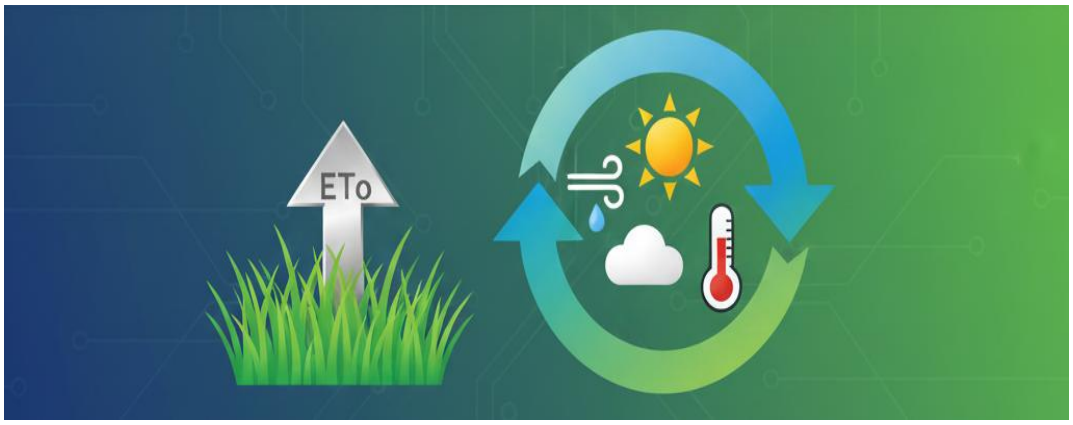
โปรแกรมคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
(MR-Quick 2)



จัดทำโดย

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมการพัฒนาแหล่งน้ำ
ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม
สำนักวิจัยและพัฒนา
ร่วมกับ
ส่วนการใช้น้ำชลประทาน
สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
กรมชลประทาน
กรกฎาคม ๒๕๖๙

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o)
(MR-Quick 2 Beta Version)

โดย

นายนฤพล สีตบุตร วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
นายคณิต โชติกะ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมการพัฒนาแหล่งน้ำ
ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม
สำนักวิจัยและพัฒนา
ร่วมกับ
ส่วนการใช้น้ำชลประทาน
สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
กรมชลประทาน

คำนำ

โปรแกรม MR-Quick 2 พัฒนาต่อยอดมาจากโปรแกรม MR-Quick มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ET_O) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร เพื่อสนับสนุนงานวิจัยและทดลองด้านการใช้น้ำของพืช ตลอดจนการวางแผนการใช้น้ำชลประทานในภาคเกษตรกรรม โดยโปรแกรมได้รับการพัฒนาด้วยภาษา Visual Basic for Applications (VBA) บน Microsoft Excel เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก และสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการทำงานในปัจจุบัน ในการพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมครั้งนี้ ได้ปรับปรุงในส่วนของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของโปรแกรมในหลายด้าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความยืดหยุ่นในการใช้งาน อาทิ การปรับปรุงเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้รองรับระบบปฏิบัติการและโปรแกรม Microsoft Office รุ่นปัจจุบัน การปรับปรุงระบบการจัดการฐานข้อมูลและการนำเข้าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร การเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดพื้นที่วิจัยและทดลองได้อย่างอิสระ ไม่จำกัดเฉพาะสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน รวมทั้งการปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และโครงสร้างการคำนวณให้มีความเป็นระบบ ใช้งานง่าย และรองรับการประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณให้เหลือเฉพาะวิธีการที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและการประยุกต์ใช้งานในประเทศไทย เพื่อให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องและสอดคล้องกับแนวทางการวิเคราะห์ในปัจจุบัน คณะผู้พัฒนาหวังว่าเมื่อสิ้นสุดโครงการฯ โปรแกรมใหม่ที่พัฒนาได้นี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานภายใน กรมชลประทาน ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำ ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากคู่มือฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้พัฒนา

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
ความต้องการของระบบ	1
การติดตั้งโปรแกรม	2
โครงสร้างโปรแกรม	2
การสร้างฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร	4
การคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O)	7
การแสดงผล	10
เอกสารอ้างอิง	14
ภาคผนวก	18

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางผนวกที่ 1	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง)	19
ตารางผนวกที่ 2	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 2 (พิษณุโลก)	20
ตารางผนวกที่ 3	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง)	21
ตารางผนวกที่ 4	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 4 (สามชุก)	22
ตารางผนวกที่ 5	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)	23
ตารางผนวกที่ 6	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี)	24
ตารางผนวกที่ 7	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 7 (ปัตตานี)	25
ตารางผนวกที่ 8	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 8 (นครศรีธรรมราช)	26
ตารางผนวกที่ 9	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 9 (ท่าม่วง)	27
ตารางผนวกที่ 10	ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานที่อื่น	28
ตารางผนวกที่ 11	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคูณการระเหยจากถาดแบบ Class – A เพื่อให้เป็นการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration; K_P)	41
ตารางผนวกที่ 12	ค่าแฟคเตอร์ปรับแก้ (c) ค่าของ ET_O จากวิธีการของ Modified Penman	42

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1	รูปแบบชื่อไฟล์ของโปรแกรม MR–Quick 2	2
รูปที่ 2	ตัวอย่างไฟล์ Excel ฐานข้อมูลของโปรแกรม MR-Quick 2	3
รูปที่ 3	ไฟล์ Excel ของโปรแกรม MR–Quick 2	3
รูปที่ 4	แผ่นงานของโปรแกรม MR–Quick 2	3
รูปที่ 5	หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรม MR–Quick 2	4
รูปที่ 6	ไฟล์ Excel ฐานข้อมูลของโปรแกรม MR-Quick 2	4
รูปที่ 7	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	5
รูปที่ 8	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าการระเหยจาก Class A–Pan บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	5
รูปที่ 9	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าความเร็วลมผิวดินบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	5
รูปที่ 10	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าพื้นที่ใต้กราฟจากเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	6
รูปที่ 11	ผลการคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์จากพื้นที่ใต้กราฟบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	6
รูปที่ 12	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าชั่วโมงแสงแดด (Sunshine) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	6
รูปที่ 13	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิของอากาศ (Temperature) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	6
รูปที่ 14	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Humidity) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	7
รูปที่ 15	ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าความกดอากาศ (Pressure) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง	7
รูปที่ 16	ส่วนป้อนข้อมูจำนวนช่วงการคำนวณ (Period) และจำนวนวันในแต่ละช่วงการคำนวณ (Number of Days)	7
รูปที่ 17	ข้อมูลปี ค.ศ. ของข้อมูลที่สามารถคำนวณได้ (Available Data Year)	7
รูปที่ 18	ปุ่ม MR-Quick 2 เพื่อแสดงหน้าจอการทำงานหลัก	8
รูปที่ 19	หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรม MR-Quick 2	8
รูปที่ 20	เลือกสถานที่ที่ต้องการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O)	8
รูปที่ 21	กรณีที่ผู้ใช้งานเลือก Site Location ที่ต้องการคำนวณคำนวณเป็นสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 - 9	9
รูปที่ 22	กรณีที่ผู้ใช้งานเลือก Site Location ที่ต้องการคำนวณคำนวณเป็นสถานที่อื่น ๆ (Location_1 ... Location_5)	9
รูปที่ 23	เลือก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มต้นคำนวณ	9
รูปที่ 24	เลือกไดร์ฟที่เก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร	10
รูปที่ 25 (ก)	แผ่นงาน Main	10
รูปที่ 25 (ข)	แผ่นงาน Main	10
รูปที่ 25 (ค)	แผ่นงาน Main	11
รูปที่ 25 (ง)	แผ่นงาน Main	11
รูปที่ 26	แผ่นงาน Pan Evaporation	11
รูปที่ 27 (ก)	แผ่นงาน Hargreaves	11
รูปที่ 27 (ข)	แผ่นงาน Hargreaves	11
รูปที่ 28 (ก)	แผ่นงาน Modified Penman	11

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 28 (ข) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 28 (ค) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 28 (ง) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 28 (จ) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 28 (ฉ) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 28 (ช) แผ่นงาน Modified Penman 12
รูปที่ 29 (ก) แผ่นงาน Penman – Moteith 12
รูปที่ 29 (ข) แผ่นงาน Penman – Moteith 13
รูปที่ 29 (ค) แผ่นงาน Penman – Moteith 13
รูปที่ 29 (ง) แผ่นงาน Penman – Moteith 13
รูปที่ 29 (จ) แผ่นงาน Penman – Moteith 13

โปรแกรมคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O)

บทนำ

โปรแกรม MR-Quick 2 เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ET_O) โดยอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร เช่น อุณหภูมิ เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมผิวดิน และรังสีดวงอาทิตย์ โปรแกรมพัฒนาด้วยโปรแกรมภาษา Visual Basic for Application (VBA Excel) โดยมุ่งเน้นให้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว สำหรับนักวิชาการเกษตรและวิศวกรชลประทาน นักวิจัยภาคสนาม ตลอดจนบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและทดลองเพื่อหาค่าการใช้น้ำของพืชและการวางแผนการใช้น้ำชลประทานในภาคเกษตรกรรม

โปรแกรม MR-Quick 2 ได้รับการพัฒนาต่อยอดจากโปรแกรม MR-Quick รุ่นแรก ซึ่งเคยมีบทบาทสำคัญในงานวิจัยและทดลองด้านการใช้น้ำของพืช ของกรมชลประทาน โดยเฉพาะในส่วนการใช้น้ำชลประทานและสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานทั้ง 9 แห่ง ทั่วประเทศ ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ โปรแกรม MR-Quick รุ่นแรก มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การล็อคพิกัดพื้นที่คำนวณไว้เฉพาะสถานีทดลอง ฯ ทั้ง 9 แห่ง ไม่สามารถวิจัยและทดลองในสถานที่อื่นได้ อีกทั้งยังใช้เทคโนโลยีเก่า คือโปรแกรมภาษา Visual Basic 6.0 ซึ่งไม่สามารถทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows รุ่นใหม่หรือโปรแกรม Microsoft Office เวอร์ชันปัจจุบันได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้การใช้งานในปัจจุบันเริ่มประสบปัญหา ทั้งในด้านการติดตั้งโปรแกรม ความเสถียรของโปรแกรม และการจัดการกับฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

ดังนั้นในการออกแบบ MR-Quick 2 จึงมีการปรับปรุงหลายด้าน ทั้งในแง่ของเทคโนโลยี การจัดการฐานข้อมูล และความยืดหยุ่นในการใช้งาน โดยโปรแกรมใหม่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่งสถานที่วิจัยและทดลองนอกเหนือจากสถานีทดลองได้ ลดข้อจำกัดของเวอร์ชันเดิมที่ผูกติดกับพิกัดสถานี นอกจากนี้ยังปรับรูปแบบโครงสร้างการนำเข้าข้อมูลให้รองรับการคำนวณแบบต่อเนื่องหลายช่วงเวลา รวมทั้งปรับปรุงหน้าจอและคำสั่งให้ใช้งานง่าย สอดคล้องกับกระบวนการวิเคราะห์ของนักวิชาการเกษตรและนักวิจัยในภาคสนาม

ในส่วนของวิธีการคำนวณ ET_O โปรแกรม MR-Quick รุ่นแรกเคยรองรับทั้งหมด 6 วิธี ได้แก่วิธีการของ Pan Evaporation วิธีการของ Hargreaves วิธีการของ Radiation วิธีการของ Blaney–Criddle วิธีการของ Modified Penman และวิธีการของ Penman–Monteith แต่ในโปรแกรม MR-Quick 2 ได้ตัดวิธีการคำนวณให้เหลือ 4 วิธีการหลัก ได้แก่วิธีการของ Pan Evaporation วิธีการของ Hargreaves วิธีการของ Modified Penman และวิธีการของ Penman–Monteith การลดจำนวนวิธีการลงมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณ เนื่องจากวิธีการของ Radiation มีพื้นฐานที่ใกล้เคียงกับวิธีการของ Modified Penman และให้ผลลัพธ์ในระดับเดียวกัน ส่วนวิธีการของ Blaney–Criddle แม้ใช้งานง่ายแต่มีความแม่นยำต่ำในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และไม่เหมาะกับช่วงฤดูฝนของประเทศไทย อีกทั้ง ทั้งสองวิธียังพึ่งพาการอ่านค่าจากกราฟหรืออ่านค่าจากตารางอ้างอิง ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานแบบอัตโนมัติได้อย่างสมบูรณ์แบบในระบบคอมพิวเตอร์ การคัดเลือกเฉพาะ 4 วิธีการดังกล่าว สามารถคำนวณได้จากข้อมูลดิบโดยตรง จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับความต้องการในปัจจุบันมากที่สุด

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตั้งและใช้งานโปรแกรม MR-Quick 2 ได้อย่างถูกต้อง โดยครอบคลุมการเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร การป้อนข้อมูล การเรียกใช้การคำนวณ และการแสดงผลลัพธ์พร้อมข้อแนะนำเพื่อให้การคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ความต้องการของระบบ

1. ความต้องการของฮาร์ดแวร์
    1.1 CPU x 86 bit หรือ x 64 bit ความเร็ว ≥ 1 GHz (รองรับ SSE2)
    1.2 หน่วยความจำ (RAM) ≥ 2 GB
    1.3 พื้นที่ว่างในดิสก์ ≥ 1 GB

1.4 ความละเอียดจอ ≥ 1024 × 768 พิกเซล

2. ระบบปฏิบัติการที่สนับสนุน 32 bit และ 64 bit

2.1 Windows 10 (32 - bit หรือ 64 - bit)

2.2 Windows 11 (64 - bit)

3. ซอฟต์แวร์ที่จำเป็น

Microsoft Excel 2016 หรือ 2019 หรือ 2021 (32-bit หรือ 64-bit)

(แนะนำให้ใช้ Excel 2021 เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด)

4. ข้อควรระวัง

4.1 โปรแกรมไม่สามารถใช้งานบน MacOS หรือ Excel Online หรือ Excel Mobile ได้

4.2 ควรตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าโปรแกรม Excel ของผู้ใช้งาน ได้เปิดการใช้งานของ Macro ไว้แล้ว (Enable Macro)

การติดตั้งโปรแกรม

1. โปรแกรม MR–Quick 2 มีรูปแบบชื่อไฟล์ของโปรแกรม ดังรูปที่ 1

MRQ2.xlsm

รูปที่ 1 รูปแบบชื่อไฟล์ของโปรแกรม MR–Quick 2

2. วิธีการติดตั้งโปรแกรม MR–Quick 2 จะใช้วิธีการติดตั้งแบบ XCOPY deployment คือ การ Copy ไฟล์ Excel Macro ของโปรแกรมไปไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์และไดรฟ์ที่ต้องการใช้งานโดยตรง ได้แก่ ไฟล์ MRQ2.xlsm

3. การตั้งค่าเบื้องต้นก่อนการใช้งาน

3.1 ตั้งค่าให้โปรแกรม Windows แสดงผลภาษาไทย (system locale) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Administrative ⇨ Change system locale... ⇨ คลิกเลือก Thai (Thailand)

3.2 ตั้งค่ารูปแบบภาษาที่ต้องการ (language preference formats) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Formats ⇨ แท็บ Formats ⇨ Format: ⇨ คลิกเลือก Thai (Thailand)

3.3 ตั้งค่ารูปแบบปีปฏิทิน (Calendar formats) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Additional Settings ... ⇨ แท็บ Date ⇨ Date formats ⇨ เปลี่ยน Short date: dd/MM/yyyy และเปลี่ยน Long date: d MMMM yyyy

3.4 ตั้งค่ารูปแบบปีปฏิทิน (Calendar formats) ไปที่ Control Panel ⇨ Region ⇨ Additional Setting ... ⇨ แท็บ Date ⇨ Calendar ⇨ Calendar type: ⇨ คลิกเลือก คริสต์ศักราช

3.5 หลังจากที่ Copy ไฟล์โปรแกรม MRQ2.xlsm ไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ท่านต้องการและตั้งค่าเบื้องต้นก่อนการใช้งานเรียบร้อยแล้ว เมื่อเริ่มต้นใช้งานก็สามารถ Double Click ที่ไฟล์ MRQ2.xlsm เพื่อเปิดไฟล์ขึ้นใช้งานได้โดยตรงหรือหากต้องการสะดวกมากขึ้นก็ให้คลิกขวาที่ไฟล์ MRQ2.xlsm จากนั้นคลิกเลือกคำสั่ง Send to และคลิกเลือกคำสั่ง Desktop (Create shortcut) ตามลำดับ เพื่อสร้าง shortcut ที่ใช้เรียกโปรแกรม MR–Quick 2 จากหน้าจอ Desktop แทนการเรียกใช้โปรแกรมโดยตรง

