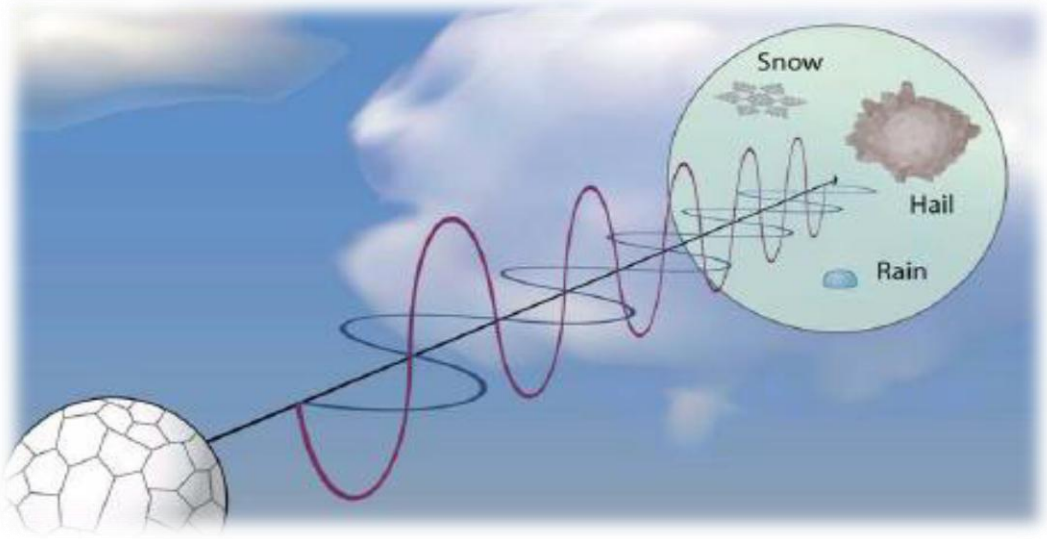
องค์ความรู้

เรื่อง

Dual Polarization Radar



ส่วนติดตามสภาวะอากาศ

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

คำนำ

องค์ความรู้เรื่อง **Dual Polarization Radar** นี้ จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ให้ความแก่บุคลากรของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและประชาชน ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ผู้รับบริการข้อมูลของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรดาร์ตรวจอากาศแบบ **Dual Polarization** และสามารถแปลความหมายภาพเรดาร์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันรวมถึงการวางแผนในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพของตนเองได้

ส่วนติดตามสภาวะอากาศ
ศูนย์อุตุนิยมวอทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง
กันยายน 2560

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. Radar System Components	1
2. การทำงานของเรดาร์	5
3. ระบบไฟฟ้าหลัก และ ไฟฟ้าสำรอง	6
4. ระบบ Safety	6
5. Dual Polarization radar คืออะไร	8
6. การแผ่กระจายคลื่นของเรดาร์แบบ Dual Polarization	8
7. ผลผลิตของเรดาร์แบบ Dual Polarization	9
8. ลักษณะทางกายภาพของเป้าที่สะท้อนกลับของคลีเรดาร์ แบบ Dual Polarization	10
9. รายละเอียดผลผลิต(Products) ใหม่ของเรดาร์แบบ Dual Polarization	11
10. ตัวอย่างแสดงค่าของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทย เปรียบเทียบ 4 Product	18
11. เอกสารอ้างอิง	21

1. Radar System Components

1. **ระบบ Radar** ประกอบไปด้วย

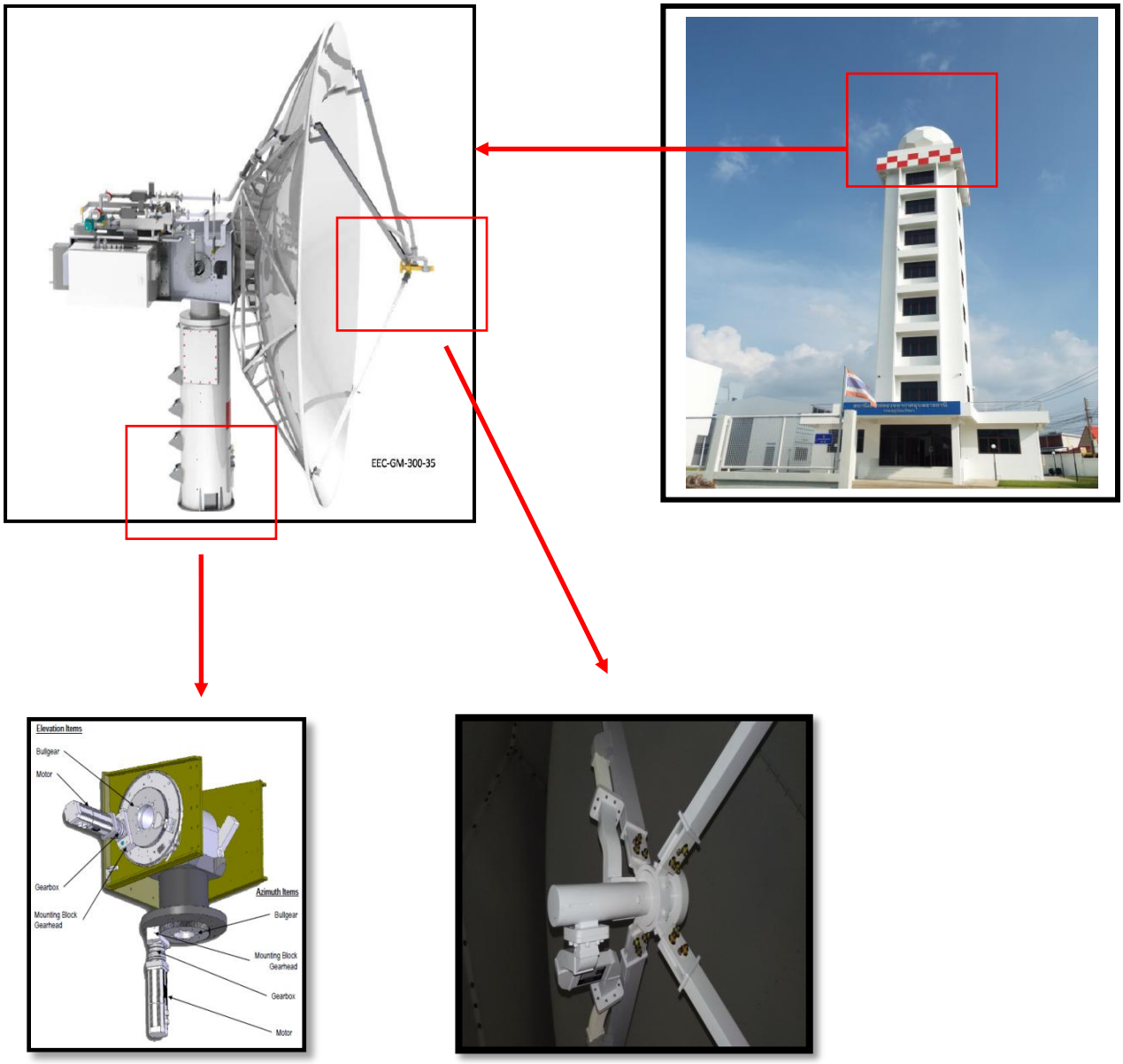
1.1. Transmitter & Control Cabinet

- Transmitter ทำหน้าที่ ผลิตสัญญาณ Pulse ส่งออกไปในอากาศด้วยกำลังส่งประมาณ 250 – 350 กิโลวัตต์

- **Control Cabinet** ทำหน้าที่ควบคุมและประมวลผล

ภาพที่ 1 : แสดงชุด Transmitter & Control Cabinet

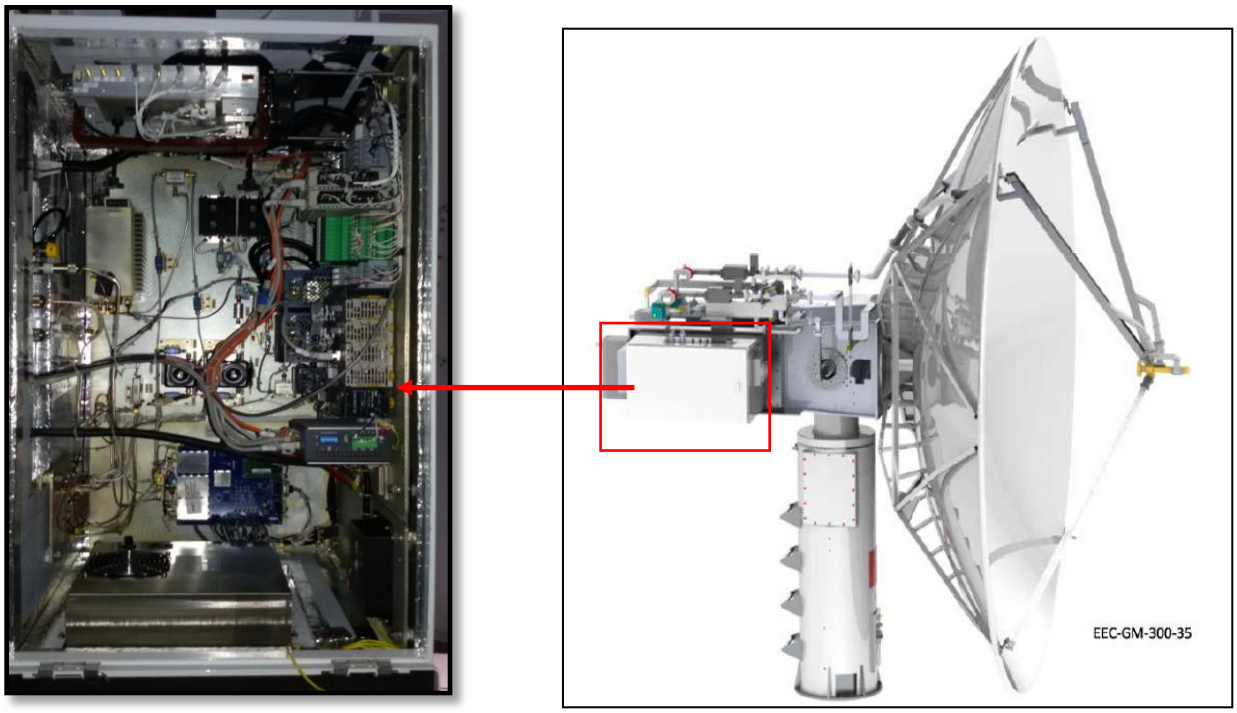
1.2 Antenna and Pedestal Unit ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการแพร่กระจายคลื่น พร้อมส่งและรับสัญญาณ Pulse



