่นำเสนอในเอกสาร Instrument Development Inquiry (Instruments and Observing Report No. 24, WMO/TD-No.231) โดยขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่ใช้ อิทธิพลของลมต่อเครื่องมือแต่ละชนิดจะประเมินได้โดยการสอบเทียบกับถังวัดหยาดน้ำฟ้ามาตรฐานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (pit gauge) สำหรับฝนและถังวัดหิมะ การปรับลดค่าความเร็วลมที่ระดับช่องปากรับของถังควรเป็นไปตามสูตรต่อไปนี้

$$u_{mp} = (\log h z_0^{-1}).(\log H z_0^{-1})^{-1} .(1-0.024a)u_H$$

โดย ค่า u_{mp} คือความเร็วลมที่ระดับช่องปากรับของถัง ค่า h คือระดับสูงของช่องปากรับของถังเหนือพื้นดิน ค่า z_0 คือค่าความหยาบของพื้นผิว (๐.๐๑ ม. สำหรับฤดูหนาว และ ๐.๐๓ ม. สำหรับฤดูร้อน) ค่า H คือระดับสูงเหนือพื้นผิวที่วัดอัตราเร็วลม ค่า u_H คืออัตราเร็วลมที่วัดที่ระดับสูง H เหนือพื้น และค่า a คือ มุมแนวตั้งเฉลี่ยของสิ่งกีดขวางรอบๆ เครื่องมือ

ค่ามุม α จะเกี่ยวกับอิทธิพลแวดล้อมของสถานที่ของเครื่องมือวัด โดยใช้หลักการหาค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดโดยตรงในทิศหนึ่งในแปดทิศหลักของผังลมที่มาจากมุมของสิ่งกีดขวาง (๓๖๐ องศา) รอบๆ เครื่องมือหรือตามประเภทของการเปิดสู่ภายนอก หรือใช้ตารางการแยกแยะข้อมูลสภาพแวดล้อมทางอุตุนิยมวิทยา ดังต่อไปนี้

ประเภท	มุม	รายละเอียด
สถานที่เปิด	0 - 5	มีสิ่งกีดขวางขนาดเล็กจำนวนน้อย เช่น พุ่มไม้, ต้นไม้, บ้าน
สถานที่เปิดหลัก	6 - 12	มีกลุ่มต้นไม้เล็กๆ หรือพุ่มไม้และบ้านหนึ่งถึงสองหลัง
สถานที่ที่มีกำบังหลัก	13 - 19	สวน, ชายป่า, กลางหมู่บ้าน, ฟาร์ม, ป้ายเป็นกลุ่ม, สนาม
สถานที่ที่มีกำบัง	20 - 26	ป่าไม้ใหม่, ป่าขนาดเล็ก, สวนที่มีไม้ใหญ่, กลางเมืองหุบเขาปิด, พื้นที่วิบากภูเขาใหญ่ที่อ้อมลม

บทที่ ๖

เครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS – 310

ส่วนประกอบของเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ

(Vaisala HydroMet™ Automatic Weather Station MAWS201)

Vaisala HydroMet™ Automatic Weather Station MAWS201 เป็นสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติขนาดเล็กแบบเคลื่อนที่พกพา (Portable) สำหรับการติดตั้งชั่วคราว ออกแบบมาเพื่อใช้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและทุกสภาพอากาศ ประกอบด้วยชุดเครื่องวัด (Sensor) ทางอุตุนิยมวิทยาสำหรับใช้ในระบบของ Vaisala HydroMet™ โดยเฉพาะ และบรรจุมาในกระเป๋าแบบพกพา ประกอบด้วยกระเป๋าขนาดเล็กสำหรับบรรจุชุดเครื่องวัด และกระเป๋าขนาดใหญ่กว่าสำหรับบรรจุขาตั้งและอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ซึ่งทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Polypropylene) แต่แข็งแรงทนทาน ป้องกันการกระแทกระหว่างการเคลื่อนย้ายได้เป็นอย่างดี ดังรูป

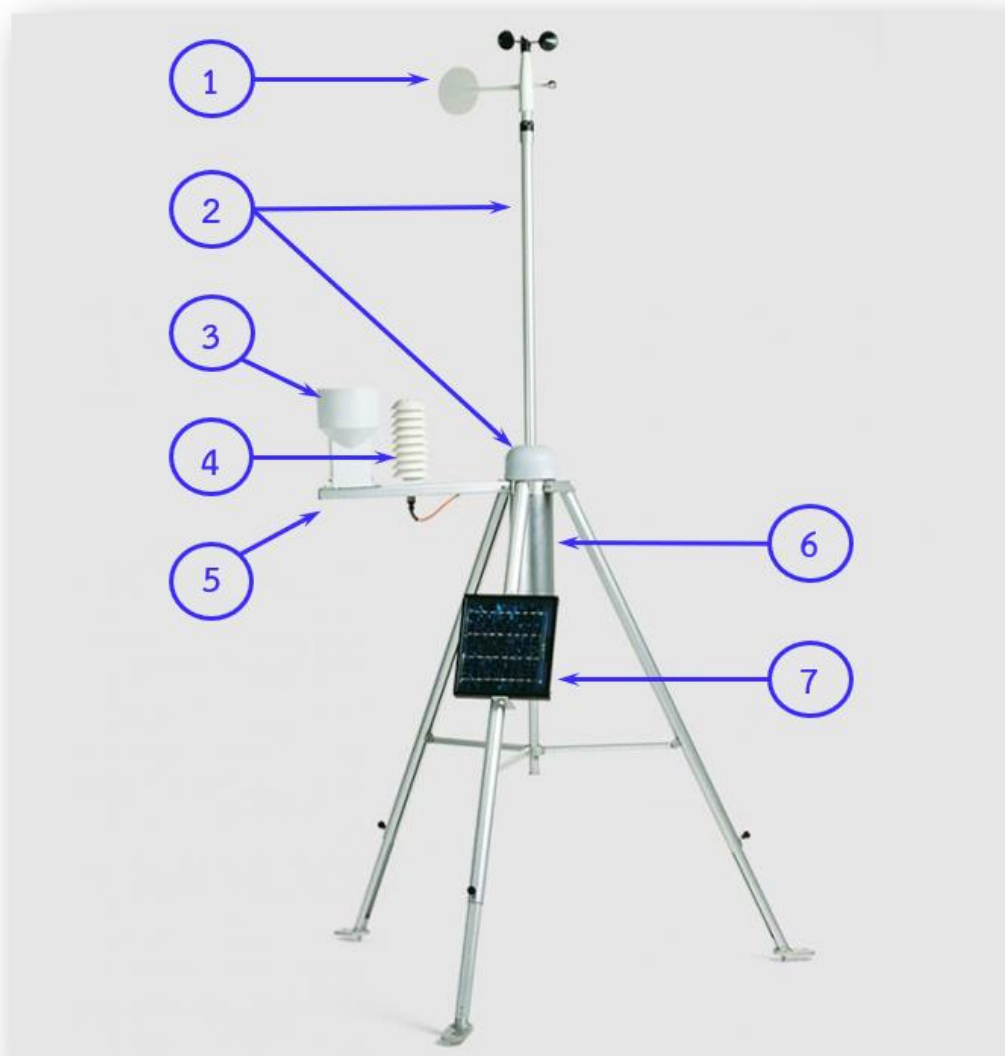


รูปที่ ๑ ชุดกล่องบรรจุ (QMM120 Carry Case Set)

1 = มีน้ำหนัก ๙.๒ กิโลกรัม (๒๐.๓ ปอนด์)

2 = มีน้ำหนัก ๓.๖ กิโลกรัม (๗.๙ ปอนด์)

๑. สถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (MAW201) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบที่แสดงในรายการต่อไปนี้



รูปที่ ๒ ส่วนประกอบของสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (MAWS201)

- 1 = เครื่องวัดลม (Wind sensor)
- 2 = เสาเครื่องวัดลม (Wind mast) และฝาครอบยาง
- 3 = เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Rain gauge)
- 4 = เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity and temperature probe) ซึ่งจะอยู่ภายในอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Radiation shield)
- 5 = แขนรองรับเครื่องวัด (Sensor support arm)
- 6 = ชุดอุปกรณ์ประมวลผล และเครื่องวัดความกดอากาศ (QML Logger)
- 7 = ชุดแหล่งจ่ายไฟพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar / Mains Power Supply)

๑.๑ เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม Wind sensor WMS302 ได้รับการออกแบบมาเพื่อคุณภาพการวัดที่สูงสุด มีโครงสร้างที่แข็งแรง น้ำหนักเบา และป้องกันการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี



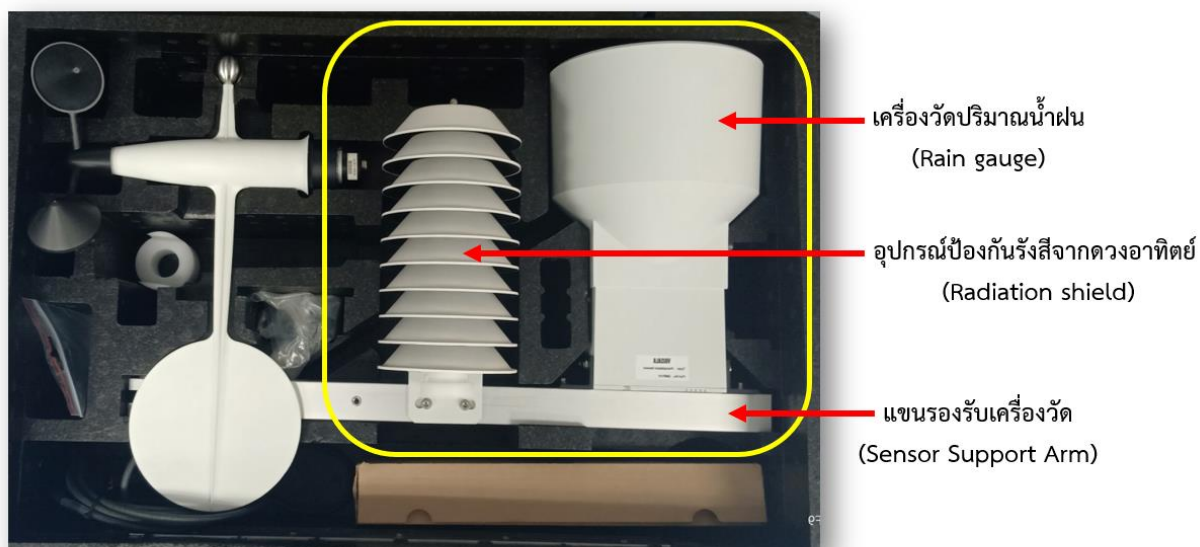
รูปที่ ๓ เครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม (WMS302)

๑.๒ แขนรองรับเครื่องวัด Sensor support arm QMA101 สามารถติดตั้งเครื่องวัดบางชนิดที่แขนรองรับนี้ได้ (ตามที่โรงงานกำหนด)



รูปที่ ๔ แขนรองรับเครื่องวัด (QMA101)

สำหรับสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (MAW201) ที่ กขอ.คปอ.ใช้งานอยู่ ที่แขนรองรับเครื่องวัด (Sensor Support Arm) จะทำการติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Rain gauge) และอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Radiation shield) สำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาด้วย รูปที่ ๕



รูปที่ ๕ อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Radiation shield) และเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Rain gauge) ที่ติดตั้งบนแขนรองรับเครื่องวัด (Sensor Support Arm)

๑.๓ อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Radiation shield) ผลิตจากอลูมิเนียม มีความทนทาน และน้ำหนักเบา ซึ่งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะถูกติดตั้งไว้ที่ด้านในอุปกรณ์นี้อีกที



รูปที่ ๖ อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (DTR502)

๑.๔ เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน Rain gauge QMR101 ผลิตจากพลาสติกที่ทนต่อรังสี UV น้ำหนักเบา เป็นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่แม่นยำ เหมาะสำหรับการใช้งานแบบพกพาและการติดตั้งชั่วคราว



รูปที่ ๗ เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (QMR101)

ที่ด้านในจะมีลักษณะคล้ายจอกหรือถ้วยตวง เมื่อน้ำเต็มถ้วยจะมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ ๐.๒ มิลลิเมตร หรือ ๐.๐๐๘ นิ้ว ด้วยน้ำหนักของน้ำฝนจะทำให้ถ้วยเหินน้ำทิ้งโดยอัตโนมัติแล้วเครื่องจะทำการบันทึกผลเก็บไว้ และหากมีน้ำฝนลงมาถึงถ้วยอีกเครื่องก็จะทำการบันทึกผลต่อไปเลย ๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเสียง “ก๊อกแก๊ก” เป็นจังหวะที่ดังออกมาจากเครื่องวัดนี้



รูปที่ ๘ ด้านในของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

๑.๕ เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ Humidity and temperature probe HMP155 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะถูกบรรจุไว้ในอุปกรณ์เดียวกันนี้ รูปที่ ๙



รูปที่ ๙ เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (HMP155)

๑.๖ เครื่องวัดความกดอากาศ Pressure Sensor BARO-1 เป็นโมดูลซึ่งถูกติดตั้งอยู่ที่บอร์ด CPU ในชุดอุปกรณ์ประมวลผล (QML Logger)