โครงสร้างโปรแกรม

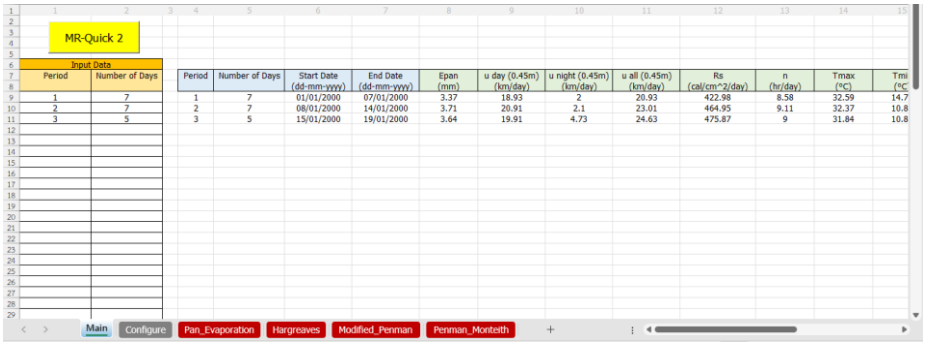
โปรแกรม MR-Quick 2 ถูกออกแบบให้ทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมของ Microsoft Excel โดยใช้ภาษา VBA (Visual Basic for Applications) เป็นกลไกหลักในการประมวลผลข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ โครงสร้างของโปรแกรมประกอบด้วยแผ่นงาน (Worksheet) และโมดูลคำสั่งที่มีหน้าที่เฉพาะ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล เรียกใช้การคำนวณและตรวจสอบผลได้อย่างเป็นระบบ

1. ไฟล์ฐานข้อมูลของโปรแกรม MR – Quick 2 เป็นไฟล์ข้อมูลภายนอกไฟล์ของโปรแกรมหลัก ประกอบด้วยไฟล์ของโปรแกรม Excel จำนวนทั้งสิ้น 12 ไฟล์ (12 เดือน) จัดเก็บไว้ที่โฟลเดอร์ ชื่อสถานีทดลองฯ (1_Maetang ... 9_Tha_Muang) หรือสถานที่อื่น ๆ (Location_1 ... Location_10) ⇨ จัดเก็บไว้ที่โฟลเดอร์ชื่อปี ค.ศ. (2000 ...) ⇨ รูปแบบชื่อไฟล์ ชื่อเดือน + ปี ค.ศ. .xlsx (January2000.xlsx ... December2000.xlsx) ตามลำดับ ดังรูปที่ 2

Maetang January พ.ศ. (ค.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitude 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1														
Date	Rainfall std. (mm)	Evaporation (mm)	Wind (km/day)			Radiation (Cal./cm²/day)	Sunshine (hr./day)	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
			Day	Night	All			Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

รูปที่ 2 ตัวอย่างไฟล์ Excel ฐานข้อมูลของโปรแกรม MR-Quick 2

2. ไฟล์หลักโปรแกรม MR – Quick 2 ที่พัฒนาได้อยู่ในรูปแบบไฟล์ของโปรแกรม Excel ที่มีนามสกุลไฟล์เป็น .xlsm (Excel Macro - Enabled Workbook) ดังรูปที่ 3

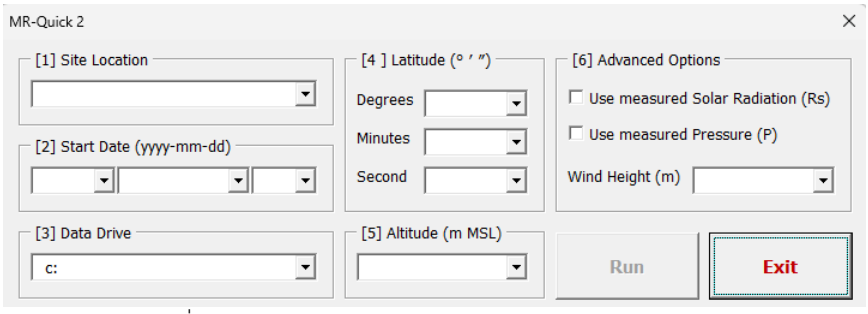


รูปที่ 3 ไฟล์ Excel ของโปรแกรม MR – Quick 2

3. ไฟล์ของโปรแกรมประกอบด้วยแผ่นงาน Main เป็นแผ่นงานควบคุมการทำงาน และใช้แสดงผลการคำนวณแบบสรุป แผ่นงาน Config เป็นแผ่นงานสำหรับป้อนข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการคำนวณ แผ่นงาน Pan_Evaporation แผ่นงาน Hargreaves แผ่นงาน Modified_Penman และแผ่นงาน Penman_Monteith ทั้งสามแผ่นงานใช้แสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาค่าต่าง ๆ ตามช่วงการคำนวณที่เกี่ยวข้อง แสดงผลค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) และแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวิธีการคำนวณ ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 แผ่นงานของโปรแกรม MR – Quick 2

4. โปรแกรม MR–Quick 2 สั่งเริ่มต้นการคำนวณผ่านปุ่ม MR – Quick 2 (สีเหลือง) บนแผ่นงาน Main และมีหน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรม ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรม MR–Quick 2

การสร้างฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

1. เปิดไฟล์ฐานข้อมูลตามแบบฟอร์มของสถานที่ที่ต้องการคำนวณตามที่โปรแกรมกำหนด (ยกตัวอย่างไฟล์ของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง)) ไฟล์ตามตัวอย่างนี้จะต้องถูกบันทึก (Save) เก็บไว้ที่ไดร์ฟและโฟลเดอร์ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ตามตัวอย่างนี้จะถูกบันทึกไว้ที่ C:\MR-Quick-Data\1_Maetang\โฟลเดอร์ปี ค.ศ.\January + ปี ค.ศ. ดังรูปที่ 6

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)	Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1															
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

รูปที่ 6 ไฟล์ Excel ฐานข้อมูลของโปรแกรม MR-Quick 2

2. ป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝน (Rainfall std.) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืชในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย มม./วัน ดังรูปที่ 7

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitude 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10					0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 7 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

หมายเหตุ: ค่าปริมาณน้ำฝนที่ป้อนลงในแบบฟอร์มไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) แต่เป็นค่าที่ถูกนำไปใช้ในการประมาณค่าฝนใช้การ (Effective Rainfall, R_e) เพื่อนำไปใช้หักลบกับปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้กับแปลงทดลอง (ET - R_e)

3. ป้อนข้อมูลค่าการระเหย (Evaporation) จากถาดวัดการระเหยแบบ Class A – Pan บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย มม./วัน ดังรูปที่ 8

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitude 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 8 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าการระเหยจาก Class A – Pan บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

4. ป้อนข้อมูลค่าความเร็วลมผิวดิน (Surface Wind) ที่ระดับความสูงจากผิวดิน 0.45 เมตร ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย กม./วัน บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช โดยป้อนข้อมูลเฉพาะความเร็วลมผิวดินกลางวัน (Day) และความเร็วลมผิวดินกลางคืน (Night) ในส่วนของความเร็วลมผิวดินตลอดวัน (All) ตารางฐานข้อมูลจะมีสูตรคำนวณให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 9

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitude 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 9 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าความเร็วลมผิวดินบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

5. ป้อนข้อมูลค่าพื้นที่ใต้กราฟจากเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ (Area Radiation) ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย ตร./ชม. บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช โดยป้อนข้อมูลเฉพาะพื้นที่ใต้กราฟ ในส่วนของค่ารังสีดวงอาทิตย์ (Radiation) ตารางฐานข้อมูลจะมีสูตรคำนวณให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 10 - 11

Date	Area Radiation (cm^2)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

รูปที่ 10 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าพื้นที่ใต้กราฟจากเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std. (mm)	Evaporation (mm)	Wind (km/day)			Radiation ($Cal./cm^2/day$)	Sunshine (hr./day)	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
			Day	Night	All			Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 11 ผลการคำนวณค่ารังสีดวงอาทิตย์จากพื้นที่ใต้กราฟบริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

6. ป้อนข้อมูลค่าชั่วโมงแสงแดดหรือความยาวนานแสงแดด (Sunshine Hour) ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย ชม./วัน. บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช ดังรูปที่ 12

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std. (mm)	Evaporation (mm)	Wind (km/day)			Radiation ($Cal./cm^2/day$)	Sunshine (hr./day)	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
			Day	Night	All			Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 12 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าชั่วโมงแสงแดด (Sunshine) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

7. ป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิของอากาศ (Temperature) ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย °C บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช โดยป้อนข้อมูลเฉพาะค่าอุณหภูมิของอากาศสูงสุด (Max) และค่าอุณหภูมิของอากาศต่ำสุด (Min) ในส่วนของค่าอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (Avg) ตารางฐานข้อมูลจะมีสูตรคำนวณให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 13

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std. (mm)	Evaporation (mm)	Wind (km/day)			Radiation ($Cal./cm^2/day$)	Sunshine (hr./day)	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
			Day	Night	All			Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 13 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิของอากาศ (Temperature) บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

8. ป้อนข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Humidity) ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย % บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช โดยป้อนข้อมูลเฉพาะค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงสุด (Max) และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำสุด (Min) ในส่วนของค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย (Avg) ตารางฐานข้อมูลจะมีสูตรคำนวณให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 14

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 14 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Humidity)
บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

9. ป้อนข้อมูลค่าความกดอากาศ (Pressure) ในแต่ละวันตลอดทั้งเดือน หน่วย mb บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลองค่าการใช้น้ำของพืช โดยป้อนข้อมูลเฉพาะค่าความกดอากาศสูงสุด (Max) และค่าความกดอากาศต่ำสุด (Min) ในส่วนของค่าความกดอากาศเฉลี่ย (Avg) ตารางฐานข้อมูลจะมีสูตรคำนวณให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 15

Maetang January ค.ศ. (พ.ศ.)			Maetang Meteorological Data, Latitute 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00

รูปที่ 15 ขอบเขตการป้อนข้อมูลค่าความกดอากาศ (Pressure)
บริเวณพื้นที่ทำการวิจัยและทดลอง

การคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O)

1. ป้อนข้อมูลที่แผ่นงาน Main ได้แก่ จำนวนช่วงการคำนวณ (Period) จำนวนวันในแต่ละช่วงการคำนวณ (Number of Days) ดังรูปที่ 16

Input Data	
Period	Number of Days
1	7
2	7
3	5

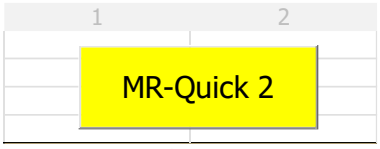
รูปที่ 16 ส่วนป้อนข้อมูจำนวนช่วงการคำนวณ (Period)
และจำนวนวันในแต่ละช่วงการคำนวณ (Number of Days)

2. ป้อนข้อมูลที่แผ่นงาน Configure ได้แก่ ป้อนข้อมูลปี ค.ศ. ของข้อมูลจากฐานข้อมูลที่สร้างเสร็จสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว และสามารถนำมาคำนวณได้ (Available Data Year) โดยผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 17

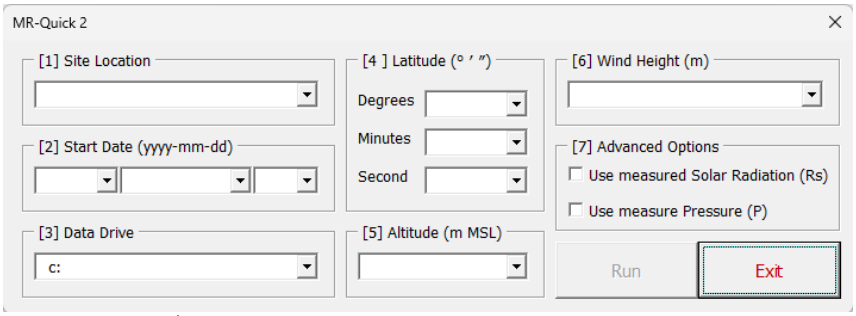
Available Data Year
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008

รูปที่ 17 ข้อมูลปี ค.ศ. ของข้อมูลที่สามารถคำนวณได้ (Available Data Year)

3. เริ่มคำนวณ คลิกปุ่ม MR-Quick 2 (สีเหลือง) เพื่อแสดงหน้าจอการทำงานหลัก ดังรูปที่ 18 - 19

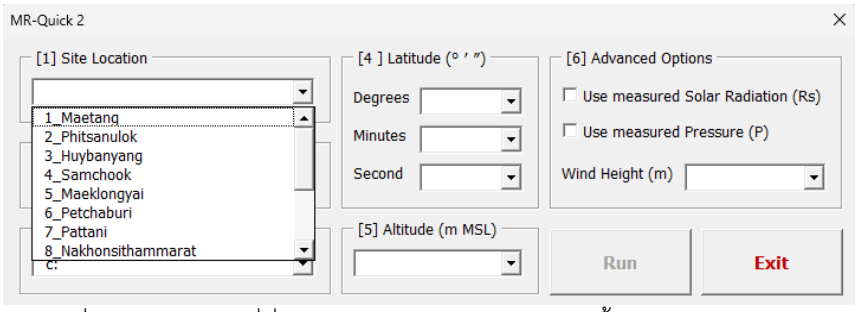


รูปที่ 18 ปุ่ม MR-Quick 2 เพื่อแสดงหน้าจอการทำงานหลัก



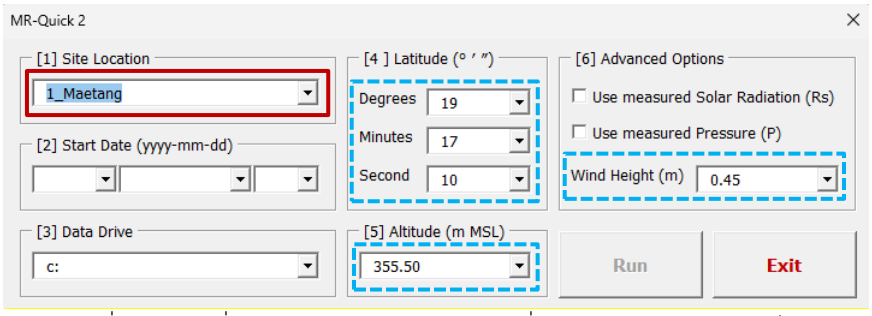
รูปที่ 19 หน้าจอการทำงานหลักของโปรแกรม MR-Quick 2

3.1 ขั้นตอนที่ 1 [1] Site Location คลิกเลือกสถานที่ที่ต้องการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O) ประกอบด้วย สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 – 9 ได้แก่ 1_Maetang 2_Phitsanulok 3 _Huybanyang 4 _Samchook 5 _Maeklongyai 6_Petchabur 7_Pattani 8_Nakhonsithammarat 9_Tha_Muang และสถานที่อื่นจำนวน 5 สถานที่ Location_1 Location_2 Location_3 Location_4 และ Location_5 ดังรูปที่ 20



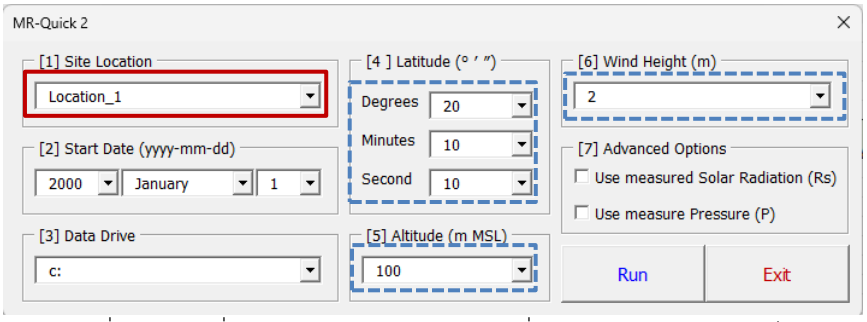
รูปที่ 20 เลือกสถานที่ที่ต้องการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_O)

3.1.1 ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือก Site Location ที่ต้องการคำนวณ เป็นสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 - 9 โปรแกรมแกรมจะป้อนพิกัดภูมิศาสตร์ ได้แก่ค่า Latitude (° / //) ค่า Altitude (m MSL) และค่าระดับความสูงของการตรวจวัดความเร็วลมที่ระดับ 0.45 เมตร จากผิวดินให้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 21