ภาพที่ 2 : แสดง Antenna and Pedestal Unit

จากภาพที่ 2 Antenna and Pedestal Unit จะติดตั้งที่เรโดมด้านบนสุดของอาคารหอเรดาร์ ที่ปลายของจานสายอากาศจะมี Feed horn เป็นช่องทางส่งและรับคลื่นเรดาร์ ที่แท่นจานสายอากาศจะมีอุปกรณ์ชุดเกียร์

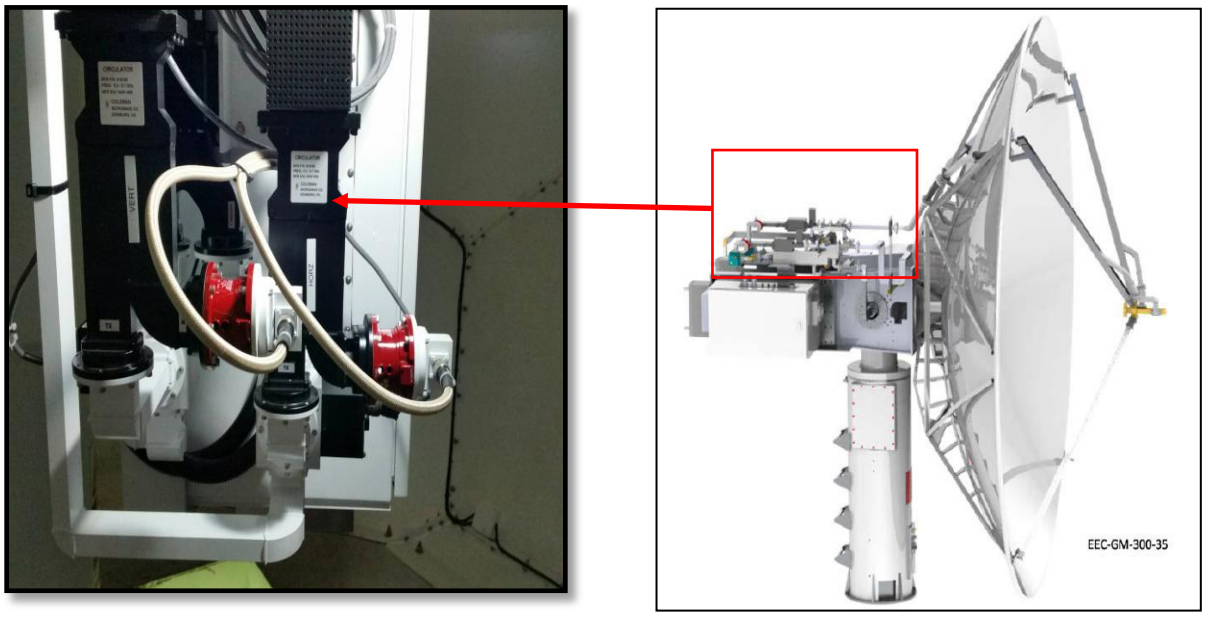
1.3. Receiver Unit ทำหน้าที่นำสัญญาณ Pulse ที่สะท้อนกลับมากรองส่วนที่ไม่ต้องการออก ก่อนแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยัง Digtal Signal Processor