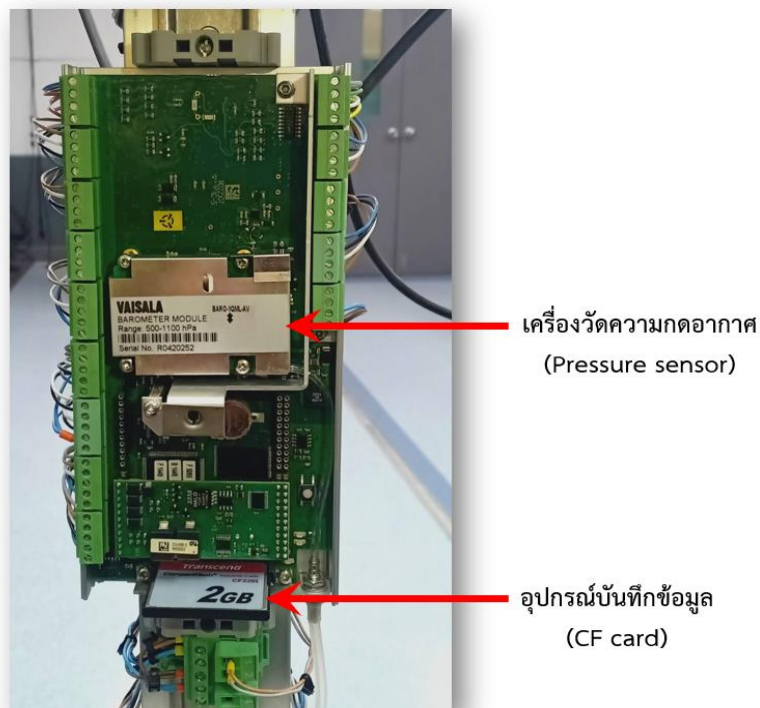
รูปที่ ๑๐ เครื่องวัดความกดอากาศ (BARO-1)

๑.๗ ชุดอุปกรณ์ประมวลผล QML Logger QML201 ทำหน้าที่เข้าถึงและประมวลผลข้อมูลจากเครื่องวัดต่าง ๆ ทำการควบคุมคุณภาพข้อมูล รวมถึงการส่งออกข้อมูลในรูปแบบของ RS-485 ซึ่งสามารถส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณได้ไกลสูงสุดถึง ๑.๕ กิโลเมตร (๑,๕๐๐ เมตร)



รูปที่ ๑๑ ชุดอุปกรณ์ประมวลผล (QML201)

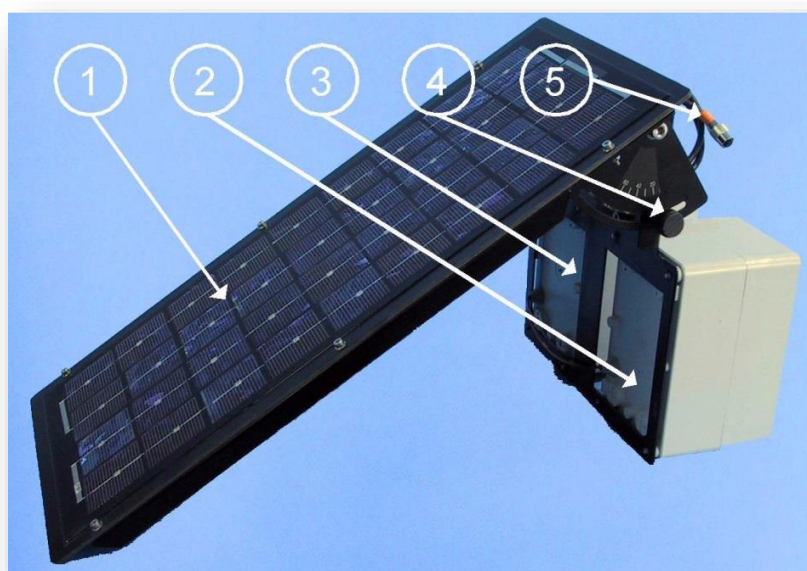
ภายในมีช่องสำหรับใส่อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (CF card) ซึ่งรองรับความจุได้สูงสุด ๒ จิกะไบต์ (2 GB) และต้องเป็นอุปกรณ์เฉพาะของ Vaisala เท่านั้น



รูปที่ ๑๒ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (CF card) และเครื่องวัดความกดอากาศ (BARO-1)

ที่อยู่บนบอร์ดในชุดอุปกรณ์ประมวลผล (QML Logger)

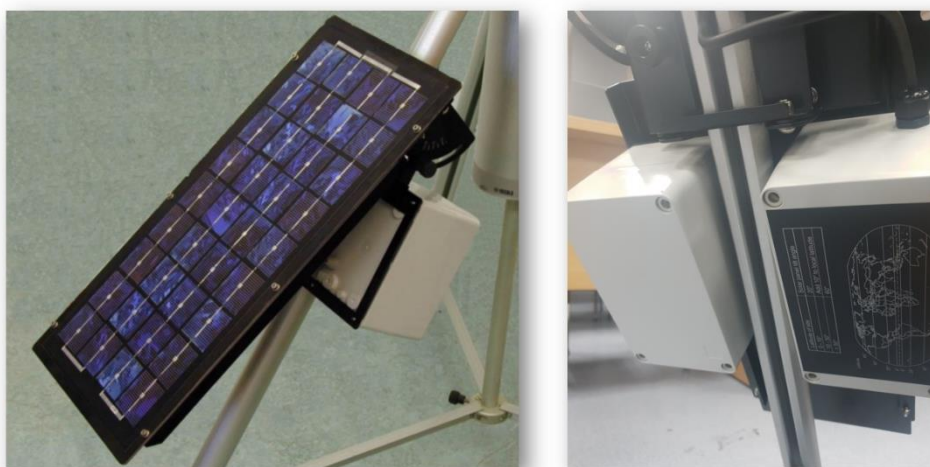
๑.๘ ชุดแหล่งจ่ายไฟหลักพลังงานแสงอาทิตย์ Solar / Mains Power Supply QMP201C เป็นแหล่งจ่ายไฟหลักให้กับสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ สำหรับติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (220 VAC) ซึ่งจะถูกติดตั้งอยู่กับขาตั้ง (Tripod) ด้านหนึ่ง โดยมีส่วประกอบดังรูปที่ ๑๓



รูปที่ ๑๓ ส่วนประกอบของ QMP201C

- 1 = แผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar panel) ๑๒ วัตต์
- 2 = กล่องใส่แบตเตอรี่สำรอง ๗ แอมป์
- 3 = แหล่งจ่ายไฟหลัก และตัวควบคุมแบตเตอรี่ (QBR101C)
- 4 = สกรูปรับมุมแผงพลังงานแสงอาทิตย์
- 5 = สายไฟและขั้วต่อกับชุดอุปกรณ์ประมวลผล

* ในสภาวะที่พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถทำงานได้ ยังสามารถเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (220 VAC) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ได้ และแบตเตอรี่เมื่อถูกบรรจุไฟจนเต็มสามารถให้พลังงานกับสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติได้นานประมาณ ๗ วัน หรือหากจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์พร้อมกับเชื่อมต่อแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (220 VAC) ด้วยก็ได้



รูปที่ ๑๔ QMP201C ที่ติดอยู่กับขาตั้ง (Tripod)

๑.๙ ขาตั้ง (Tripod) ขาตั้งสามารถปรับระดับให้เหมาะสมกับภูมิประเทศ และยังสามารถพับเก็บได้ อย่างง่ายดายเพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายขนส่ง



รูปที่ ๑๕ ขาตั้ง (Tripod)

๑.๑๐ ชุดสมอบก (Ground peg) สำหรับตอกยึดขาตั้งกับพื้นดิน



รูปที่ ๑๖ ชุดสมอบก (Ground peg)

๒. อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Serial to Ethernet converter) MOXA IA5150AI เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก RS-485 ซึ่งเป็นสัญญาณแบบอนุกรม (Serial data signals) ให้เป็นในรูปแบบของ Ethernet ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (Automatic Weather Station MAWS201) ไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านสาย LAN



รูปที่ ๑๗ อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (MOXA IA5150AI)

หม้อแปลงไฟฟ้า (Power adapter) สำหรับ MOXA (Input : 100-240VAC, Output : 24VDC/2A)



รูปที่ ๑๘ หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับ MOXA

๓. คอมพิวเตอร์ (Notebook) HP ProBook 440 G5 เพื่อแสดงผลข้อมูลสภาพอากาศจากเครื่องวัดต่าง ๆ ของสถานีฯ (MAWS201) ผ่านโปรแกรม Vaisala Observation Network Manager (NM10)



รูปที่ ๑๙ คอมพิวเตอร์ (HP ProBook 440 G5)

ซึ่งโปรแกรม Vaisala Observation Network Manager (NM10) ต้องการทรัพยากรเพื่อประมวลผล และแสดงผล ดังรูปที่ ๑๙

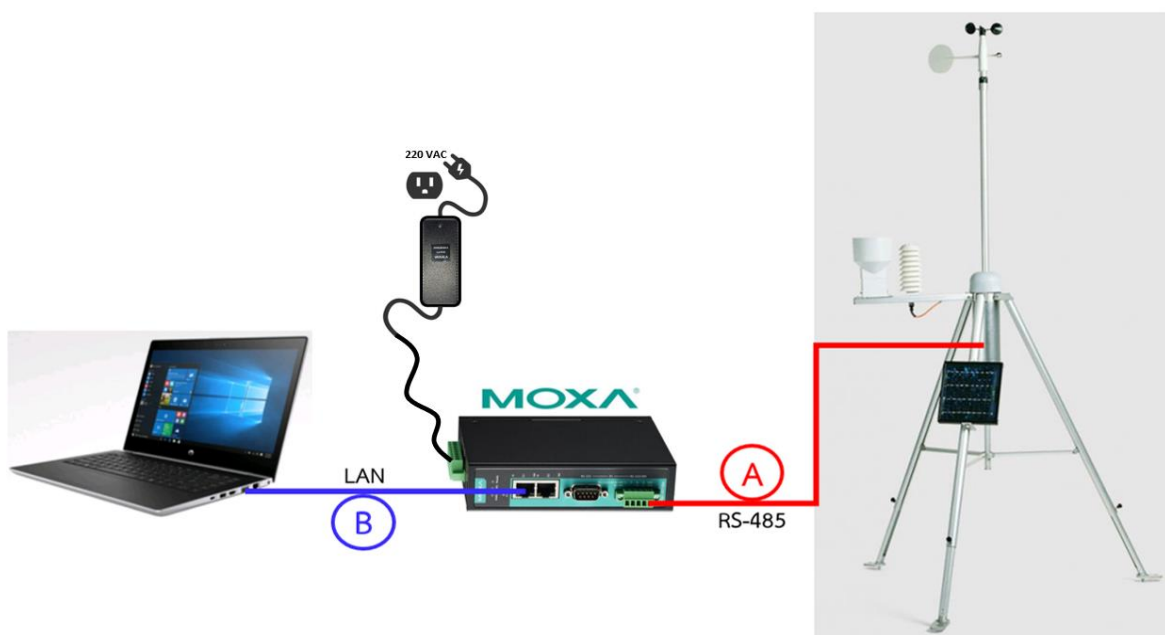
Item	Specification
Processor	2.0+ GHz, 4-core CPU or higher
RAM	8 GB or higher
Hard disk space	300 GB or more
Operating system	One of the following: • Microsoft Windows 7 Professional SP1 (64-bit) • Microsoft Windows 10 Professional (64-bit) • Microsoft Windows 10 Enterprise Embedded (64-bit)

รูปที่ ๒๐ ความต้องการทรัพยากรของโปรแกรม (NM10)

๔. การเชื่อมต่อ และสายสัญญาณต่าง ๆ

การรับส่งข้อมูลแบบ RS-485 (ย่อมาจาก: Recommended Standard no. 485) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อม ๆ กันได้หลายจุด

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่ผลิตขึ้นมาไม่มีช่องเชื่อมต่อสัญญาณ RS-485 โดยตรง ซึ่งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (MAW201) ที่ กขอ.คปอ. ใช้งานอยู่มีการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบของ RS-485 อีกทั้งโปรแกรม Vaisala Observation Network Manager (NM10) มีลักษณะการทำงานผ่าน Internet browser จึงจำเป็นต้องใช้ Serial to Ethernet converter ทำการแปลงสัญญาณจาก Serial RS-485 to Ethernet รุ่น IA5150AI ของแบรนด์ MOXA หลังจากนั้นเดินสาย LAN มาเข้าช่องเชื่อมต่อสัญญาณ RJ-45 ของคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ ๒๑



รูปที่ ๒๑ แสดงการเชื่อมต่อ (Simplified Connection)

A = สายสัญญาณ (2 Wire RS-485)

B = สายอินเทอร์เน็ต (LAN)