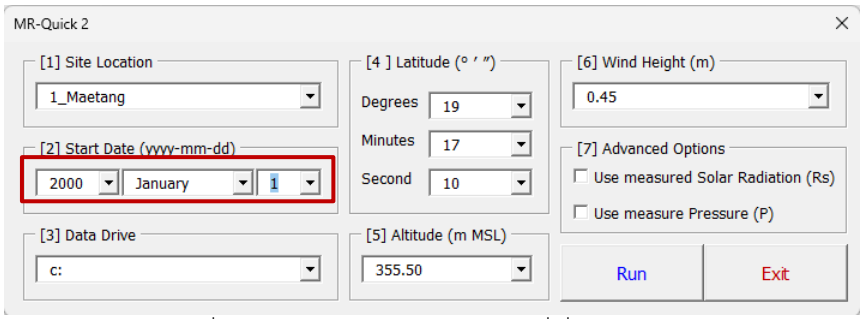
รูปที่ 21 กรณีที่ผู้ใช้งานเลือก Site Location ที่ต้องการคำนวณคำนวณเป็น
สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 - 9

3.1.2 กรณีที่เลือกคำนวณเป็นสถานที่อื่น (Location_1 ... Location_5) ผู้ใช้งานต้องคลิกเลือกข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ ได้แก่ค่า Latitude (°′″) ค่า Altitude (m MSL) และค่าระดับความสูงของการตรวจวัดความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร จากผิวดินให้โดยอัตโนมัติ หรือสามารถเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับสถานที่ที่ต้องการคำนวณ ตามตำแหน่งของสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรด้วยตัวเอง ดังรูปที่ 22



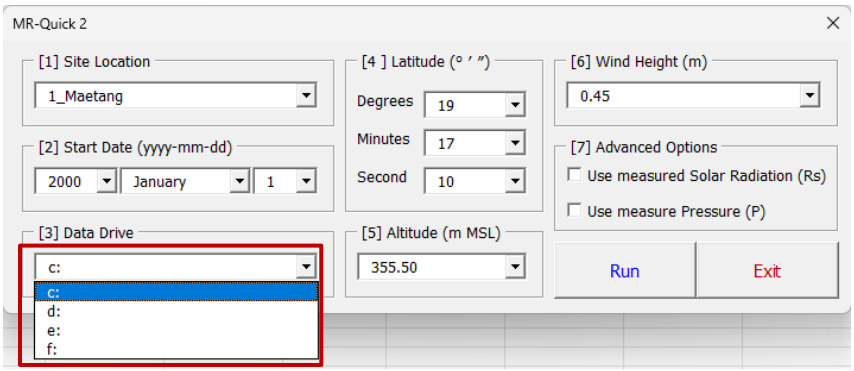
รูปที่ 22 กรณีที่ผู้ใช้งานเลือก Site Location ที่ต้องการคำนวณคำนวณเป็น
สถานที่อื่น ๆ (Location_1 ... Location_5)

3.2 ขั้นตอนที่ 2 [2] Start Date (yyyy-mm-dd) คลิกเลือก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มต้นคำนวณ ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 เลือก ปี ค.ศ. - เดือน - วัน ที่เริ่มต้นคำนวณ

3.3 ขั้นตอนที่ 3 [3] Data Drive คลิกเลือกไดร์ฟเก็บข้อมูลค่าอุตุนิยมวิทยาเกษตร ประกอบด้วยไดร์ฟ C: D: E: และ F: ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 เลือกไดร์ฟที่เก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

3.4 ขั้นตอนที่ 4 [4] Latitude (° / ″) ป้อนข้อมูลค่า Degrees (°) Minutes (′) และ Second (″) เฉพาะในกรณีที่เลือกคำนวณเป็นสถานที่อื่น ดูข้อที่ 3.1.1 และ 3.1.2

3.5 ขั้นตอนที่ 5 [5] Altitudes (m MSL) เฉพาะในกรณีที่เลือกคำนวณเป็นสถานที่อื่น ดูข้อที่ 3.1.1 และ 3.1.2

3.6 ขั้นตอนที่ 6 [6] Wind Height (m) เฉพาะในกรณีที่เลือกคำนวณเป็นสถานที่อื่น และต้องการเปลี่ยนแปลงค่าระดับการตรวจวัดความเร็วลมจากระดับ 2 เมตร (โปรแกรมกำหนดให้ในกรณีเลือกคำนวณเป็นสถานที่อื่นโดยอัตโนมัติ) ไปเป็นค่าระดับการตรวจวัดตามข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรที่เลือกใช้ ดูข้อที่ 3.1.1 และ 3.1.2

3.7 ขั้นตอนที่ 7 [7] Advanced Options

3.7.1 คลิกเลือก Use measured Solar Radiation (Rs) ในกรณีที่ต้องการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ที่ได้ป้อนข้อมูลไว้แล้วในตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

3.7.2 คลิกเลือก Use measured Pressure (P) ในกรณีที่ต้องการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ได้ป้อนข้อมูลไว้แล้วในตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

การแสดงผล

1. แผ่นงาน Main แสดงผลการคำนวณแบบสรุป ได้แก่ จำนวนช่วงการคำนวณ (Period) จำนวนวันในแต่ละช่วง (Number of Day) วัน-เดือน-ปี ค.ศ. เริ่มต้นช่วง Start Date และวัน-เดือน-ปี ค.ศ. สิ้นสุดช่วง (End Date) ค่าเฉลี่ยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรทั้งหมดที่ต้องใช้คำนวณจากฐานข้อมูล และแสดงผลการคำนวณค่า ET_O จากวิธีการคำนวณทั้ง 4 วิธีการ ได้แก่ วิธีการของ Pan Evaporation วิธีการของ Hargreaves วิธีการของ Modified Penman และวิธีการของ Penman Monteith ดังรูปที่ 25 (ก) – 25 (ง)

Period	Number of Days	Start Date (dd-mm-yyyy)	End Date (dd-mm-yyyy)
1	7	01/01/2000	07/01/2000
2	7	08/01/2000	14/01/2000
3	5	15/01/2000	19/01/2000

รูปที่ 25 (ก) แผ่นงาน Main

Epan (mm)	u day (0.45m) (km/day)	u night (0.45m) (km/day)	u all (0.45m) (km/day)	Rs (cal/cm^2/day)	n (hr/day)	Tmax (°C)
3.37	18.93	2	20.93	422.98	8.58	32.59
3.71	20.91	2.1	23.01	464.95	9.11	32.37
3.64	19.91	4.73	24.63	475.87	9	31.84

รูปที่ 25 (ข) แผ่นงาน Main

Tmin (°C)	Tmean (°C)	RHmax (%)	RHmin (%)	RHmean (%)	Pmean (+900 mb)
14.79	23.69	98.26	29.27	63.77	82.51
10.81	21.59	98.26	29.27	63.77	82.51
10.82	21.33	98.26	29.27	63.77	82.51

รูปที่ 25 (ค) แผ่นงาน Main

Pan Evaporation (mm/day)	Hargreaves (mm/day)	Modified Penman (mm/day)	Penman-Monteith (mm/day)
2.86	4.34	4.25	2.82
3.15	4.61	4.44	2.88
3.09	4.6	4.48	2.94

รูปที่ 25 (ง) แผ่นงาน Main

4. แผ่นงาน Pan_Evaporation คือแผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณจากวิธีการของ Pan Evaporation ดังรูปที่ 26

Pan Evaporation Method (FAO-24)

Period	Number of Days	Start Date (dd-mm-yyyy)	End Date (dd-mm-yyyy)	Epan (mm/day)	ETo = 0.85 x Epan (mm/day)
1	7	01/01/2000	07/01/2000	3.37	2.86
2	7	08/01/2000	14/01/2000	3.71	3.15
3	5	15/01/2000	19/01/2000	3.64	3.09

รูปที่ 26 แผ่นงาน Pan Evaporation

5. แผ่นงาน Hargreaves คือแผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณจากวิธีการของ Hargreaves ดังรูปที่ 27 (ก) - 27 (ข)

Hargreaves Method (FAO-56)

Period	Number of Days	Start Date (dd-mm-yyyy)	End Date (dd-mm-yyyy)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmean (°C)
1	7	01/01/2000	07/01/2000	32.59	14.79	23.69
2	7	08/01/2000	14/01/2000	32.37	10.81	21.59
3	5	15/01/2000	19/01/2000	31.84	10.82	21.33

รูปที่ 27 (ก) แผ่นงาน Hargreaves

J (-)	dr (-)	δ (radians)	ωs (radians)	Ra (MJ/m^2/day)	Ra (mm/day)	ETo (mm/day)
4	1.0329218	-0.396320254	1.423838344	26.39198777	10.76793101	4.34
11	1.032410145	-0.381299311	1.430040885	26.83952163	10.95052482	4.61
17	1.031597011	-0.364012485	1.437080814	27.34213788	11.15559225	4.6

รูปที่ 27 (ข) แผ่นงาน Hargreaves

6. แผ่นงาน Modified Penman คือแผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณจากวิธีการของ Modified Penman ดังรูปที่ 28 (ก) – 28 (ช)

Modified Penman Method (FAO-24)

Period	Number of Days	Start Date (dd-mm-yyyy)	End Date (dd-mm-yyyy)	Uday (0.45m) (km/day)	Unight (0.45m) (km/day)	Uall (0.45m) (km/day)
1	7	01/01/2000	07/01/2000	18.93	2	20.93
2	7	08/01/2000	14/01/2000	20.91	2.1	23.01
3	5	15/01/2000	19/01/2000	19.91	4.73	24.63

รูปที่ 28 (ก) แผ่นงาน Modified Penman

Rs (cal/cm^2/day)	n (hr/day)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmean (°C)	RHmax (%)	RHmin (%)
422.98	8.58	32.59	14.79	23.69	98.26	29.27
464.95	9.11	32.37	10.81	21.59	98.26	29.27
475.87	9	31.84	10.82	21.33	98.26	29.27

รูปที่ 28 (ข) แผ่นงาน Modified Penman

Pmean (+900 mb)	Uall (2m) (km/day)	f(u) (-)	e⁰(Tmean) (kPa)	Δ (kPa/°C)	P (Estimated) (kPa)	γ (kPa/°C)
82.51	31.63074295	0.355403006	2.928844779	0.176205952	97.16775121	0.064616555
82.51	34.77417082	0.363890261	2.57857564	0.157659912	97.16775121	0.064616555
82.51	37.22241753	0.370500527	2.537865921	0.15548297	97.16775121	0.064616555

รูปที่ 28 (ค) แผ่นงาน Modified Penman

W (-)	J (-)	dr (-)	δ (radians)	ωs (radians)	Ra (MJ/m^2/day)	Ra (mm/day)
0.731683905	4	1.0329218	-0.396320254	1.423838344	26.39198777	10.76793101
0.709296464	11	1.032410145	-0.381299311	1.430040885	26.83952163	10.95052482
0.706421199	17	1.031597011	-0.364012485	1.437080814	27.34213788	11.15559225

รูปที่ 28 (ง) แผ่นงาน Modified Penman

N (hr/day)	n/N (-)	e⁰(Tmax) (kPa)	e⁰(Tmin) (kPa)	ea (kPa)	es (kPa)	ea (mbar)
10.87732371	0.788796972	4.915614965	1.682426258	1.545976271	3.299020612	15.45976271
10.92470763	0.833889593	4.855097045	1.296226778	1.347379668	3.075661911	13.47379668
10.97848873	0.819784965	4.711953839	1.297089974	1.326854749	3.004521907	13.26854749

รูปที่ 28 (จ) แผ่นงาน Modified Penman

es - ea (kPa)	es - ea (mbar)	Rs (Estimated) (mm/day)	Rns (mm/day)	f(T) (mm/day)	f(ea) (-)	f(n/N) (-)
1.753044341	17.53044341	6.938838438	5.204128828	15.6152253	0.166996819	0.809917274
1.728282243	17.28282243	7.30339555	5.477546663	15.21776837	0.178490649	0.850500634
1.677667158	16.77667158	7.361491466	5.5211186	15.15837068	0.179725523	0.837806469

รูปที่ 28 (ฉ) แผ่นงาน Modified Penman

Rnl (mm/day)	Rn (mm/day)	Uday(2m) (m/s)	Unight(2m) (m/s)	Uday(2m)/Unight(2m) (-)	c (Table 16 FAO.24) (-)	ETo (mm/day)
2.11201557	3.092113258	0.331113613	0.034982949	9.465	1.081422925	4.25
2.310154788	3.167391874	0.365746732	0.036732097	9.957142857	1.08914113	4.44
2.282474786	3.238643814	0.348255258	0.082734675	4.209302326	1.089645386	4.48

รูปที่ 28 (ช) แผ่นงาน Modified Penman

6. แผ่นงาน Penman - Moteith คือแผ่นงานที่ใช้แสดงผลการคำนวณจากวิธีการของ Penman - Moteith ดังรูปที่ 29 (ก) - 29 (จ)

Penman-Monteith Method (FAO-56)

Period	Number of Days	Start Date (dd-mm-yyyy)	End Date (dd-mm-yyyy)	u all (0.45m) (km/day)	Rs (cal/cm^2/day)	n (hr/day)
1	7	01/01/2000	07/01/2000	20.93	422.98	8.58
2	7	08/01/2000	14/01/2000	23.01	464.95	9.11
3	5	15/01/2000	19/01/2000	24.63	475.87	9

รูปที่ 29 (ก) แผ่นงาน Penman – Moteith

Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmean (°C)	RHmax (%)	RHmin (%)	Pmean (+900 mb)	u (2m) (m/s)
32.59	14.79	23.69	98.26	29.27	82.51	0.366096562
32.37	10.81	21.59	98.26	29.27	82.51	0.402478829
31.84	10.82	21.33	98.26	29.27	82.51	0.430815018

รูปที่ 29 (ข) แผ่นงาน Penman – Moteith

e^0(Tmax) (kPa)	e^0(Tmean) (kPa)	es (kPa)	ea (kPa)	es - ea (kPa)	P (Estimated) (kPa)	γ (kPa/°C)
4.915614965	1.682426258	3.299020612	1.545976271	1.753044341	97.16775121	0.064616555
4.855097045	1.296226778	3.075661911	1.347379668	1.728282243	97.16775121	0.064616555
4.711953839	1.297089974	3.004521907	1.326854749	1.677667158	97.16775121	0.064616555

รูปที่ 29 (ค) แผ่นงาน Penman – Moteith

eoTmean (kPa)	Δ (kPa/°C)	J (-)	dr (-)	δ (radians)	ωs (radians)	Ra (MJ/m^2/day)
2.928844779	0.176205952	4	1.0329218	-0.396320254	1.423838344	26.39198777
2.57857564	0.157659912	11	1.032410145	-0.381299311	1.430040885	26.83952163
2.537865921	0.15548297	17	1.031597011	-0.364012485	1.437080814	27.34213788

รูปที่ 29 (ง) แผ่นงาน Penman – Moteith

N (hr/day)	Rs (Estimated) (MJ/m^2/day)	Rns (MJ/m^2/day)	Rso (MJ/m^2/day)	Rnl (MJ/m^2/day)	Rn (MJ/m^2/day)	ETo (mm/day)
10.87732371	17.00695695	13.09535686	19.98163786	5.074196994	8.021159861	2.82
10.92470763	17.90047929	13.78336905	20.32047022	5.555849656	8.227519397	2.88
10.97848873	18.04287124	13.89301086	20.70100601	5.489400791	8.403610064	2.94

รูปที่ 29 (จ) แผ่นงาน Penman – Moteith

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566). ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาการเกษตร. สืบค้นจาก https://www.tmd.go.th/

จักรทิพย์ ชีวพัฒน์. (2554). รวมสูตรและฟังก์ชัน Excel 2010 ฉบับรู้ลึก ใช้งานจริง. นนทบุรี: ไอดีซี.

จีราวุธ วารินทร์. (2558). สร้างระบบงานเพื่อจัดการข้อมูลด้วย Excel VBA ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: รีไวว่า.

ฉัททวุฒิ พืชผล และ พิชิต สันติกุลานนท์. (2543). คู่มือเรียน Visual Basic 6 (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เอช เอ็น กรุ๊ป.