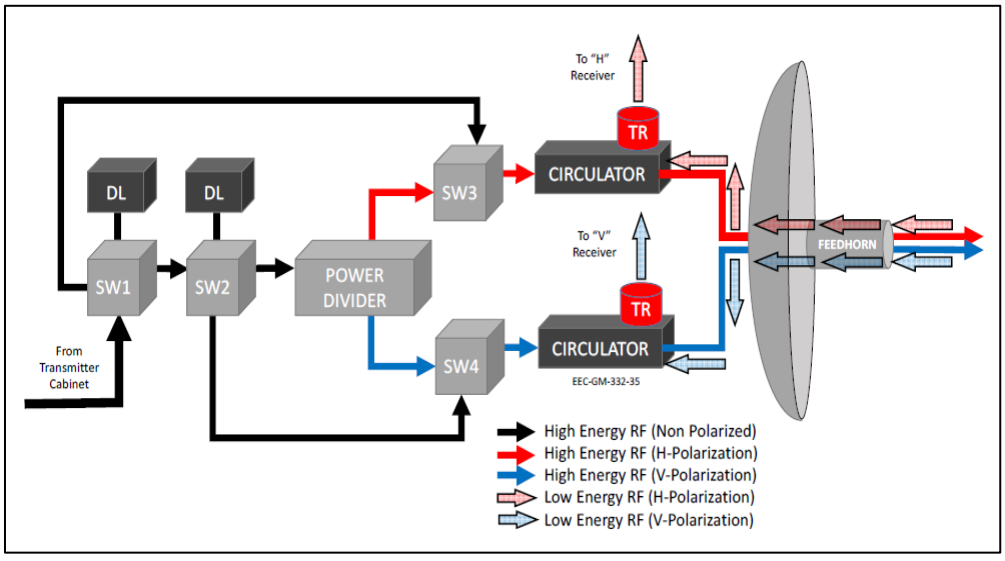


ภาพที่ 3 : แสดง Receiver Unit

จากภาพที่ 3 **Receiver Unit** จะติดตั้งในกล่องสี่เหลี่ยมด้านหลังจานสายอากาศ

1.4. Waveguide Switch ทำหน้าที่เลือกเส้นทางการแพร่กระจายคลื่น ระหว่าง Horizontal,Vertical or Dual Function(SIDPOL)

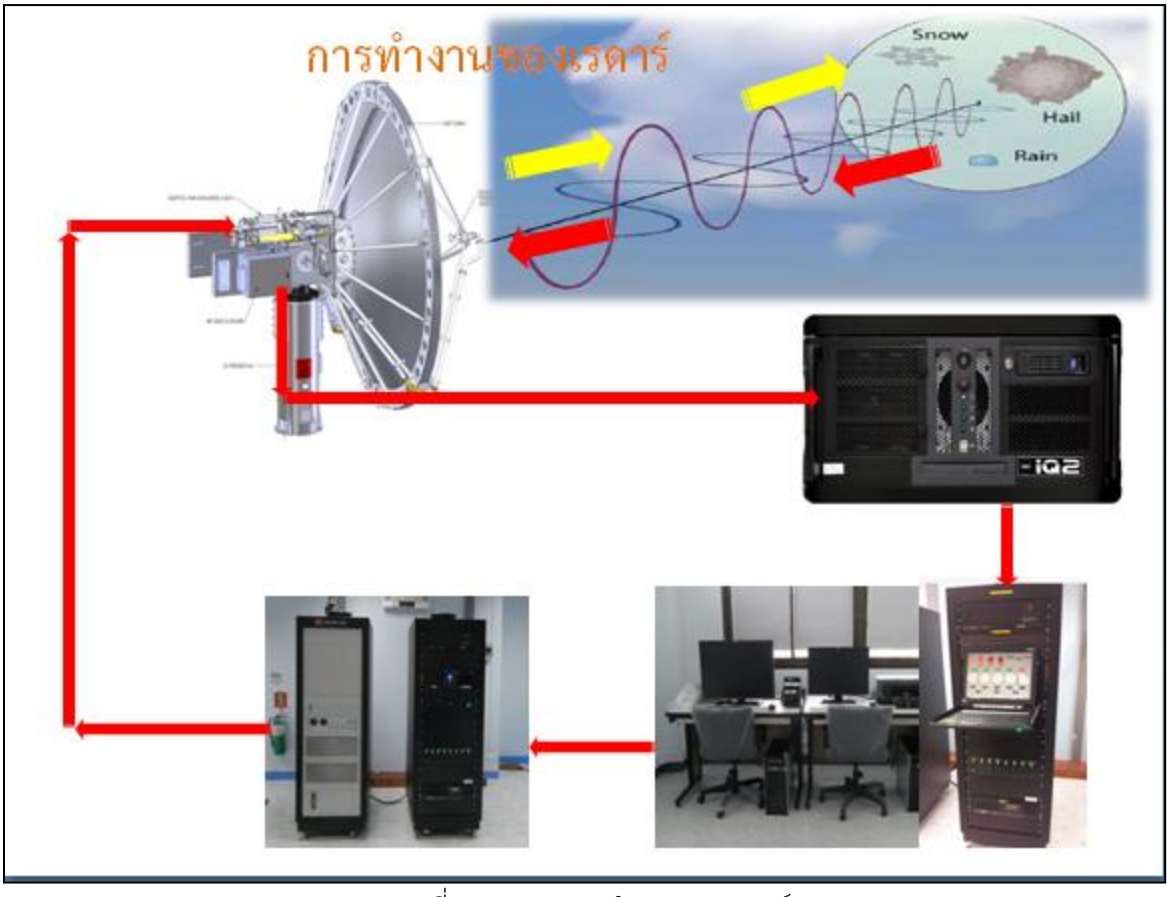




ภาพที่ 4 : แสดง **Waveguide Switch**

จากภาพที่ 4 **Waveguide Switch** จะติดตั้งด้านหลังจานสายอากาศ

2. การทำงานของเรดาร์

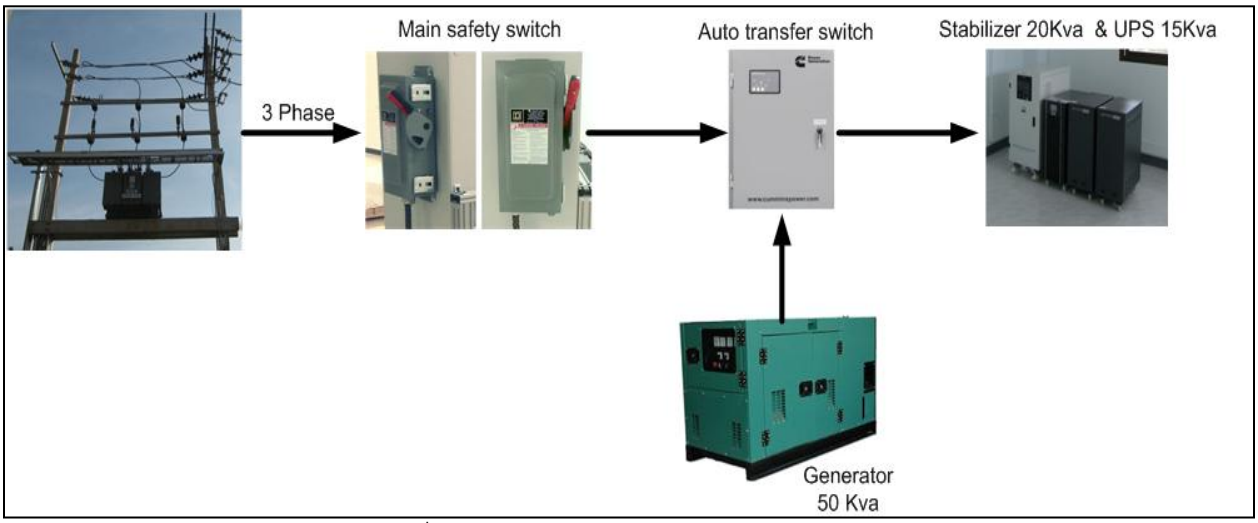


ภาพที่ 5 : แสดงการทำงานของเรดาร์

จากภาพที่ 5 การทำงานของเรดาร์เริ่มจาก หน่วยควบคุมและประมวลผล (Control Cabinet) ควบคุมสั่งการทำงานไปยังอุปกรณ์ภาคเครื่องส่ง (Transmitter) จากนั้น ภาคเครื่องส่ง (Transmitter) จะผลิตและส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ โดยเรดาร์ตรวจอากาศจะทำการส่งคลื่นวิทยุเป็นจังหวะในช่วงเวลาสั้นๆผ่าน ท่อส่งคลื่น (Waveguide Switch) และระบบจานสายอากาศ (Antenna) จะหมุนในแนวระนาบ 360 องศา และแนวตั้งตามที่กำหนดได้ไว้ เมื่อลำคลื่นดังกล่าวกระทบกับเป้า

(กลุ่มฝน ลูกเห็บ หิมะ นก แมลง หรือสิ่งกีดขวาง ฯลฯ) จะสะท้อนกลับมายังจานสายอากาศ เข้าสู่อุปกรณ์ภาคเครื่องรับ (Receiver Unit) เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลสัญญาณ ก่อนที่จะถูกส่งไปแสดงข้อมูลบนจอภาพเรดาร์ต่อไป

3. ระบบไฟฟ้าหลัก และ ไฟฟ้าสำรอง

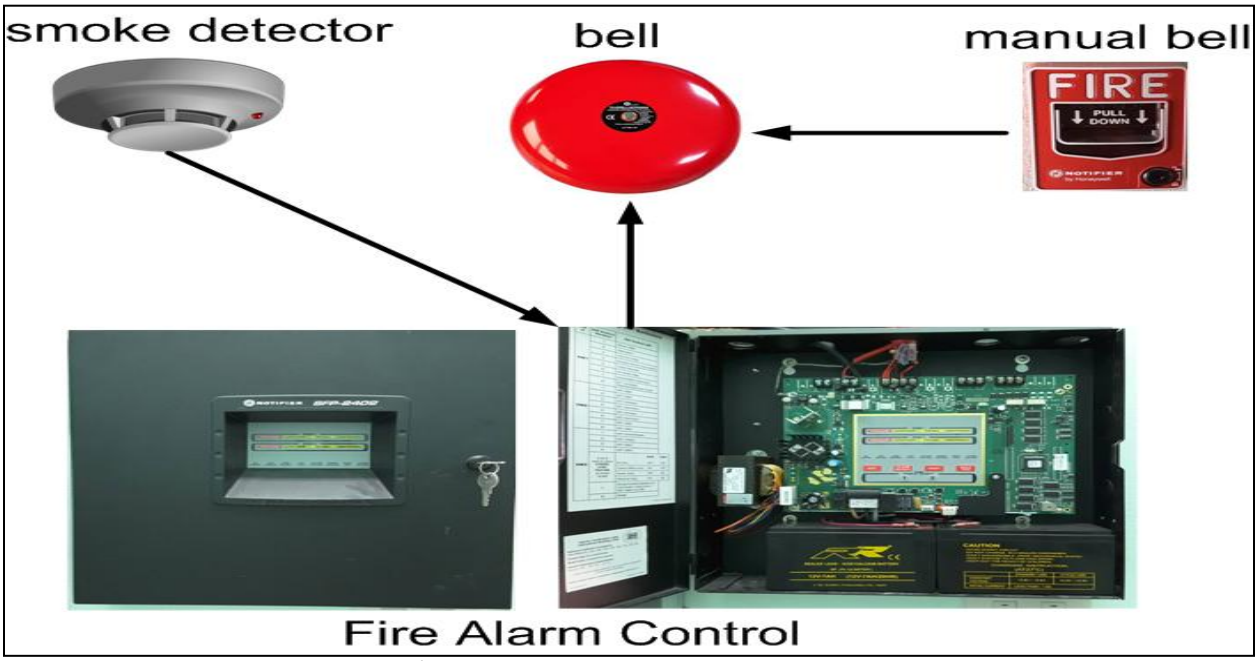


ภาพที่ 6 : แสดงระบบไฟฟ้าหลัก และ ไฟฟ้าสำรอง

4.ระบบ Safety

ระบบ Safety ประกอบไปด้วย

1. อุปกรณ์ชุด Fire Alarm Control ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนไฟไหม้ ดังภาพที่ 6
2. อุปกรณ์ชุด Interlock and Emergency Stop ชุดอุปกรณ์หยุดการทำงานของเรดาร์แบบฉุกเฉิน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 : แสดงอุปกรณ์ชุด Fire Alarm Control

ภาพที่ 8 : แสดงอุปกรณ์ Interlock and Emergency Stop

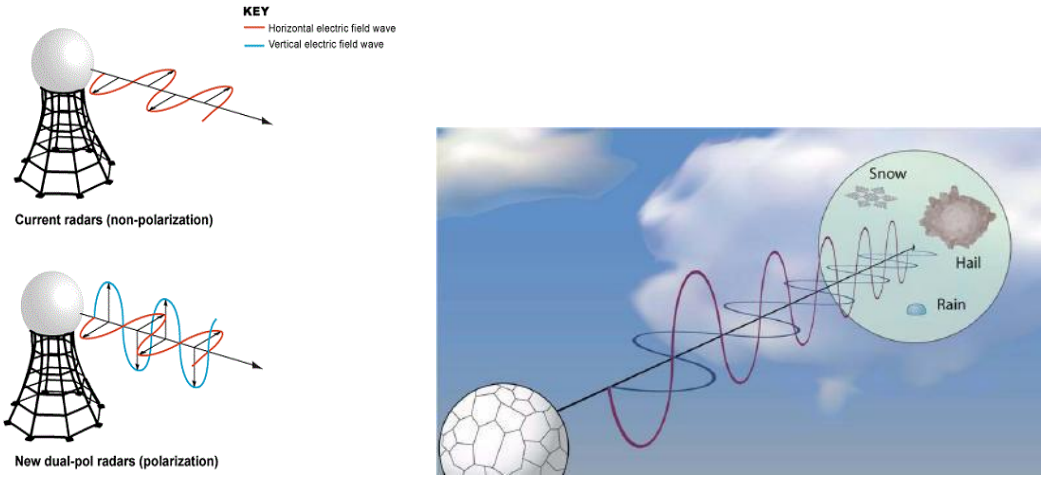
5. Dual Polarization Radar คืออะไร

Dual Polarization Radar คือ เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ รุ่นล่าสุดที่ใช้งาน ของกรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยงานอื่นเช่น สำนักฝนหลวงเพื่อการเกษตร สำนักระบายน้ำกรุงเทพมหานคร และกองทัพอากาศ เป็นต้น ซึ่งมีหลักการทำงานแบบเดียวกับเครื่องเรดาร์ชนิด Single Polarization แต่เพิ่มแกนการส่งคลื่นอีก 1 แกน คือมีทั้ง แกนแนวนอน (Horizontal) และแกนแนวตั้ง (Vertical) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจและพยากรณ์อากาศ โดยมีผลผลิตการตรวจ หรือ Product เพิ่มจากเดิมอีก 4 Product ทำให้ได้ผลการตรวจกลุ่มฝน ลูกเห็บ พายุ และปรากฏการณ์ต่างๆ ได้เม่นยำยิ่งขึ้น

Dual หมายถึง คู่,ร่วมกันระหว่างบุคคลสองคน, สอง, สองข้อ, สองฝักสองฝ่าย,แบ่งออกเป็นสองภาค

Polarization หมายถึง ทิศทางการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะมีการกระจาย(ส่งและรับ) ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยระบบเรดาร์สามารถที่จะส่งหรือรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าในทิศทางการแผ่กระจายทั้งแนวตั้ง (Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นเรดาร์กับวัตถุในแนวตั้งและแนวนอน สำหรับโพลาไรเซชันที่ต่างกันจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุ ผลดังกล่าวทำให้แยกวิเคราะห์หรือแยกประเภทของ เป้า (Target) ชนิดต่างๆได้