A = สายสัญญาณ (2 Wire RS-485) ความยาว ๓, ๓๐ และ ๒๐๐ เมตร



รูปที่ ๒๒ สายสัญญาณ (2 Wire RS-485) ความยาว ๓ เมตร

B = สายอินเทอร์เน็ต (LAN) ความยาว ๒ เมตร



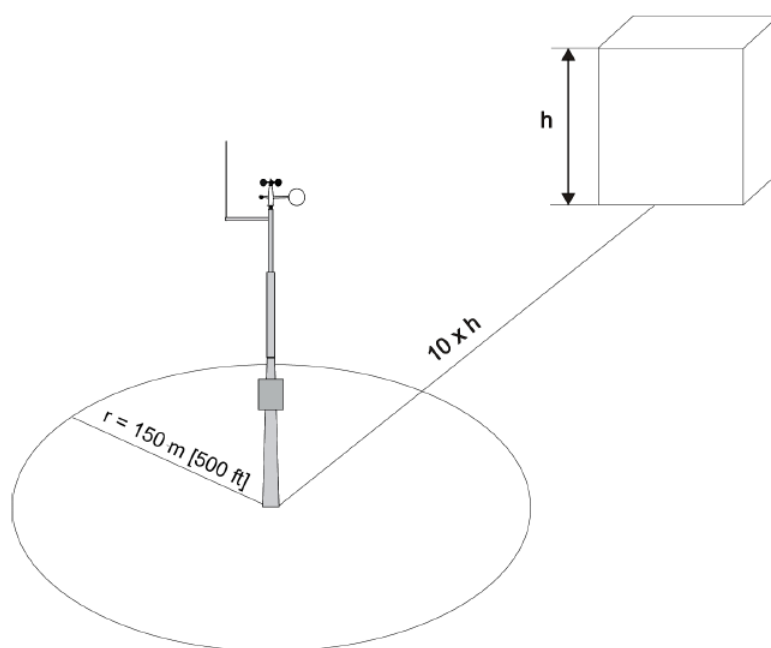
รูปที่ ๒๓ สายอินเทอร์เน็ต (LAN) พร้อมหัวต่อ (RJ-45) ความยาว ๒ เมตร



การติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (Hardware Installation)

การพิจารณาพื้นที่ติดตั้ง เป็นสิ่งจำเป็นที่จะส่งผลทำให้เครื่องวัดต่าง ๆ ของสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการตรวจวัดทิศทางและความเร็วลมจะไม่ถูกรบกวน หากปฏิบัติดังนี้

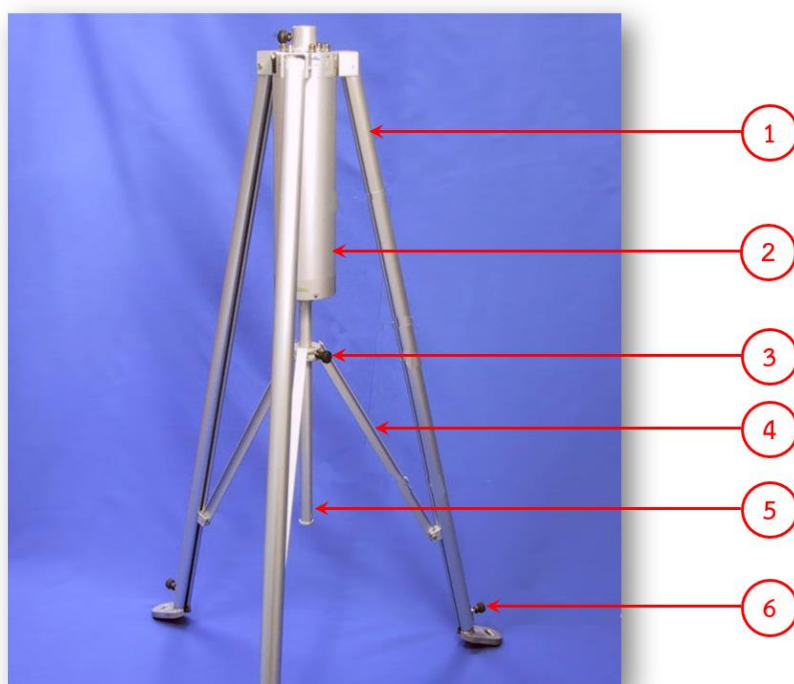
- ควรเป็นพื้นที่เปิดโล่งโดยรอบทิศทางอย่างน้อย ๑๕๐ เมตร (๕๐๐ ฟุต)
- ควรมีระยะห่างเป็น ๑๐ เท่าของความสูงของสิ่งปลูกสร้าง (h)



รูปที่ ๒๔ ขอบเขตพื้นที่ติดตั้งสถานี

ในการติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (MAWS201) ซึ่งมีน้ำหนักโดยรวมกว่า ๑๐ กิโลกรัมนั้น จำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่อย่างน้อย ๒ - ๓ คน เพื่อลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

๑. การติดตั้งชุดขาตั้ง (Setting Up Tripod) ส่วนประกอบของชุดขาตั้งมีดังนี้ รูปที่ ๒๕



รูปที่ ๒๕ ส่วนประกอบของขาตั้ง (Tripod)

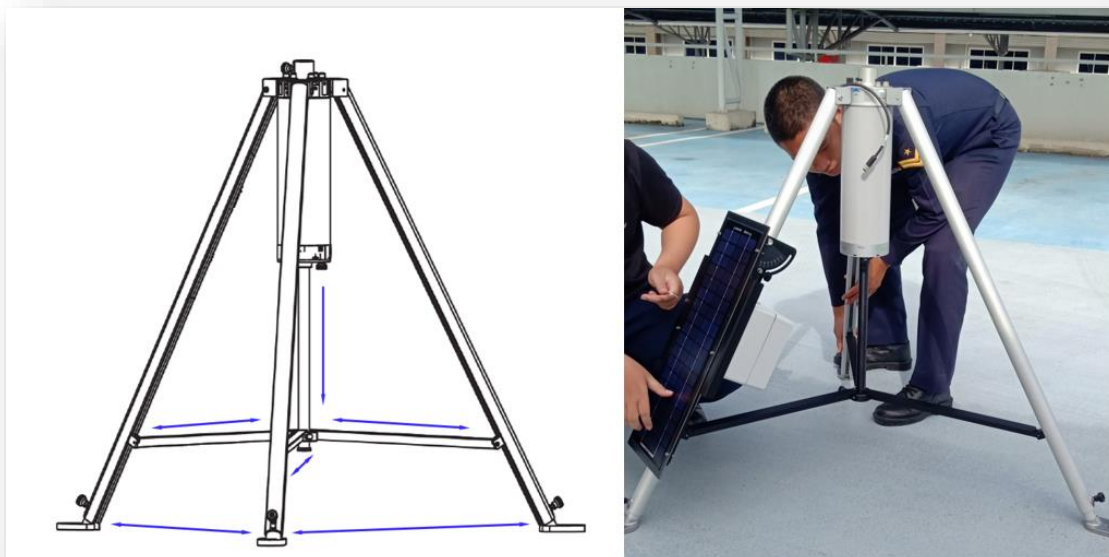
- 1 = ขาตั้ง
- 2 = ปดล็อกโลหะ (ป้องกันชุดอุปกรณ์ประมวลผล QML201)
- 3 = แหวนล็อกแกนขาตั้งพร้อมสกรูสำหรับปรับด้วยมือ
- 4 = แขนยึดแกนขาตั้ง
- 5 = แกนขาตั้ง
- 6 = สกรูปรับด้วยมือ สำหรับล็อกขาตั้ง

๑.๑ นำชุดขาตั้ง ออกจากกระเป๋าอย่างระมัดระวัง

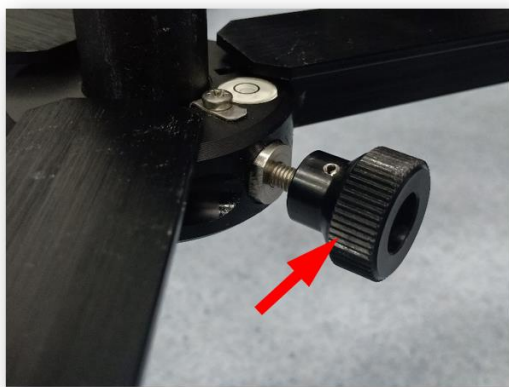


รูปที่ ๒๔ ชุดขาตั้งที่เก็บไว้ในกระเป๋า

๑.๒ วางชุดขาตั้งในตำแหน่งตั้งตรง วางขาตั้งออกพร้อมกับดันแหวนล็อกแกนขาตั้งลงไปจนสุด จากนั้น หมุนสกรูที่แหวนล็อกแกนขาตั้งให้แน่น



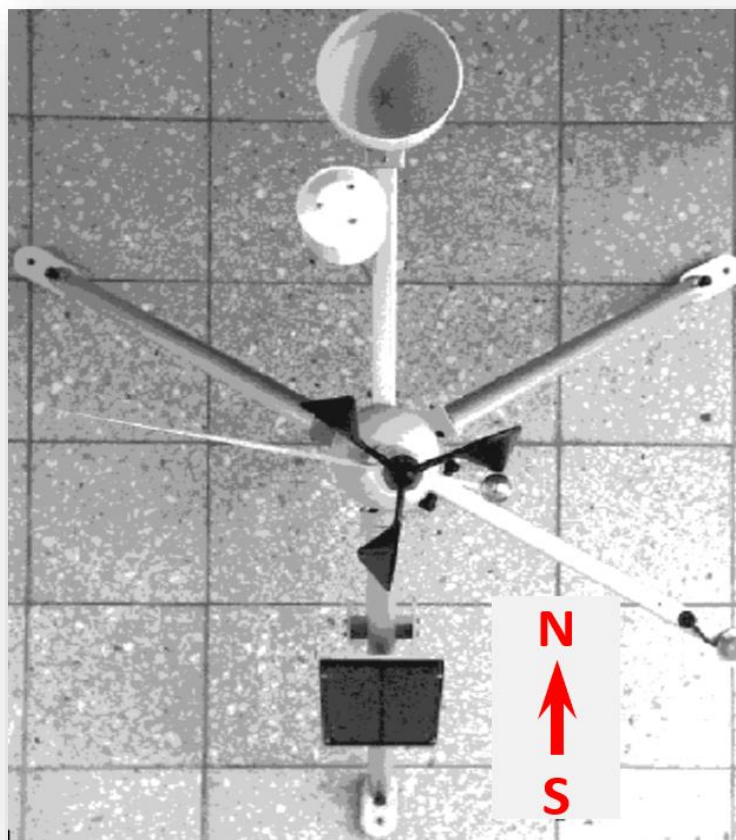
รูปที่ ๒๕ การติดตั้งชุดขาตั้ง



รูปที่ ๒๖ สกรูแหวนล็อกแกนขาตั้ง

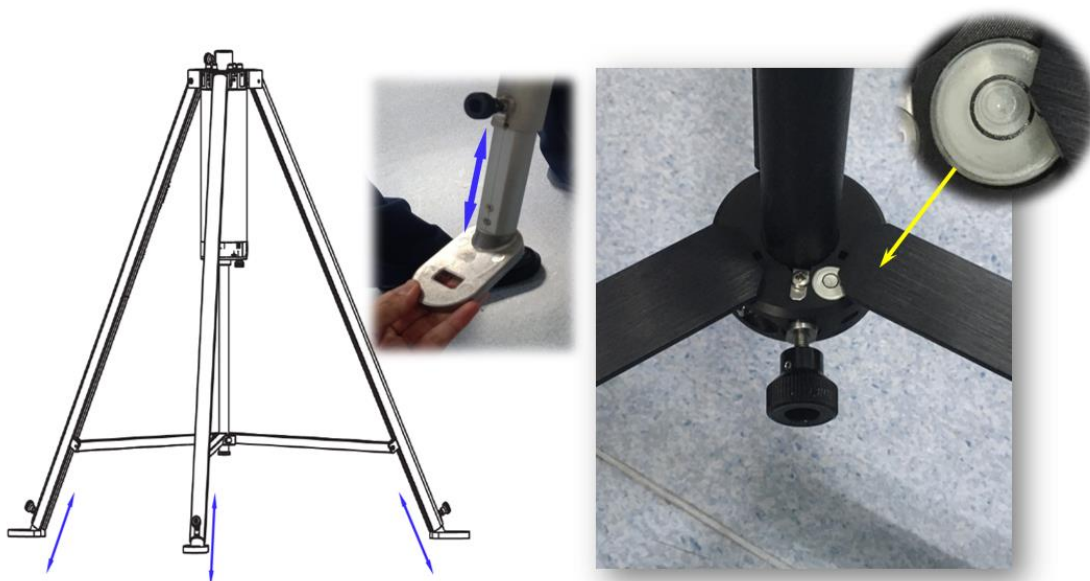
๑.๓ หันขาตั้งด้านแผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar panel) ไปทางทิศใต้ในซีกโลกเหนือและทิศเหนือในซีกโลกใต้

สถานีในซีกโลกเหนือ : แผงพลังงานแสงอาทิตย์จะหันหน้าไปทางทิศใต้ และแขนรองรับเครื่องวัด จะหันไปทางทิศเหนือ



รูปที่ ๒๖ แสดงตัวอย่างการวางตำแหน่งของสถานีในซีกโลกเหนือ

๑.๔ ปรับระดับสถานีให้ตั้งฉากกับพื้นโลก โดยปรับขาตั้งขึ้นลงและสังเกตที่ฟองอากาศจะต้องอยู่ภายในกึ่งกลางวงกลมเสมอ



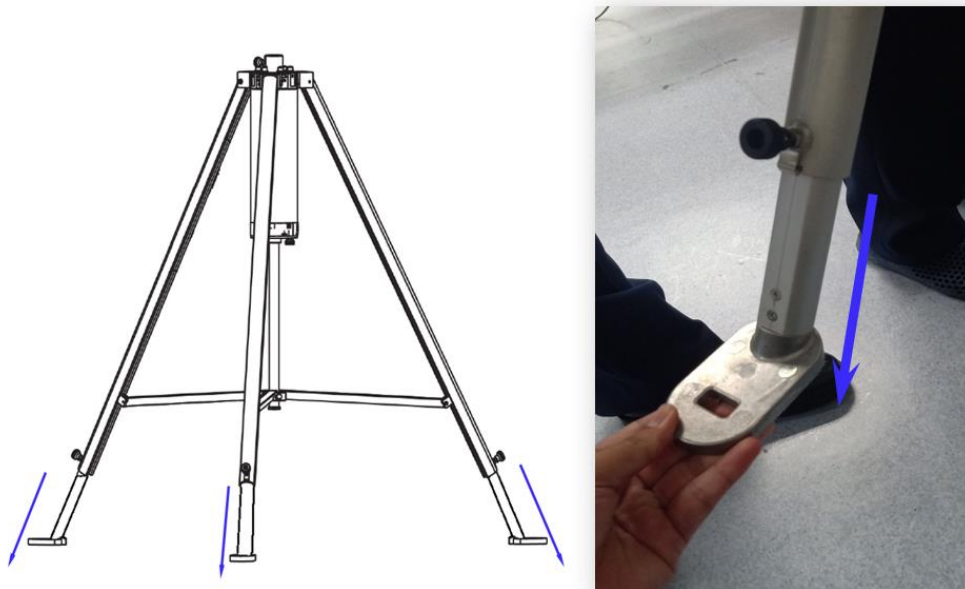
รูปที่ ๒๗ การปรับระดับสถานีให้ตั้งฉากกับพื้นโลก (ฟองอากาศอยู่ในวงกลม)