ดวงพร เกี๋ยงคำ. (2556). รวมสูตร & ฟังก์ชัน และ Macro & VBA Excel 2010. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

ดุสิต กอปรรักชาติ. (2556). Advance Excel ฉบับเขียนโปรแกรมด้วย Macro & VBA. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

นฤพล สีตบุตร, และวราลักษณ์ งามสมจิตร. (2554). การพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของของพืชอ้างอิง (ET_O) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร (MR Quick). กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร, วราลักษณ์ งามสมจิตร, และฐิติพงษ์ หงษ์อินทร์. (2551). โปรแกรมคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืช (RID - Crop Water Requirement Calculate Program). กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2552). โปรแกรมคำนวณความต้องการน้ำเพื่อการปลูกข้าว (Water Allocation in Paddy Field). กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2555). การพัฒนาโปรแกรมสั่งการและจัดการการทำงานของโปรแกรมประเมินสภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ROS Tool). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2556). การพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืช (CWR-RID 2013). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2558). การพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมสั่งการและจัดการ การทำงานของโปรแกรมประเมินสภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ROS Management). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2561). การพัฒนาโปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน (WAPF 2.5). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2562). การพัฒนาโปรแกรมวางแผนการใช้น้ำชลประทาน (WAPF 3.0). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2566). การพัฒนาโปรแกรมทดสอบภาวะสารูปสนิทดีของข้อมูลสถิติสำหรับการวิจัย (KS.ONES). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

นฤพล สีตบุตร. (2567). การพัฒนาโปรแกรมสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (BRD-Rule Curve). นนทบุรี: กรมชลประทาน.

อรพิน ประวัติบริสุทธิ์. (2558). คู่มือ Excel 2013. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

อำนาจ นุตะมาน. (2550). เขียนโปรแกรมและพัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ: วี. พริ้น (1991).

อำนาจ นุตะมาน. (2552). พัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย VB.NET กับ Excel. กรุงเทพฯ: วี. พริ้น (1991).

อำนาจ นุตะมาน. (2556). พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ: วี. พริ้น (1991).

Allen, R. G., & Pereira, L. S. (2009). Estimating evaporation and transpiration from soils and plants: The FAO Penman-Monteith method. In Evaporation and Transpiration (pp. 1-19). Elsevier.

Allen, R. G., & Pruitt, W. O. (1986). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference (ET_O). Transactions of the ASAE, 29(1), 48-55.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2005). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Anderson, M. C., Allen, R. G., Morse, A., & Kustas, W. P. (2012). Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing irrigation. Remote Sensing of Environment, 122, 50-65.

Bastiaanssen, W. G. M., Menenti, M., Feddes, R. A., & Holtslag, A. A. M. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. Journal of hydrology, 212(1-4), 198-212.

Bauzon, J., Murphy, C., & Wahi-Gururaj, S. (2021). Using macros in Microsoft Excel to facilitate cleaning of research data. Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives, 11(5), 653–657. https://doi.org/10.1080/20009666.2021.1954282.

Blayney, P., & Sun, Z. (2019). Using Excel and Excel VBA for preliminary analysis in big data research. In Z. Sun (Ed.), Managerial Perspectives on Intelligent Big Data Analytics. IGI Global.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford university press.

Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Droogers, P., & Allen, R. G. (2002). Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data-calibrating alternative FAO-56 procedures. Irrigation and drainage systems, 16(1), 33-45.

Firoozi, B. (2016, October 1). Using Excel VBA for process-simulator data extraction. Chemical Engineering. Retrieved from https://www.chemengonline.com/using-excel-vba-process-simulator-data-extraction/

Food and Agriculture Organization (FAO). (2004). "Water requirements for irrigation and water management." FAO Irrigation and Drainage Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Rome: Author.

Han, Y., Calabrese, S., Du, H., & Yin, J. (2023). Nonlinearities of Penman and Penman-Monteith equations across multiple timescales. arXiv preprint arXiv: 2305.19536.

Hargreaves, G. H., & Allen, R. G. (2003). History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129(1), 53–63.

Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96-99.

Hatfield, J. L., & Dold, C. (2019). Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. Frontiers in plant science, 10, 103.

Howell, T. A., Evett, S. R., Schneider, A. D., & Steiner, J. L. (1997). Evaporation-based irrigation scheduling: Where does it fit? In Proceedings of the 4th Decennial National Irrigation Symposium (pp. 52-60).

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to

the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.

Jensen, M. E. (1968). Water consumption by agricultural plants. In T. T. Kozlowski (Ed.), Water deficits and plant growth (Vol. 2, pp. 1–22). New York, NY: Academic Press.

Jensen, M. E., Burman, R. D., & Allen, R. G. (1990). Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE manuals and reports on engineering practice no. 70.

Jensen, M. E., Burman, R. D., & Allen, R. G. (1990). Evapotranspiration and irrigation water requirements. American Society of Civil Engineers.

Jones, H. G. (2013). Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge university press.

Konukcu, F. (2023). Modification of the Penman method for computing bare soil evaporation. Soil Science Society of America Journal, 87(2), 837–845.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems. John Wiley & Sons.

McMahon, T. A., Peel, M. C., Lowe, L., Srikanthan, R., & McVicar, T. R. (2013). Estimating actual, potential, reference crop and pan evaporation using standard meteorological data–a pragmatic synthesis. Hydrology and Earth System Sciences, 17(4), 1331-1363.

Mohanty, P., Panigrahi, D., & Acharya, M. (2014). MissRF: A Visual Basic Application in MS Excel to Find out Missing Rainfall Data and Related Analysis. Intelligent Information Management, 6(2), 38–44. https://doi.org/10.4236/iim.2014.62006.

Monteith, J. L. (1965). Evaporation and environment. In G. E. Fogg (Ed.), The state and movement of water in living organisms (pp. 205–234). London, UK: Academic Press.

Monteith, J. L. (1965). Evaporation and environment. Symposia of the Society for Experimental Biology, 19, 205-234.

Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2013). Principles of environmental physics. Academic press.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 193(1032), 120–145. https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037

Pereira, L. S., Allen, R. G., Smith, M., & Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: guidelines and alternatives. Agricultural water management, 147, 154-166.

Pereira, L. S., Allen, R. G., Smith, M., & Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. Agricultural Water Management, 147, 4–20. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.031

Pretzel, B. (2023). The Climate Toolbox—A Microsoft Excel Based Tool for Assessing and Comparing the Effects of Internal Climates on Museum Artefacts. Heritage, 6(4), 3745–3756. https://doi.org/10.3390/heritage6040198.

Sadsad, J. S., Ella, V. B., Lampayan, R. M., & Sta. Cruz, P. C. (2023). A VBA-Based Field Water Balance Model for Efficient Irrigation Water Management of Corn (Zea mays L.). Agronomy, 13(3), 751. https://doi.org/10.3390/agronomy13030751.

Shahidian, S., Serralheiro, R., Serrano, J., Teixeira, J., Haie, N., & Santos, F. (Year of publication not available). Hargreaves and Other Reduced-Set Methods for Calculating Evapotranspiration. University of Évora/ICAAM, Instituto Superior de Agronomia, Universidade do Minho,

Portugal.

Shuttleworth, W. J. (1993). Evaporation. In D. R. Maidment (Ed.), Handbook of Hydrology (pp. 4.1-4.53). McGraw-Hill.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant physiology and development. Sinauer Associates Incorporated.

Trenberth, K. E., Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. Nature Climate Change, 4(1), 17-22.

Ventura, F., Spano, D., Snyder, R. L., & Duce, P. (1999). An evaluation of common evapotranspiration equations. Irrigation Science, 19(4), 163-170.

Will Kenton. (2025, April 30). Visual Basic for Applications (VBA): Definition, Uses, and Examples. Investopedia. Retrieved from https://www.investopedia.com/

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง)

Maetang **January ....**			Maetang Meteorological Data, Latitude 19° 17' 10", Longitude 98° 56' 47", Altitude 355.50 m Irrigation Water Management Research Station 1													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 2 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 2 (พิษณุโลก)

Phitsanulok **January ....**			Phitsanulok Meteorological Data, Latitute 17° 02' 46", Longitude 100° 11' 08", Altitude 47.80 m Irrigation Water Management Research Station 2													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 3 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง)

Huybanyang **January ....**	Huybanyang Meteorological Data, Latitute 16° 56' 34", Longitude 102° 00' 09", Altitude 210.00 m Irrigation Water Management Research Station 3															
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 4 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 4 (สามชุก)

Samchook **January ....**			Samchook Meteorological Data, Latitute 14° 46' 20", Longitude 100° 05' 35", Altitude 8.66 m Irrigation Water Management Research Station 4													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 5 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)

Maeklongyai **January ....**			Maeklongyai Meteorological Data, Latitute 13° 57' 09", Longitude 99° 58' 02", Altitude 7.80 m Irrigation Water Management Research Station 5													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 6 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี)

Petchaburi **January ....**			Petchaburi Meteorological Data, Latitude 12° 53' 19", Longitude 99° 55' 52", Altitude 9.86 m Irrigation Water Management Research Station 6													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 7 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 7 (ปัตตานี)

Pattani **January ....**			Pattani Meteorological Data, Latitute 06° 40' 00", Longitude 101° 17' 41", Altitude 11.00 m Irrigation Water Management Research Station 7													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 8 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 8 (นครศรีธรรมราช)

Nakhonsithammarat **January ....**	Nakhonsithammarat Meteorological Data, Latitute 08° 09' 13.4", Longitude 100° 06' 28.4", Altitude 20.00 m Irrigation Water Management Research Station 8															
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00					0.00			0.00			0.00
2	-				0.00					0.00			0.00			0.00
3	-				0.00					0.00			0.00			0.00
4	-				0.00					0.00			0.00			0.00
5	-				0.00					0.00			0.00			0.00
6	-				0.00					0.00			0.00			0.00
7	-				0.00					0.00			0.00			0.00
8	-				0.00					0.00			0.00			0.00
9	-				0.00					0.00			0.00			0.00
10	-				0.00					0.00			0.00			0.00
11	-				0.00					0.00			0.00			0.00
12	-				0.00					0.00			0.00			0.00
13	-				0.00					0.00			0.00			0.00
14	-				0.00					0.00			0.00			0.00
15	-				0.00					0.00			0.00			0.00
16	-				0.00					0.00			0.00			0.00
17	-				0.00					0.00			0.00			0.00
18	-				0.00					0.00			0.00			0.00
19	-				0.00					0.00			0.00			0.00
20	-				0.00					0.00			0.00			0.00
21	-				0.00					0.00			0.00			0.00
22	-				0.00					0.00			0.00			0.00
23	-				0.00					0.00			0.00			0.00
24	-				0.00					0.00			0.00			0.00
25	-				0.00					0.00			0.00			0.00
26	-				0.00					0.00			0.00			0.00
27	-				0.00					0.00			0.00			0.00
28	-				0.00					0.00			0.00			0.00
29	-				0.00					0.00			0.00			0.00
30	-				0.00					0.00			0.00			0.00
31	-				0.00					0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 9 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 9 (ท่าม่วง)

Tha_Muang January			Tha_Muang Meteorological Data, Latitute 13° 15' 20.15", Longitude 40° 38' 16.50", Altitude 21.88 m Irrigation Demonstration Center													
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตารางผนวกที่ 10 ตัวอย่างตารางฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรของสถานที่อื่น

Location 1																
January																
Date	Rainfall std.	Evaporation	Wind (km/day)			Radiation	Sunshine	Temperature (°C)			Humidity (%)			Pressure (+900 mb)		
	(mm)	(mm)	Day	Night	All	(Cal./cm^2/day)	(hr./day)	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean
1	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
2	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
3	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
4	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
5	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
6	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
7	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
8	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
9	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
10	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
11	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
12	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
13	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
14	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
15	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
16	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
17	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
18	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
19	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
20	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
21	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
22	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
23	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
24	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
25	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
26	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
27	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
28	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
29	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
30	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
31	-				0.00	0.00				0.00			0.00			0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00

ตัวอย่างการคำนวณด้วยมือ

กำหนดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตรเฉลี่ยของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง) ช่วงเวลาวันที่ 1 ม.ค. 2000 – 7 ม.ค. 2000 ดังนี้

1. การระเหยเฉลี่ย (Epan) = 3.37 mm/day
2. ความเร็วลมผิวดินกลางวันเฉลี่ย (Uday) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 18.93 km/day
3. ความเร็วลมผิวดินกลางคืนเฉลี่ย (Unight) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 2 km/day
4. ความเร็วลมผิวดินตลอดวันเฉลี่ย (Uall) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 20.93 km/day
5. รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (Rs) = 422.98 cal/cm^2/day
6. ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย (n) = 8.58 hr/day
7. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Tmax) = 32.59 °C
8. อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Tmin) = 14.79 °C
9. อุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) = 23.69 °C
10. เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย (RHmax) = 98.26 %
11. เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย (RHmin) = 29.27 %
12. เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (RHmean) = 63.77 %
13. ความกดอากาศ (+900 mbar) = 82.51 mbar
14. Latitude 19° 17’ 10”
15. Altitude 355.5 m.msl.

1. วิธีการของ Pan Evaporation

1.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

- การระเหยเฉลี่ย (Epan) = 3.37 mm/day

1.2 รายละเอียดวิธีการคำนวณ

$ET_o = Kp \times Epan$

เมื่อ ET_o คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm/day]
Kp คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย
Epan คือ ค่าการระเหยจากถาดวัดการระเหย [mm/day]

1.3 วิธีการคำนวณ

- กำหนดค่า K_P = 0.85 (คู่มือการชลประทานระดับไร่นา, 2524 หน้า 86)

- คำนวณ ET_O ด้วยวิธีการของ Pan Evaporation

$ET_o = K_P \times Epan = 0.85 \times 3.37 \approx 2.86$ mm/day ⇦

2. วิธีการของ Hargreaves

2.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

- อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Tmax) = 32.59 °C
- อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Tmin) = 14.79 °C

- อุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) = 23.69 °C
- Latitude 19° 17’ 10”

2.2 รายละเอียดวิธีการคำนวณ

$ET_o = 0.0023 \times (Tmean + 17.8) \times \sqrt{(Tmax - Tmin)} \times Ra \times 0.408$

โดย $Ra = (24 \times 60/\pi) \times Gsc \times dr \times [\omega s \times \sin(\phi) \times \sin(\delta) + \cos(\phi) \times \cos(\delta) \times \sin(\omega s)]$
J = ลำดับวันที่เริ่มต้นคำนวณ + [(จำนวนวันทั้งหมดที่ใช้คำนวณ - 1)/2]
$dr = 1 + 0.033 \times \cos((2\pi/365) \times J)$
$\delta = 0.409 \times \sin((2\pi/365) \times J - 1.39)$
$\omega s = \arccos(-\tan(\phi) \times \tan(\delta))$

เมื่อ ET_o คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm/day]
Ra คือ รังสีดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศ [MJ/m²/day]
Tmean คือ อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย [°C]
Tmax คือ อุณหภูมิของอากาศสูงสุดเฉลี่ย [°C]
Tmin คือ อุณหภูมิของอากาศต่ำสุดเฉลี่ย [°C]
Gsc คือ Solar Constant = 0.082 MJ/m2/min
dr คือ Inverse Relative Distance Earth-Sun
δ คือ Solar Declination [rad]
ω_s คือ Sunset Hour Angle [rad]
J คือ ลำดับที่ของวันในรอบปี เริ่มนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่พิจารณา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 365 หรือ 366 ในปีอธิกสุรทิน (Number of Day Between 1 January and 365 or 366 December) ในกรณีที่ใช้ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงเวลา สามารถประมาณค่า J จากลำดับกึ่งกลางของช่วงเวลาที่พิจารณา
0.408 คือ ค่าแปลงหน่วยจาก MJ/m2/day เป็น mm/day

2.3 วิธีการคำนวณ
- แปลงละติจูดเป็นเรเดียน
19°17′10″ ⟶ 19.2861°
$\phi = 19.2861 \times \pi/180 = 0.336606$ rad

- คำนวณค่า dr
$dr = 1 + 0.033 \times \cos((2\pi/365) \times J) = 1 + 0.033 \times \cos((2\pi/365) \times 4) = 1.0329218$

- คำนวณค่า δ
$\delta = 0.409 \times \sin((2\pi/365) \times J - 1.39) = 0.409 \times \sin(0.069 - 1.39) = -0.396320$ rad

- คำนวณค่า ω_s
$\omega s = \arccos(-\tan(\phi) \times \tan(\delta)) = \arccos(-\tan(0.336606) \times \tan(-0.396320)) = 1.423838$ rad

- คำนวณค่า Ra

Ra = (24×60/π) × Gsc × dr × [ωs × sin(ϕ) × sin(δ) + cos(ϕ) × cos(δ) × sin(ωs)] = (1440/π) × 0.082 × 1.0329218 × [1.423838 × sin(0.336606) × sin(−0.396320) + cos(0.336606) × cos(−0.396320) × sin(1.423838)] = 26.39199 MJ/m²/day

- คำนวณค่า ET_o

ET_o = 0.0023 × (23.69 + 17.8) × √(32.59 − 14.79) × 26.39199 × 0.408 = 0.0023 × 41.49 × √17.8 × 26.39199 × 0.408 = 0.0023 × 41.49 × 4.216 × 26.39199 × 0.408 ≈ **4.34 mm/day** ⇦

3. วิธีการของ Modified Penman

3.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

- ความเร็วลมผิวดินกลางวันเฉลี่ย (Uday) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 18.93 km/day
- ความเร็วลมผิวดินกลางคืนเฉลี่ย (Unight) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 2 km/day
- ความเร็วลมผิวดินตลอดวันเฉลี่ย (Uall) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 20.93 km/day
- รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (Rs) = 422.98 cal/cm^2/day (ถ้ามี)
- ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย (n) = 8.58 hr/day
- อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Tmax) = 32.59 °C
- อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Tmin) = 14.79 °C
- อุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) = 23.69 °C
- เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย (RHmax) = 98.26 %
- เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย (RHmin)= 29.27 %
- ความกดอากาศ (+900 mbar) = 82.51 mbar (ถ้ามี)
- Latitude 19° 17’ 10”
- Altitude 355.5 m.msl.