6. การแผ่กระจายคลื่นของเรดาร์แบบ Dual Polarization



ภาพที่ 9 : แสดงการแพร่กระจายคลื่นของเรดาร์รุ่นก่อนและเรดาร์แบบ Dual Polarization

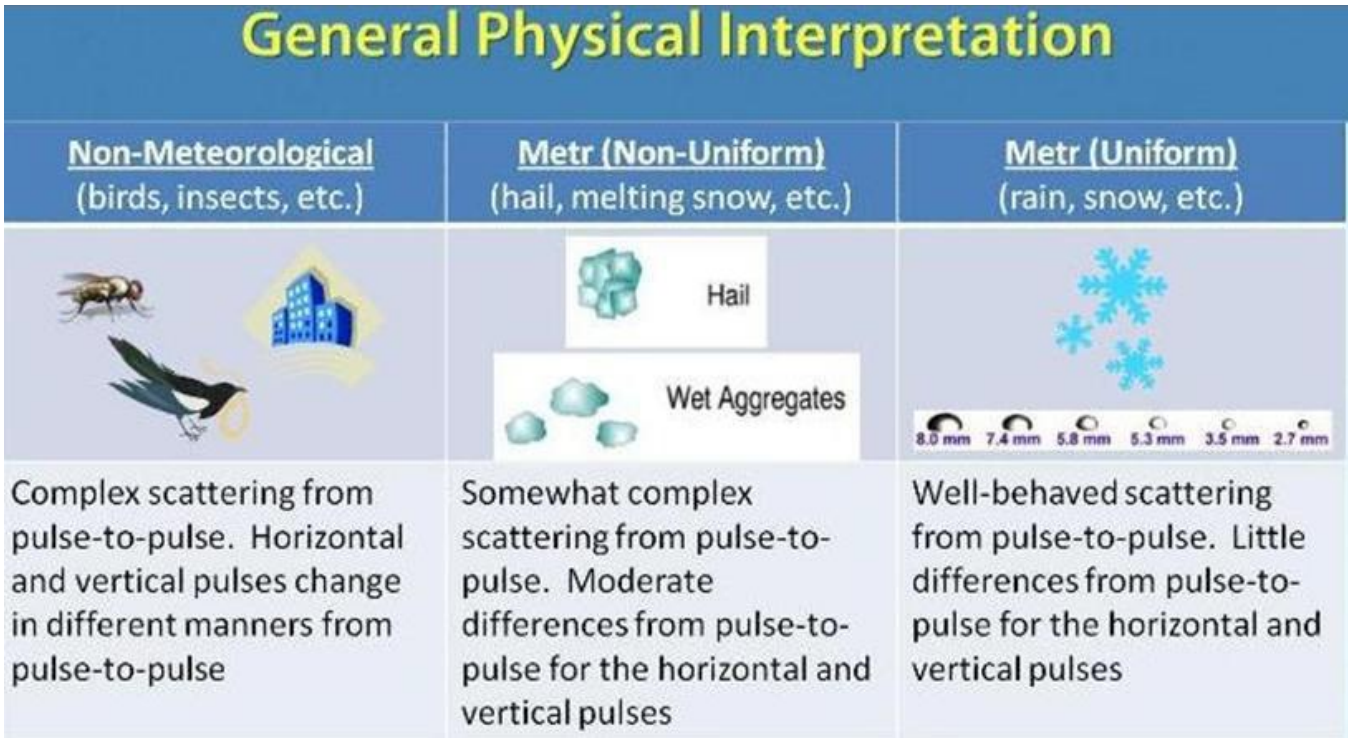
7. ผลผลิตของเรดาร์แบบ Dual Polarization

ผลผลิตของเรดาร์แบบ Dual Polarization ประกอบไปด้วย

1. ผลผลิต (Products) มาตรฐาน ที่เรดาร์แบบ Dual Polarization ยังคงมีเหมือนเดิม ได้แก่
   - Reflectivity (Z)
   - Velocity (V)
   - Spectrum Width (SW)
2. ผลผลิต (Products) ที่เกิดขึ้นใหม่ ได้แก่
   - Differential Reflectivity (ZDR)

- Correlation Coefficient (CC)
- Specific Differential Phase (KDP)
- Hydrometeor Classification (HC) เป็น Products ที่เกิดจากอันกอลิทึ่ม(Algorithm) ของเรดาร์

8. ลักษณะทางกายภาพของเป้าที่สะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์แบบ Dual Polarization



ภาพที่ 10 : ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของเป้าที่สะท้อนกลับ

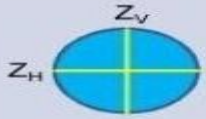
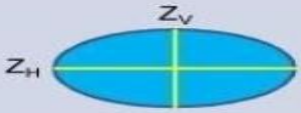
<u>จากภาพที่ 10</u> : เป้าที่สะท้อนกลับมาจากการส่งคลื่นเรดาร์ มี 3 หมวดหมู่ได้แก่

- **Non – Meteorological** เป้าที่ไม่ใช่เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ นก แมลง และอื่นๆเช่น ภูเขา ตึก กลุ่มควันจากการเผาป่า
- **Metr (Non-Uniform)** เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปทรงไม่แน่นอน ได้แก่ ลูกเห็บ ลูกเห็บกำลังละลายหิมะ
- **Metr (Uniform)** เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปทรงแน่นอน ได้แก่ ฝน และ หิมะ

9. รายละเอียดผลผลิต (Products) ใหม่ของเรดาร์แบบ Dual Polarization

ผลผลิต (Products) ที่เกิดขึ้นใหม่ของเรดาร์แบบ Dual Polarization นี้ช่วยให้เจ้าหน้าที่ตรวจอากาศด้วยเรดาร์และนักอุตุนิยมวิทยาเพิ่มความแม่นยำ ในการวิเคราะห์แยกแยะเป้าที่ได้จากการตรวจเรดาร์ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังมีรายละเอียดผลผลิต (Products) ดังนี้

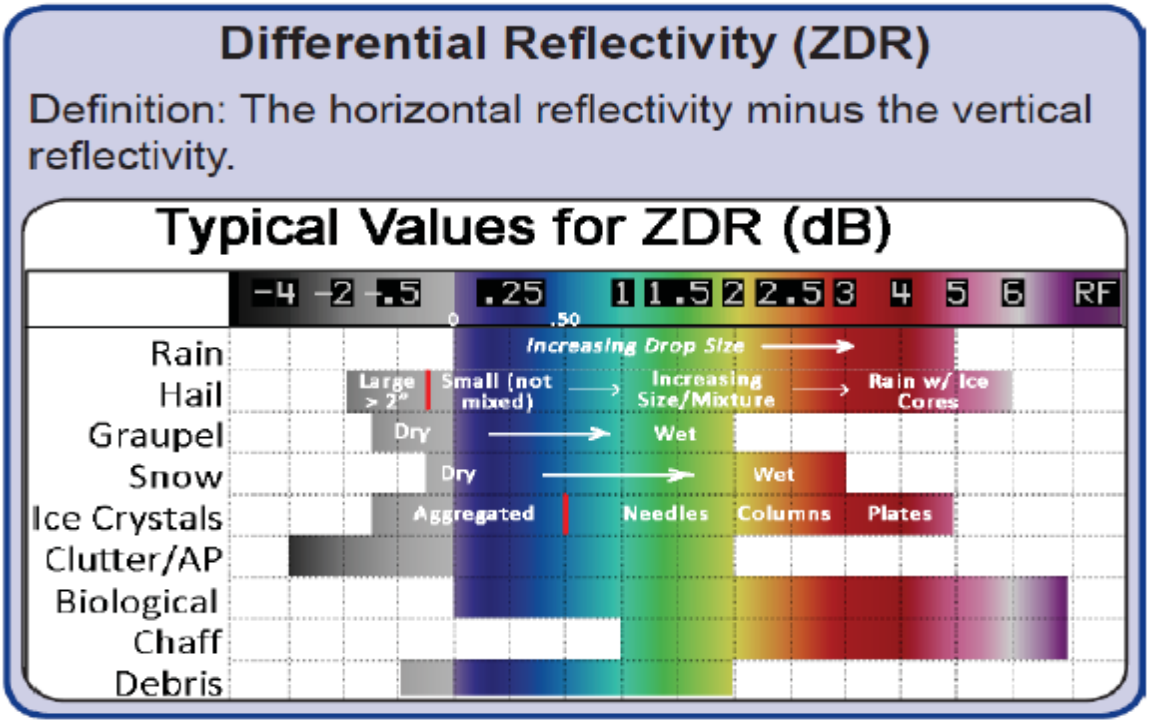
1. Differential Reflectivity (ZDR) คือ ค่าความแตกต่างของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์(Reflectivity)ในแนวตั้ง(Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) ทำให้สามารถแยกแยะขนาดและรูปร่างของอนุภาคหรือDrop size ได้อย่างชัดเจน และยังบอกได้ถึงบริเวณที่มีลูกเห็บตก ด้วยค่าที่แสดงเป็นแถบสีที่กำหนด

Spherical (drizzle, small hail, etc.)	Horizontally Oriented (rain, melting hail, etc.)	Vertically Oriented (i.e. vertically oriented ice crystals)
		
$Z_H \sim Z_V$	$Z_H > Z_V$	$Z_H < Z_V$
$Z_H - Z_V \sim 0$	$Z_H - Z_V > 0$	$Z_H - Z_V < 0$
ZDR ~ 0 dB	ZDR > 0 dB	ZDR < 0 dB

ภาพที่ 11 : แสดงรูปทรงของอนุภาคที่ได้จาก Product Differential Reflectivity (ZDR)

จากภาพที่ 11 - ค่าความแตกต่าง ZDR ~ 0 dB รูปทรงของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยาจะเป็นทรงกลม ได้แก่ ฝนละออง ลูกเห็บขนาดเล็ก