๑.๕ เมื่อปรับระดับน้ำให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางวงกลมแล้ว ให้ทำการหมุนสกรูล็อคขาตั้งทั้ง ๓ ด้าน



รูปที่ ๒๘ สกรูล็อคขาตั้ง

๑.๖ หากต้องการปรับให้สถานีมีความสูงที่เพิ่มขึ้น สามารถปรับความยาวของขาตั้งได้โดยคลายสกรูล็อคขาตั้งทั้ง ๓ ด้านออก (รูปที่ ๒๘) แล้วยืดขาตั้งออกจนสุดหรือตามความเหมาะสม จากนั้นให้ทำตามขั้นตอนที่ ๑.๔ และ ๑.๕ ตามลำดับ



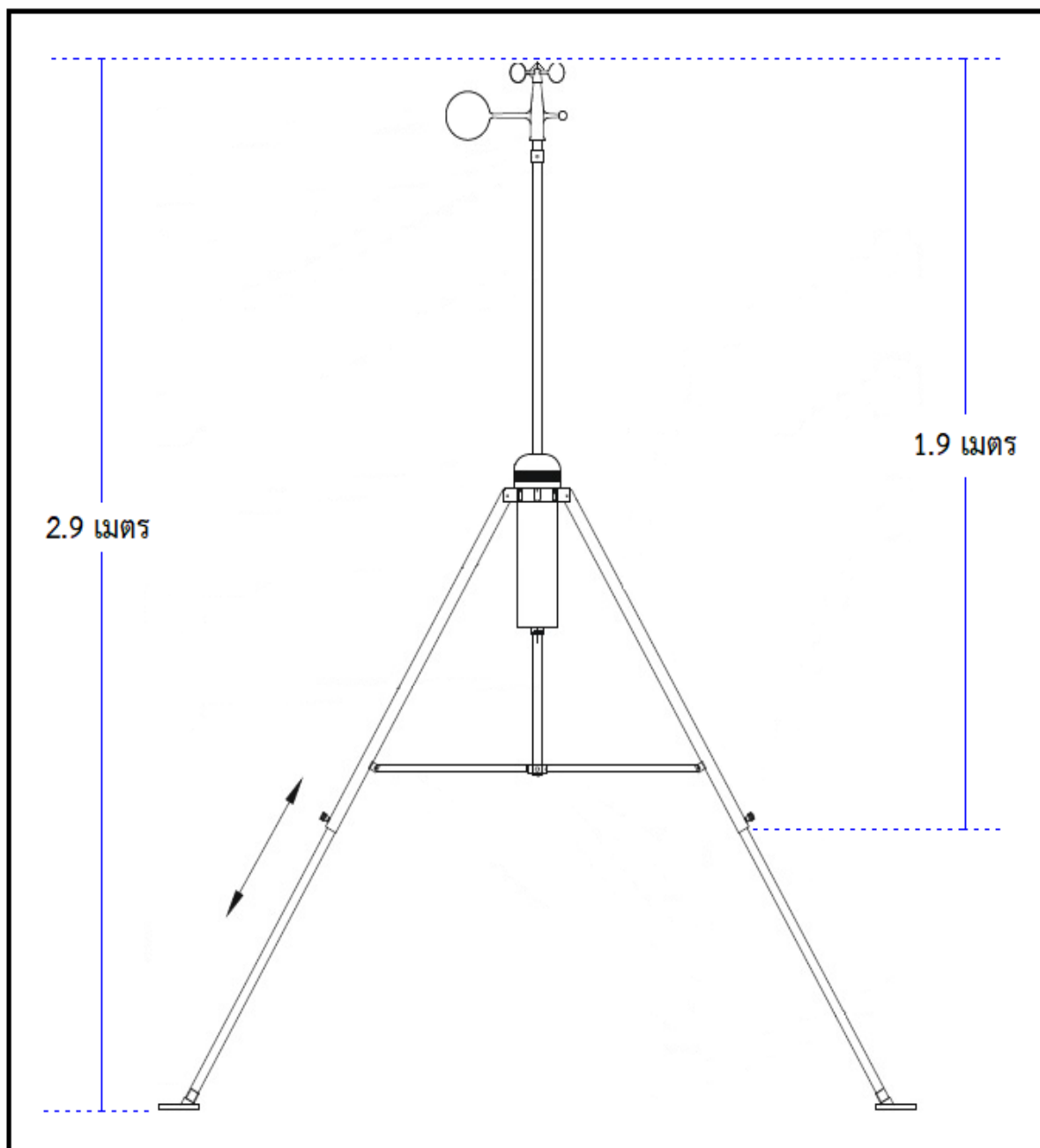
รูปที่ ๒๘ ขาตั้งสามารถยืดหดได้

* ในขั้นตอนนี้เพื่อความสะดวกควรทำการติดตั้งเครื่องวัดต่าง ๆ (Sensor) ให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน

๑.๗ ยึดชุดขาตั้งด้วยสมอบกทั้ง ๓ ด้าน เพื่อป้องกันการไถลล้มของสถานีจากเหตุไม่คาดคิด



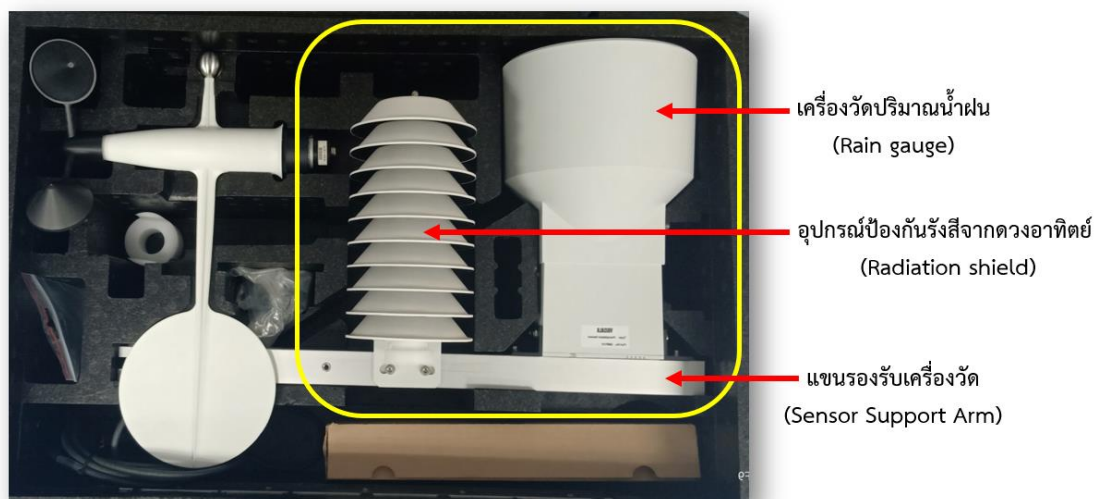
รูปที่ ๓๐ ดอกสมอบกเพื่อยึดชุดขาตั้งกับพื้นดิน



รูปที่ ๓๐ ความสูงของสถานี

๒. การติดตั้งชุดแขนรองรับเครื่องวัด (QMA101) ที่ชุดแขนรองรับเครื่องวัดนี้ จะทำการติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (Rain gauge) และอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ (Radiation shield) สำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาแล้ว (รูปที่ ๓๑) ซึ่งมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

๒.๑ นำชุดแขนรองรับเครื่องวัดออกจากกระเป๋าด้วยความระมัดระวัง



รูปที่ ๓๑ ชุดแขนรองรับเครื่องวัดที่เก็บอยู่ในกระเป๋า

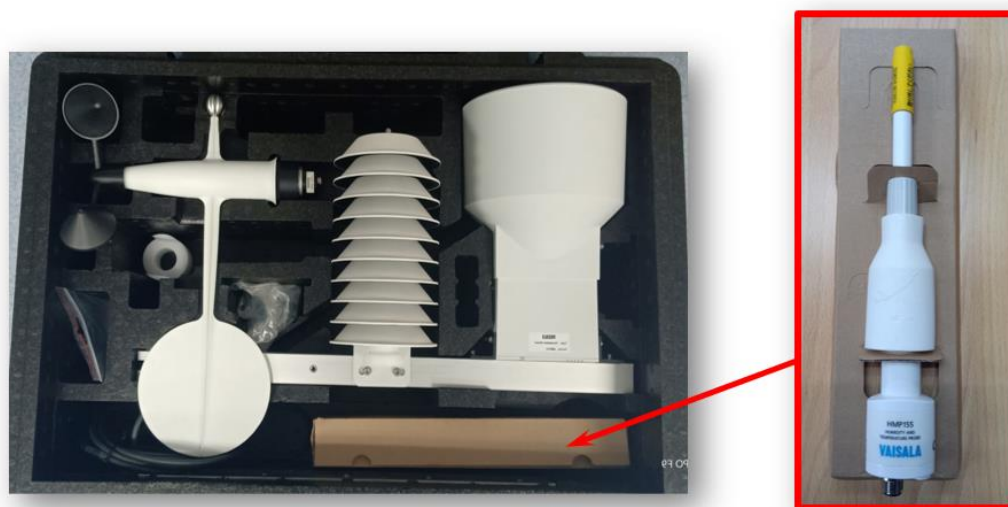
๒.๒ นำชุดแขนรองรับเครื่องวัดประกอบเข้ากับชุดขาตั้ง จากนั้นหมุนสกรูให้แน่น



รูปที่ ๓๒ การประกอบชุดแขนรองรับเครื่องวัดเข้ากับชุดขาตั้ง

๓. การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (HMP155) มีขั้นตอนดังนี้

๓.๑ นำเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ออกจากกระป๋องและกล่องอย่างระมัดระวัง



รูปที่ ๓๓ ชุดเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

๓.๒ คลายตัวล็อคเครื่องวัดออกจากอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์



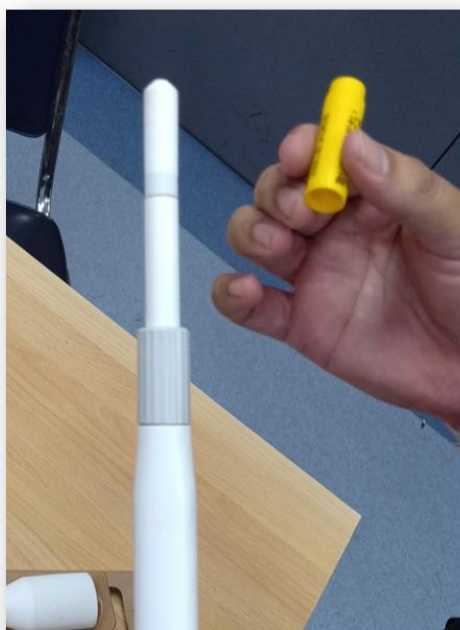
รูปที่ ๓๔ ตัวล็อคเครื่องวัดที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์

๓.๓ นำอุปกรณ์กันระยะห่างเครื่องวัด และอุปกรณ์ล็อคเครื่องวัด สวมเข้าไปที่เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ดังรูปที่ ๓๕



รูปที่ ๓๕ อุปกรณ์ล็อคเครื่องวัด และอุปกรณ์กันระยะห่าง
ที่สวมเข้าไปที่เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

๓.๔ ดึงปลอกหุ้มสีเหลืองที่ส่วนหัวของเครื่องวัดออก



รูปที่ ๓๖ ปลอกหุ้มเครื่องวัด

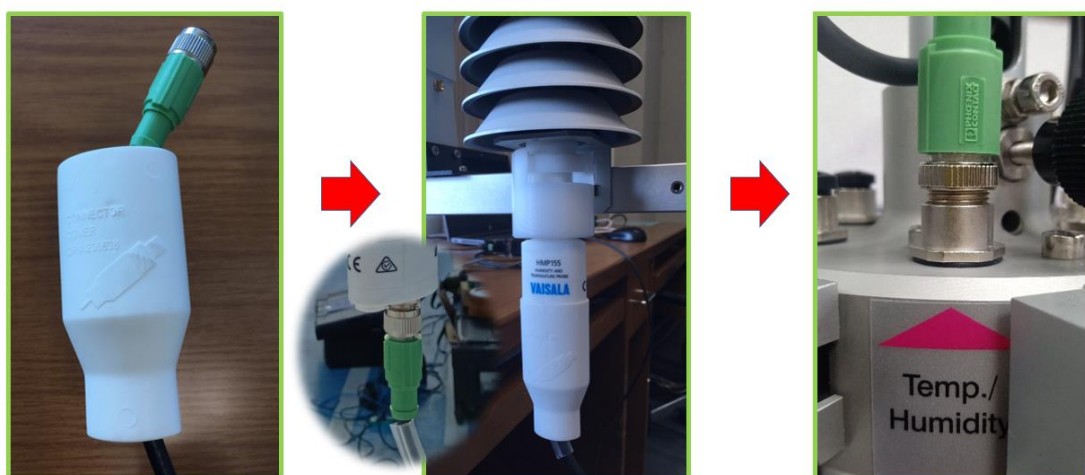
*** ห้ามมิให้มือสัมผัสโดนส่วนหัวของเครื่องวัด และ เก็บปลอกหุ้มไว้ในกล่องเสมอ**