3.2 รายละเอียดวิธีการคำนวณ

ET_o = c × [W × Rn + (1 − W) × f(u) × (es − ea)]

โดย $U_2 = U_z \times (4.87 / \ln((67.8 \times z) - 5.42))$ เมื่อ z คือระดับความสูงที่วัดจริง

f(u) = 0.27 × (1 + u_2 / 100)

e°(Tmean) = 0.6108 × exp ((17.27 × Tmean) ÷ (Tmean + 237.3))

$\Delta = (4098 \times e^{0}(Tmean)) \div (Tmean + 237.3)^2$

P (Estimated) = $101.3 \times ((293 - 0.0065 \times Altitude) / 293)^{5.26}$

P (Measured) = Pmean [mbar] x 0.1

γ = 0.000665 × P (Estimated หรือ Measured)

W = $\Delta / (\Delta + \gamma)$

Ra ดูจากวิธีการของ Hargreaves

N = (24 / π) × ωs

e°(Tmax) = 0.6108 × exp[(17.27 × Tmax) / (Tmax + 237.3)]

e°(Tmin) = 0.6108 × exp[(17.27 × Tmin) / (Tmin + 237.3)]

ea = [(e°(Tmin) × RHmax) + (e°(Tmax) × RHmin)] / 200

$es = (e^{\circ}(Tmax) + e^{\circ}(Tmin)) / 2$

$Rs = (0.25 + 0.5 \times (n / N)) \times Ra$

$Rns = (1 - \alpha) \times Rs$ เมื่อ $\alpha = 0.25$ (FAO - 24)

$f(T) = 0.000000004903 \times ((Tmax_K^4 + Tmin_K^4)/2) \times 0.408$

$f(ea) = 0.34 - 0.044\sqrt{ea}$

$f(n/N) = 0.1 + 0.9 \times (n / N)$

$Rnl = f(T) \times f(ea) \times f(n/N)$

$Rn = Rns - Rnl$

$Uday_2$ (m/s) = [$Uday_2$ (km/day) x 1000] / (24 x 60 x 60)

$Unight_2$ (m/s) = [$Unight_2$ (km/day) x 1000] / (24 x 60 x 60)

เมื่อ ET_0 คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm/day]

c คือ ค่าปรับแก้เพื่อสะท้อนอิทธิพลของลมและความชื้นในวิธีการ Modified Penman จากตารางที่ 16 หน้า 28 FAO-24 [–]

W คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของพลังงานสุทธิ [–]

Rn คือ รังสีดวงอาทิตย์สุทธิ [mm/day]

f(u) คือ ฟังก์ชันความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร [–]

es คือ ความดันไออิ่มตัวเฉลี่ยของอากาศ [kPa]

ea คือ ความดันไอจริงของอากาศ [kPa]

es – ea คือ ความต่างศักย์ของความชื้นในอากาศ [kPa]

U_Z คือ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับ z เมตร [km/day]

U_2 คือ ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร [km/day]

Tmean คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmax คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmin คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmax_K, Tmin_K คือ Tmax และ Tmin แปลงเป็นหน่วยเคลวิน [K]

RHmax คือ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย [%]

RHmin คือ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย [%]

P (Estimated) หรือ P (Measured) = ความดันบรรยากาศหรือความกดอากาศที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล [kPa]

γ คือ ค่าคงที่ทางจิตอุณหพลศาสตร์ (psychrometric constant) [kPa/°C]

Δ คือ ความชันของเส้นโค้งความดันไออิ่มตัว [kPa/°C]

Rs คือ รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น [MJ/m²/day]

Rns คือ รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ [MJ/m²/day]

Rnl คือ รังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาวสุทธิ [MJ/m²/day]

n คือ ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย [hr/day]

N คือ ชั่วโมงแสงแดดสูงสุดทางดาราศาสตร์ [hr/day]

f(T) คือ พลังงานจากอุณหภูมิ (ใช้คำนวณ Rnl) [MJ/m²/day]

f(ea) คือ ปัจจัยความชื้นในอากาศ (ใช้คำนวณ Rnl) [–]

f(n/N) คือ ปัจจัยแสงแดดสัมพัทธ์ (ใช้คำนวณ Rnl) [–]

α คือ ค่าสะท้อนของพื้นผิว (Albedo) โดยทั่วไป = 0.25 (FAO - 24) [–]

σ คือ ค่าคงที่สเตฟาน–โบลท์ซมัน = 4.903×10^{-9} [MJ/K⁴/m²/day]

Uday คือ ความเร็วลมกลางวัน
Unight คือ ความเร็วลมกลางคืน [m/s]

3.3 วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณนี้ กำหนดให้ค่า P และ Rs มาจากการประมาณค่า (Estimated) ไม่ใช่จากการวัดจริง (Measured)

ขั้นตอนที่ 1 แปลงความเร็วลมจากความสูง 0.45 เมตร เป็นที่ความสูง 2 เมตร (km/day)

U_{all_2} = Uz × (4.87 / ln(67.8 × z - 5.42)) = 20.93 × (4.87 / ln(67.8 × 0.45 - 5.42)) ≈ 31.63 km/day

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่า f(u)

f(u) = 0.27 × (1 + (U_{all_2} ÷ 100)) = 0.27 × (1 + (31.63 ÷ 100)) = 0.3554

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า e^0(Tmean)

e^0(Tmean) = 0.6108 × exp((17.27 × Tmean) ÷ (Tmean + 237.3)) = 0.6108 × exp((17.27 × 23.69) ÷ (23.69 + 237.3)) = 2.9288 kPa

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า **Δ** (delta)

Δ = (4098 × e^0(Tmean)) ÷ (Tmean + 237.3)² = (4098 × 2.9288) ÷ (23.69 + 237.3)² = 0.1762 kPa/°C

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณ P แบบ estimate จากความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Altitude)

P = 101.3 × ((293 – 0.0065 × Altitude) / 293)$^{5.26}$ = 101.3 × ((293 – 0.0065 × 355.5) / 293)$^{5.26}$ ≈ 97.1678 kPa

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่า **γ** (psychrometric constant)

γ = 0.000665 × P = 0.000665 × 97.1678 ≈ 0.0646 kPa/°C

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณ W

W = **Δ** / (**Δ** + **γ**) = 0.1762 / (0.1762 + 0.0646) ≈ 0.7317

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณ Ra (Radiation at the top of atmosphere)

Ra ≈ 26.39199 MJ/m²/day (ดูจากวิธีการของ Hargreaves)

ขั้นตอนที่ 9 แปลง Ra จาก MJ/m²/day ⟶ mm/day

Ra = 26.39199 × 0.408 ≈ 10.76793 mm/day

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณค่า N (ระยะเวลาสูงสุดของการส่องสว่างในแต่ละวัน)

N = (24 / **π**) × **ω**s = (24 / 3.1416) × 1.4238 ≈ 7.6394 × 1.4238 ≈ 10.8770 hr/day

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณค่า n/N (อัตราส่วนของระยะเวลาส่องแสงจริงต่อสูงสุด)

n/N = 8.58 / 10.877 ≈ 0.7888

ขั้นตอนที่ 12 คำนวณค่า e°(Tmax)

e°(Tmax) = 0.6108 × exp[(17.27 × Tmax) / (Tmax + 237.3)] = 0.6108 × exp[(17.27 × 32.59) / (32.59 + 237.3)] ≈ 4.9156 kPa

ขั้นตอนที่ 13 คำนวณค่า e°(Tmin)

e°(Tmin) = 0.6108 × exp[(17.27 × Tmin) / (Tmin + 237.3)] = 0.6108 × exp[(17.27 × 14.79) / (14.79 + 237.3)] ≈ 1.6824 kPa

ขั้นตอนที่ 14 คำนวณค่า ea (ความดันไอเฉลี่ย)

ea = [(e°(Tmin) × RHmax) + (e°(Tmax) × RHmin)] / 200 = [(1.6824 × 98.26) + (4.9156 × 29.27)] / 200 ≈ 1.5460 kPa

ขั้นตอนที่ 15 แปลง ea จากหน่วย kPa เป็น mbar

ea = 1.5460 x 10 = 15.4600 mbar

ขั้นตอนที่ 16 คำนวณค่าความดันไออิ่มตัวเฉลี่ย (es) และผลต่าง es − ea

es = (e°(Tmax) + e°(Tmin)) / 2 = (4.9156 + 1.6824) / 2 = 3.2990 kPa

es − ea = 3.2990 − 1.5460 = 1.7530 kPa

ขั้นตอนที่ 17 แปลง es − ea จากหน่วย kPa เป็น mbar

es − ea = 1.7530 × 10 = 17.530 mbar

ขั้นตอนที่ 18 คำนวณ Rs (Solar Radiation) แบบประมาณค่า (Estimate)

Rs = (0.25 + 0.5 × (n / N)) × Ra = (0.25 + 0.5 × 0.7888) × 10.76793 ≈ 6.9389 mm/day

ขั้นตอนที่ 19 คำนวณ Rns (Net Shortwave Radiation)

Rns = (1 − α) × Rs = (1 − 0.25) × 6.9389 = 5.2041 mm/day

ขั้นตอนที่ 20 คำนวณ f(T)

Tmax = 32.59°C ⟶ Tmax_K = 32.59 + 273.15 = 305.74 K

Tmin = 14.79°C ⟶ Tmin_K = 14.79 + 273.15 = 287.94 K

$Tmax_K^{4} = 305.74^{4} \approx 8.738 \times 10^{9}$

$Tmin_K^{4} = 287.94^{4} \approx 6.874 \times 10^{9}$

เฉลี่ย = (8.738 + 6.874) × 10^{9} / 2 = 7.806 × 10^{9}

f(T) = 0.000000004903 × (($Tmax_K^{4}$ + $Tmin_K^{4}$)/2) × 0.408 = 4.903×10^{-9} × 7.8060×10^{9} × 0.408 ≈ 15.6152 mm/day

ขั้นตอนที่ 21 คำนวณ f(ea)

f(ea) = 0.34 − 0.044 × √ea = 0.34 − 0.044 × √15.4600 ≈ 0.1670

ขั้นตอนที่ 22 คำนวณ f(n/N)

f(n/N) = 0.1 + 0.9 × (n/N) = 0.1 + 0.9 × 0.7888 ≈ 0.8099

ขั้นตอนที่ 23 คำนวณ Rnl

Rnl = f(T) × f(ea) × f(n/N) = 15.6153 × 0.1670 × 0.8099 ≈ 2.112 mm/day

ขั้นตอนที่ 24 คำนวณ Rn

Rn = Rns – Rnl = 5.2041 – 2.112 = 3.0921 mm/day

ขั้นตอนที่ 25 แปลงความเร็วลมหน่วย km/day ที่ระดับการตรวจวัด (z) 0.45 เมตร เป็นระดับ 2 เมตร

$Uday_2$ = 18.93 x (4.87 / ln (67.8 x 0.45 – 5.42)) = 28.61 km/day

$Unight_2$ = 2 x (4.87 / ln ((67.8 x 0.45) – 5.42)) = 3.02 km/day

ขั้นตอนที่ 26 แปลงหน่วยความเร็วลมที่ระดับ 2 m จาก km/day ⟶ m/s

$Uday_2$ = (28.61 x 1000) / (24 x 60 x 60) = 0.3311 m/s

$Unight_2$ = = (3.02 x 1000) / (24 x 60 x 60) = 0.0350 m/s

ขั้นตอนที่ 27 คำนวณอัตราส่วน Uday / Unight

Uday / Unight = 0.3311 / 0.0350 ≈ 9.46

ขั้นตอนที่ 28 คำนวณค่าปรับแก้ (Correction Factor; c) = 1.0814

ค่าปรับแก้ c สำหรับการปรับผลการคำนวณจากวิธีการ Modified Penman ถูกกำหนดจากตารางมาตรฐานของ FAO-24 ตารางที่ 16 Adjustment Factor (c) in Presented Penman Equation หน้า 28 การได้มาซึ่งค่าปรับแก้ c ในกรณีที่พารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่า ไม่ตรงกับค่าที่มีอยู่ในตารางโดยตรง จำเป็นต้องใช้วิธีประมาณค่ากลาง (Interpolation) เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดตามสภาพภูมิอากาศที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่ ในส่วนของโปรแกรมนี้การคำนวณค่า c จะใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์หลายชั้น (Multi-Dimensional Interpolation) โดยพิจารณาจากค่า Rhmax (%) Rs (mm/day) Uday (m/s) และ Uday/Unight เพื่อหาค่ากลางจากตาราง การประมาณค่านี้ช่วยให้ผลลัพธ์ของการคำนวณ ET_o มีความแม่นยำและสะท้อนสภาพภูมิอากาศของแต่ละช่วงเวลาได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะค่าปรับแก้ c ที่ได้จะถูกนำไปคูณกับสมการ Modified Penman เพื่อชดเชยความแปรปรวนของสภาพอุตุนิยมวิทยาในแต่ละวัน ค่าปรับแก้ c ที่คำนวณได้จะมีค่าประมาณ 0.25 – 1.0 ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รังสีดวงอาทิตย์ และความเร็วลม หากพื้นที่มีความชื้นสูงและลมอ่อน ค่าปรับแก้จะมีค่าน้อยกว่าพื้นที่ที่ร้อน แห้ง และมีลมแรง

ขั้นตอนที่ 29 คำนวณค่า ET_o

ET_o = c × [W × Rn + (1 – W) × f(u) × (es – ea)] = 1.0814 × [0.7317 × 3.0921 + (1-0.7317) × 0.3554 × 17.5304] ≈ **4.25 mm/day** ⇦

4. วิธีการของ Penman-Monteith

4.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร

- ความเร็วลมผิวดินตลอดวันเฉลี่ย (Uall) ที่ระดับการตรวจวัด 0.45 ม. = 20.93 km/day
- รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (Rs) = 422.98 cal/cm²/day (ถ้ามี)
- ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย (n) = 8.58 hr/day

- อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Tmax) = 32.59 ℃
- อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Tmin) = 14.79 ℃
- อุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) = 23.69 ℃
- เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย (RHmax) = 98.26 %
- เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย (RHmin) = 29.27 %
- ความกดอากาศ (+900 mbar) = 82.51 mbar (ถ้ามี)
- Latitude = 19° 17’ 10”
- Altitude = 355.5 m.msl.

