

**บทที่ 1**  
**การตรวจลมชั้นบน**  
**(PILOT BALLOON OBSERVATION : PIBAL)**

เนื่องจากการตรวจอากาศผิวพื้นนั้น ยังไม่เป็นการเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ข่าวอากาศ เพื่อให้ได้ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ในบรรยากาศ และทำให้การพยากรณ์อากาศนั้นมีความแม่นยำมากขึ้น จึงต้องมีการตรวจลมชั้นบนวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 0000UTC และเวลา 1200UTC หรือทุกๆ 12 ชั่วโมง แต่เพื่อจะให้การตรวจอากาศละเอียดยิ่งขึ้นในหนึ่งวัน อาจจะตรวจลมชั้นบนเป็น 4 ครั้ง โดยทำการเพิ่มในเวลามาตรฐานเมืองกรีนิชอีกด้วย ในประเทศไทยเรามีสถานีตรวจอากาศเป็นบางสถานีเท่านั้นที่จะทำการตรวจลมชั้นบน โดยการรายงานออกมาเป็นความกดอากาศ, อุณหภูมิ และความชื้นของบรรยากาศในระดับสูงมากที่สุดเท่าที่เครื่องมือจะสามารถรายงานได้ การรายงานข่าวอากาศดังกล่าวจะช่วยให้การพยากรณ์อากาศมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 ถึงเมื่อต้นปี ค.ศ.1930 ได้มีการสร้างวาวพิเศษขึ้นโดยได้มีการติดเครื่องมือตรวจอากาศขึ้นไปด้วย ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวจะบันทึก ความกดอากาศ, อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศไว้ ซึ่งเป็นรากฐานของการตรวจอากาศชั้นบน อย่างไรก็ตามในราวกลางปี ค.ศ.1930 ได้มีการใช้เครื่องบินแทนวาว โดยติดตั้งเครื่องมือบันทึกผลของการตรวจอากาศไว้บนเครื่องบิน และผลของการตรวจอากาศนี้จะถึงมือผู้ใช้เมื่อเครื่องบินลงสนามบินแล้ว การบินตรวจอากาศแบบนี้เรียกว่า APOBS (Airplane Observation) จนกระทั่งทุกวันนี้ APOBS ก็ยังเป็นประโยชน์อย่างมาก ในการตรวจอากาศชั้นบนไม่สามารถทำการตรวจในขณะที่มีพายุหมุนเขตร้อน (ไต้ฝุ่น) หรือลักษณะอากาศที่รุนแรงอื่นๆ ที่บัลลูนไม่สามารถจะทะลุผ่านขึ้นไปได้ เนื่องจากข้อมูลข่าวอากาศต่างๆ ที่ได้มานั้น เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานด้านอุตุนิยมวิทยาเท่านั้นเป็นผู้เกี่ยวข้องโดยตรง จึงไม่จำเป็นสำหรับนักบินที่จะต้องทราบรายละเอียด แต่ถ้านักบินต้องการทราบรายละเอียดให้ติดต่อได้ที่สถานีตรวจอากาศนั้นๆ เพื่อใช้ในการบินทุกครั้ง การตรวจอากาศชั้นบนทำการตรวจเพื่อให้ได้ค่าทิศทางและความเร็วลมเหนือสถานีตรวจอากาศนั้น โดยมีชนิดของการตรวจลมชั้นบน และตรวจอากาศชั้นบน (WIND ALOFT OBSERVATION AND UPPER AIR OBSERVATION) ซึ่งแบ่งตามวิธีการดังนี้

1. การใช้วิทยุหึ่งอากาศ (RADIO SOUNDING OBSERVATION : RAOB)
2. การตรวจลมชั้นบนด้วยเรดาร์ (RADAR WIND OBSERVATION : RAWIN)
3. การใช้วิทยุหึ่งอากาศและเรดาร์ตรวจลมชั้นบน (RADIO AND WIND SOUNDING : RAWINSONDE)
4. การตรวจลมชั้นบน (PILOT BALLOON OBSERVATION : PIBAL)

**1. การใช้วิทยุหึ่งอากาศ (RADIO SOUNDING OBSERVATION : RAOB)** เป็นการตรวจอากาศชั้นบนโดยใช้บัลลูนซึ่งภายในบรรจุแก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียม ซึ่งจะได้ค่าความกดอากาศเป็นเฮกโตปาสกาล, อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส, ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยมีกล่องเครื่องมือซึ่งเป็นเครื่องส่ง วิทยุส่งติดตามไปขึ้นไปด้วย และจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุรายงานสารประกอบต่างๆ ลงมายังสถานีภาคพื้นดินซึ่งจะแปลงสัญญาณค่าวิทยุออกมาเป็นค่าอุณหภูมิ, ความกดอากาศ และความชื้นในระดับนั้นๆ และมีร่มชูชีพเล็กๆ ไว้สำหรับกางเพื่อชะลอความเร็วของกล่องเครื่องมือภายหลังลูกบัลลูนแตก เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิต และทรัพย์สินเมื่อบัลลูนตกลงสู่พื้นดิน การใช้วิทยุหึ่งอากาศนั้นจะไม่มีค่าทิศทางและความเร็วลม จะได้เฉพาะอุณหภูมิ, ความกดอากาศ และความชื้นเท่านั้น ถ้าการติดตามการเคลื่อนที่ด้วยกล้อง THEODOLITE เช่นเดียวกับการตรวจแบบ PIBAL จะเรียกการตรวจชนิดนี้ว่า “RABAL” แต่จะมีความถูกต้องมากกว่าการตรวจ PIBAL เพราะเครื่องส่งวิทยุที่ผูกติดไปกับบัลลูนจะรายงานข้อมูลที่จะนำมาคำนวณหาตำแหน่งของบัลลูนให้ทราบทุกๆ 1 นาทีของการตรวจ

2. การตรวจลมชั้นบนด้วยเรดาร์ (RADAR WIND OBSERVATION : RAWIN) เป็นการตรวจลมชั้นบนโดยใช้เรดาร์ (RADAR) ติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูนที่ใช้ในกรณีที่มีเมฆมาก ขณะที่ทำการตรวจลมชั้นบนเพราะไม่สามารถมองเห็นบอลลูนได้ การตรวจลมชั้นบนด้วยวิธีนี้จะผูกโลหะติดไปกับบอลลูน แล้วใช้เรดาร์ติดตามการลอยตัวของบอลลูนแทนการใช้กล้อง THEODOLITE สำหรับข้อมูลที่ได้ คือ ค่าทิศทางและความเร็วลมในระดับต่างๆ

3. การใช้วิทยุหยั่งอากาศและเรดาร์ตรวจลมชั้นบน (RADIO AND WIND SOUNDING : RAWINSONDE) บางสถานีตรวจอากาศชั้นบนแบบ RAOB และใช้เรดาร์ติดตามการลอยตัวของบอลลูน และเครื่องส่งวิทยุ การตรวจอากาศแบบนี้จึงประกอบไปด้วยแบบ RAOB และ RAWIN เมื่อรวมกันแล้วจึงเรียกรวมการตรวจชนิดนี้ว่า “RAWINSONDE” การตรวจชนิดนี้จะได้ข้อมูลคือ ทิศทาง, ความเร็วลม, อุณหภูมิ, ความกดอากาศ และความชื้นในระดับความสูงต่างๆ จะทำการตรวจอากาศชั้นบนชนิดนี้วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 0000 UTC และเวลา 1200UTC เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายแพงมากในประเทศไทยจะมีสถานที่ตรวจทำการตรวจดังกล่าว 5 สถานี คือ เชียงใหม่, อุบลราชธานี, สงขลา, ภูเก็ต และกรุงเทพฯ



การตรวจอากาศชั้นบน แบบ “ RAWINSONDE ”

4. การตรวจลมชั้นบน (PILOT BALLOON OBSERVATION : PIBAL) จะตรวจได้โดยการใช้บอลลูนซึ่งบรรจุด้วยแก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียมแล้วปล่อยไปในอากาศโดยใช้กล้อง THEODOLITE ส่องติดตามการลอยตัวของลูกบอลลูน สำหรับกลางคืนจะติดดวงไฟดวงเล็กขึ้นไปด้วย การติดตามจะอ่านมุมภาคทิศ <Azimuth> และมุมจะตั้งฉากกับกล้อง THEODOLIT โดยอ่านทุกๆ 1 นาที เมื่อนำมาคำนวณจะได้ค่าของทิศทางและความเร็วลมในระบบต่างๆ การตรวจแบบ PIBAL นี้จะทำการตรวจวันละ 4 ครั้ง คือเวลา 0000, 0600, 1200 และ 1800UTC สถานีตรวจอากาศของ ทอ. ที่ทำการตรวจแบบ PIBAL นั้น ปัจจุบันมี 1 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศดอนเมือง ส่วนของกรมอุตุนิยมวิทยามีสถานีที่ทำการตรวจแบบ PIBAL ดังนี้ สถานีเชียงใหม่ (327), อุบลราชธานี (407), กรุงเทพฯ (456), สงขลา (568), ภูเก็ต(565) จะทำการตรวจเวลา 1800UTC สถานีอุดรธานี (354), พิษณุโลก (378), นครราชสีมา (431), สัตหีบ (477), จันทบุรี (480), ประจวบคีรีขันธ์ (500) และสุราษฎร์ธานี (551) จะทำการตรวจแบบ PIBAL ตามเวลาที่กำหนด เว้นแต่มีการเปลี่ยนแปลงตามนโยบายของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ และวิธีการตรวจแบบ PIBAL จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

## บทที่ 2

### เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้การตรวจลมชั้นบน

ในการตรวจลมชั้นบนของกองทัพอากาศนั้น ใช้วิธีการตรวจ PIBAL (PILOT BALLOON OBSERVATION) โดยการปล่อยบอลลูนซึ่งบรรจุด้วยก๊าซไฮโดรเจน หรือฮีเลียม ปล่อยไปในบรรยากาศแล้วติดตามการเคลื่อนที่ของลูกบอลลูนด้วยสายตาโดยส่องผ่านกล้อง THEODOLITE และบันทึกค่ามุมตั้งและมุมนอนในการเคลื่อนที่ทุกๆ 1 นาที ในกรณีการตรวจ PIBAL เวลากลางคืนจะผูกดวงไฟที่ใช้แบตเตอรี่เล็กๆ ติดไปกับบอลลูนด้วย เพื่อเป็นเป้าหมายในการติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูน จากการติดตามและบันทึกค่ามุมตั้งและมุมนอนในการเคลื่อนที่ทุกๆ 1 นาทีของบอลลูน โดยทราบค่าอัตราลอยตัวของบอลลูนโดยเฉลี่ยสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาคำนวณค่าทิศทางและความเร็วลมต่อไป