๓.๕ นำตัวเครื่องวัดสอดเข้าไปในอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ จากนั้นให้หมุนตัวล็อกและตัวเครื่องวัดพร้อมกันจนแน่นพอประมาณ



รูปที่ ๓๗ การติดตั้งเครื่องวัดกับอุปกรณ์ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์

๓.๖ เชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับชุดอุปกรณ์ประมวลผล ซึ่งสายสัญญาณสำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ส่งโดยตรงขั้วต่อจะมีสีเขียว โดยนำขั้วต่อด้านหนึ่งสอดเข้าไปยังอุปกรณ์ครอบสายแล้วต่อเข้ากับเครื่องวัด และขั้วต่ออีกด้านหนึ่งให้ต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์ประมวลผลในตำแหน่ง Temp./Humidity จากนั้นหมุนเกลียวเพื่อล็อก ดังรูปที่ ๓๘



รูปที่ ๓๘ การต่อสายสัญญาณสำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

๔. การเชื่อมต่อเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (QMR101) ซึ่งเซ็นเซอร์นี้จะติดตั้งอยู่กับชุดแขนเซ็นเซอร์อยู่แล้ว

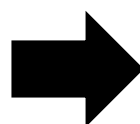
ให้นำหัวคอนเน็คเตอร์ที่ต่อออกจากตัวเซ็นเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะหลุดออกมาจากแขนของชุดเซ็นเซอร์สแตชันมาเสียบให้ตรงตำแหน่ง **Rain** ของชุดดาต้าล็อกเกอร์ แล้วหมุนเกลียวเพื่อล็อก



๕. การต่อสายสัญญาณชุดเซ็นเซอร์วัดทิศทางและความเร็วลม ให้นำหัวคอนเน็คเตอร์ที่ต่อออกจากตัวเซ็นเซอร์วัดลม ซึ่งจะหลุดออกมาจากแกนอลูมิเนียมมาเสียบให้ตรงตำแหน่ง **Wind** ของชุดดาต้าล็อกเกอร์ แล้วหมุนเกลียวเพื่อล็อก



๖. เมื่อทำการต่อสายสัญญาณของเซ็นเซอร์และแหล่งจ่ายเรียบร้อยแล้ว ต่อไปให้ทำการติดตั้งถ้วยยางสีดำที่ติดอยู่กับแกนอลูมิเนียมชุดเซ็นเซอร์วัดลม ลงมาครอบตรงส่วนที่ได้ทำการต่อสายสัญญาณเซ็นเซอร์ไว้ ดังภาพ



การใช้งานเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS - 310

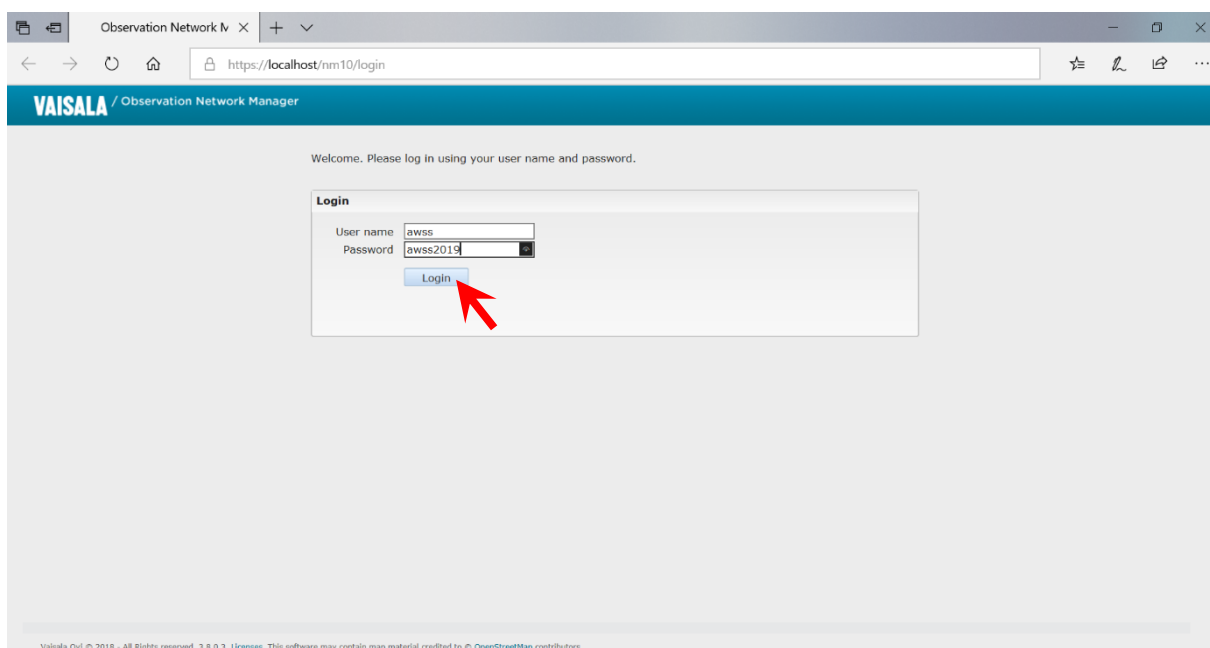
๑. การใช้งานโปรแกรม Vaisala Observation Network Manager (NM10)

๑.๑ ไปที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ แล้วเลือกไอคอนโปรแกรม NM10 ที่อยู่มุมด้านบนทางขวามือ



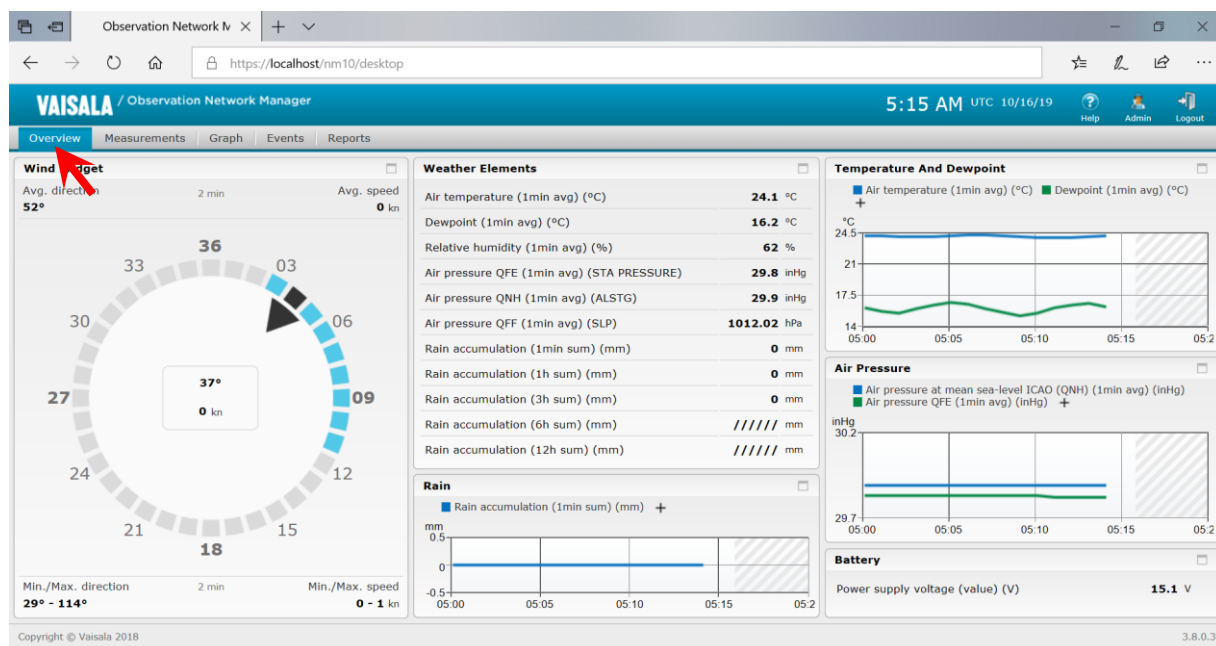
๑.๒ ทำการพิมพ์ ชื่อผู้ใช้ (User name) และรหัสผ่าน (Password) ดังนี้

- User name : awss
- Password : awss2019

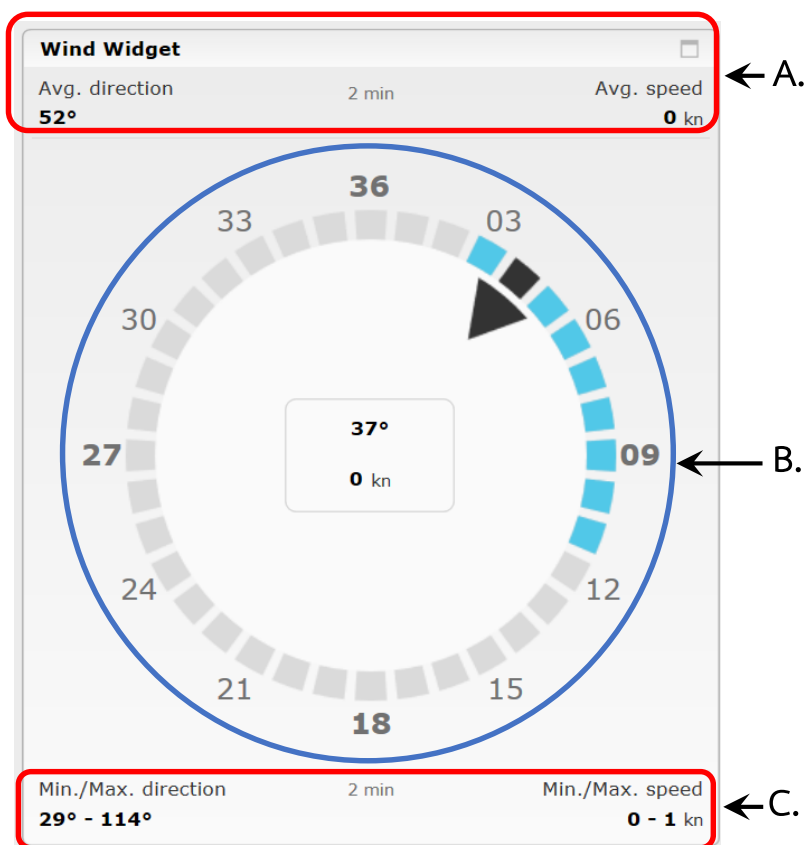


๑.๓ เมื่อกด Login จะปรากฏหน้าต่าง (Overview) แสดงข้อมูลที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานในการ

ให้บริการข่าวอากาศ ซึ่งไม่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ โดยจะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้



๑.๓.๑ ลมผิวพื้น (Winds)



A. ทิศทางและความเร็วลมโดยเฉลี่ย (ภายใน ๒ นาที)

B. ทิศทางและความเร็วลมปัจจุบัน (ทุก ๆ ๑ นาที)

C. ทิศทางและความเร็วลมที่ต่ำสุดถึงสูงสุด (ภายใน ๒ นาที)

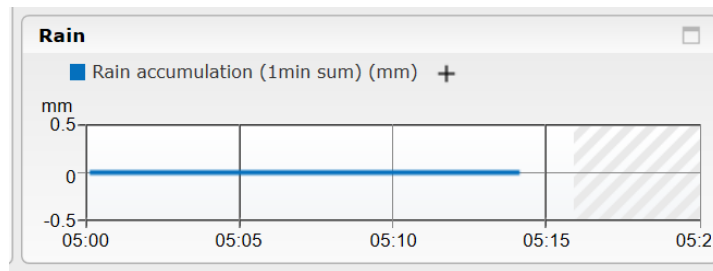
๑.๓.๒ สารประกอบข้อมูลสภาพอากาศ (Weather Elements)

Weather Elements		
Air temperature (1min avg) (°C)	24.1	°C
Dewpoint (1min avg) (°C)	16.2	°C
Relative humidity (1min avg) (%)	62	%
Air pressure QFE (1min avg) (STA PRESSURE)	29.8	inHg
Air pressure QNH (1min avg) (ALSTG)	29.9	inHg
Air pressure QFF (1min avg) (SLP)	1012.02	hPa
Rain accumulation (1min sum) (mm)	0	mm
Rain accumulation (1h sum) (mm)	0	mm
Rain accumulation (3h sum) (mm)	0	mm
Rain accumulation (6h sum) (mm)	/////	mm
Rain accumulation (12h sum) (mm)	/////	mm

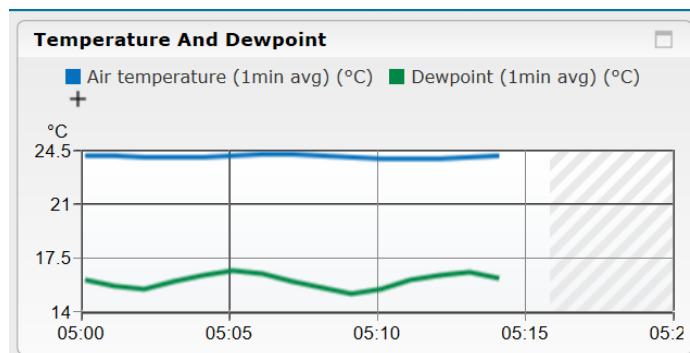
a.
b.
c.
d.
e.
f.
g.
h.
i.
j.
k.