4.2 รายละเอียดวิธีการคำนวณ

$$ET_0 = [0.408 \times \Delta \times (Rn - G) + \gamma \times (900 / (Tmean + 273)) \times u_2 \times (es - ea)] / [\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times u_2)]$$

โดย $U_2 = U_Z \times (4.87 / \ln(67.8 \times z - 5.42))$ เมื่อ z คือระดับความสูงที่วัดจริง

$e^{\circ}(Tmax) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmax) / (Tmax + 237.3)]$

$e^{\circ}(Tmin) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmin) / (Tmin + 237.3)]$

$es = (e^{\circ}(Tmax) + e^{\circ}(Tmin)) / 2$

$ea = [(e^{\circ}(Tmin) \times RHmax) + (e^{\circ}(Tmax) \times RHmin)] / 200$

$e^{\circ}(Tmean) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmean) / (Tmean + 237.3)]$

$\Delta = (4098 \times e^{\circ}(Tmean)) / (Tmean + 237.3)^2$

$P\ (Estimated) = 101.3 \times ((293 - 0.0065 \times Altitude) / 293)^{5.26}$

P (Measured) = Pmean [mbar] x 0.1

$\gamma = 0.000665 \times P$ (Estimated หรือ Measured)

Ra ดูจากวิธีการของ Hargreaves

$N = (24 / \pi) \times \omega s$

$Rs = (0.25 + 0.50 \times (n / N)) \times Ra$

$Rns = (1 - \alpha) \times Rs$ เมื่อ $\alpha = 0.23$ สำหรับ Grass Reference Crop

$Rso = (0.75 + 2z / 100000) \times Ra$

$Rnl = \sigma \times ((Tmax_K^4 + Tmin_K^4) / 2) \times (0.34 - 0.14 \times \sqrt{ea}) \times (1.35 \times (Rs / Rso) - 0.35)$

$Rn = Rns - Rnl$

เมื่อ ET_0 = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm/day]

U_Z คือ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับ z เมตร [km/day]

U_2 คือ ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร [km/day]

Tmean = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmax = อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmin = อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของอากาศ [°C]

Tmax_K, Tmin_K = Tmax และ Tmin เมื่อแปลงเป็นหน่วยเคลวิน [K]

$e^{\circ}(T)$ = ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิ T [kPa]

es = ความดันไออิ่มตัวเฉลี่ยของอากาศ [(eo(Tmax) + eo(Tmin))/2] [kPa]

ea = ความดันไอจริงของอากาศ [kPa]

RHmax = ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย [%]

RHmin = ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย [%]

Δ = ความชันของเส้นโค้งความดันไออิ่มตัวที่ Tmean [kPa/°C]

P (Estimated) หรือ P (Measured) = ความดันบรรยากาศหรือความกดอากาศที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล [kPa]

γ = ค่าคงที่ทางจิตอุณหพลศาสตร์ (psychrometric constant) [kPa/°C]

Rn = รังสีดวงอาทิตย์สุทธิ [MJ/m²/day]

Rs = รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น [MJ/m²/day]

Rns = รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ [MJ/m²/day]

Rnl = รังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาวสุทธิ [MJ/m²/day]

G = ฟลักซ์ของพลังงานในดิน (Ground heat flux) รายวันมักใช้ G ≈ 0 [MJ/m²/day]

α = ค่าสะท้อนของพื้นผิว (Albedo), โดยทั่วไปใช้ 0.23 สำหรับพืชอ้างอิง [–]

σ = ค่าคงที่สเตฟาน–โบลท์ซมัน = 4.903×10^{-9} [MJ/K⁴/m²/day]

n = ชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย [hr/day]

N = ชั่วโมงแสงแดดสูงสุดทางดาราศาสตร์ [hr/day]

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร จากผิวดิน [km/day]

4.3 วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณนี้ กำหนดให้ค่า P และ Rs มาจากการประมาณค่า (Estimated) ไม่ใช่จากการวัดจริง (Measured)

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่า $e^{\circ}(Tmax)$

$e^{\circ}(Tmax) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmax) / (Tmax + 237.3)] = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times 32.59) / (32.59 + 237.3)] \approx 4.9156$ kPa

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่า $e^{\circ}(Tmin)$

$e^{\circ}(Tmin) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmin) / (Tmin + 237.3)] = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times 14.79) / (14.79 + 237.3)] \approx 1.6824$ kPa

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า es (แรงดันไออิ่มตัวเฉลี่ย)

$es = (e^{\circ}(Tmax) + e^{\circ}(Tmin)) / 2 = (4.9156 + 1.6824) / 2 \approx 3.2990$ kPa

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า ea (แรงดันไอจริง)

$ea = [(e^{\circ}(Tmin) \times RHmax) + (e^{\circ}(Tmax) \times RHmin)] / 200 = [(1.6824 \times 98.26) + (4.9156 \times 29.27)] / 200 = (165.3186 + 143.7842) / 200 \approx 1.5460$ kPa

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่า es − ea (ความต่างศักย์ความชื้น)

$es - ea = 3.2990 - 1.5460 \approx 1.7530$ kPa

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณ P แบบ estimate จากความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Altitude)

$P = 101.3 \times ((293 - 0.0065 \times Altitude) / 293)^{5.26} = 101.3 \times ((293 - 0.0065 \times 355.5) / 293)^{5.26} \approx 97.1678$ kPa

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณค่า γ (Psychrometric Constant)

$\gamma = 0.000665 \times P = 0.000665 \times 97.1678 \approx 0.06462$ kPa/°C

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณ $e^{\circ}(Tmean)$

$e^{\circ}(Tmean) = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times Tmean) / (Tmean + 237.3)] = 0.6108 \times \exp[(17.27 \times 23.69) / (23.69 + 237.3)] \approx 2.9288$ kPa

ขั้นตอนที่ 9 คำนวณ Δ

$\Delta = (4098 \times e^{0}(Tmean)) \div (Tmean + 237.3)^2 = (4098 \times 2.9288) \div (23.69 + 237.3)^2 \approx 0.1762$ kPa/°C

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณ Ra (Radiation at the top of atmosphere)

Ra ≈ 26.39199 MJ/m²/day (ดูจากวิธีการของ Hargreaves)

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณค่า N (ระยะเวลาสูงสุดของการส่องสว่างในแต่ละวัน)

$N = (24 / \pi) \times \omega s = (24 / 3.1416) \times 1.4238 \approx 7.6394 \times 1.4238 \approx 10.8773$ hr/day

ขั้นตอนที่ 12 คำนวณ Rs (Solar Radiation) แบบประมาณค่า (Estimate)

$Rs = (0.25 + 0.50 \times (n / N)) \times Ra = (0.25 + 0.50 \times (8.58 \div 10.8773)) \times 26.39199 \approx 17.0069$ MJ/m²/day

ขั้นตอนที่ 13 คำนวณ Rns (Net Shortwave Radiation)

$Rns = (1 - \alpha) \times Rs = (1 - 0.23) \times 17.0069 \approx 13.0954$ MJ/m²/day

ขั้นตอนที่ 14 คำนวณ Rso (Clear-Sky Solar Radiation)

$Rso = (0.75 + 2z / 100{,}000) \times Ra = (0.75 + 2 \times 355.5 / 100{,}000) \times 26.39199 \approx 19.9816$ MJ/m²/day

ขั้นตอนที่ 15 คำนวณ Rnl (Net Longwave Radiation)

$Rnl = \sigma \times [(Tmax,K^4 + Tmin,K^4) / 2] \times (0.34 - 0.14 \times \sqrt{ea}) \times [1.35 \times (Rs / Rso) - 0.35] = 4.903 \times 10^{-9} \times [(305.74^4 + 287.94^4) / 2] \times (0.34 - 0.14 \times 1.243) \times [1.35 \times (17.0069 / 19.9816) - 0.35] \approx 5.074$ MJ/m²/day

ขั้นตอนที่ 16 คำนวณ Rn (Net Radiation)

$Rn = Rns - Rnl = 13.095 - 5.074 \approx 8.021$ MJ/m²/day

ขั้นตอนที่ 17 แปลงความเร็วลมตลอดวัน หน่วย km/day ที่ระดับการตรวจวัดจริง (z) 0.45 เมตร เป็นระดับ 2 เมตร

$Uall_2 = 20.93 \times (4.87 / \ln((67.8 \times 0.45) - 5.42)) = 31.6307$ km/day

ขั้นตอนที่ 18 แปลงหน่วยความเร็วลมที่ระดับ 2 m จาก km/day ⟶ m/s

$Uall_2 = (31.6307 \times 1000) / (24 \times 60 \times 60) = 0.3661$ m/s

ขั้นตอนที่ 19 คำนวณ ET_O ด้วยวิธีการ Penman–Monteith (FAO-56)

$ET_O = \{0.408 \times \Delta \times Rn + \gamma \times [900 / (Tmean + 273)] \times U_2 \times (es - ea)\} / [\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)] = \{0.408 \times 0.1762 \times 8.021 + 0.0646 \times (900 / (23.69 + 273)) \times 0.3661 \times (3.2990 - 1.5460)\} / [0.1762 + 0.0646 \times (1 + 0.34 \times 0.3661)] \approx 2.82$ mm/day

หมายเหตุ: การใช้ค่าที่วัดได้ (Measured) ในวิธีการของ Modified Penman และ Penman–Monteith ในการคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ด้วยวิธีการของ Modified Penman (FAO-24) และ Penman–Monteith (FAO-56) ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ค่าที่วัดได้จริงจากสถานีอุตุนิยมวิทยาในพารามิเตอร์สำคัญ เช่น ความกดอากาศ (P) และรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (Rs) เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

1. ความกดอากาศ (P)

1.1 กรณีไม่มีค่า P ที่วัดได้ (Pmean) ให้คำนวณ P จากค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (Altitude) ด้วยสมการมาตรฐานของ FAO-56 (P Estimate)

1.2 กรณีมีค่า Pmean ที่วัดได้จากสถานี (เช่น 82.51 mbar) ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้งาน จำเป็นต้องแปลงหน่วยให้ถูกต้อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีแปลงหน่วยค่า Pmean

วิธีการ	หน่วยที่วัด	วิธีแปลงหน่วย	หน่วยที่ใช้คำนวณ
Modified Penman (FAO-24)	mbar	P = Pmean + 900	mbar
Penman–Monteith (FAO-56)	mbar	P = (Pmean + 900) × 0.1	kPa

ในวิธีการ Modified Penman ซึ่งดั้งเดิมใช้หน่วย mbar ในการคำนวณค่า γ (psychrometric constant) สามารถใช้ค่า P = 982.51 mbar ได้โดยตรง ในวิธีการ Penman–Monteith ต้องใช้ค่า P ที่แปลงเป็น kPa ก่อนนำไปคำนวณ γ

2. รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (Rs)

2.1 กรณีไม่มี Rs ที่วัดได้ คำนวณ Rs จากรังสีดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศ (Ra) และชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย (n)

2.2 กรณีมีค่า Rs วัดได้เป็น Cal/cm²/day จำเป็นต้องแปลงหน่วยก่อนใช้งาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีแปลงหน่วยค่า Rs

วิธีการ	หน่วยที่วัด	วิธีแปลงหน่วย	หน่วยที่ใช้คำนวณ
Modified Penman (FAO-24)	Cal/cm²/day	Rs = Rs_measured × 0.041868 × 0.408	mm/day
Penman–Monteith (FAO-56)	Cal/cm²/day	Rs = Rs_measured × 0.041868	MJ/m²/day

หมายเหตุ: วิธีการของ Modified Penman ให้แปลงเป็น mm/day วิธีการของ Penman–Monteith ให้แปลงเป็น MJ/m²/day

3. การเลือกใช้ค่าที่วัดได้ (Measured) กับค่าที่คำนวณได้ (Estimated) การเลือกใช้ค่าที่วัดได้จะให้ความแม่นยำสูงกว่าเพราะสะท้อนสภาพภูมิอากาศของพื้นที่และช่วงเวลานั้นจริงอย่างไรก็ตาม หากข้อมูลไม่ครบถ้วน การใช้ค่าคำนวณที่ถูกต้องตามแนวทาง FAO ก็ยังให้ค่าที่เชื่อถือได้ โดยเฉพาะเมื่อใช้เพื่อเปรียบเทียบในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่หรือในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด

4. กรณีใช้ค่าที่วัดได้เพียงบางส่วน (Partial Measured Inputs) มีข้อแนะนำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อแนะนำกรณีใช้ค่าที่วัดได้เพียงบางส่วน

กรณี	ข้อแนะนำ
มี P (Measured) แต่ไม่มี Rs (Measured)	ควรเลือกใช้ P ที่วัดได้ เพราะมีผลต่อการคำนวณ γ โดยตรง ซึ่งกระทบต่อทั้ง w และองค์ประกอบของสมการ ET_0
มี Rs (Measured) แต่ไม่มี P (Measured)	ควรเลือกใช้ Rs ที่วัดได้ เพราะส่งผลต่อ Rn โดยตรง และสะท้อนความแปรปรวนของเมฆ และแสงแดดได้ดีกว่าการคำนวณ

หมายเหตุ: หากมีข้อมูลที่วัดได้ไม่ครบถ้วน (มีเพียงค่าเดียว เช่น P หรือ Rs) ควรเลือกใช้ค่าที่วัดได้ (Measured) เสมอ แทนการประมาณ (Estmated) ค่าทั้งหมด เพราะช่วยสะท้อนสภาพจริงของพื้นที่และลดความคลาดเคลื่อนได้ แม้จะไม่สมบูรณ์ 100% ก็ตาม

5. สำหรับประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินรายวันและรายเดือนไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบฤดูกาลที่รุนแรงเท่ากับภูมิภาคในเขตอบอุ่นที่มีการสะสมหรือคายความร้อนในดินอย่างชัดเจนในช่วงเปลี่ยนฤดู (เช่น ฤดูใบไม้ผลิที่ดินกำลังอุ่นขึ้น หรือฤดูใบไม้ร่วงที่ดินกำลังเย็นลง) ดังนั้น ในบริบทของประเทศไทย การสมมติให้ G = 0 สำหรับการคำนวณ Penman-Monteith รายสัปดาห์และรายเดือนจึงมีความเหมาะสมและเป็นที่นิยมปฏิบัติ ยกเว้นในกรณีที่ พื้นที่ดินที่ไม่มีพืชคลุมดินเลย ค่า G อาจมีบทบาทสำคัญมากขึ้นและไม่ควรละเลย หรือ ต้องการศึกษาที่ต้องการความแม่นยำสูงมากในระยะสั้น สำหรับการศึกษาที่ต้องการความแม่นยำสูงในระดับรายชั่วโมง หรือการศึกษาเกี่ยวกับสมดุลพลังงานโดยละเอียด อาจจำเป็นต้องมีการคำนวณค่า G อย่างแม่นยำ แต่สำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไปในการคำนวณ ETo เพื่อการจัดการน้ำทางการเกษตรในประเทศไทย ค่า G = 0 ถือว่าเพียงพอและเป็นมาตรฐานครับ (Gemini 2.5 Flash, 20/07/2025)

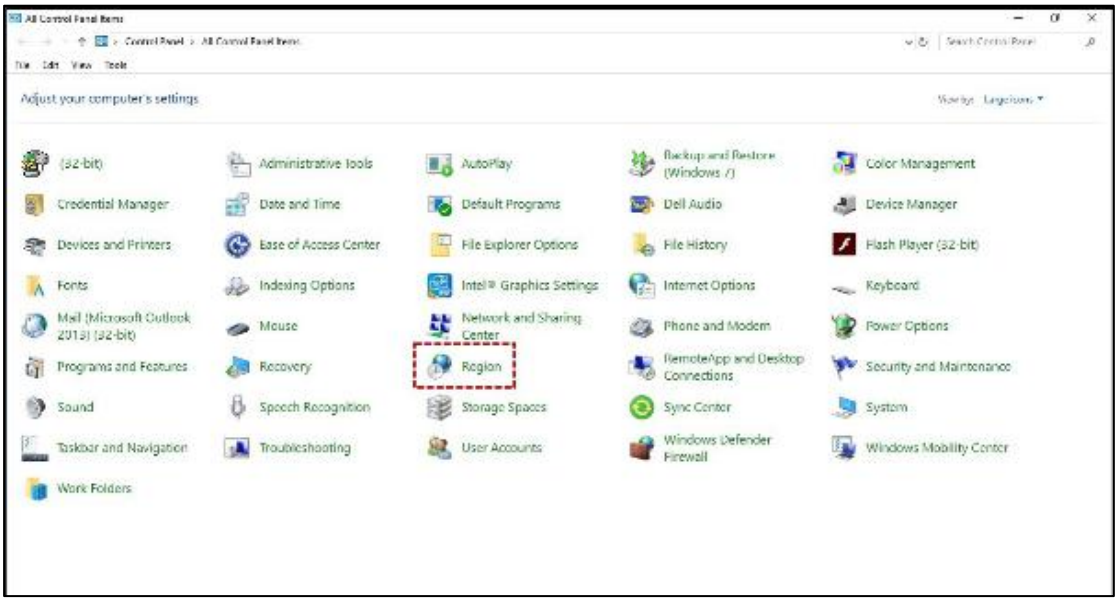
ตารางผนวกที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคูณการระเหยจากถาดแบบ Class – A เพื่อให้เป็นการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration; K_P)