**1. การเลือกสถานที่สำหรับการตรวจ PIBAL (SELECTION OF PIBAL OBSERVATION SITE)** มีความจำเป็นอันดับแรกเนื่องจากจะทำให้ข้อมูลไม่ถูกต้องซึ่งมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- 1.1 ควรเป็นที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ ตึก อาคาร หรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ
- 1.2 ถ้ามีความจำเป็นจริงๆ สิ่งกีดขวางเหล่านั้นควรจะอยู่สูงไม่เกิน 6 องศา กับแนวราบและควรหลีกเลี่ยงที่จะอยู่ใกล้ปล่องไฟ เพราะควันจะปิดบังบอลลูนขณะทำการตรวจได้
- 1.3 ควรตั้งบนยอดตึกที่ราบเรียบ และสูงกว่าระดับสถานีไม่มากนัก
- 1.4 ที่ตั้งติดกล้อง Theodolite ควรจัดทำเป็นฐานถาวร ถ้าหากตำแหน่งนั้นๆ จะใช้เป็นที่ตรวจ PIBAL เป็นประจำ

1.5 ในกรณีใช้ฐานสนาม (สามขา) ควรตั้งบนพื้นดินที่แข็งและควรทำเครื่องหมายหรือที่ยึดสำหรับขาของฐานชุดสนามเพื่อป้องกันการล้ม หรือถ้าไม่มีที่ยึดควรใช้ด้วยความระมัดระวังในการติดตั้งกล้องและในขณะปฏิบัติงาน

1.6 สถานที่ตั้งจะต้องทราบค่า Latitude และ Longitude ของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศนั้นๆ

### 2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจ PIBAL มีดังนี้

2.1 กล้อง THEODOLITE ที่ใช้เพื่อตรวจลมชั้นบนของสถานีบนบกนั้น ส่วนประกอบภายในก็คล้ายกล้องที่นักสำรวจใช้กันอยู่ แต่มีบางส่วนที่ปรับปรุงเพื่อใช้ในการตรวจ PIBAL โดยเฉพาะ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1.1 TELESCOPE ลักษณะเหมือนกล้องที่ใช้สำรวจทั่วไป แต่สามารถปรับโฟกัสตามสายตาของผู้ตรวจ และระยะทางของสายตา มีเลนส์สำหรับมอง 2 เลนส์ อันแรกมองเห็นครอบคลุมพื้นที่ แคบแต่ไกล ส่วนเลนส์อีกอันสามารถมองเห็นครอบคลุมพื้นที่กว้างแต่ใกล้



กล้อง THEODOLITE

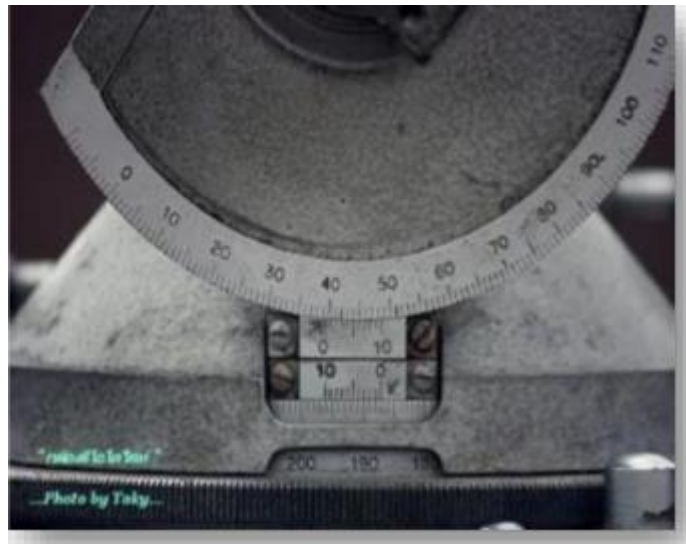


TELESCOPE

2.1.2 มุมตั้งและมุมนอน (Vertical and Horizontal circles) หรือมุมก้ม มุมเงย และมุมนอน (Elevation Angle and Azimuth Angle) จะเป็นดังนี้

ก. สเกลมุมตั้ง 0-180 องศา

ข. สเกลแบบมุมนอน 0-360 องศา การอ่านค่ามุมจะอ่านเป็นจำนวนเต็ม และจุดทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยดูจาก Micrometer Drums



2.1.3 ระดับน้ำและเข็มทิศ ระดับน้ำมีไว้เพื่อปรับให้กล้อง THEODOLITE ให้ได้แนวระดับในกรณีใช้ฐานสนาม (สามขา) ส่วนเข็มทิศที่มีไว้เพื่อหาทิศเหนือจริง (TRUE NORTH) เพื่อความสะดวกในการตั้งกล้อง โดยใช้เข็มทิศหาเป้าหมายนั้นเป็นหลัก

2.1.4 แบตเตอรี่และหลอดไฟ จะใช้เมื่อตรวจ PIBAL เวลากลางคืนเพื่อให้อ่านค่ามุมตั้งและมุมนอน

2.2 บัลลูน (BALLOON) ที่ใช้สำหรับการตรวจจะมีรูปร่างกลมๆ ทำด้วยยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์มีหลายสี โดยมีสีใช้ดังนี้

ถ้าขณะที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนแต่มีหมอกแดด ฝุ่นและควัน จะใช้บัลลูนสีขาวเพราะทำให้มองเห็นได้นานกว่าสีอื่นๆ



2.2.1 บัลลูนสีขาว (WHITE BALLOON) จะใช้ในโอกาสที่ท้องฟ้าโปร่งแจ่มใส (CLEAR SKY) หรือมีหมอกและฟ้าหลัวบ้าง เพราะบอลลูนสีขาวเมื่อลอยขึ้นไปจะสะท้อนแสงอาทิตย์ ทำให้เห็นชัดเจน

2.2.2 บัลลูนสีแดง (RED BALLOON) จะใช้ในโอกาสที่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน โดยมากเหมาะสมกับอากาศประเทศไทย ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงโดยฉับพลัน

2.2.3 บัลลูนสีดำ (BLACK BALLOON) จะใช้ในโอกาสที่ท้องฟ้ามีเมฆมากหรือเมฆหนาปกคลุมบริเวณที่ทำการตรวจและมีฟ้าหลัวทำให้ทัศนวิสัยเลว

สำหรับบัลลูนที่ใช้ในกิจการข่าวอากาศของ ทอ.นั้น จะใช้สีแดงเท่านั้น และเป็นขนาด 100 กรัม (CR - 66 - 100 GM) โดยใช้ควบคุมกับหัวอัดแก๊ส และตม้น้ำหนักถ่วงดังนี้

ตารางการใช้หัวอัดแก๊ส และตม้น้ำหนักถ่วง

| แก๊สที่ใช้     | เวลากลางวัน |          | เวลากลางคืน |           |
|----------------|-------------|----------|-------------|-----------|
|                | ฮีเลียม     | ไฮโดรเจน | ฮีเลียม     | ไฮโดรเจน  |
| นน. หัวอัดแก๊ส | 139         | 125      | 139         | 125       |
| นน. ตม้นถ่วง   | 376         | 324      | 240 + 376   | 240 + 324 |
| นน. รวม        | 515         | 449      | 755         | 689       |

แก๊สที่ใช้

เวลากลางวัน เวลากลางคืน ฮีเลียม ไฮโดรเจน ฮีเลียม ไฮโดรเจน นน. หัวอัดแก๊ส 139 125 139 125  
นน. ตม้นถ่วง 376 324 240 + 376 240 + 324 นน. รวม 515 449 755 689

ก่อนบรรจุแก๊ส ลูกบัลลูนจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 นิ้ว และเมื่อบรรจุแก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียมปริมาณ 21 คิวบิกฟุต ลูกบัลลูนจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 36 นิ้ว ในการอัดแก๊สบัลลูนนั้น การอัดจะสมบูรณ์เมื่อลูกบัลลูนลอยตัวได้เต็มที่ โดยสามารถยกหัวอัดแก๊ส และตม้นถ่วงให้ลอยได้ในระดับหน้าอก ซึ่งเมื่อบรรจุแก๊สตามตารางข้างบนจะได้อัตราการลอยตัวเฉลี่ยสำหรับลูกบัลลูน 100 กรัม คือ 280 เมตร (924 ฟุต) ต่อ 1 นาที

สำหรับการตรวจ PIBAL เวลากลางคืนนั้นหลังจากอัดแก๊สแล้ว จะผูกดวงไฟติดไปกับบัลลูนด้วย เพื่อไปใช้เป็นเป้าหมายสำหรับติดตามการเคลื่อนที่ของบัลลูน เนื่องจากบัลลูนที่จะลอยขึ้นไปในอากาศต้องมี อัตราเร่ง ฉะนั้น

นาฬิกาที่ 1 อัตราเร่งประมาณ 20% ของความเร็วการลอยของบัลลูน

นาฬิกาที่ 2, 3 อัตราเร่งประมาณ 10% ของความเร็วการลอยของบัลลูน

นาฬิกาที่ 4, 5 อัตราเร่งประมาณ 5% ของความเร็วการลอยของบัลลูน

ตั้งแต่นาฬิกาที่ 6 ขึ้นไป บัลลูนจะมีการลอยคงที่จนกระทั่งมีความสูงถึง 3 กิโลเมตรหรือมากกว่าเหนือพื้นดินการเก็บข้อมูลได้ไว้ในของที่ปิดให้ห้องที่อากาศอบอุ่นมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 49 องศาเซลเซียส

#### **บัลลูนตรวจอากาศสำหรับงานอดุณิคมวิทยา (PIBAL)**

1. บัลลูนขนาด 30 กรัม หมายถึง บัลลูนหนัก 30 กรัมก่อนบรรจุแก๊ส ซึ่งจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 นิ้ว เมื่อบรรจุแก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียม 5 คิวบิกฟุต จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 24 นิ้ว และมีกำลังลอย 180 เมตรต่อนาที ใช้สำหรับตรวจระยะต่ำได้ประมาณ 9,000 เมตร ในเวลา 50 นาที

2. บัลลูนขนาด 100 กรัม หมายถึง บัลลูนหนัก 100 กรัมก่อนบรรจุแก๊ส ซึ่งจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 16 นิ้ว เมื่อบรรจุแก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียม 21 คิวบิกฟุต จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 36 นิ้ว และมีกำลังลอย 280 เมตรต่อนาที ใช้สำหรับตรวจระยะสูงได้ประมาณ 14,000 เมตร ในเวลา 50 นาที

### บทที่ 3

## หลักการปฏิบัติและขั้นตอนในการตรวจลมชั้นบน

### PIBAL (PIBAL Observation Procedures)

มีขั้นตอนการตรวจ PIBAL ดังนี้

**1. การเก็บรวบรวมข้อมูล** จะเริ่มตั้งแต่การตั้งกล้อง THEODOLITE การอ่านและการบันทึกของมุม การตรวจสอบสารประกอบอูนิยมิยาและบันทึกลักษณะอากาศซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 วิธีตั้งกล้อง THEODOLITE ตามปกติฐานกล้องจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ ฐานแบบถาวร กับ ฐานสนาม (สามขา) ฐานถาวรจะทำเป็นฐานคอนกรีต หรือทำเครื่องหมายที่ตั้งกล้องไว้ซึ่งจะยึดติดกับท่อเหล็ก โดยตั้งทิศเหนือ และระดับน้ำไว้พร้อมแล้ว แต่ฐานสนามมีความจำเป็นที่จะต้องตั้งทิศเหนือจริงและปรับระดับ น้ำด้วยทุกครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่าของมุมตึงผิด ซึ่งจะทำให้คำนวณลมชั้นบนผิดด้วยโดยปรับระดับน้ำให้อยู่ กึ่งกลางโดยตลอด หลักปฏิบัติในการตั้งกล้องมีดังนี้