- อุณหภูมิ
- อุณหภูมิจุดน้ำค้าง
- ความชื้นสัมพัทธ์
- ความกดอากาศที่สถานี มีหน่วยเป็น (inHg) โดยจะรายงานทศนิยม ๑ ตำแหน่ง ในการรายงานข่าวอากาศแนะนำให้ใช้กราฟความกดอากาศ ซึ่งจะรายงานทศนิยม ๒ ตำแหน่ง (ตามข้อ ๑.๓.๕)
- ความกดอากาศที่หักค่าลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีหน่วยเป็น (inHg) โดยจะรายงานทศนิยม ๑ ตำแหน่ง ในการรายงานข่าวอากาศแนะนำให้ใช้กราฟความกดอากาศ ซึ่งจะรายงานทศนิยม ๒ ตำแหน่ง (ตามข้อ ๑.๓.๕)
- ความกดอากาศที่หักค่าลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีหน่วยเป็น (hPa)
- ปริมาณน้ำฝนรวม ๑ นาที
- ปริมาณน้ำฝนรวม ๑ ชั่วโมง
- ปริมาณน้ำฝนรวม ๓ ชั่วโมง
- ปริมาณน้ำฝนรวม ๖ ชั่วโมง
- ปริมาณน้ำฝนรวม ๑๒ ชั่วโมง

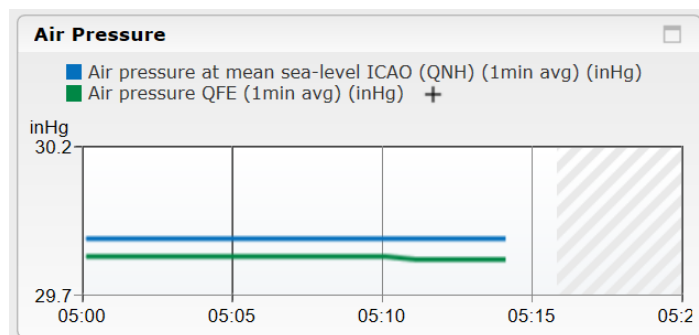
๑.๓.๓ กราฟปริมาณน้ำฝนใน 1 นาที (Rain)



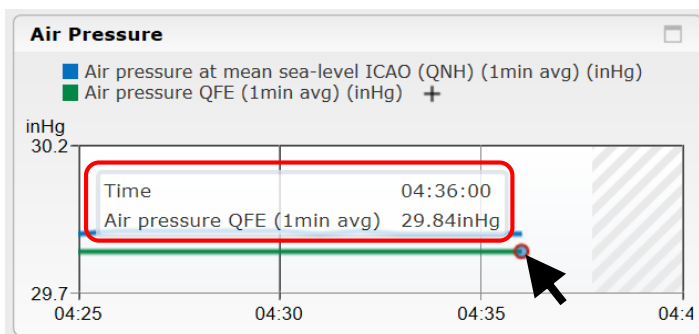
๑.๓.๔ กราฟเปรียบเทียบ อุณหภูมิ กับ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Temperature And Dewpoint)



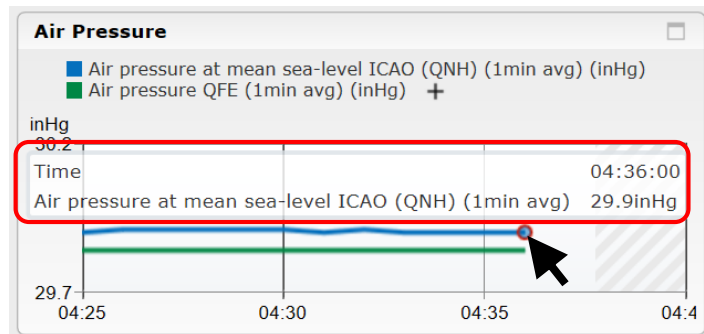
๑.๓.๕ การแสดงการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ (Air Pressure)



- เมื่อต้องการค่าความกดอากาศปัจจุบันเป็นตัวเลขและทศนิยม ๒ ตำแหน่ง ให้นำลูกศรไปชี้ที่ปลายสุดด้านขวาของกราฟ

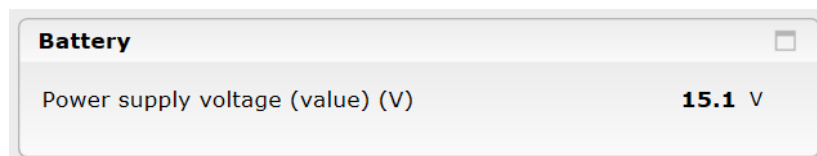


- หากทศนิยมตำแหน่งที่ ๒ มีค่าเป็น ๐ จะแสดงทศนิยมเพียงตำแหน่งเดียว เช่น 29.90 จะแสดงเป็น 29.9inHg เป็นต้น



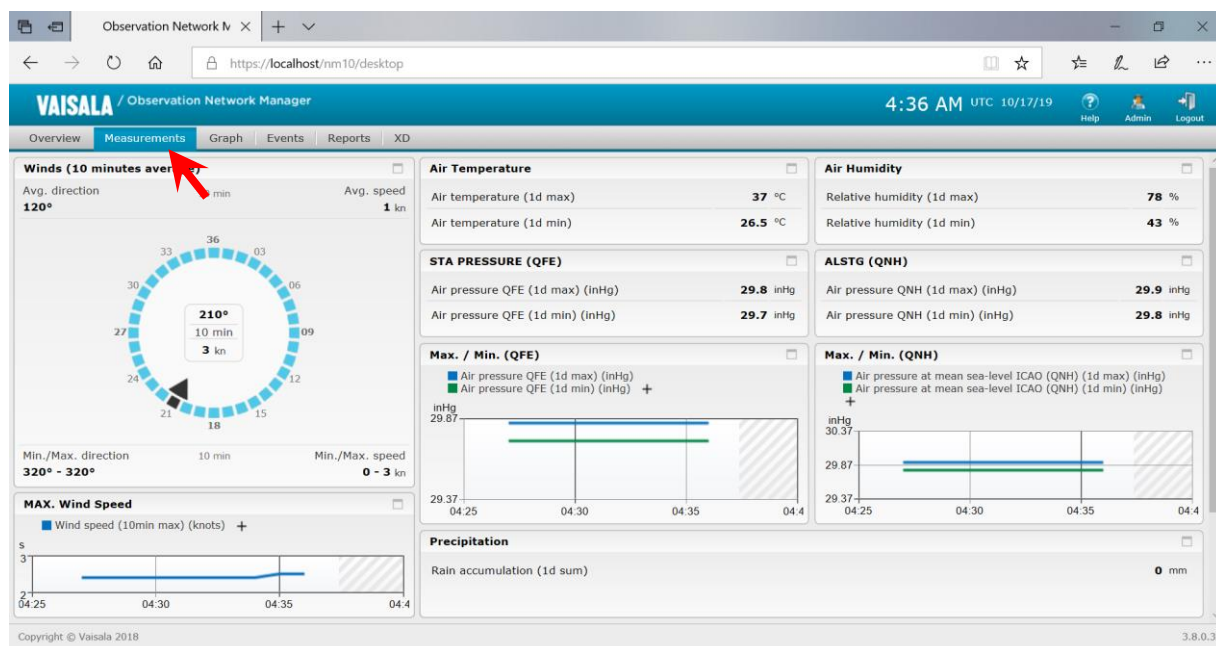
๑.๓.๖ แสดงพลังงานแบตเตอรี่ (Battery)

ในเวลากลางวันแบตเตอรี่จะได้รับพลังงานประจุไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (solar panel)

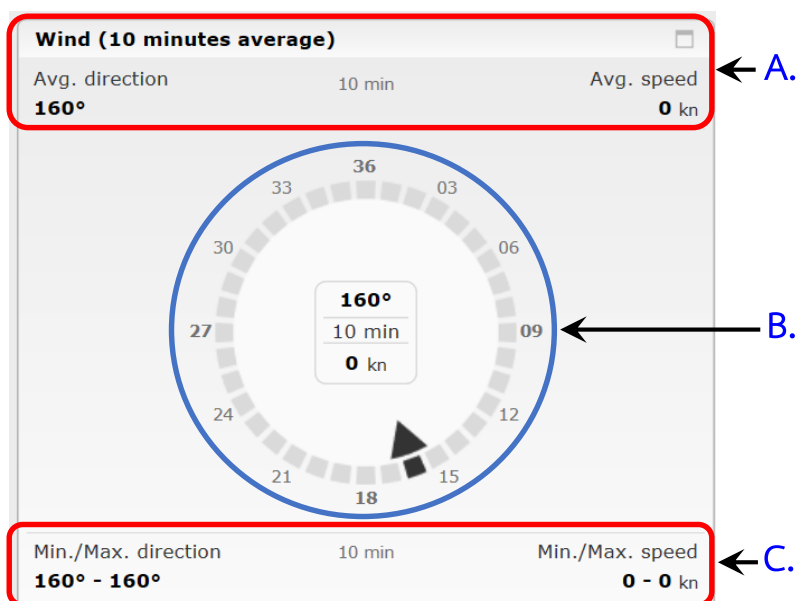


- พลังงานแบตเตอรี่ไม่ควรต่ำกว่า ๑๒ โวลต์ (12 V) และหากต่ำกว่า ๑๑.๕ โวลต์ (11.5 V) เครื่องมือตรวจอากาศอัตโนมัติจะไม่สามารถทำงานได้
- แบตเตอรี่ที่ถูกบรรจุเต็มแล้ว หากมีเหตุทำให้ไม่สามารถบรรจุไฟได้อีก จะยังสามารถใช้งานได้นานประมาณ ๗ วัน
- สามารถเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป (220 VAC) ได้ และจะแสดงพลังงานแบตเตอรี่เป็น ๑๕.๑ โวลต์ (15.1 V) ขณะที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

๑.๔ เลือก Measurements เมื่อต้องการดูข้อมูลรูปแบบอื่น ๆ ดังนี้



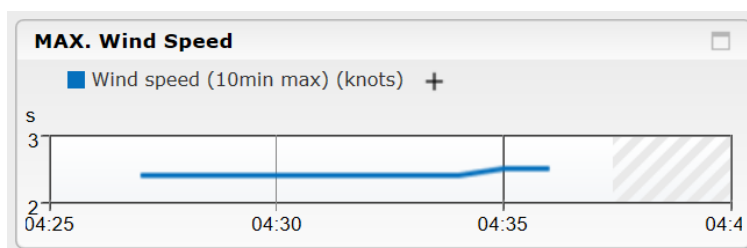
๑.๔.๑ ทิศทางและความเร็วลมผิวพื้น ๑๐ นาที [Winds (10 minutes average)]



- A. ทิศทางและความเร็วลมโดยเฉลี่ย (ภายใน ๑๐ นาที)
- B. ทิศทางลมกระโชกและความเร็วลมสูงสุด (ภายใน ๑๐ นาที)
- C. ทิศทางและความเร็วลมที่ต่ำสุดถึงสูงสุด (ภายใน ๑๐ นาที)

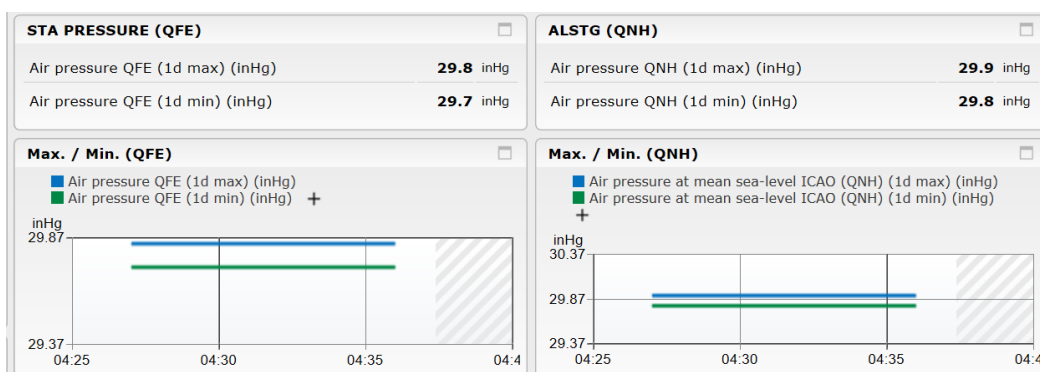
* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานลมกระโชก (Gust Wind) ได้

๑.๔.๒ กราฟความเร็วลมสูงสุดใน ๑๐ นาที (Max. Wind Speed)



* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานลมกระโชก (Gust Wind) ได้

๑.๔.๓ ความกดอากาศสูงสุดและต่ำสุดใน ๑ วัน (Air Pressure)



* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานประจำวันได้ (Summary of the day)

๑.๔.๔ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดใน ๑ วัน (Air Temperature)



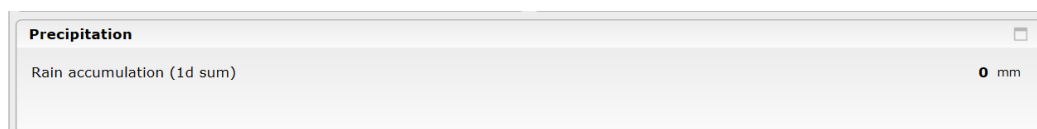
* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานประจำวันได้ (Summary of the day)