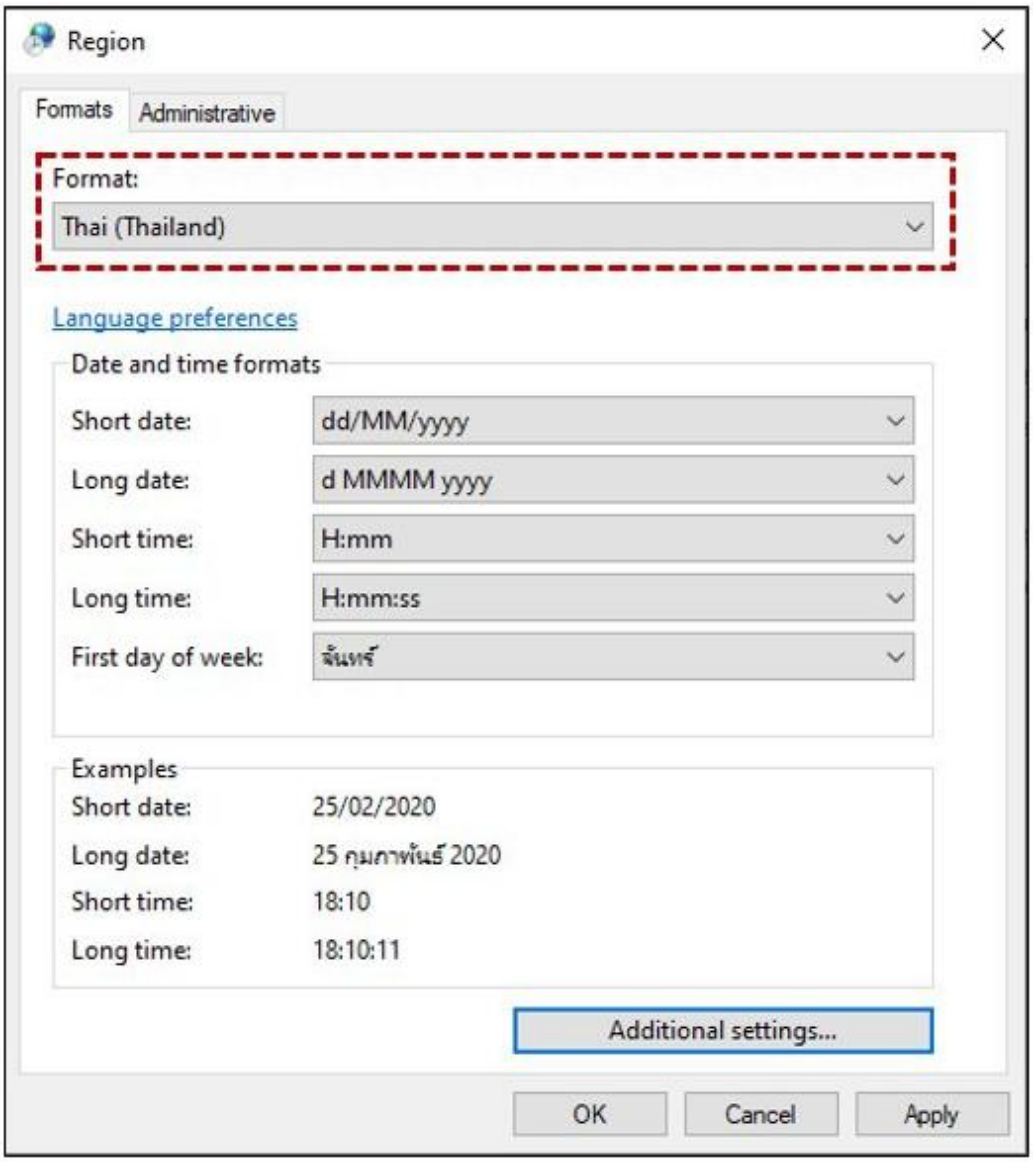
ความเร็วลมเฉลี่ย(ก.ม./วัน)	กรณีที่ 1 ถาดล้อมรอบด้วยพืช				กรณีที่ 2 ถาดล้อมรอบด้วยที่ดินที่ว่างเปล่า			
	ระยะด้านเหนือลมที่ปลูกพืช (เมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)			ระยะด้านเหนือลมที่ไม่ได้ปลูกพืช (เมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)		
		20 - 40	40 - 70	70		20 - 40	40 - 70	70
ลมอ่อน < 170 ก.ม./วัน	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
ลมอ่อนปานกลาง 170 – 425 ก.ม./วัน	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
ลมแรง 425 – 700 ก.ม./วัน	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
ลมแรงมาก > 700 ก.ม./วัน	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

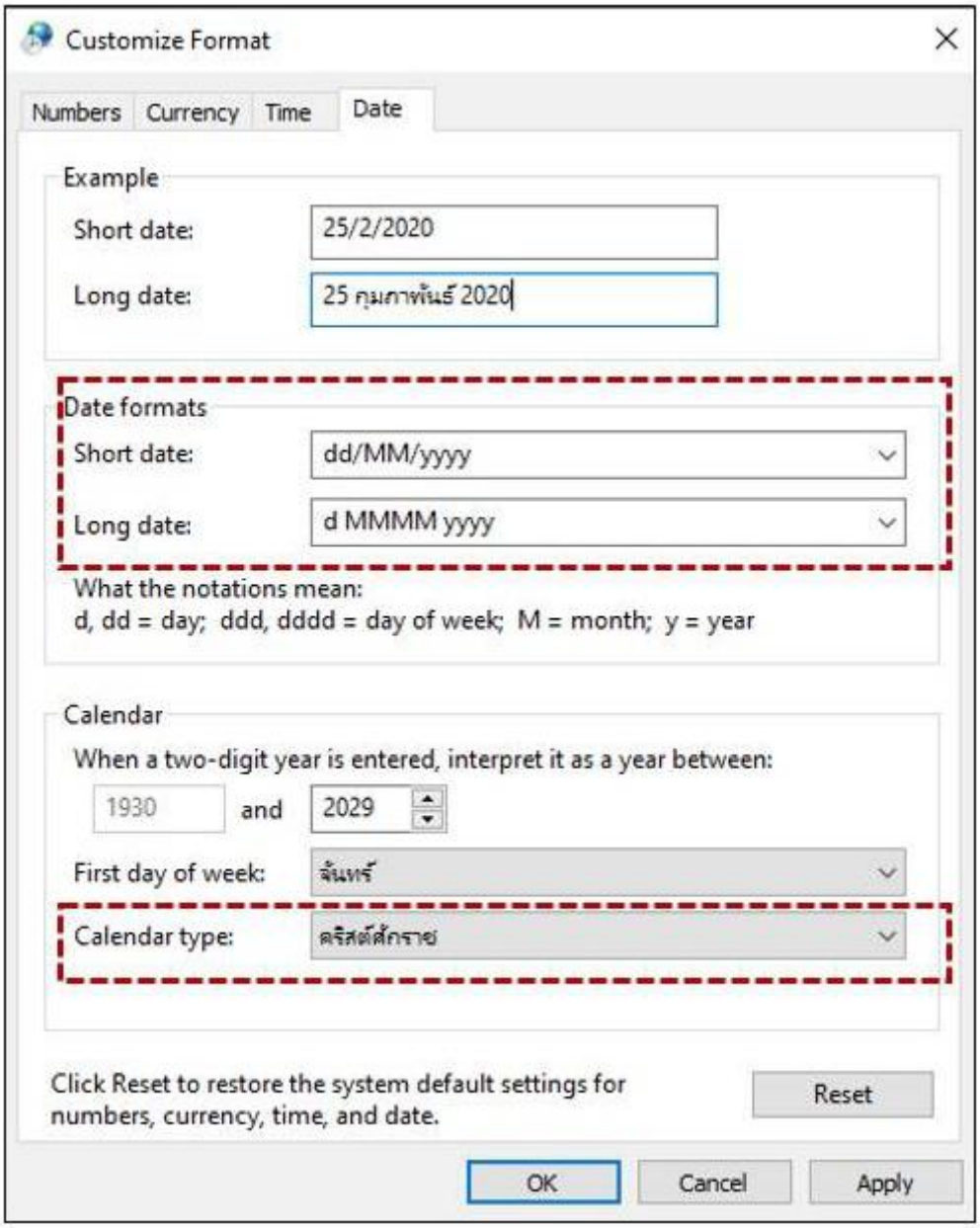
ตารางผนวกที่ 12 ค่าแฟคเตอร์ปรับแก้ (c) ค่าของ ET_O จากวิธีการของ Modified Penman

	RH_{max} = 30 เปอร์เซ็นต์				RH_{max} = 60 เปอร์เซ็นต์				RH_{max} = 90 เปอร์เซ็นต์			
R_S (มิลลิเมตร / วัน)	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
U_{2day} (เมตร / วินาที)	Uday/Unight = 4.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27
	Uday/Unight = 3.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
	Uday/Unight = 2.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
	Uday/Unight = 1.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

การตั้งค่าโปรแกรม 1

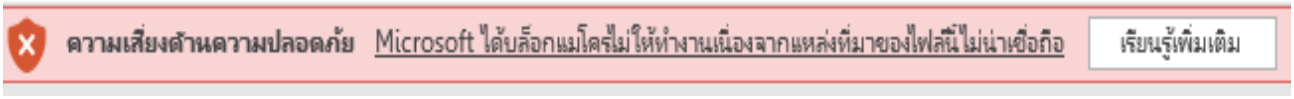



Region
Formats
Administrative
Format:
Thai (Thailand)
Language preferences
Date and time formats
Short date:
dd/MM/yyyy
Long date:
d MMMM yyyy
Short time:
H:mm
Long time:
H:mm:ss
First day of week:
จันทร์
Examples
Short date:
25/02/2020
Long date:
25 กุมภาพันธ์ 2020
Short time:
18:10
Long time:
18:10:11
Additional settings...
OK
Cancel
Apply


Customize Format
Numbers
Currency
Time
Date
Example
Short date:
25/2/2020
Long date:
25 กุมภาพันธ์ 2020
Date formats
Short date:
dd/MM/yyyy
Long date:
d MMMM yyyy
What the notations mean:
d, dd = day; ddd, dddd = day of week; M = month; y = year
Calendar
When a two-digit year is entered, interpret it as a year between:
1930
and
2029
First day of week:
จันทร์
Calendar type:
คริสต์ศักราช
Click Reset to restore the system default settings for numbers, currency, time, and date.
Reset
OK
Cancel
Apply

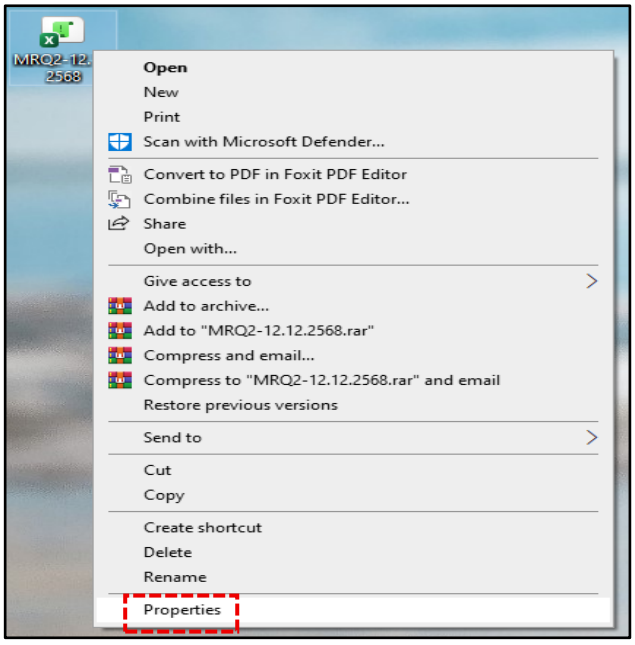
การตั้งค่าโปรแกรม 2

กรณีที่ 1 พบข้อความเตือนความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

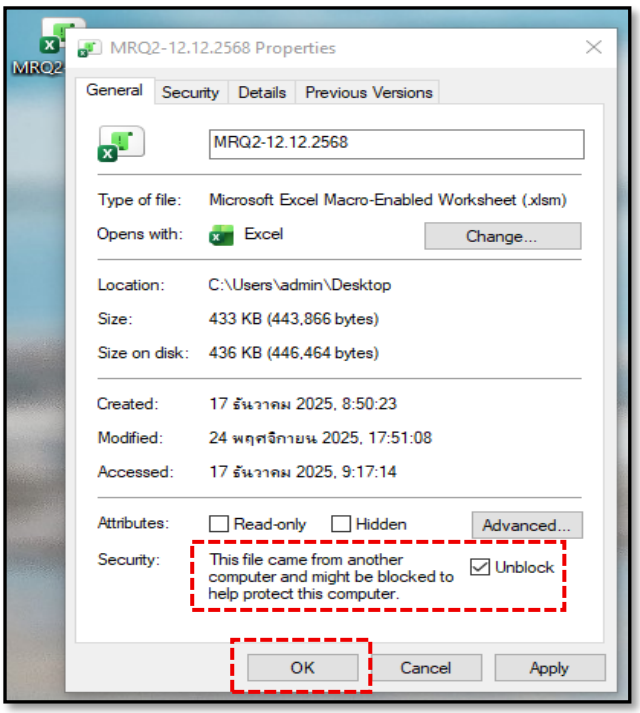


วิธีแก้ไข

ขั้นตอนที่ 1 คลิกขวาที่ไฟล์ **MRQ2.xlsm** ⇨ คลิกเลือก **Properties**



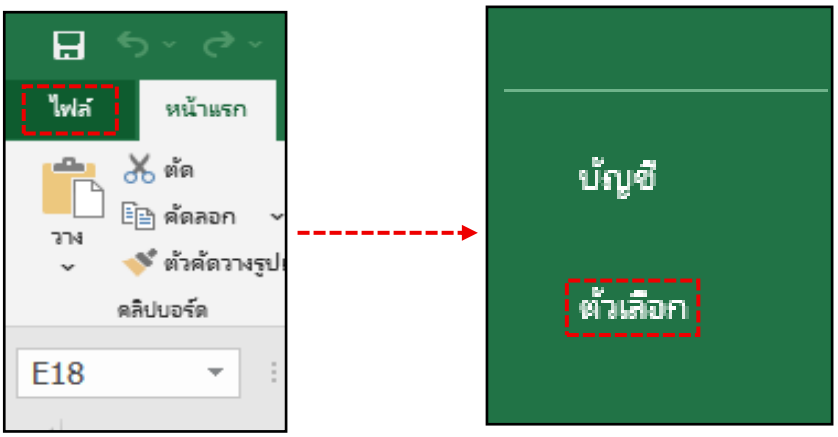
ขั้นตอนที่ 2 คลิกเครื่องหมาย ✔ ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า **Unblock** ⇨ คลิกปุ่ม **OK**