ก. หมุนกล้องเข้ากับแท่นให้เรียบร้อย โดยให้ฐานรองรับกล้องขนานกับผิวพื้น และปรับระดับน้ำให้อยู่กึ่งกลาง

ข. ตั้งกล้องโดยให้หันหน้ากล้องไปทางทิศเหนือ ตามที่หมายของแต่ละสถานี

ค. ปรับทิศทางของมุมนอนด้านคนอ่านให้ตรงกับ 360 องศา โดยคลายหางปลาใต้ ฐาน เมื่อตั้งตรงแล้วให้ปิดล็อกอย่างเดิม

ง. สำหรับกรณีที่จะใช้คำนวณกับเครื่อง PC ให้มุมนอนด้านคนอ่านให้ตรงกับ 180 องศา โดยคลายหางปลาใต้ฐาน เมื่อตั้งตรงแล้วให้ปิดล็อกอย่างเดิม

1.2 การอัดแก๊สบัลลูน การอัดแก๊สบัลลูนจะใช้แก๊สไฮโดรเจนหรือฮีเลียม ทำการอัดให้ได้ มาตรฐาน ซึ่งวิธีการวัดมาตรฐานของหัวอัดมีหลายชนิดด้วยกัน ขั้นตอนการอัดแก๊สบัลลูน มีดังนี้

ก. นำลูกบัลลูนออกมาไล่อากาศให้หมด โดยพับแล้วม้วนจากด้านบนลงไปหาปาก ลูกบัลลูน

ข. เลือกตุ้มน้ำหนักถ่วงให้ตรงกับลูกบัลลูนที่ใช้ตรวจ เช่น ลูกบัลลูน 100 กรัม อัดโดยแก๊สไฮโดรเจน และหัวอัดน้ำหนัก 125 กรัม จะต้องใช้ตุ้มน้ำหนัก 324 กรัมถ่วง

ค. การอัดแก๊สเมื่อนำปากบัลลูนสวมกับหัวอัดแก๊สแล้ว ให้เปิดวาล์วที่สายยาง โดยให้ลูกศรชี้ไปตามสายยางท่ออัดแก๊ส จากนั้นค่อยๆ เปิดวาล์วที่ถังแก๊ส จนกระทั่งบัลลูนสามารถยกท่ออัด แก๊ส พร้อมกับลูกตุ้มถ่วงให้ลอยระดับหน้าอก

ง. ในกรณีที่พบรอยรั่ว ให้รีบปิดวาล์วแก๊สทันที แล้วเปลี่ยนบัลลูนลูกใหม่ พร้อมทั้งอัดแก๊สใหม่อีกครั้ง

จ. เมื่ออัดแก๊สเสร็จแล้ว ให้ปิดวาล์วให้เรียบร้อยทั้งที่ท่อแก๊สและหัวอัดแก๊ส

ฉ. ใช้เชือกด้ายดิบที่เตรียมไว้พันรอบคอลูกบัลลูน 2-3 รอบแล้วมัดให้แน่น ถ้าคอ ลูกบัลลูนยาวพอที่ม้วนได้ ให้พันคอบัลลูนแล้วมัดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

เมื่ออัดบัลลูนเรียบร้อยแล้วให้เตรียมตัวปล่อยได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ก. แจ้งหอบังคับการบิน เพื่อความปลอดภัยต่ออากาศยานทุกครั้ง

ข. ปรับเลนส์หน้ากล้อง (Eyepiece) ให้ได้ภาพที่ชัดเจนที่สุด

ค. ขณะที่ติดตามการลอยตัวของบัลลูน ถ้ามองเห็นภาพบัลลูนไม่ชัดเจน ให้ปรับ โฟกัสใหม่ให้ได้ภาพที่ชัดเจนที่สุด

เมื่อปล่อยบัลลูนขึ้นไปในอากาศแล้ว จะใช้กล้อง Theodolite ติดตามการเคลื่อนที่ของลูกบัลลูน และ บันทึกค่าของมุมตั้ง และมุมนอนลงบนแบบพิมพ์ อด.ทอ.1015 ทุก 1 นาที (ก่อนบันทึกลงบนแบบพิมพ์ อด.

ทอ.1015 ให้บันทึกชื่อของสถานที่ทำการตรวจ, Latitude และ Longitude ของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ให้เรียบร้อยทุกครั้ง)

1.3 การบันทึกลงบนแบบพิมพ์ 1015 บันทึกค่าทิศทางลมเป็นองศา และความเร็วลมเป็น นอต ลมสงบให้บันทึก “000” สำหรับทิศทาง และ “00” สำหรับความเร็วลม ค่าของลมผิวพื้นที่ที่บันทึกลงในช่องลมนี้จะป็นค่าของลมที่ผิวพื้น ภายในเวลา 15 นาทีก่อนการปล่อยบอลลูน

ก. อ่านค่าของมุมตั้ง (Elevation angle) เป็นจำนวนเต็ม และจุดทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง แล้วบันทึกลงในช่อง Observed ของช่อง Elevation angle

ข. อ่านค่าของมุมนอน (Azimuth angle) เป็นจำนวนเต็ม และจุดทศนิยมหนึ่งตำแหน่งแล้วบันทึกลงในช่อง Azimuth angle

ค. บันทึกสารประกอบลักษณะอากาศปัจจุบันในขณะที่ทำการตรวจ PIBAL ลงช่องหมายเหตุ (Remarks)

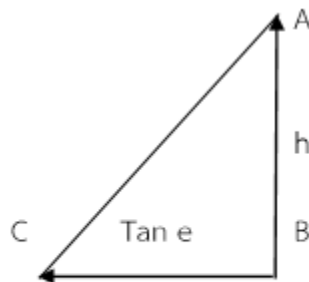
ง. บันทึกเหตุผลที่ทำให้การตรวจ PIBAL ไม่ได้ เช่น บอลลูนแตก (BALLOON BROKEN), บอลลูนหายเข้าไปในเมฆ (LOST IN CLOUDS) หรือ QUIT ในช่องเหตุผลที่ไม่สามารถทำการตรวจต่อไปได้ (Reason for termination)

## 2. การคำนวณหาระยะในแนวนอนจากจุดตรวจ PIBAL

2.1 การคำนวณหาทิศทางและความเร็วลมโดยใช้สูตร

การคำนวณหาทิศทางและความเร็วลมนั้น จำเป็นจะต้องรู้ระยะห่างจากจุดปล่อยในแนวนอน ของการเคลื่อนที่ของบอลลูนแต่ละนาที โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{สูตร } d = h / \tan e$$



$$\text{สูตร } d = h / \tan e$$

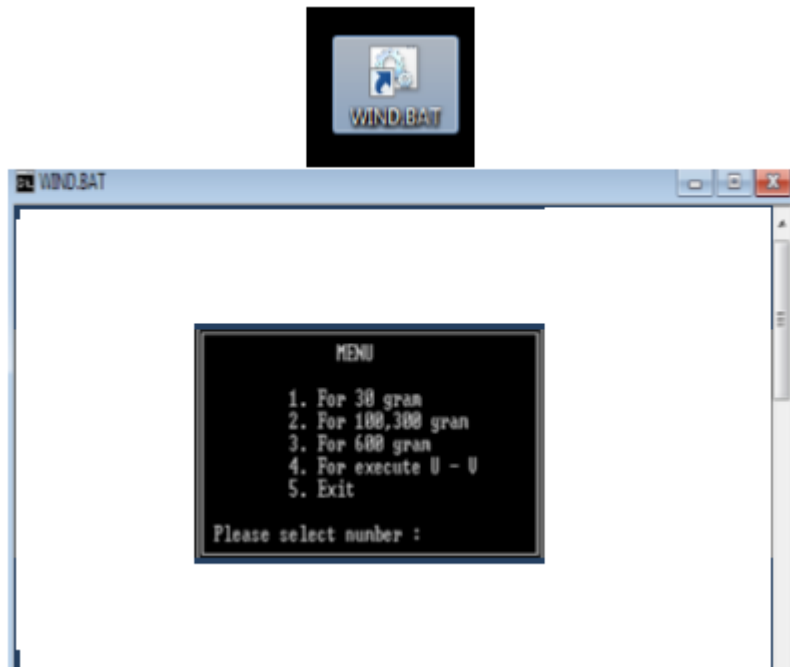
$d$  = ระยะห่างจากจุดปล่อยในแนวนอนไปยังจุดที่อยู่ใต้บอลลูนคือจุด B (BC)

$h$  = ความสูงของบอลลูนเหนือจุดตรวจ ซึ่งจะได้มาจากอัตราการลอยของบอลลูนแต่ละนาที (AB)

$e$  = ค่าของมุมตั้ง (Elevation angle) ของบอลลูนจากแนวระดับซึ่งอ่านค่ามาจากกล้อง Theodolite ฉะนั้น ในการคำนวณดังกล่าวข้างต้น เมื่อทราบค่ามุมตั้ง หรือ  $\tan e$  แล้วก็สามารถนำไป เปิดตารางหาค่าระยะห่างจากจุดปล่อยในแนวนอนหรือค่า  $d$  ได้ ซึ่งค่าที่จะรายงานเป็นเมตร ซึ่งจะมีความ สะดวกขึ้น โดยการเปิดตารางหาค่าจาก table for computing horizontal distance for pilot balloon

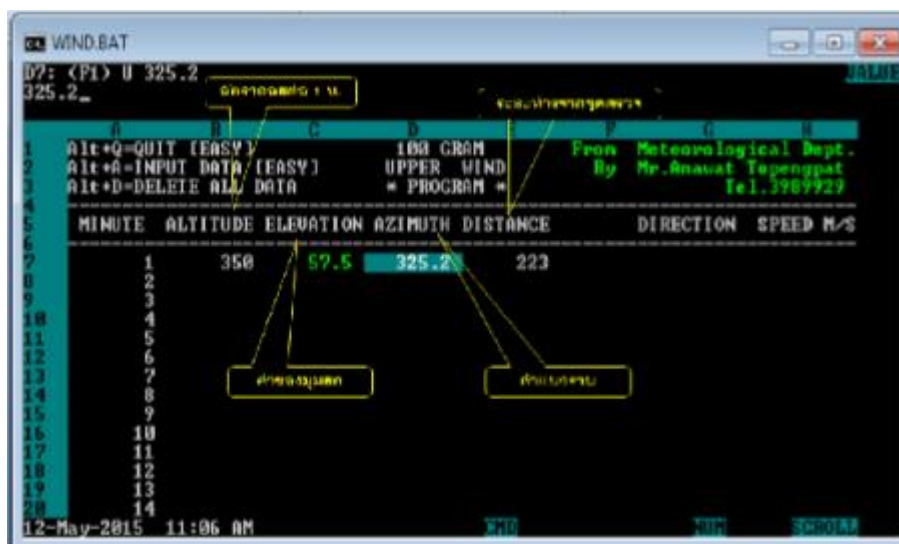
2.2 การคำนวณหาทิศทางและความเร็วลมขึ้นบนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ : PC

การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณนี้ จะทำงานบนระบบ DOS เป็น โปรแกรม ที่ใช้งานได้สะดวก และรวดเร็วเมื่อสั่ง RUN PROGRAM แล้วจะแสดง MENU การใช้งานขึ้นบนหน้าจอ Display ให้เลือก MENU อยู่ 5 MENU ตามหัวข้อ 1-5 ซึ่งกำหนดไว้ให้เลือกตามขนาดน้ำหนักของบอลลูน ตรวจอากาศ ตามภาพ 1

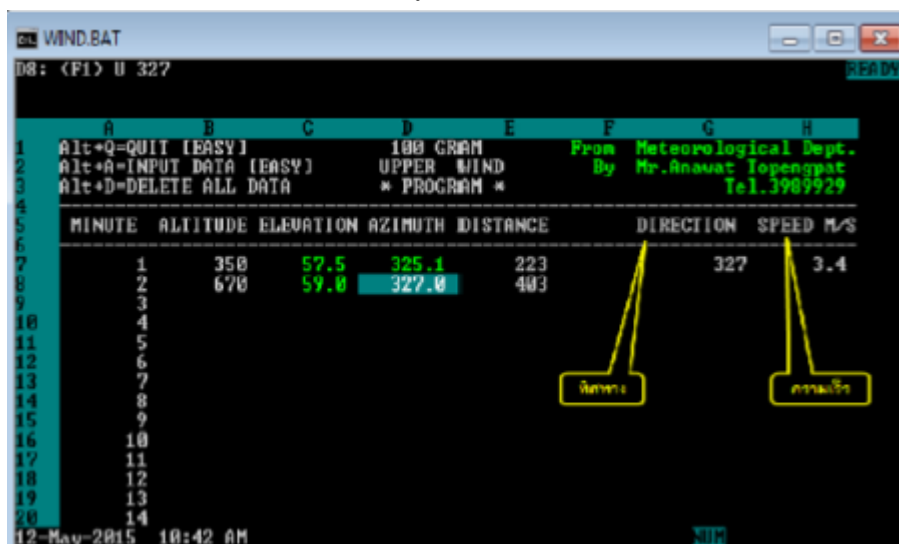


ภาพที่ 1

หลังจากที่เราเลือก MENU ตามขนาดบอลุนแล้ว ที่หน้าจอจะแสดงรายละเอียดตามภาพที่ 2 - 4



ภาพที่ 2



ภาพที่ 3

WIND.BAT  
C14: <F1> U

Alt+Q=QUIT [EASY] 100 GRAM From Meteorological Dept.  
Alt+A=INPUT DATA [EASY] UPPER WIND By Mr.Anawat Iengngat  
Alt+D=DELETE ALL DATA \* PROGRAM \* Tel.3989929

| MINUTE | ALTITUDE | ELEVATION | AZIMUTH | DISTANCE | DIRECTION | SPEED M/S |
|--------|----------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|
| 1      | 350      | 57.5      | 325.2   | 223      | 327       | 3.4       |
| 2      | 670      | 59.0      | 327.0   | 403      | 329       | 3.1       |
| 3      | 980      | 59.0      | 327.5   | 509      | 343       | 3.1       |
| 4      | 1285     | 59.1      | 334.5   | 769      | 358       | 3.8       |
| 5      | 1585     | 60.0      | 339.0   | 915      | 341       | 3.1       |
| 6      | 1800     | 50.9      | 336.5   | 1,134    | 331       | 3.3       |
| 7      | 2170     | 50.9      | 336.5   | 1,309    |           |           |
| 8      |          |           |         |          |           |           |
| 9      |          |           |         |          |           |           |
| 10     |          |           |         |          |           |           |
| 11     |          |           |         |          |           |           |
| 12     |          |           |         |          |           |           |
| 13     |          |           |         |          |           |           |
| 14     |          |           |         |          |           |           |

นำข้อมูลจากโปรแกรมไปใช้บันทึกข้อมูลค่า 2 ครั้ง

ภาพที่ 4

เมื่อเลือก MENU ตามต้องการแล้ว จะเห็นหน้าจอแสดงรายละเอียดต่างๆ ตามภาพที่ 2 และจะเห็นลำดับนาฬิกาเริ่มต้นการตรวจจับบอลลูนพร้อมกับแสดงอัตราลอยตัวของบอลลูนตรวจอากาศ (280 = อัตราการลอยของบอลลูนขนาด 100 Gram) ตามภาพ 2 ให้บันทึกค่า Elevation และค่า AZIMUTH ตามเวลาที่ใช้นักในแบบพิมพ์ตรวจลมชั้นบน อด.ทอ.1015

โปรแกรมจะคำนวณได้ค่า ดังนี้

- ระยะห่าง (Distance)
- ค่าทิศทางลม (Direction)
- ความเร็วลม (Speed) ซึ่งได้ค่าเป็น เมตร/วินาที (M/S)

**3. การรายงานข้อมูล** เมื่อ plot ค่าทิศทางและความเร็วลมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องเลือกระดับสำคัญ เข้ารหัส PIBAL และรายงานต่อไปซึ่งมีหลักการรายงานดังต่อไปนี้

#### PART A

- Section 1 MiMiMjMj YYGGa4 llili
- Section 2 44nPIP2 (or) 55n PIP2 dddff dddfff .....etc.
- Section 3 77PMPMPM (or) 66PMPMPM (or) 7HmHmHmHm (or)  
6HmHmHmHm (or) 77999 dmdmfmfmfm(4VbVbVaVa)

#### PART B

- Section 1 MiMiMjMj YYGGa4 llili
- Section 4 9(8) tnu1u2u3 dddff dddff dddff Or  
21212 nonqpopopo dodofofofo  
ninipipipi didi fififi
- Section 5 51515 (or) 52525 (or) 59595 code groups to be  
developed regionally
- Section 6 61616 (or) 62626 (or) 69696 code groups to be  
developed regionally

## คำอธิบายรหัส

**Section 1** ของ PART A, B, C, D จะรายงานเหมือนกันดังนี้

MiMiMjMj คือ ตัวอักษรนำหน้าบอกชื่อ

PART ของการรายงานรหัสลมชั้นบน

MiMi = อักษรแสดงถึงการตรวจ Pibal คือ pp

MjMj = PART ของการรายงานลมชั้นบน มีดังนี้

PART A รายงาน AA

PART B รายงาน BB

PART C รายงาน CC

PART D รายงาน DD

YY = วันที่ของเดือน

ถ้าการรายงานกำลังลมมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที จะรายงานวันที่ของเดือนนั้นตรงๆ เช่นวันที่ 10 ก็รายงาน 10 ถ้าการรายงานเป็นกำลังลมเป็นนอตจะต้องเอา 50 บวกกับวันที่ เช่น วันที่ 15 จะรายงานเป็น 65 เป็นต้น

GG = เวลาที่ตรวจ PIBAL เป็น UTC.

a4 = เลขรหัสส่งถึงอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจลมชั้นบน

| เลขรหัสอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจ |   |                                                           |
|--------------------------|---|-----------------------------------------------------------|
| 0                        | = | เครื่องวัดความกดอากาศ เช่น RADIOSONOE                     |
| 1                        | = | กล้อง THEODOLITE                                          |
| 2                        | = | RADIOTHEODOLITE เครื่องส่งไม่มีความกดอากาศ                |
| 3                        | = | เรดาร์ RADAR                                              |
| 4                        | = | มีเครื่องวัดความกดอากาศแต่กับวัดความกดไม่ได้ ขณะทำการตรวจ |

II = กลุ่มตัวเลขบอกภาคของสถานี PIBAL นั้นตั้งอยู่  
สำหรับประเทศไทยอยู่ในภาค 48 ใช้เลขสองตัว

iii = หมายเลขประจำสถานี (ใช้เลขสามตัว)

เช่น 456 หมายถึง ดอนเมือง 48456

**Section 2** 44 หรือ 55 เลขนำหมู่แสดงข้อมูลลมตามระดับความกดอากาศมาตรฐานตามระดับความสูงคือ 850 ถึง 100 มิลลิบาร์ การรายงานจะตามด้วย n (จำนวนข้อมูล) PIP2 (ระดับความกดอากาศ)

ตัวอย่าง 55385 55 คือ เลขนำหมู่ (ใช้ความสูงโดยเฉลี่ย)

3 คือ จำนวนข้อมูลที่รายงานตามระดับความสูง

85 คือ ข้อมูลที่รายงานเริ่มต้นที่ 850, 700, 500 มิลลิบาร์ ตามลำดับ

55340 คือ ข้อมูลลมจะรายงานที่ระดับ 400, 300, 250 มิลลิบาร์ ตามลำดับเช่นกัน

**Section 3** ใช้รายงานระดับ Maximum wind speed, Vertical Wind Shear โดยใช้เลขนำหมู่ 77 หรือ 66 ตามด้วยความกดอากาศ ณ ระดับนั้นๆ พร้อมข้อมูลทิศทางและความเร็วลม ถ้าหากว่าไม่มีการรายงานความเร็วลมสูงสุด จะรายงานด้วยรหัส 77999 แทน

**PART B** ให้การรายงานข่าว PIBAL ตามระดับที่กำหนดให้หรือระดับสำคัญจนถึงระดับ 100 มิลลิบาร์

**Section 4** ให้รายงานข้อมูลของระดับซ่อมและระดับสำคัญ มีระดับความสูงเป็นฟุตตามระดับที่ กำหนดให้ เลขนำหมู่คือ 8, 9 (หรือ 1) ดังตัวอย่าง

|       |   |     |                                 |
|-------|---|-----|---------------------------------|
| 90012 | 9 | คือ | เลขนำหมู่รายงานทุก 1,000 ฟุต    |
| 0     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับผิวพื้น         |
| 1     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 1,000 ฟุต      |
| 2     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 2,000 ฟุต      |
| 90346 | 9 | คือ | เลขนำหมู่รายงานทุก 1,000 ฟุต    |
| 3     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 3,000 ฟุต      |
| 4     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 4,000 ฟุต      |
| 6     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 6,000 ฟุต หรือ |
| 80124 | 8 | คือ | เลขนำหมู่รายงานทุก 1,500 ฟุต    |
| 1     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 1,500 ฟุต      |
| 2     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 3,000 ฟุต      |
| 4     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 6,000 ฟุต      |
| 808// | 8 | คือ | เลขนำหมู่รายงานทุก 1,500 ฟุต    |
| 8     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 12,000 ฟุต     |
| 81048 | 8 | คือ | เลขนำหมู่รายงานทุก 1,500 ฟุต    |
| 1     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 15,000 ฟุต     |
| 4     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 21,000 ฟุต     |
| 8     |   | คือ | ข้อมูลลมที่ระดับ 27,000 ฟุต     |

**Section 5** ใช้รายงานรหัสประจำภาค ซึ่งยังไม่มีข้อตกลงใช้แน่นอน

**Section 6** ใช้รายงานระดับสากล ซึ่งยังไม่มีข้อตกลงใช้แน่นอน

หมายเหตุ รายละเอียดของ PART C, PART D จะไม่บอกกล่าวถึงในที่นี้

#### ตัวอย่างการรายงานข่าว PIBAL

ในการเขียนแผนที่ลมชั้นบนที่ได้มาจากการตรวจ PIBAL ในปัจจุบันจะใช้ข่าวเฉพาะ PART A และ PART B เท่านั้น ซึ่งมีตัวอย่างการรายงาน ดังนี้

PPAA 51001 48455 55285 ..... 77999;

PPBB 51001 48455 90012 ..... 90346 ..... 90789 .....  
..... 91246 ..... 9205/ ..... 9305/ .....