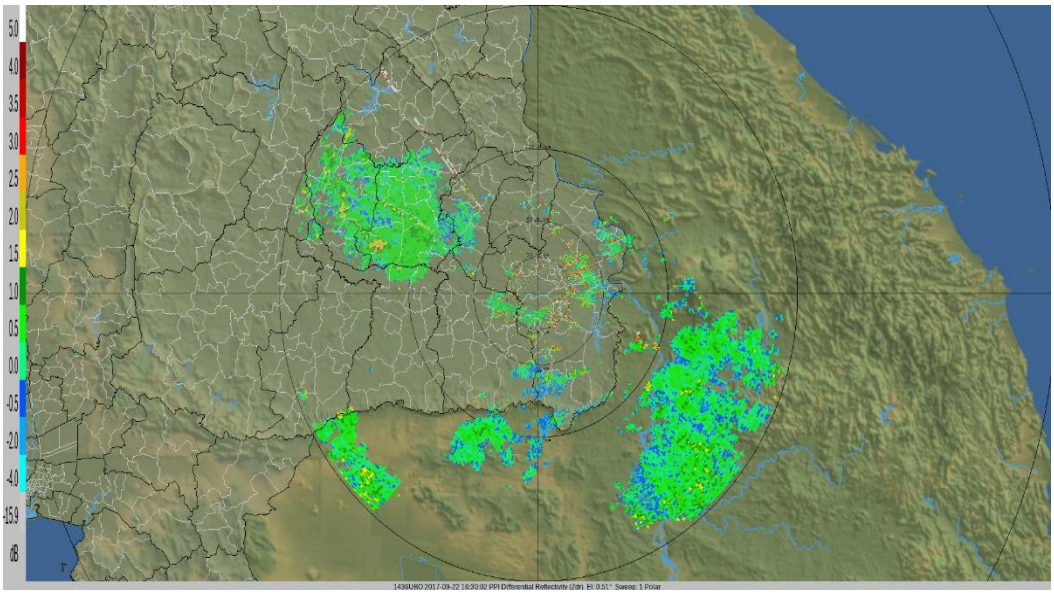
- ค่าความแตกต่าง ZDR > 0 dB รูปทรงของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยาจะเป็นทรงวงรีทางแนวนอน ได้แก่ ฝน ลูกเห็บที่กำลังละลาย
- ค่าความแตกต่าง ZDR < 0 dB รูปทรงของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยาจะเป็นทรงวงรีทางแนวตั้ง ได้แก่ ผลึกน้ำแข็งต่างๆ



ภาพที่ 12 : ตารางแสดงค่าของ Product Differential Reflectivity (ZDR) ตามชนิดของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยา

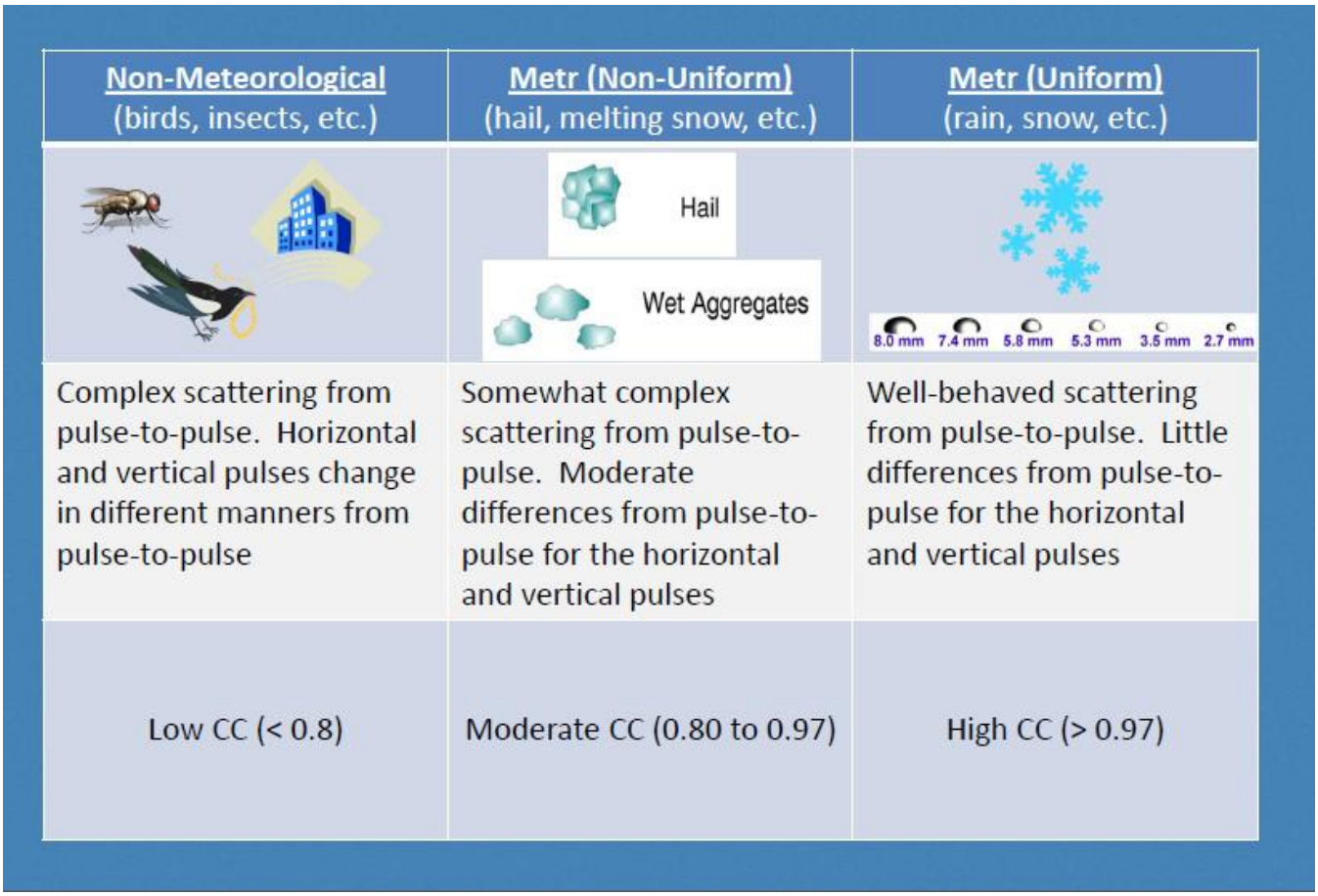
จากภาพที่ 12 - ค่า **ZDR < 0.8 dB** จะไม่ใช่อนุภาคทางด้านอุตุนิยมวิทยา

- ค่า **ZDR อยู่ระหว่าง 0.8 – 0.97 dB** จะเป็นอนุภาคทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่ยังไม่เป็นรูปร่าง
- ค่า **ZDR > 0.97 dB** จะเป็นอนุภาคทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่เป็นรูปร่าง เช่น ลูกเห็บ ฝน หิมะ เกล็ดน้ำแข็ง



ภาพที่ 13 : แสดงตัวอย่างภาพ Product Differential Reflectivity (ZDR)

2. Correlation Coefficient (CC) คือ ค่าความสัมพันธ์ของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์(Reflectivity)ในแนวตั้ง(Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) ค่าของความสัมพันธ์จะไปแยกแยะ เป้าเรดาร์ที่ตรวจวัดได้ ว่าเป็นเป้าทางอุตุนิยมวิทยาหรือไม่



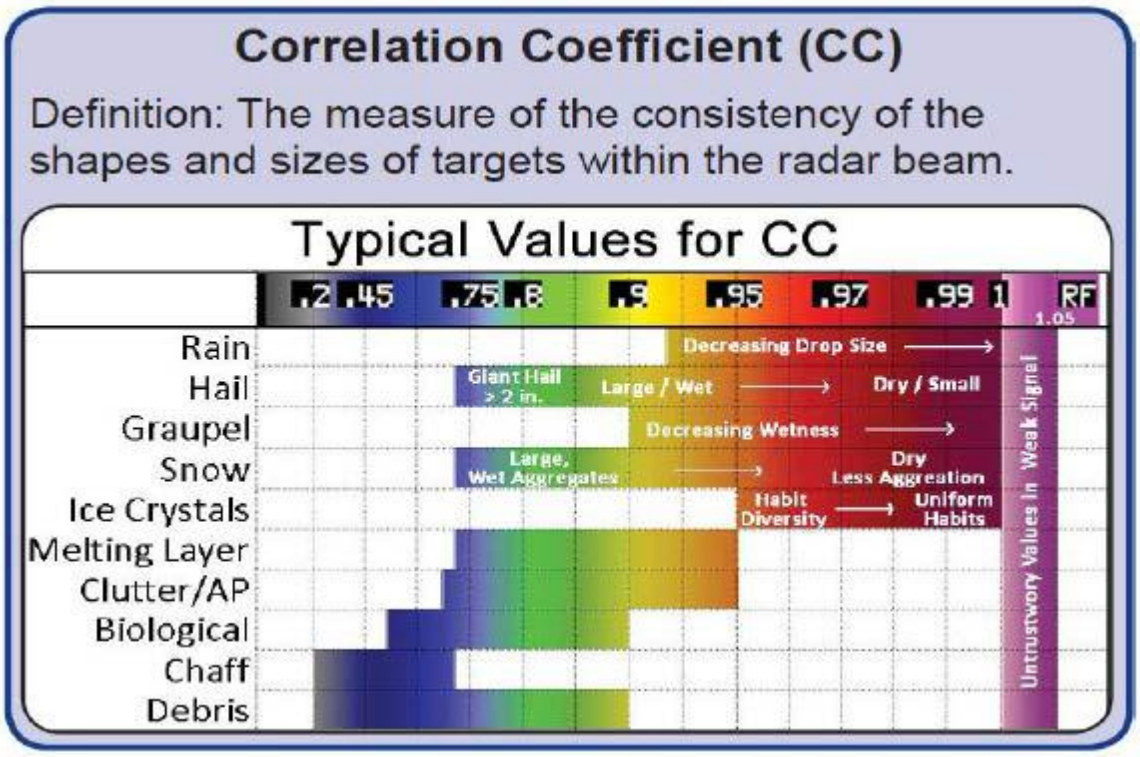
ภาพที่ 14 : ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์(Reflectivity)