๑.๔.๕ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุดใน ๑ วัน



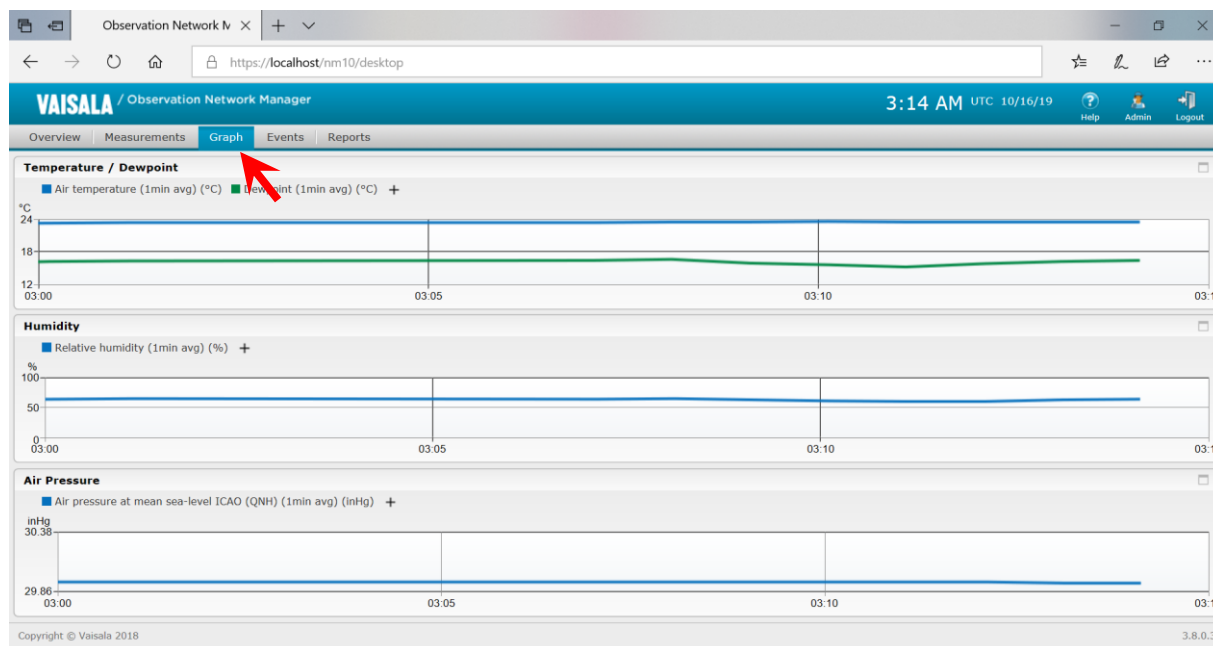
* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานประจำวันได้ (Summary of the day)

๑.๔.๖ ปริมาณน้ำฝน ใน ๑ วัน

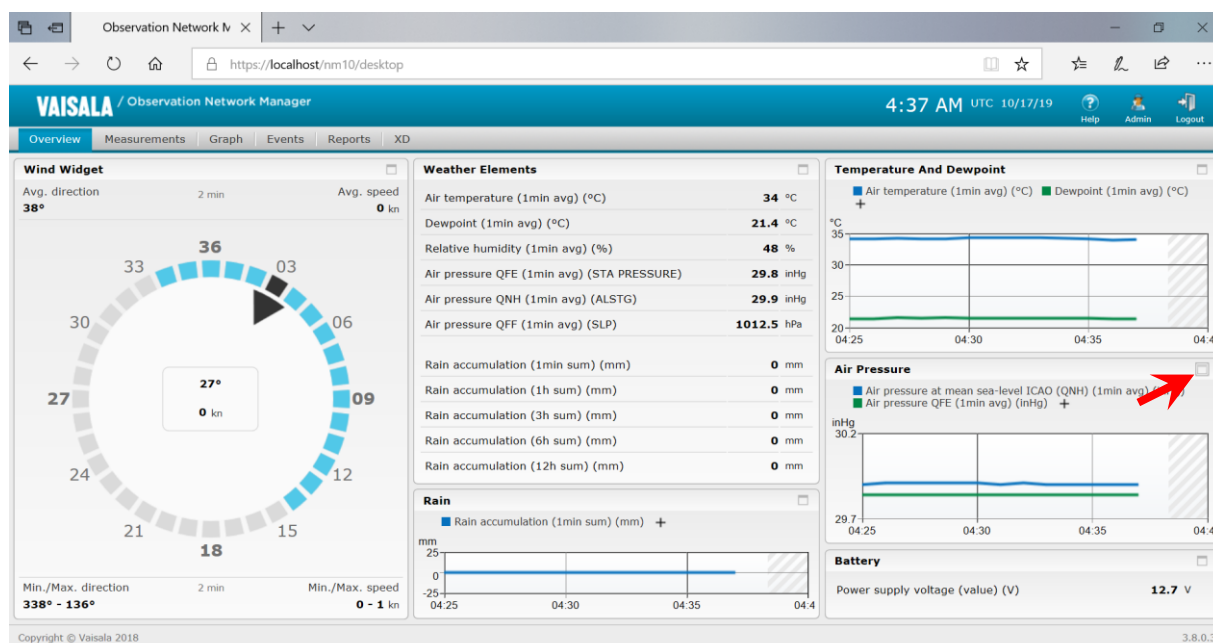


* สามารถใช้เป็นข้อมูลรายงานประจำวันได้ (Summary of the day)

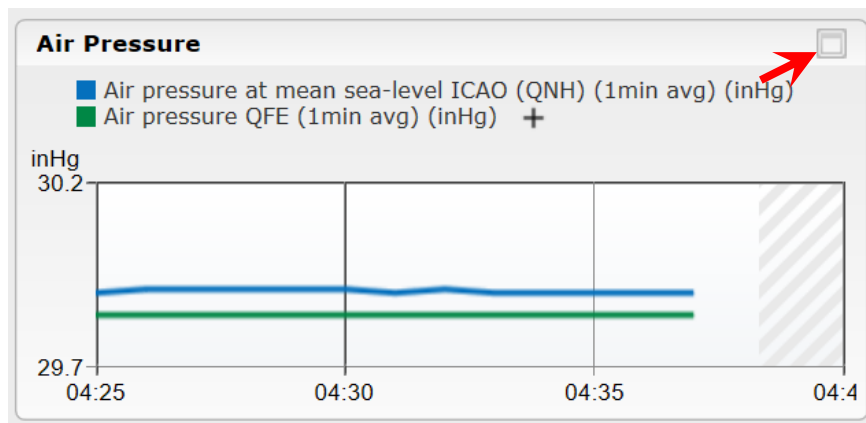
๑.๕ เลือก Graph เมื่อต้องการดูข้อมูลในรูปแบบของกราฟเส้น



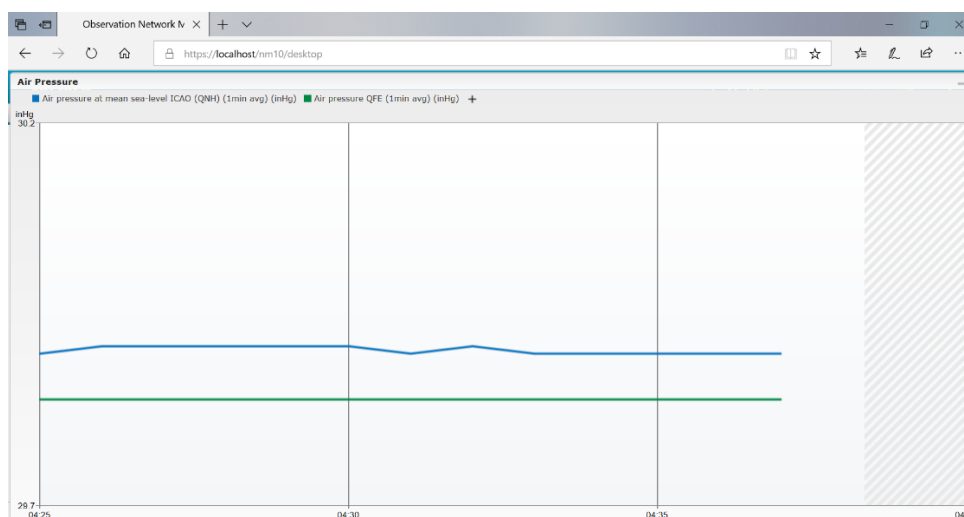
๑.๖ เมื่อต้องการขยายแต่ละกรอบข้อมูลให้เต็มจอ สามารถทำได้ ดังนี้



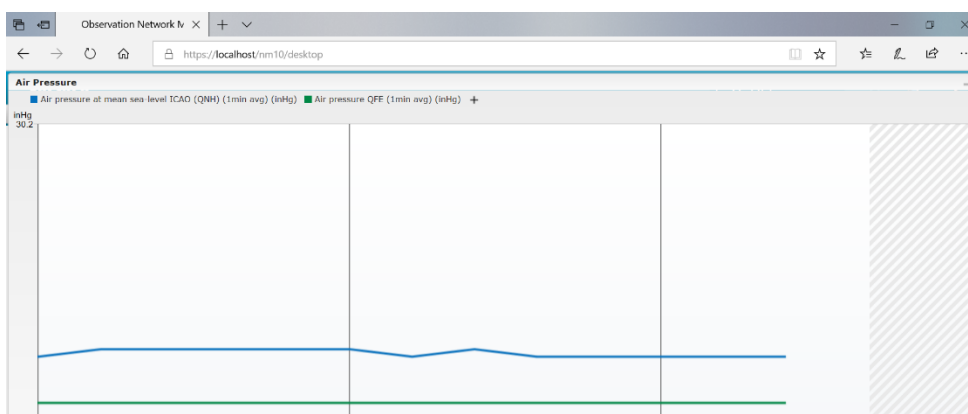
๑.๖.๑ เลือกกรอบข้อมูลที่ต้องการขยาย แล้วกดไปที่รูปสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านบนทางขวามือของกรอบข้อมูล



๑.๖.๒ เมื่อกดไปที่รูปสี่เหลี่ยมแล้วกรอบข้อมูลนั้นจะถูกขยายให้เต็มหน้าจอ

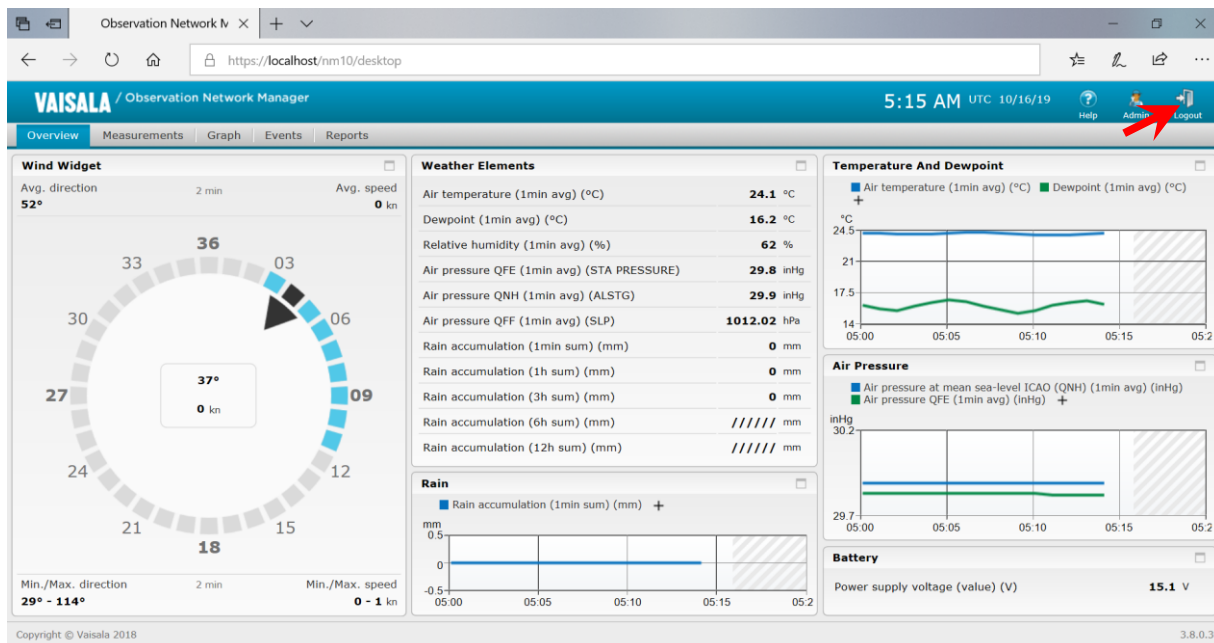


๑.๖.๓ เมื่อต้องการนำกรอบข้อมูลสู่หน้าหลัก (Overview) ตามเดิมให้กดตรงเครื่องหมายลบที่อยู่ด้านบนทางขวามือของกรอบข้อมูล