PPAA 51001 48426 LOW CLOUDS ;

PPBB 51001 48426 90012 ..... ;

### สำหรับเลขนำหมู่ใน PPAA นั้น มีหลักการใช้ดังนี้

55 - จะใช้เมื่อตรวจวัดลมที่ความสูง ณ ระดับความกดอากาศมาตรฐานโดยใช้ความสูงโดยเฉลี่ย ไม่ใช่เครื่องมือวัดความกดอากาศช่วยวัด เช่น การตรวจ PIBAL เป็นต้น

44 - จะใช้สำหรับเมื่อทำการตรวจวัดลมด้วยเครื่องมือที่มีเครื่องวัดความกดอากาศ และมีการคำนวณความสูงตาม ระดับความกดมาตรฐานนั้นๆ

### สำหรับหลักเกณฑ์อื่นๆ ในการรายงานผลการตรวจ PIBAL มีดังต่อไปนี้

ก. WORDS คือ คำย่อที่แสดงถึงอุปสรรคที่ทำให้การตรวจ PIBAL ไม่ได้ ซึ่งจะไม่มีการรายงานข่าว โดยรายงานใน Section 1 ดังนี้

MiMiMiMi YYGGa4 llii WORDS

ลักษณะของ WORDS ที่ใช้รายงานคือ

|      |   |             |
|------|---|-------------|
| PIRA | = | ฝนตก        |
| PICO | = | เมฆต่ำมาก   |
| PIBA | = | ไม่มีบัลลูน |
| PIFO | = | หมอกหนา     |
| PIHE | = | ไม่มีแก๊ส   |
| PIWI | = | พายุจัด     |

ตัวอย่าง PPAA 52001 48455 PIRA;

ข. เลขรหัส คือเลขที่แสดงให้ทราบถึงเหตุที่ไม่สามารถตรวจ PIBAL ได้ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

|       |   |                                       |
|-------|---|---------------------------------------|
| 10140 | = | ไม่อาณานิคมสำหรับการตรวจ              |
| 10142 | = | เครื่องมือที่ใช้ทำการตรวจเสีย         |
| 10143 | = | การตรวจล่าช้า                         |
| 10144 | = | ไฟฟ้าดับ                              |
| 10145 | = | สภาพอากาศไม่ดี                        |
| 10146 | = | ฐานเมฆต่ำกว่า 1,500 ฟุต               |
| 10147 | = | บัลลูนรั่ว                            |
| 10148 | = | ไม่สามารถปล่อยบัลลูนได้ในขณะนั้น      |
| 10149 | = | กำลังเตรียมการปล่อยบัลลูน             |
| 10151 | = | บัลลูนลอยต่ำลงโดยถูกสายไฟ             |
| 10152 | = | บัลลูนลอยต่ำโดยน้ำฟ้า                 |
| 10157 | = | เครื่องมือขาดการบำรุงรักษา            |
| 10159 | = | เหตุผลอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว |

ตัวอย่าง PPAA 52001 48455 10146 ;

## บทที่ 4

## หลักเกณฑ์การรายงานข้อมูลต่างๆ ลงในแผ่นตรวจลมชั้นบน (อต.ทอ.1015)

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงการตรวจและการรายงานข้อมูลลมชั้นบนมาแล้ว แต่ก็ยังไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียด และข้อปลีกย่อยอื่นอีกมากนัก ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 1. ระดับหลักและระดับซุ่มที่ใช้รายงานการตรวจลมชั้นบน

ระดับหลัก(ระดับมาตรฐาน) ซึ่งจะใช้รายงานดังต่อไปนี้

|     |             |                |            |
|-----|-------------|----------------|------------|
| 850 | เฮกโตปาสคาล | ความสูงเท่ากับ | 5,000 ฟุต  |
| 700 | ”           | ”              | 10,000 ฟุต |
| 500 | ”           | ”              | 18,000 ฟุต |
| 400 | ”           | ”              | 24,000 ฟุต |
| 300 | ”           | ”              | 30,000 ฟุต |
| 250 | ”           | ”              | 34,000 ฟุต |
| 200 | ”           | ”              | 39,000 ฟุต |
| 150 | ”           | ”              | 45,000 ฟุต |
| 100 | ”           | ”              | 53,000 ฟุต |

ระดับซุ่มซึ่งจะใช้รายงานดังต่อไปนี้

- ตั้งแต่ระดับผิวพื้นจนถึง 10,000 ฟุต จะรายงานระดับซุ่มทุกๆ 1,000 ฟุต เช่น  
1,000, 2,000, ..... 9,000 ฟุต
- ตั้งแต่ระดับ 10,000 ฟุตขึ้นไป จะรายงานระดับซุ่มทุกๆ 2,000 ฟุต เช่น  
1,200, 1,400, ..... 20,000 ฟุต
- ตั้งแต่ระดับ 20,000 ฟุตขึ้นไป จะรายงานระดับซุ่มทุกๆ 5,000 ฟุต เช่น  
25,000, 30,000, ..... 55,000 ฟุต

ในการรายงานระดับซุ่ม จะต้องรายงานระดับซุ่มครั้งสุดท้ายทุกครั้ง ไม่ว่าจะตรงกับระดับหรือไม่ก็ตามโดยที่ทิศทางและความเร็วลมจะต้องตรงกับค่าสุดท้ายของการตรวจ เพื่อแสดงให้เห็นผู้ใช้ข่าวได้ทราบว่า การตรวจของสถานีนั้นๆ ตรวจได้สูงสุดเท่าใด

การรายงานระดับหลักให้รายงานในช่องสำหรับรายงาน FIRST TRANSMISSION

การรายงานระดับซุ่มให้รายงานในช่องสำหรับรายงาน SECOND TRANSMISSION

## 2. การบันทึกช่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจลมชั้นบน มีดังนี้

- 2.1 ให้ลงชื่อย่อ (INTIAL) ของผู้คำนวณหาค่าทิศทางและความเร็วลมลงในช่อง computer
- 2.2 ให้ลงชื่อย่อ (INTIAL) ของผู้ที่ใช้กล้องติดตามการเคลื่อนที่ของบอลลูนลงในช่องVERIFIER
- 2.3 ให้บันทึกเหตุผลที่เป็นอุปสรรคทำให้การตรวจลมชั้นบนไม่ได้โดยบันทึกลงในช่อง

REASON FOR TREMINATION ดังตัวอย่าง

|                                   |                                          |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| LOST IN CLOUDS                    | หมายถึง บอลลูนหายไปในกลุ่มเมฆ            |
| LOST INHAZE                       | หมายถึง บอลลูนหายไปในหมอกแดด             |
| BALLOON WAS BLINDNESS BY SUNLIGHT | หมายถึง บอลลูนเข้าดวงอาทิตย์             |
| BALLOON BROKEN                    | หมายถึง บอลลูนแตก                        |
| LOST IN BUILDING                  | หมายถึง บอลลูนเข้าตึก                    |
| QUIT                              | หมายถึง ตรวจได้เพียงพอกับความต้องการแล้ว |

3. เวลาในการตรวจ PIBAL ประกอบด้วย เวลากำหนดตรวจ และ เวลาตรวจจริง

3.1 เวลากำหนดตรวจได้แก่ เวลาหลักของการตรวจลมชั้นบน คือ 0000UTC, 0600UTC, 1200UTC และ 1800UTC

3.2 เวลาตรวจจริง ซึ่งเป็นเวลาที่ตรวจเพื่อให้ประโยชน์แก่การพยากรณ์อากาศและการบินมากที่สุด โดยจะต้องตรวจก่อนเวลากำหนดอย่างน้อย 30 นาที อย่างมากไม่เกิน 1 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น เวลา กำหนดตรวจ 0600UTC เวลาตรวจจริงคือ 0530UTC ในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่งทำให้การตรวจ PIBAL ได้สูง เวลาตรวจจริงควรเริ่มก่อน 1 ชั่วโมง

4. ข้อกำหนดในการตรวจ PIBAL จะต้องตรวจให้ได้สูง 10,000 ฟุต หรือ 700 เฮกโตปาสคาลหรือ 10 นาที ของการตรวจ โดยใช้บอลลูน 100 กรัม ถ้าไม่สามารถตรวจบอลลูนได้ตามเกณฑ์นี้แล้ว

จะต้องทำการตรวจใหม่ทันทีรวมถึงกรณีต่อไปนี้ด้วย

- ก. บอลลูนรั่วหรือแตก
  - ข. บอลลูนลอยขึ้นไปตรงกับดวงอาทิตย์
  - ค. มุมตั้งสูงเกินไปทำบอลลูนหายไปจากกล้อง
  - ง. อุบัติเหตุอื่นๆ เช่น ขากล้องล้มในกรณีใช้ฐาน 3 ขา (ขาสนาม) เป็นต้น
- กรณีที่ไม่ต้องตรวจ PIBAL ดังต่อไปนี้ คือ
- ก. ฐานเมฆต่ำ (ต่ำกว่า 1,500 ฟุต)
  - ข. มีปรากฏการณ์ปิดบังซึ่งไม่สามารถปล่อยบอลลูนให้ได้สูงถึง 3,000 ฟุต
  - ค. มีฝนหรือปรากฏการณ์ที่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น
  - ง. กระแสลมแรงมากจนไม่สามารถปฏิบัติงานได้โดยสะดวก
  - จ. หมอกหนาทัศนวิสัย เท่ากับ 2,400 เมตร (1 ½ ไมล์) หรือน้อยกว่า

[illegible]

ตัวอย่างการบันทึก อด.ทอ.1015 (ด้านหน้า)

ตัวอย่างการบันทึก อด.ทอ.1015 (ด้านหลัง)

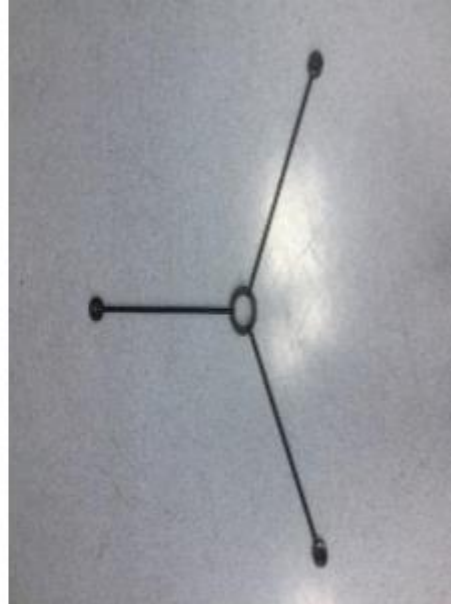
## การเตรียมอุปกรณ์

### ตรวจลมชั้นบน (TEBAL)

1. การติดตั้งขาตั้งกล้อง ให้กางที่รองขาตั้งกล้อง จากนั้นให้ปรับระดับความสูงของขาตั้งกล้อง ขณะที่ยังไม่กางออก ให้อยู่ในระดับคางของเจ้าหน้าที่ที่ทำการตรวจจับบัลลูน (ผู้ที่ส่องกล้อง) แล้วนำมาติดตั้งโดยการกางขาตั้งกล้องวางบนที่รองที่กางไว้แล้วให้พอดีกัน เพื่อป้องกันไม่ให้ขาตั้งกล้องขยับในขณะที่ทำการตรวจ