จากภาพที่ 14

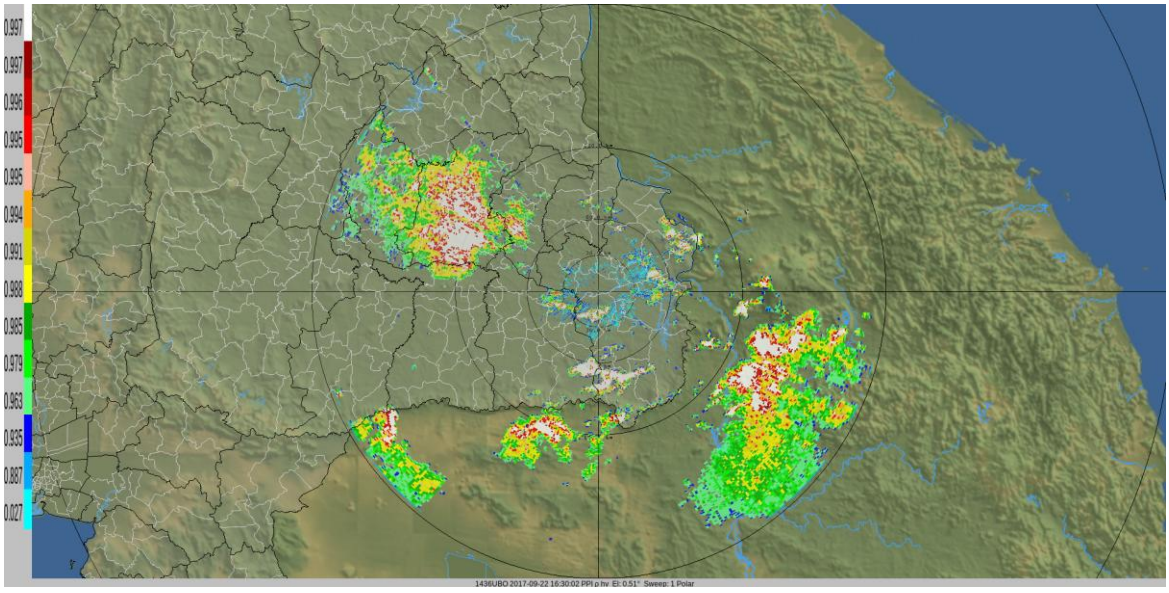
- **Non – Meteorological** เป้าที่ไม่ใช่เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา วัตถุจะมีการสะท้อนที่ซับซ้อนทำให้ค่าการสะท้อนในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันมากทำให้ค่าความสัมพันธ์มีค่าน้อยกว่า 0.8

- **Metr (Non-Uniform)** เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปทรงไม่แน่นอน วัตถุจะมีการสะท้อนในระดับปานกลาง ทำให้ค่าการสะท้อนในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันไม่มาก ค่าความสัมพันธ์จะอยู่ระหว่าง 0.8 – 0.97

- **Metr (Uniform)** เป้าทางด้านอุตุนิยมวิทยา ที่มีรูปทรงแน่นอน วัตถุจะมีการสะท้อนในระดับที่ดี ทำให้ค่าการสะท้อนใน แนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันน้อย ค่าความสัมพันธ์จะมากกว่า 0.97

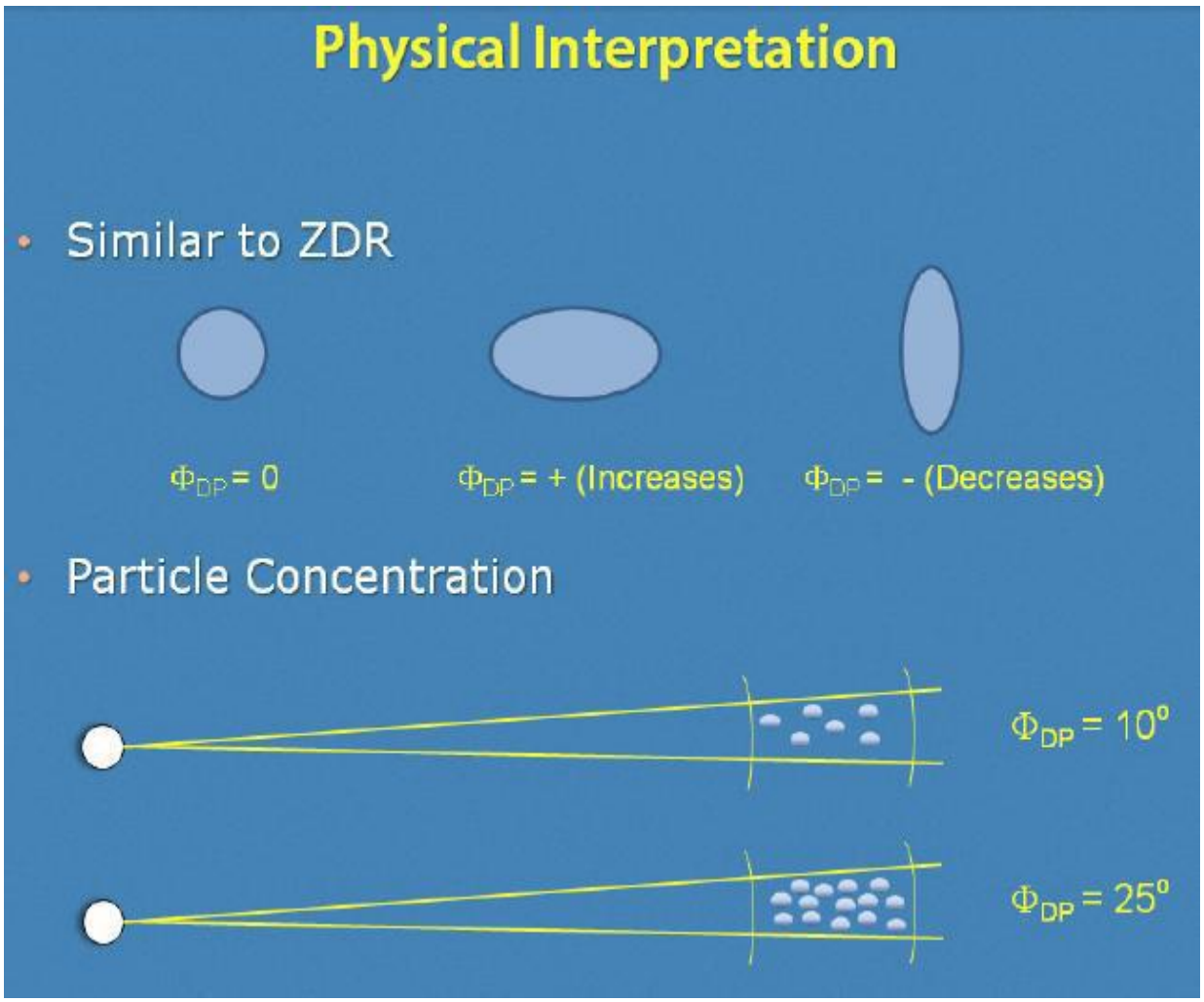


ภาพที่ 15 : ตารางแสดงค่าของ Product Correlation Coefficient (CC) ตามชนิดของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยา



ภาพที่ 16 : แสดงตัวอย่างภาพ Product Correlation Coefficient (CC)

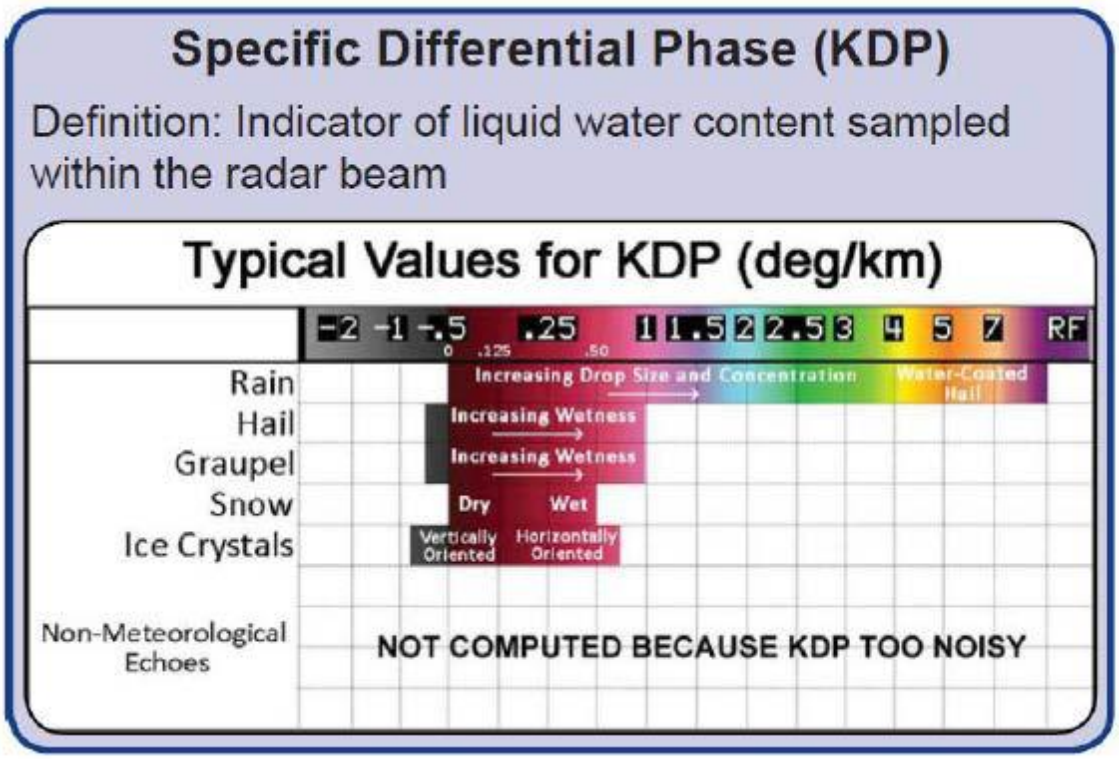
3. Specific Differential Phase (KDP) ค่าการเปรียบเทียบความแตกต่างของเฟสต่างๆ ในแนวตั้ง (Vertical : V) และแนวนอน (Horizontal : H) และแนวตั้งต่อระยะที่เฉพาะเจาะจง ค่าความแตกต่างของ Phase(ช่วงคลื่น)ที่เฉพาะเจาะจง ใช้ในการแยกแยะและเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มฝนแต่ละกลุ่ม โดยขอบเขตของเรดาร์จะมีการเปลี่ยนแปลง Phase ที่แตกต่างกันไปตามแนวรัศมี (ช่วงคลื่นที่ไม่ใช่เป้าทางด้านอุตุนิยมจะไม่แสดงให้เห็นใน Products นี้)