๑.๗ วิธีปิดโปรแกรม NM10 ที่ถูกต้องให้กระทำได้ดังนี้

๑.๗.๑ ออกจากระบบ (Logout) ก่อนทุกครั้ง



๑.๗.๒ เมื่อทำการออกจากโปรแกรมแล้วจะกลับไปสู่หน้า Login แล้วจึงกด X เพื่อปิด

หน้าต่าง

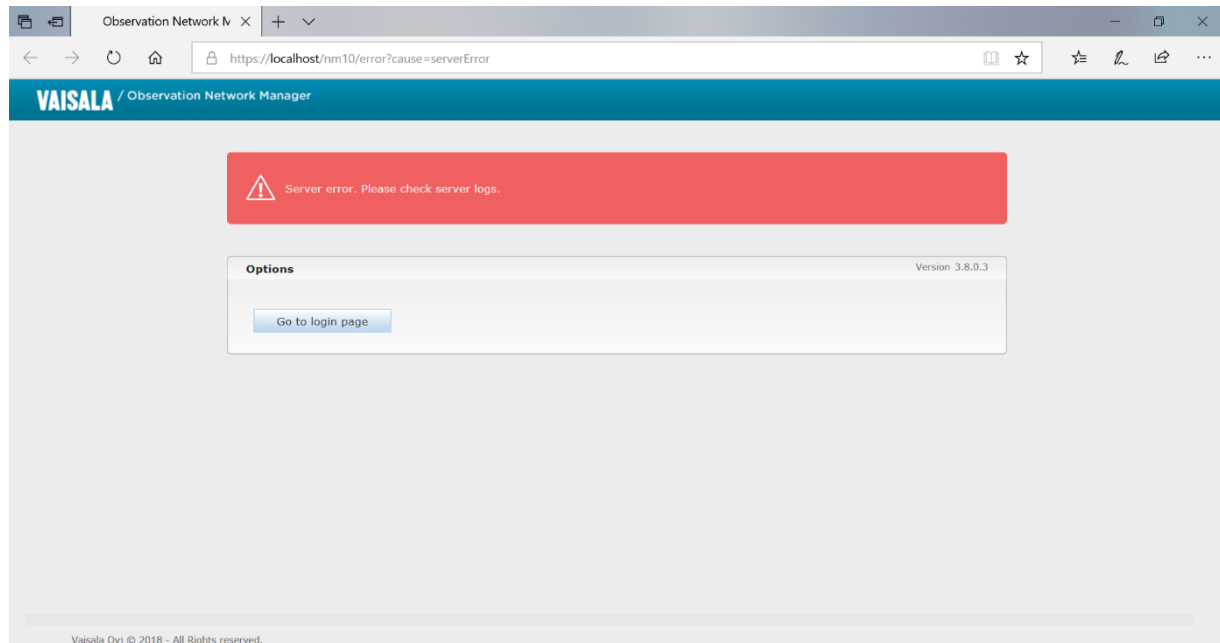
โปรแกรม NM10

The screenshot shows the Vaisala Observation Network Manager login page. The page has a blue header with the Vaisala logo and 'Observation Network Manager'. Below the header, there is a 'Welcome. Please log in using your user name and password.' message. A 'Login' form is displayed with two input fields: 'User name' containing 'awss' and 'Password' containing 'awss2019'. A 'Login' button is located below the password field. A red arrow points to the 'X' button in the top right corner of the application window.

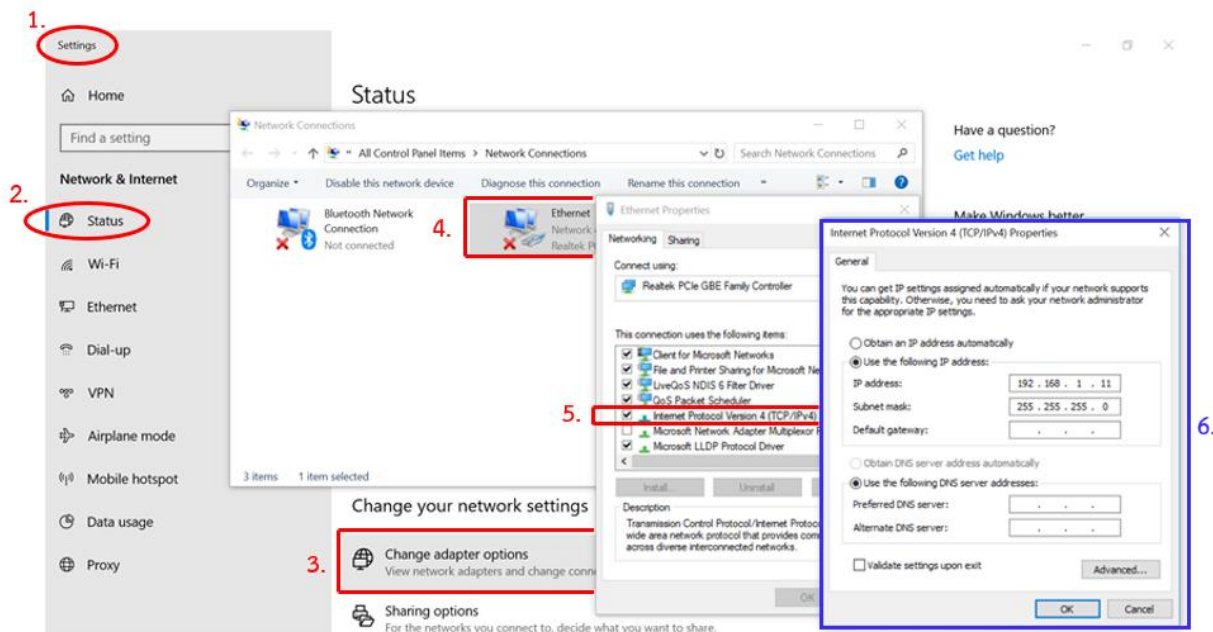
๒. การแก้ไขปัญหาการใช้งานเบื้องต้น

๒.๑ เข้าสู่ระบบ NM10 ไม่สมบูรณ์

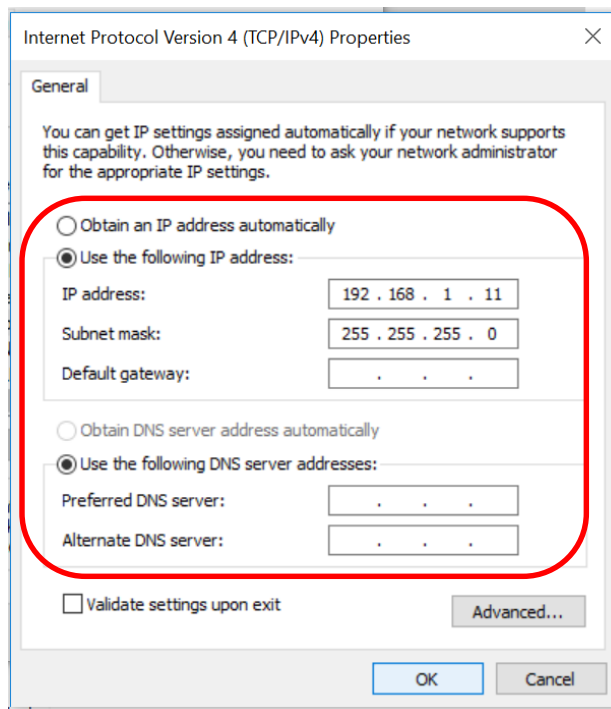
เมื่อทำการ Login ด้วยชื่อผู้ใช้ (User name) และรหัสผ่าน (Password) ถูกต้องแล้ว แต่ไม่สามารถเข้าสู่โปรแกรมได้อย่างสมบูรณ์ ให้ปฏิบัติดังนี้



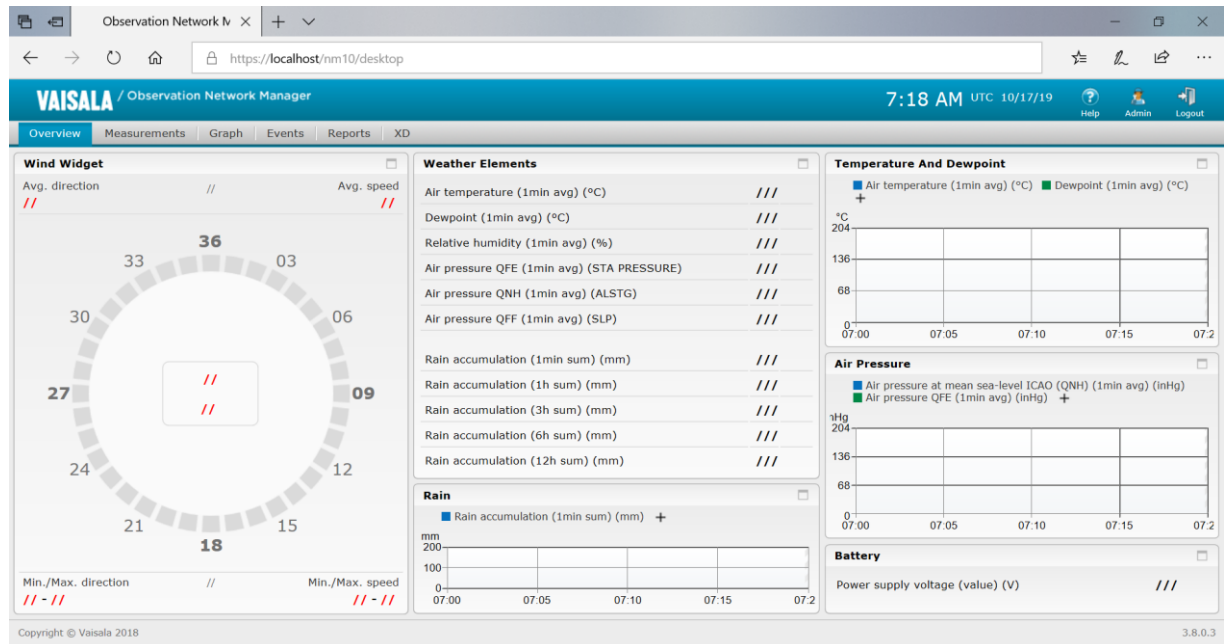
๒.๑.๑ ตรวจสอบ IP address ว่าถูกต้องหรือไม่



๒.๑.๒ หากไม่ถูกต้อง แก้ไขให้ถูกต้อง และตั้งค่าตามรูปด้านล่าง



๒.๒ โปรแกรม NM10 ไม่แสดงข้อมูลผลการตรวจอากาศ



๒.๒.๑ โปรแกรมฯ ไม่แสดงข้อมูลทั้งหมด (///) ให้ทำการตรวจเช็คสวิทช์ สถานะแบตเตอรี่ และปลั๊กไฟ รวมไปถึงจุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องมือตรวจอากาศฯ จนถึงคอมพิวเตอร์ (Notebook)

- สวิทช์ และสถานะแบตเตอรี่



- จุดเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูล

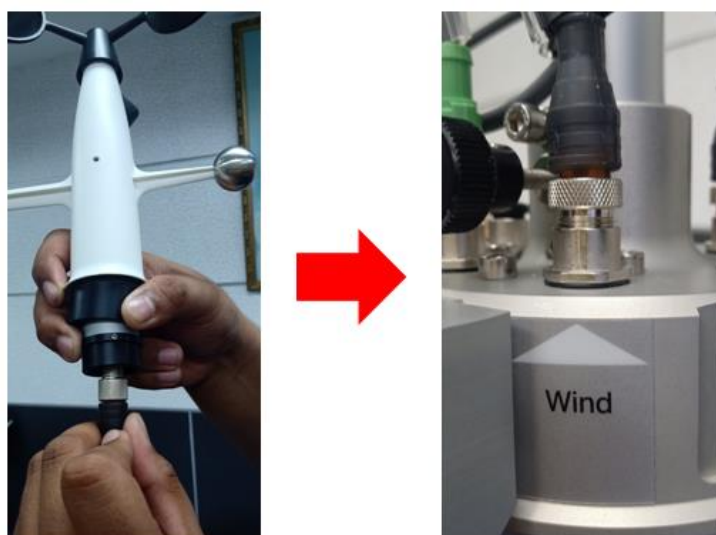


- ไฟเลี้ยงกล่อง MOXA



๒.๒.๒ หากโปรแกรมฯ ไม่แสดงข้อมูลบางส่วน (///) ให้ทำการตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสัญญาณของเครื่องวัด (Sensor) นั้น ๆ

ตัวอย่าง เช่น หากข้อมูลทิศทางและความเร็วลมไม่แสดง ให้ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อของเครื่องวัดทิศทางและความเร็วลม (Wind Sensor) เป็นต้น



เว้นแต่เครื่องวัดความกดอากาศ (Pressure Sensor) หรือ เมื่อตรวจสอบจุดเชื่อมต่อนั้น ๆ แล้วปรากฏว่าเรียบร้อยดีแต่ยังคงไม่แสดงข้อมูล ให้ติดต่อ แผนกเครื่องมือตรวจอากาศ กขอ.คปอ. เพื่อซ่อมบำรุงตามขั้นตอนต่อไป

๒.๓ พลังงานแบตเตอรี่ต่ำกว่า ๑๒ โวลต์ (12 V)

ให้ทำการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (220 VAC) ทันที

Battery	
Power supply voltage (value) (V)	11.8 V

ขณะต่อกับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (220 VAC) จะแสดงพลังงานแบตเตอรี่เป็น ๑๕.๑ โวลต์ (15.1 V)

Battery	
Power supply voltage (value) (V)	15.1 V

หากพบว่ามีแสงแดดจ้า แต่พลังงานแบตเตอรี่ยังมีค่าต่ำกว่า ๑๒ โวลต์ (12 V) ให้ติดต่อแผนกเครื่องเมื่อตรวจอากาศ กขอ.คปอ. เพื่อซ่อมบำรุงตามขั้นตอนต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- คู่มือ WMO.8 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation
- Geodetic System 1984 (WGS-84) Earth Geodetic Model 1996 (EGM96)
- ICAO Doc 8896, *Manual of Aeronautical Meteorological Practice* Ninth edition 2011
- NECTEC's Lexitron Dictionary
- Instrument Development Inquiry (Instruments and Observing Report No. 24, WMO/TD-No.231)
- คู่มือ การใช้งานสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS-310
- คู่มือ การติดตั้งใช้งานสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ AWS-310

แผนกเครื่องมือตรวจอากาศ
กองข่าวอากาศ คปอ.
(ปรับปรุง ปี ๖๕)