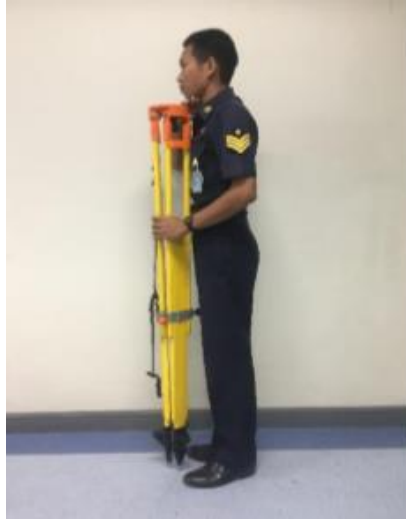
ที่รองขาตั้งกล้อง



กางที่รองขาตั้งกล้อง



ที่รองขาตั้งกล้อง



ให้ปรับระดับความสูงของขาตั้งกล้องขณะที่ยังไม่กางออก ให้อยู่ในระดับคางของเจ้าหน้าที่ทำการตรวจจับบัลลูน (ผู้ที่ส่องกล้อง)



กางขาตั้งกล้องวางบนที่รองที่กางไว้แล้วให้พอดีกัน เพื่อป้องกันไม่ให้ขาตั้งกล้องขยับในขณะทำการตรวจ

2. การติดตั้งตัวกล้อง เมื่อตั้งขาตั้งกล้องเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำกล้อง TEBAL มาติดตั้งที่ฐานรองกล้อง ซึ่งที่ฐานจะมีช่องที่มีตัวยึดกล้องเป็นเกลียวนอต ไว้สำหรับยึดตัวกล้องกับฐานซึ่งติดอยู่กับขาตั้งกล้อง โดยวางฐานกล้องให้พอดีกับฐานรองกล้องไม่ให้เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง



(จากรูป) ที่ฐานจะมีช่อง ที่มีตัวยึดกล้องเป็นเกลียวนอต ไว้สำหรับยึดตัวกล้องกับฐานซึ่งติดอยู่กับขาตั้งกล้อง



นำกล้อง TEBAL มาติดตั้งที่ฐานรองกล้อง โดยวางฐานกล้องให้พอดีกับฐานรองกล้อง  
ไม่ให้เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

3. การตั้งค่าระดับน้ำ เพื่อความแม่นยำและได้ค่าที่เที่ยงตรงมากที่สุด โดยสังเกตสเกลระดับน้ำที่ตัว  
กล้อง TEBAL ซึ่งจะต้องหมุนตัวปรับระดับน้ำที่ฐานเพื่อให้ระดับน้ำอยู่ตรงกลางสเกล และให้ปรับแบบเดียวกัน  
นี้ทั้งสามด้าน

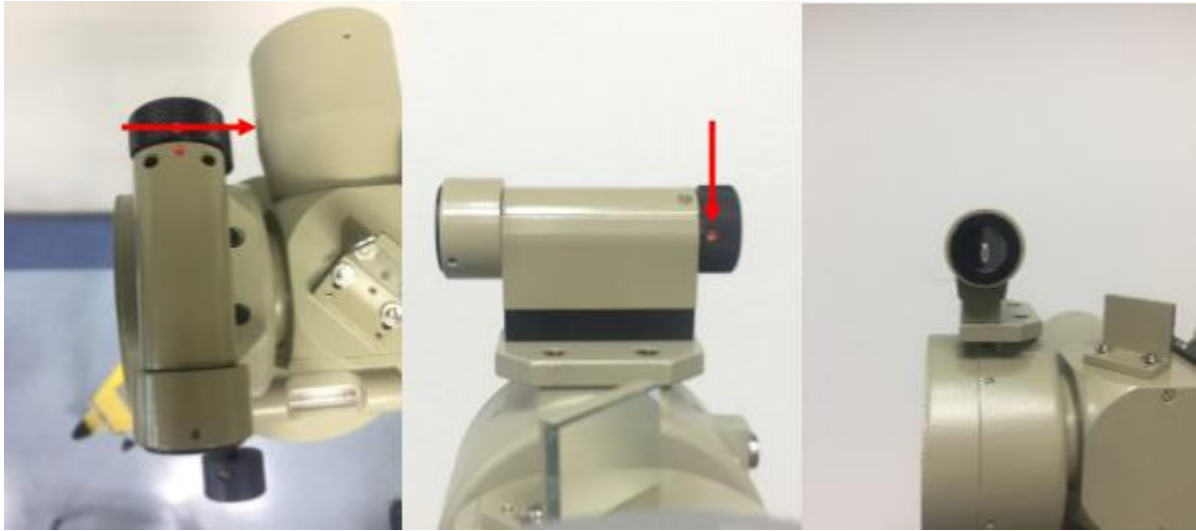


ตัวปรับระดับความสูงฐานกล้องเพื่อปรับระดับน้ำให้สมดุล



สังเกตสเกลระดับน้ำที่ตัวกล้องซึ่งจะต้องหมุนตัวปรับระดับน้ำที่ฐาน  
เพื่อให้ระดับน้ำอยู่ตรงกลางสเกล

4. การติดตั้งกล้องหาทิศเหนือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาทิศเหนือเป็นกล้องที่มีแท่งแม่เหล็กอยู่ภายในสามารถขยับหาทิศเหนือได้ให้นำมาติดตั้งบนกล้อง TEBAL ซึ่งจะมีแท่งเหล็กสองแท่งให้นำกล้องมาเสียบเมื่อติดตั้งกล้องหาทิศเหนือบนกล้อง TEBAL เรียบร้อยแล้ว ให้สังเกตจุดสีแดงสองจุดถ้าหากตรงกันแท่งแม่เหล็กจะล็อกและไม่สามารถขยับหาทิศได้ ให้หมุนจุดสีแดงไม่ให้ตรงกันเพื่อปลดล็อก



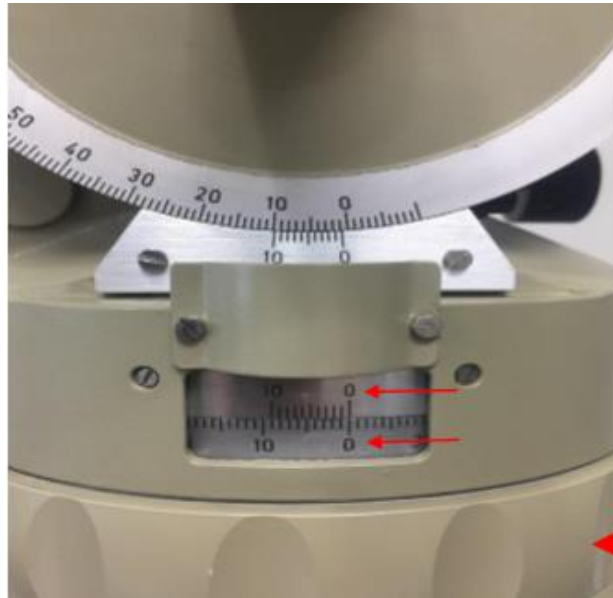
การติดตั้งกล้องหาทิศเหนือ

5. การหาทิศเหนือ ให้หมุนหน้ากล้องไปทางทิศเหนือ สังเกตหน้าปัดกล้องจะมีเส้นสเกลให้หมุนกล้องแล้วแท่งแม่เหล็กจะขยับ เพื่อปรับให้เส้นสเกลกลางหน้าปัดอยู่ตรงกลางระหว่างเส้นโค้งสองเส้นที่อยู่บนแท่งแม่เหล็กภายในกล้อง

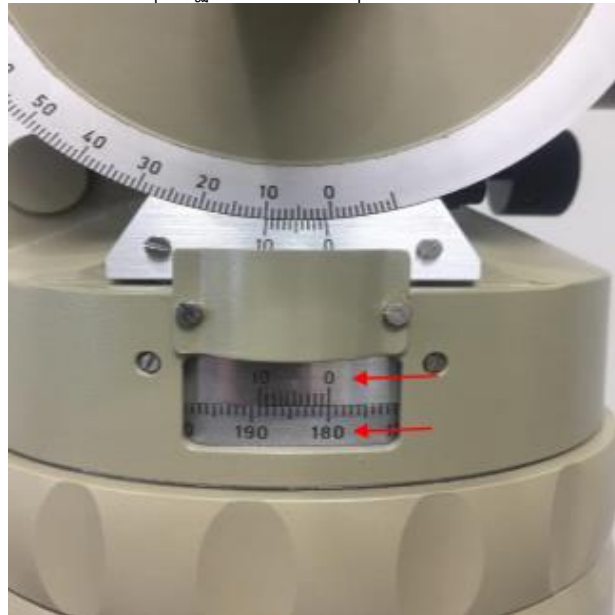


เข็มสเกลเมื่อเล็งทิศเหนือ

6. การปรับสเกลฐานกล้อง เมื่อเล็งกล้องได้ทิศเหนือแล้วให้หมุนฐานกล้อง (ตามลูกศรที่ชี้ในภาพที่ 6.1) ให้สเกล 0 ด้านล่างตรงกับสเกล 0 ด้านบน จากนั้นให้หมุนกล้องด้านบน (ตามลูกศรที่ชี้ในภาพ 6.2) กลับทิศให้ สเกล 0 ด้านบน ตรงกับสเกล 180 ด้านล่าง เพื่อให้โปรแกรมบันทึกข้อมูลทิศทางลมเป็นลมที่เข้าสถานีตามที่ต้องการ



ภาพที่ 6.1 หมุนที่ฐาน เพื่อปรับมุมระดับให้สเกล 0 ตรงกัน



ภาพที่ 6.2 หมุนกล้องด้านบนกลับทิศ เพื่อปรับมุมระดับให้สเกล 0 ตรงกับ 180

7. การติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ นำกล่องอินเทอร์เฟซมาติดตั้งเข้ากับขากล้อง ซึ่งมีช่องให้เสียบอยู่ที่ขากล้อง จากนั้นนำสายเชื่อมต่อ (สีเทา) มาต่อกล่องอินเทอร์เฟซเข้ากับตัวกล้อง และต่อสายเชื่อมต่อ (สีขาว) เข้ากับกล่องอินเทอร์เฟซกับสายแปลงหัวเป็น USB แล้วนำสายแปลงหัว USB ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์



กล่องอินเทอร์เฟซ



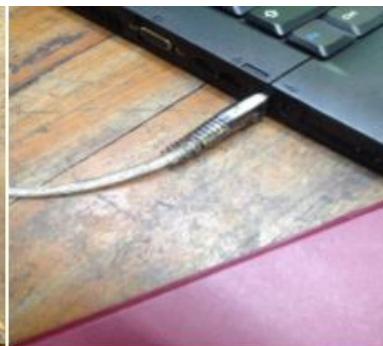
นำกล่องอินเทอร์เฟซมาติดตั้งเข้ากับขากล้อง