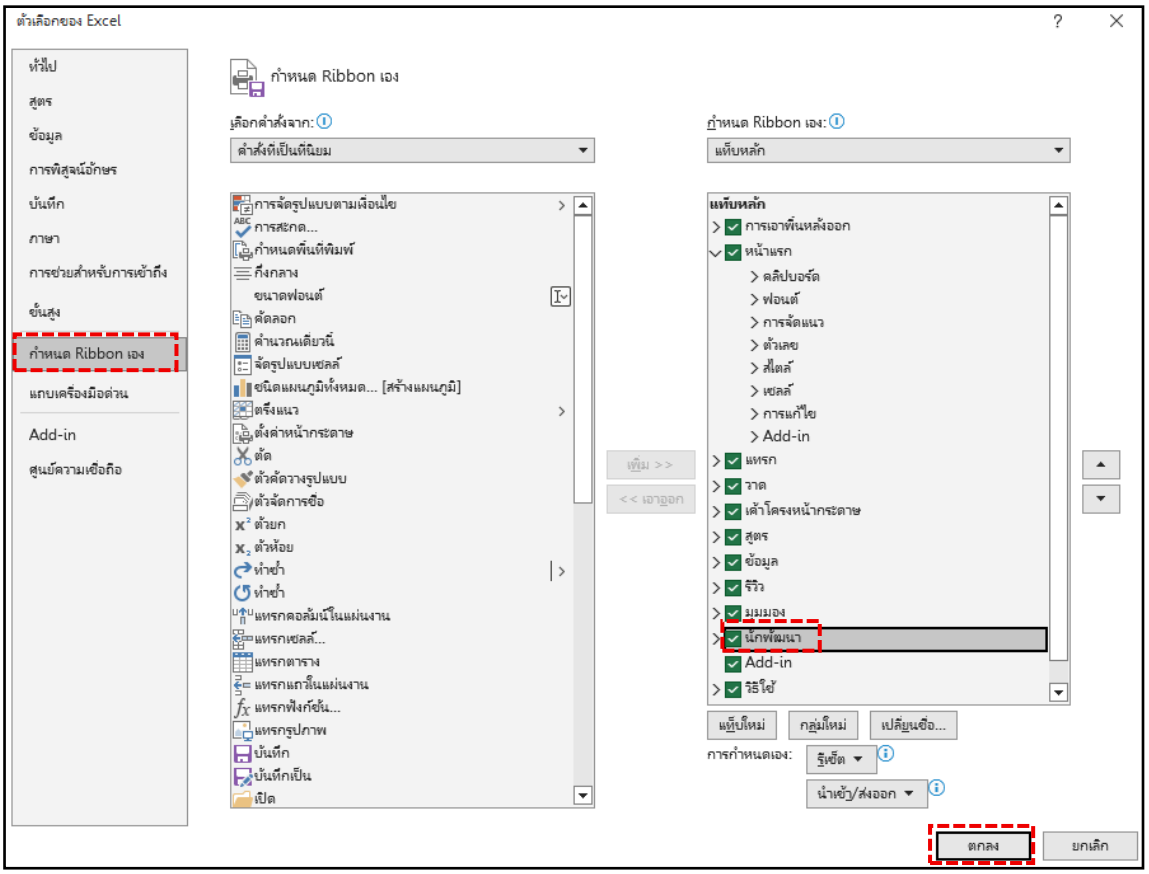
<u>กรณีที่ 2 ไม่สามารถกดปุ่ม MRQ2 ได้</u> MR-Quick 2

<u>วิธีแก้ไข</u>

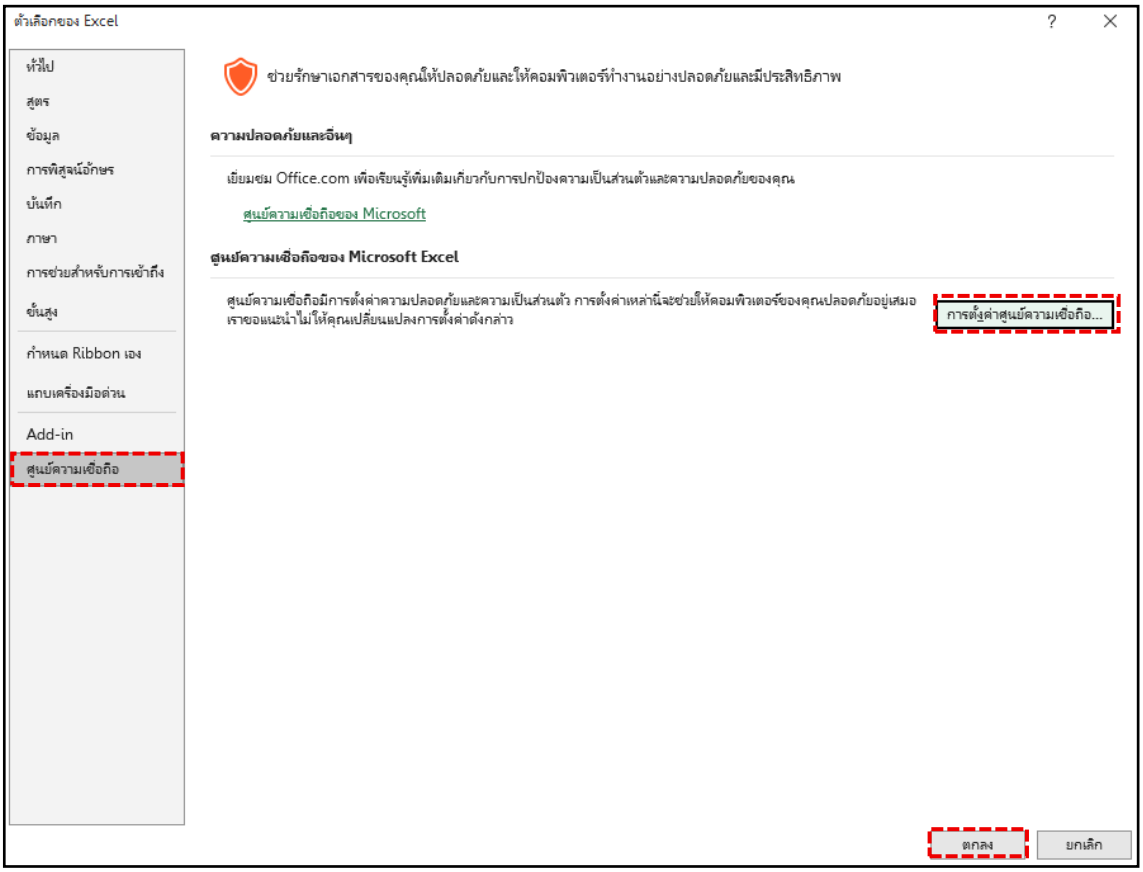
ขั้นตอนที่ 1 เปิดไฟล์โปรแกรม MR-Quick 2 ⇨ คลิกเลือกเมนู **ไฟล์** ⇨ คลิก **ตัวเลือก**



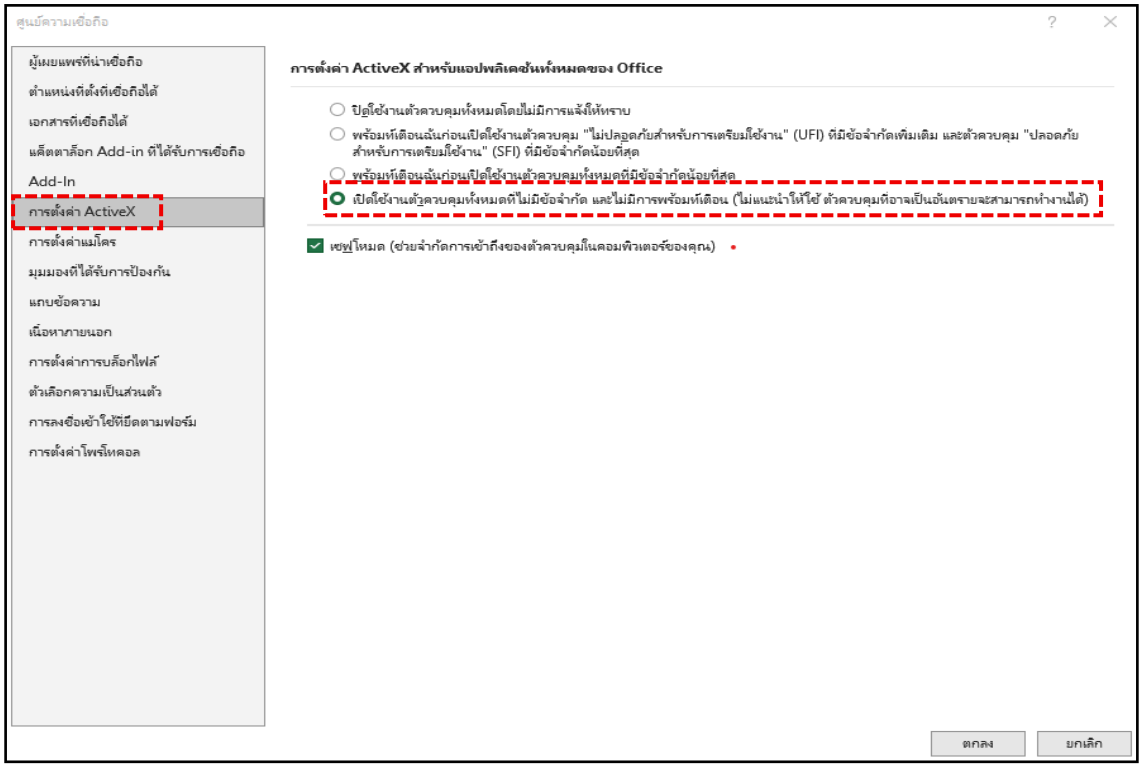
ขั้นตอนที่ 2 คลิกเลือก **กำหนด Ribbon เอง** ⇨ คลิกเครื่องหมาย ✓ ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า **นักพัฒนา** ⇨ คลิกปุ่ม **ตกลง**



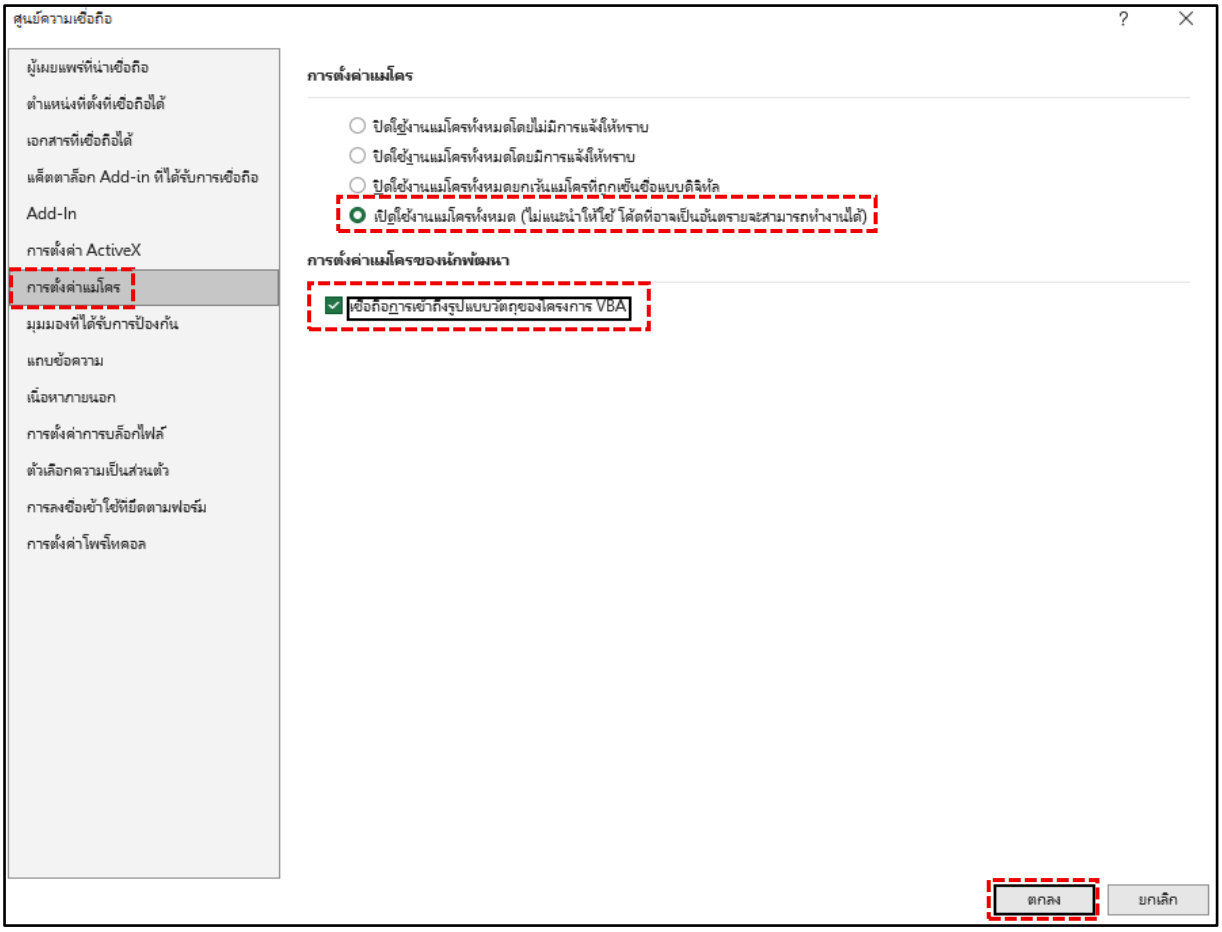
ขั้นตอนที่ 3 คลิกเลือก **ศูนย์ความเชื่อถือ** ⇨ คลิกเลือก **การตั้งค่าศูนย์ความเชื่อถือ** ⇨ คลิกปุ่ม **ตกลง**



ขั้นตอนที่ 4 คลิกเลือก **การตั้งค่า ActiveX** ⇨ คลิกเลือก **เปิดใช้งานตัวควบคุมทั้งหมดที่ไม่มีข้อจำกัดและไม่มีการพร้อมเตือน** ⇨ คลิกปุ่ม **ตกลง**



ขั้นตอนที่ 5 คลิกเลือก **การตั้งค่าแมโคร** ⇨ คลิกเลือก **เปิดใช้งานแมโครทั้งหมด** ⇨ คลิกเครื่องหมาย ✔ ในช่องสี่เหลี่ยมหน้าคำว่า **เชื่อถือการเข้าถึงรูปแบบวัตถุของโครงการ VBA** ⇨ คลิกปุ่ม ตกลง ⇨ **Save โปรแกรม** ⇨ **ปิดโปรแกรมและเปิดใช้งานโปรแกรมใหม่อีกครั้ง**



จากผู้พัฒนา

“ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ... แต่คือผู้ลงมือทำ”

ผมไม่ใช่คนที่รู้ทุกเรื่องและไม่เคยคิดว่าตัวเองเป็นผู้เชี่ยวชาญ แต่สิ่งที่ผมมีคือ ประสบการณ์หลายสิบปีจากการลงมือทำงานจริง เคยผ่านจุดที่สับสน ไม่เข้าใจ และต้องเรียนรู้จากการลองผิดลองถูกมาด้วยตัวเอง วันนี้ผมจึงอยากให้โปรแกรมนี้ เป็นสิ่งเล็ก ๆ ที่ช่วยให้ใครอีกหลายคน **“เข้าใจงานได้เร็วขึ้นกว่าที่ผมเคยเข้าใจ”** โปรแกรมนี้ไม่ได้ถือกำเนิดขึ้นจากความต้องการจะสร้างสิ่งที่ทันสมัยที่สุด แต่เกิดจากคำถามง่าย ๆ ที่ค้างคาใจมาตลอดหลายปีว่า...

“เราจะลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนในงานประจำลงได้หรือไม่
เพื่อให้บุคลากรของเราได้มีเวลาไปใช้กับการคิดวิเคราะห์
และพัฒนานวัตกรรมในการทำงานได้เพิ่มมากขึ้น”

ผมไม่ได้พัฒนาโปรแกรมนี้ขึ้นมาเพื่อให้ใครแค่ **“ใส่ข้อมูลแล้วได้ผลลัพธ์”** แต่ตั้งใจให้มันเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้ได้ ฝึกคิด ฝึกตรวจสอบ และฝึกทำความเข้าใจ ที่มาของทุกตัวเลข และทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นในการทำงาน เพราะผมเชื่อว่า...

“การเรียนรู้ที่ดี ไม่ใช่แค่การได้คำตอบเร็วที่สุด
แต่คือการเข้าใจที่มาของคำตอบนั้นอย่างแท้จริง”

ในโลกยุคใหม่ที่เทคโนโลยีเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว หลายสิ่งอาจถูกเร่งให้เดินหน้าแต่บางครั้ง **“ความเข้าใจ”** กลับไม่ได้เติบโตตามไปด้วยเสมอ โปรแกรมนี้จึงไม่ได้ตั้งต้นจากการแสวงหาเครื่องมือที่ล้ำสมัยที่สุด แต่จากความตั้งใจที่จะออกแบบ **“เครื่องมือที่เข้าใจง่าย”** และ **“ไม่ลืมเหตุผลเบื้องหลัง”** ผมหวังว่าโปรแกรมนี้จะช่วยลดภาระในงานที่ซ้ำซ้อน ลดเวลาที่ต้องใช้กับการทำงานเรื่องเดิม ๆ และช่วยเพิ่มเวลาให้กับผู้ที่ใช้งาน ได้กลับมาฝึกฝน และเรียนรู้หลักการทำงานทางวิชาการแบบเดิม ๆ ด้วยวิธีการที่ง่ายขึ้นกว่าเดิม และถ้าหากสิ่งเล็ก ๆ เหล่านี้ จะมีคุณค่าขึ้นมาบ้าง ผมก็หวังเพียงว่า มันจะช่วยเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้สำหรับใครบางคนได้ไม่มากก็น้อย

ผู้พัฒนา