ภาพที่ 17 : แสดงการแปลความหมายลักษณะทางกายภาพความหนาแน่นของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยา

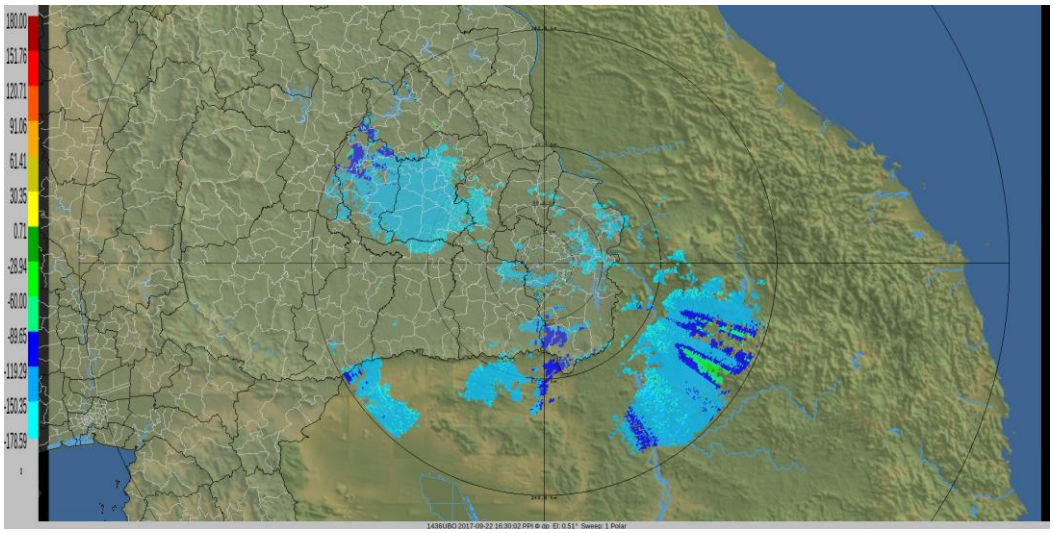
จากภาพที่ 17 - กลุ่มฝนที่มีความหนาแน่นน้อยค่าของ Phase ก็จะมีความเปลี่ยนแปลงน้อย

- กลุ่มฝนที่มีความหนาแน่นมากค่าของ Phase ก็จะมีความเปลี่ยนแปลงมาก



ภาพที่ 18 : ตารางแสดงค่าของ Product Specific Differential Phase (KDP) ตามชนิดของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยา

จากภาพที่ 18 - ค่าความแตกต่างของ Phase (ช่วงคลื่น) มีค่าสูงตามความหนักเบาของฝนที่ตก ทำให้สามารถเปรียบเทียบความหนักเบาของกลุ่มฝนแต่ละกลุ่มได้

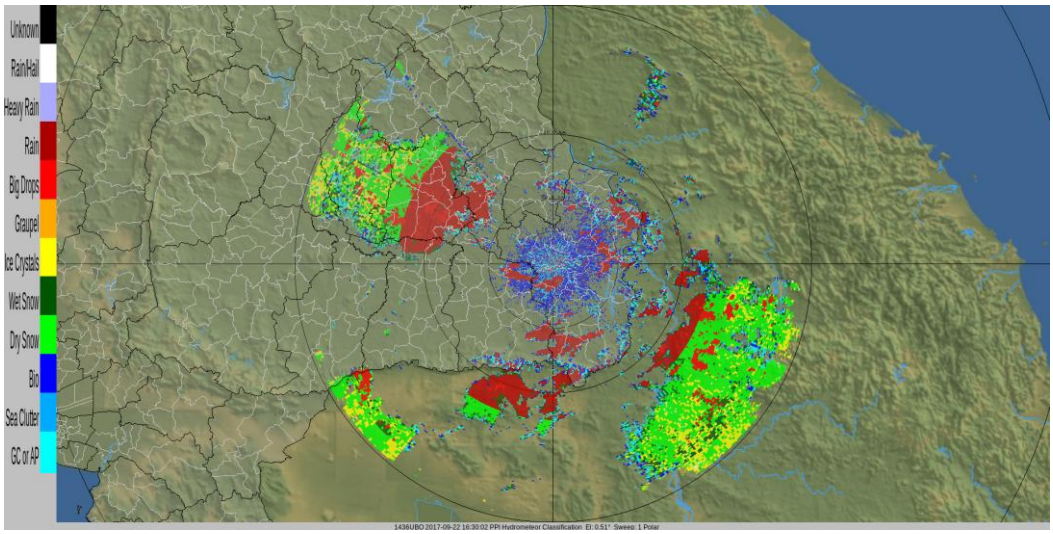


ภาพที่ 19 : แสดงตัวอย่างภาพ Product Specific Differential Phase (KDP)

4. Hydrometeor Classification (HC) เป็น Products ที่เกิดจากอันกอลิทึ่ม (Algorithm) ของเรดาร์ เป็นผลผลิตทางอุทกวิทยาโดยการคาดคะแนจากผลการตรวจทั้ง 3 ผลผลิตข้างต้น วัตถุประสงค์เพื่อแยกแยะเป้าว่าเป็นอนุภาคใดอย่างชัดเจน โดย - รูปร่าง(Drop Shape) จะดูจาก **Products ZDR**

- ความหลากหลายของเป้าอนุภาค(Variety) จะดูจาก **Products CC**

- บริบทของหยดน้ำในอนุภาคแยะแยะจาก องศาและระยะทาง จาก **Products KDP**

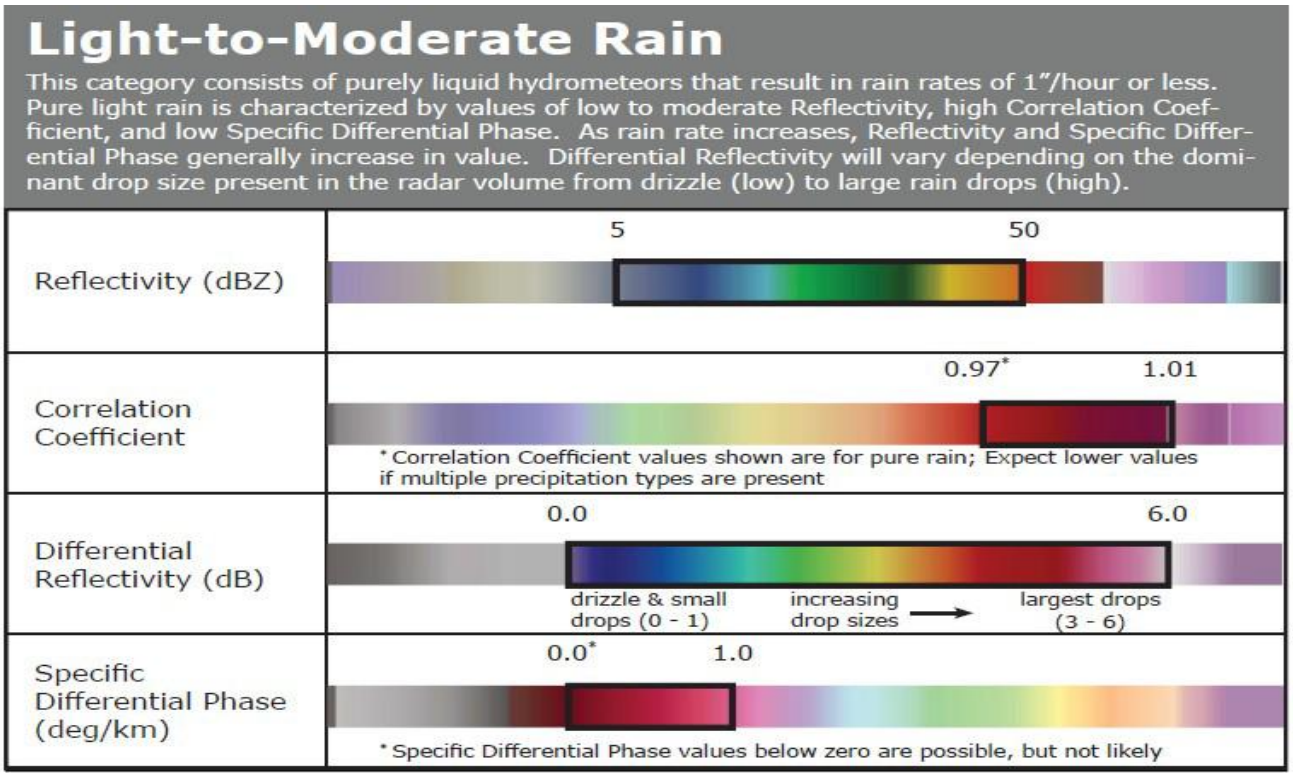


ภาพที่ 20 : แสดงตัวอย่างภาพ Product Hydrometeor Classification (HC)