กล่องอินเทอร์เฟซ และสายเชื่อมต่อระหว่างกล่องอินเทอร์เฟซกับตัวกล้อง (สายสีเทา)



สายเชื่อมต่อระหว่างกล่องอินเทอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์ (สายสีขาว) และสายแปลงที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์



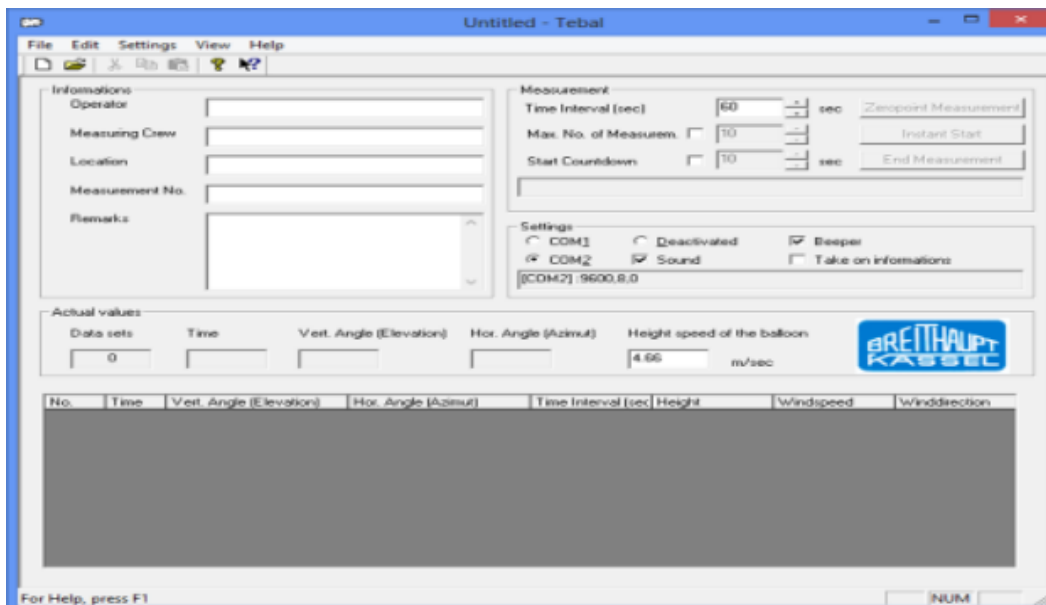
เมื่อต่อสายเชื่อมเข้ากับคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว



การใช้โปรแกรมบันทึกอัตโนมัติ การใช้โปรแกรมบันทึกอัตโนมัติ



1. ดับเบิลคลิกที่โปรแกรม หรือคลิกขวาที่โปรแกรมเลือก “เปิด” เพื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมา



หน้าต่างโปรแกรมเมื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมา

## 2. บันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมแต่ละช่อง ดังนี้

- 2.1 operator = รหัส initial ผู้ทำการตรวจ
- 2.2 Measuring Crew = RTAF
- 2.3 Location = สถานที่ทำการตรวจ เช่น ดอนเมือง (VTMD)
- 2.4 Measurement No. = ลำดับครั้งที่ทำการตรวจในวันนั้นๆ
- 2.5 Remarks = ชื่อของเจ้าหน้าที่หอบังคับการบินผู้อนุญาตให้ทำการปล่อยบอลลูนตรวจอากาศ

The screenshot shows the 'Untitled - Tebal' window. It has a menu bar (File, Edit, Settings, View, Help) and a toolbar. The main area is divided into several sections:

- Informations:** Fields for Operator (TT), Measuring Crew (RTAF), Location (VTMD), Measurement No. (9), and Remarks (เจ้าหน้าที่หอบังคับการบิน).
- Measurement:** Fields for Time Interval (60 sec), Max. No. of Measur. (10), and Start Countdown (10 sec). Buttons for 'Zero-point Measurement', 'Instant Start', and 'End Measurement' are present.
- Settings:** Radio buttons for COM1 and COM2 (selected), checkboxes for Deactivated, Sound, and Beeper, and a checkbox for 'Take on informations'.
- Actual values:** Fields for Data sets (0), Time, Vert. Angle (Elevation), Hor. Angle (Azimut), and Height speed of the balloon (4.66 m/sec). A 'BREITHAUPT KASSEL' logo is visible.
- Data Table:** A table with columns: No., Time, Vert. Angle (Elevation), Hor. Angle (Azimut), Time Interval (sec), Height, Windspeed, and Winddirection. The table is currently empty.

At the bottom, there is a status bar with 'For Help, press F1' and a 'NUM' button.

## 3. ทำการบันทึก เลือก “File” -> “Save as”

- ในช่อง Save as type ให้เลือก “Datatyp Tebal (\*.tba)” หรือ “Datatyp Tebal (\*.tbd)”

จากนั้นกด Save

This screenshot shows the same 'Untitled - Tebal' window as before, but with a 'Save As' dialog box open in the foreground. The dialog box has the following fields and options:

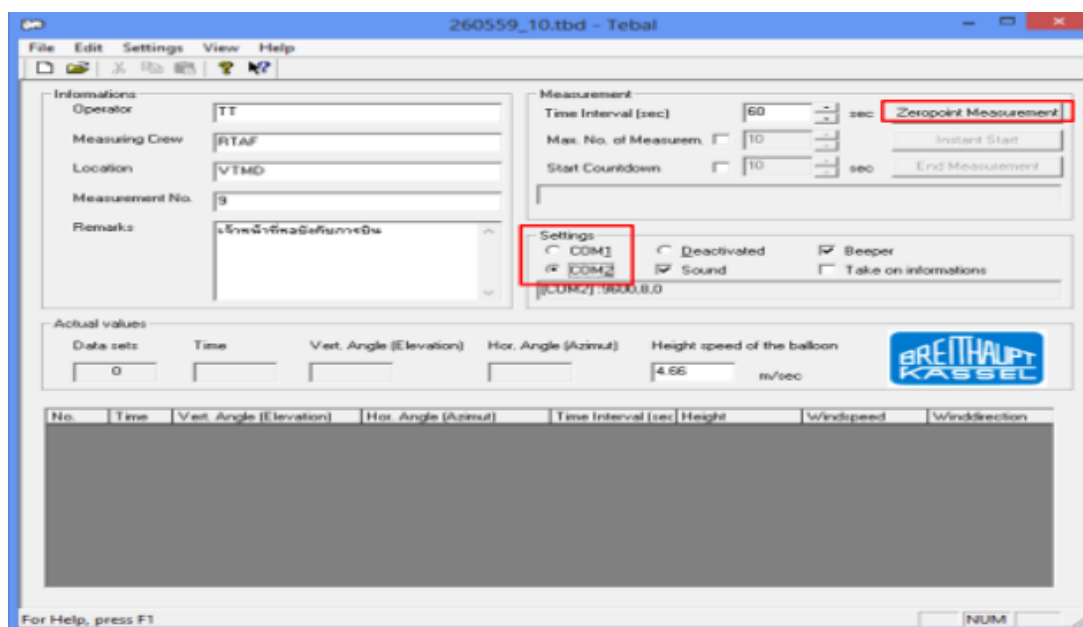
- Save in:** TEST WIND
- Name:** A list of files with checkboxes: 060559\_5.tbd, 260559\_2.tbd, 260559\_3.tbd, 260559\_4.tbd, and 260559\_6.tbd.
- Date modified:** A list of dates and times: 26/5/2559 10:41, 26/5/2559 10:18, 26/5/2559 10:26, 26/5/2559 10:35, and 26/5/2559 10:49.
- File name:** 260559\_3
- Save as type:** Datatyp Tebal (\*.tbd)
- Buttons:** 'Save' and 'Cancel'.

The background window remains the same as in the previous screenshot.

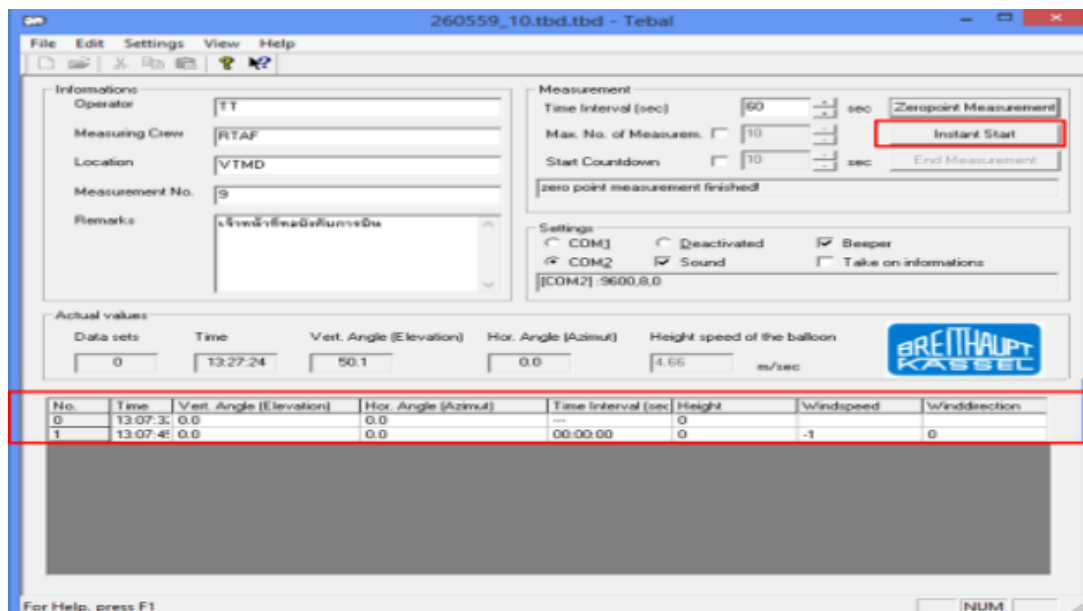
4. เมื่อทำการบันทึกแล้วให้ตรวจสอบมุมกล้อง มุมตั้งให้สเกล 0 ตรง 0 , มุมระดับให้ 0 ตรง 180 ก่อนทำการกดที่ปุ่ม “Circle=0” ปุ่มสีแดงตามลูกศรชี้ในภาพ



5. เมื่อกดปุ่ม “Circle=0” แล้ว โปรแกรมจะขึ้นปรากฏปุ่ม “Zero point Measurement” หากยังไม่ขึ้น ให้เซตโดยการคลิกที่ COM1 จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Zero point Measurement



6. เมื่อคลิกที่ปุ่ม Zero point Measurement แล้ว จะปรากฏปุ่ม “Instant Start” หากจะเริ่มทำการตรวจ ให้คลิกที่ปุ่ม โปรแกรมจะเริ่มนับถอยหลังและทำการบันทึกข้อมูลทิศทางและความเร็วลม ทุกๆ 1 นาที



7. เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน จะปรากฏข้อมูลลำดับที่ 0 และ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลการตั้งค่ามุกกล้องก่อนเริ่มทำการตรวจ คือค่าจะอยู่ที่ 0 เป็นข้อมูลที่ยังไม่สามารถเอาไปใช้ได้

The screenshot shows the software interface with the following data:

**Informations:**

- Operator: TT
- Measuring Crew: RTAF
- Location: VTMD
- Measurement No.: 9
- Remarks: เรือดำน้ำที่สถานีการยิง

**Measurement:**

- Time Interval (sec): 60
- Max. No. of Measurem.: 10
- Start Countdown: 10
- Next measurement in 53.7 sec

**Settings:**

- COM1: Deactivated
- COM2: Sound
- Beeper: [checked]
- Take on informations: [unchecked]
- [COM2]: 9600,8,0

**Actual values:**

| Data sets | Time     | Vert. Angle (Elevation) | Hor. Angle (Azimut) | Height speed of the balloon |
|-----------|----------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1         | 13:28:01 | 50.1                    | 0.0                 | 4.66 m/sec                  |

**Table:**

| No. | Time     | Vert. Angle (Elevation) | Hor. Angle (Azimut) | Time Interval (sec) | Height | Windspeed | Winddirection |
|-----|----------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------|-----------|---------------|
| 0   | 13:07:30 | 0.0                     | 0.0                 | ---                 | 0      | ---       | ---           |
| 1   | 13:07:40 | 0.0                     | 0.0                 | 00:00:00            | 0      | -1        | 0             |

8. ข้อมูลทิศทางและความเร็วลมของนาฬิกาที่บันทึกได้จะปรากฏในลำดับที่ 2 โดยค่าความเร็วลมที่บันทึก มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที และทิศทางลมจะเป็นทิศที่ลมพัดเข้าหาสถานี

The screenshot shows the software interface with the following data:

**Informations:**

- Operator: TT
- Measuring Crew: RTAF
- Location: VTMD
- Measurement No.: 9
- Remarks: เรือดำน้ำที่สถานีการยิง

**Measurement:**

- Time Interval (sec): 60
- Max. No. of Measurem.: 10
- Start Countdown: 10
- Next measurement in 56.8 sec

**Settings:**

- COM1: Deactivated
- COM2: Sound
- Beeper: [checked]
- Take on informations: [unchecked]
- [COM2]: 9600,8,0

**Actual values:**

| Data sets | Time     | Vert. Angle (Elevation) | Hor. Angle (Azimut) | Height speed of the balloon |
|-----------|----------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 2         | 13:29:01 | 72.6                    | 315.0               | 4.66 m/sec                  |

**Table:**

| No. | Time     | Vert. Angle (Elevation) | Hor. Angle (Azimut) | Time Interval (sec) | Height | Windspeed | Winddirection |
|-----|----------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------|-----------|---------------|
| 0   | 13:07:30 | 0.0                     | 0.0                 | ---                 | 0      | ---       | ---           |
| 1   | 13:07:40 | 0.0                     | 0.0                 | 00:00:00            | 0      | -1        | 0             |
| 2   | 13:29:01 | 72.6                    | 315.0               | 00:01:00            | 200    | 1         | 315           |

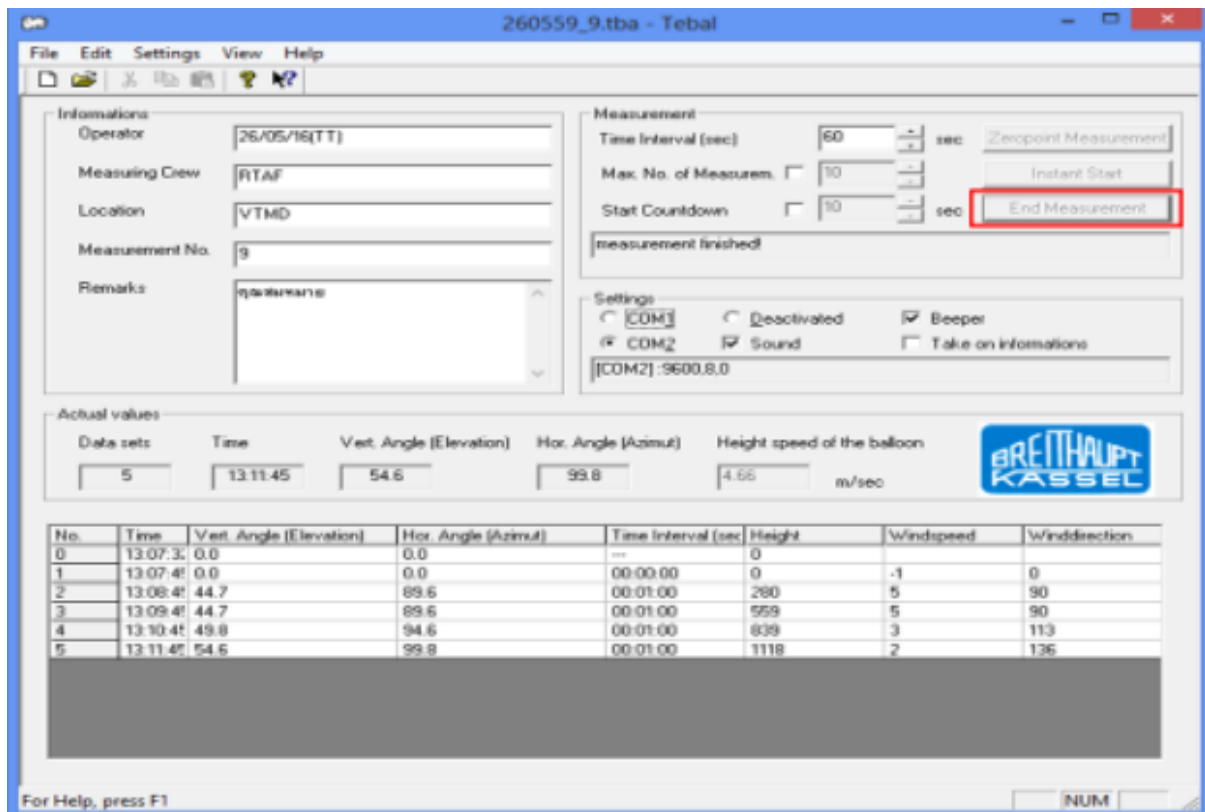
Annotations in the image:

- A red box highlights the row for No. 2 in the table.
- Two green arrows point from the text boxes below to the 'Windspeed' and 'Winddirection' columns of the row for No. 2.

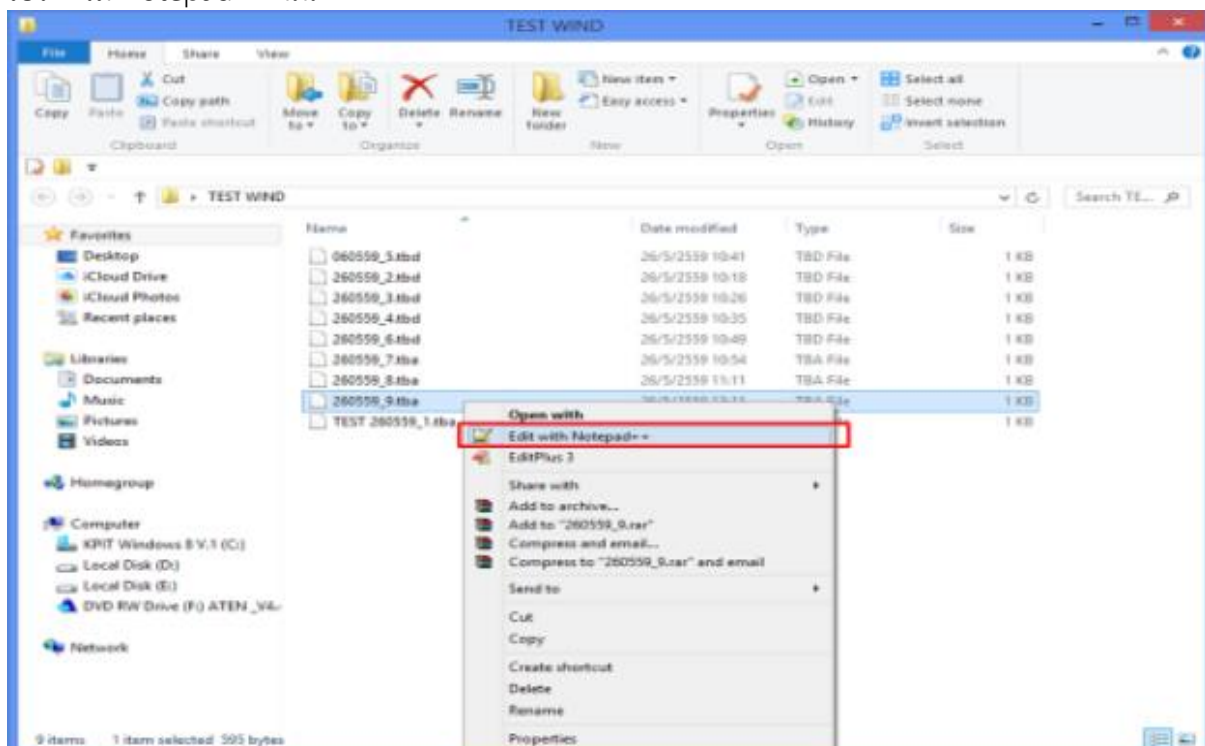
**Text boxes:**

- ข้อมูลความเร็วลม (Wind speed data)
- ข้อมูลทิศทาง (Wind direction data)

9. เมื่อจะทำการหยุดตรวจหรือสิ้นสุดการตรวจคือ ไม่สามารถติดตามบัลลูนได้แล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม “End Measurement” โปรแกรมจะหยุดทำการบันทึกข้อมูล และข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกไปที่แฟ้มที่ทำการ Save ไว้ก่อนเริ่มการตรวจ



10. ตรวจสอบข้อมูลทิศทางและความเร็วลมทั้งหมดจากแฟ้มที่ทำการ Save ไว้ ซึ่งจะต้องเปิดโดยโปรแกรม Notepad เท่านั้น



# 11. ข้อมูลที่ได้จะปรากฏในโปรแกรม Notepad ดังภาพ

```

1 Day of Measurement : 26.05.16
2 Operator : 26/05/16(TT)
3 Measuring Crew : RTAF
4 Location : VTMD
5 Measurement # : 9
6 Remarks : =0°E1E101
7 Time of Zeropointmeasuring : 13:07:32
8 Timeintervall : 60 Seconds
9 Height speed of the balloon : 4.660000 m/s
10 No. ;Time ;Vert. Angle (Elevation) ;Hor. Angle (Azimut) ;Height ;Windspeed ;Winddirection
11 0 ; 13:07:45 ; 0.0 ; 0.0 ; 0 ; 0 ; 0
12 1 ; 13:07:45 ; 0.0 ; 0.0 ; 0 ; -1 ; 0
13 2 ; 13:08:45 ; 44.7 ; 89.6 ; 280 ; 5 ; 90
14 3 ; 13:09:45 ; 44.7 ; 89.6 ; 359 ; 5 ; 90
15 4 ; 13:10:45 ; 49.8 ; 94.6 ; 839 ; 3 ; 113
16 5 ; 13:11:45 ; 54.6 ; 99.8 ; 1118 ; 2 ; 136
17

```

Normal text file      length: 595   lines: 17      Ln:1   Col:1   Sel:0      Dos/Windows      ANSI      INS

\*\*\*\*\*