จากภาพที่ 20 ชนิดของอนุภาคทางด้านอุทกวิทยาแยกแยะโดยใช้แถบสีตามสเกลด้านซ้าย

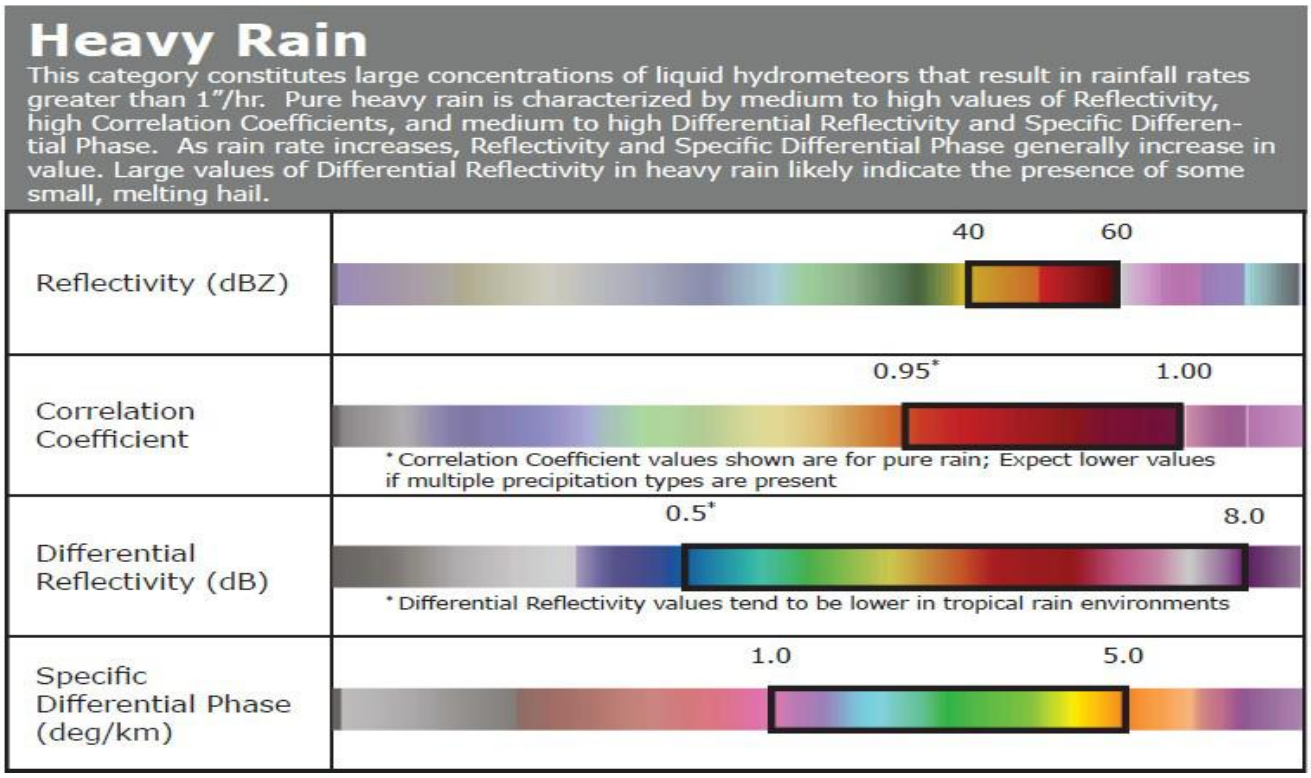
10. ตัวอย่างแสดงค่าของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยาเปรียบเทียบ 4 Product

1. Example : Light-to-Moderate Rain



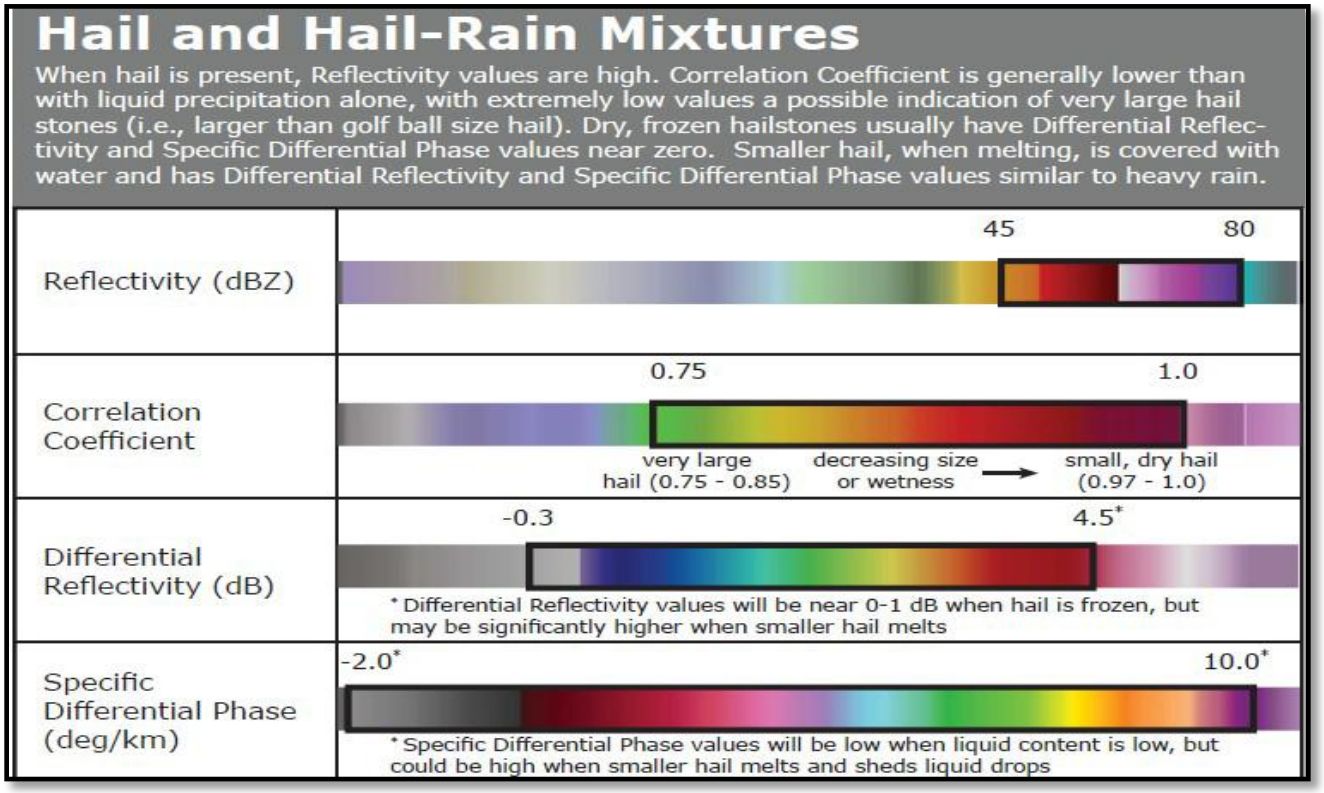
ภาพที่ 21 : ตารางแสดงค่าของฝนอ่อนถึงฝนปานกลาง เปรียบเทียบ 4 Product

2. Example : Heavy Rain



ภาพที่ 22 : ตารางแสดงค่าของฝนหนัก เปรียบเทียบ 4 Product

3. Example : Hail and Hail–Rain Mixtures



ภาพที่ 23 : ตารางแสดงค่าของการเกิดลูกเห็บและการเกิดลูกเห็บพร้อมฝน เปรียบเทียบ 4 Product

4. Expected Dual Pol Scale

Event	Z (dBZ)	ZDR (dB)	CC	KDP (◦/km)
Hail Not Mixed With Rain	55-65	~0	0.95-1.00	<0.5
Hail Mixed With Rain	55-65	0.5 to 1.5	0.85-0.95	>0.5
Melting or Mostly Melted Hail	60+	>2	0.9-0.98	>1.5 (possibly extreme >4.0)
Giant Hail (>2") Not Mixed With Rain	HP: 65+ LP: ~40	-1.5 to 0	<0.85	N/A
Giant Hail (>2") Mixed With Rain	65+	0 to 1.5	0.7 to 0.85	N/A
Heavy Rain Mixed With Hail	>55	+RA and non-melted Hail: Positive but low. +RA and melted Hail: Up to 6.0	<0.96	~7+
Pure Heavy Rain	40-55	4.0 to 6.0	>0.95	0.5 to 3.0
Heavy Rain Continental Large Drops	50-60	2.0 to 5.0	>0.96	>1.0
Heavy Rain Tropical Small Drops	40-50	0.5 to 3.0	0.98 to 0.99	>1.0
ZDR Column	>25	>2 (Locally enhanced ZDR co-located with inflow notch)	<0.97	>0.5

ภาพที่ 24 : ตารางแสดงค่าของอนุภาคทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ เปรียบเทียบ 4 Product

11. เอกสารอ้างอิง

1. ประเสริฐสุทธิ์ สุทธิเทศ.// http://www.radar-fone.com/เรดาร์ตรวจอากาศ

2. https://www.weather.gov/media/lmk/soo/Dual_Pol_Overview.pdf

3. ณัฐปิยะ เรือนจำรูญ,นิพนธ์ ภู่เพชร,นิยม สมบัติวงศ์.//2559//Doppler Weather Surveillance Radar

4. พรเทพ นาคเป้า.//2559.//เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ

5. ส่วนติดตามสภาวะอากาศ (เครือข่ายเรดาร์) สำนักตรวจและเฝ้าระวังสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.//2558// หลักการแปลความหมายข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา(ตอนที่ 2).// **2558** .//(http://km.tmd.go.th/)