

รายงานการไปราชการ ประชุม/สัมมนา ศึกษา ฝึกอบรม ปฏิบัติการวิจัย ดูงาน ณ ต่างประเทศ  
และการไปปฏิบัติงานในองค์การระหว่างประเทศ

.....

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

ชื่อ/นามสกุล นางสาวภารดี พันธุ์ศรีวรพงษ์.....ตำแหน่ง นักวิชาการป่าไม้ปฏิบัติการ  
สำนักป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า

1.2 ชื่อเรื่อง/หลักสูตร : The 2025 AFoCO-French MOEFA Science and Technology Exchange Partnership  
(STEP) Program.....

การศึกษาในระดับ ..

สาขาหลัก ..

สาขาที่เกี่ยวข้อง ..

เพื่อ  ประชุม/สัมมนา  ศึกษา  ฝึกอบรม  ปฏิบัติงานวิจัย  
 ดูงาน  ไปปฏิบัติงานในองค์การระหว่างประเทศ

แหล่งผู้ให้ทุน... Asian Forest Cooperation Organization (AFoCO).....

ประเทศที่ไป ... สาธารณรัฐฝรั่งเศส.....

ระหว่างวันที่..... 10 พฤศจิกายน 2568..... ถึงวันที่..... 19 ธันวาคม 2568.....

**ส่วนที่ 2 บทคัดย่อหรือสรุปย่อของหลักสูตร/เพื่อประโยชน์ในการสืบค้น**

..... Asian Forest Cooperation Organization (AFoCO) จัดการฝึกอบรมหลักสูตร The 2025 AFoCO-French MOEFA Science and Technology Exchange Partnership เป็นหลักสูตรการฝึกอบรมที่เน้นการศึกษาเรียนรู้ แนวทางและวิธีการบริหารจัดการไฟป่า ทำการสอนโดยวิทยากร อาจารย์ นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญจาก หลายประเทศ ซึ่งตัวหลักสูตรมีความครอบคลุมถึงเรื่องพืชพรรณและประเภทป่าทุกชนิด มีการแบ่งการศึกษา เรียนรู้ออกเป็น 4 หลักสูตรการเรียนรู้ และจัดการฝึกอบรมในสถานที่ 3 แห่ง ได้แก่ University of Montpellier, Valabre National Forest Fires Education & Research Centre และ Salles National Forest Fires Education & Research Centre ในพื้นที่ทางภาคใต้ของสาธารณรัฐฝรั่งเศส การฝึกอบรมนี้จัดขึ้นเพื่อมุ่งเน้นความรู้ขั้นสูง และเทคนิคเชิงปฏิบัติในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดไฟป่า การป้องกัน การระงับ และการฟื้นฟูหลังไฟป่า โดยมีผู้แทนจากหน่วยงานด้านไฟป่าและป่าไม้ระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เข้าร่วม การฝึกอบรม จำนวน 5 ประเทศ ได้แก่ ราชอาณาจักรไทย มาเลเซีย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ และสาธารณรัฐอินโดนีเซีย การฝึกอบรมดังกล่าวมีระยะเวลาการฝึก 6 สัปดาห์ ระหว่างวันที่ 10 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2568 ณ สาธารณรัฐฝรั่งเศส.....

หลักสูตรการเรียนรู้ภายใต้การฝึกอบรมนี้ ประกอบด้วย 4 หลักสูตร ได้แก่.....

- 1) จากอนุภาคสู่ภูมิศาสตร์ของไฟ: ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ไฟป่า โดยฝึกอบรมที่ University of Montpellier (South of France) เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์.....
- 2) จากการพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดไฟ นำไปสู่การป้องกันการเกิดไฟ โดยฝึกอบรมที่ University of Montpellier (South of France) เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์.....

3) การจัดการ...

3) การจัดการไฟป่าแบบบูรณาการ: วิธีการดับเพลิง การฟื้นฟู และการพัฒนา (ตอนที่ 1) โดยฝึกอบรมที่ Valabre National Forest Fires Education & Research Centre (South-East of France) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์.....

4) การจัดการไฟป่าแบบบูรณาการ: วิธีการดับเพลิง การฟื้นฟู และการพัฒนา (ตอนที่ 2) โดยฝึกอบรมที่ Salles National Forest Fires Education & Research Centre (South-West of France) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์.....

### ส่วนที่ 3 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ณ ต่างประเทศ

#### 3.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดและพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเชิงปฏิบัติที่จำเป็นสำหรับการจัดการไฟป่าแบบบูรณาการในพื้นที่ป่าไม้และป่าพรุ ช่วยให้ผู้เข้าร่วมสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์และปฏิบัติการ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับไฟป่าในประเทศของตนได้.....

- เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลเชิงเทคนิคของผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของไฟ การพยากรณ์ความเสี่ยง การป้องกัน การระงับเหตุ และการฟื้นฟูระบบนิเวศหลังเกิดไฟไหม้.....

- เพื่อส่งเสริมความร่วมมือระดับภูมิภาคและระดับนานาชาติผ่านการแบ่งปันความรู้และการสร้างเครือข่ายวิชาชีพในหมู่ผู้ปฏิบัติงานด้านป่าไม้และการจัดการไฟป่า.....

- เพื่อส่งเสริมกลยุทธ์การจัดการป่าไม้ที่ปรับตัวได้และยั่งยืนซึ่งเหมาะสมกับระบบนิเวศที่เสี่ยงต่อไฟไหม้ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....

- เพื่อส่งเสริมความร่วมมือระดับภูมิภาคและระดับนานาชาติผ่านการแบ่งปันความรู้และการสร้างเครือข่ายวิชาชีพในหมู่ผู้ปฏิบัติงานด้านป่าไม้และการจัดการไฟป่า.....

- เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงกับไฟป่า รวมถึงวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ ให้สามารถนำไปปรับใช้ในการพัฒนาความรู้เดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน.....

#### 3.2 เนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญในเชิงวิชาการที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์

เนื้อหาการฝึกอบรม ภาศทฤษฎีและภาคฝึกปฏิบัติ ประกอบด้วย 4 หลักสูตร

#### **หลักสูตรที่ 1:** จากอนุภาคสู่ภูมิศาสตร์ของไฟ: ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ไฟป่า

เป็นบทเรียนเบื้องต้นเกี่ยวกับ “ไฟป่า จากการเผาไหม้สู่รูปแบบของไฟ (fire regime)”

- สามเหลี่ยมไฟ (Fire triangle) คือ ปัจจัยที่ทำให้เกิดไฟ ซึ่งการเกิดไฟต้องประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่

1) เชื้อเพลิง 2) ออกซิเจน และ 3) พลังงานกระตุ้น (เปลวไฟ ฟ้าแลบ ความร้อน)

- การเผาไหม้ (Combustion): กระบวนการออกซิเดชันแบบคายความร้อน แบ่งเป็น 3 ระยะ

- Heating – ความร้อนทำให้เชื้อเพลิงแห้งและเกิดการสลายตัว

- Flaming – การติดไฟจากก๊าซระเหย

- Glowing – การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เหลือถ่านและคาร์บอนมอนอกไซด์

- Fire environment: ปัจจัยที่มีผลต่อไฟ ได้แก่ ภูมิประเทศ (ความลาดชัน ทิศทางลม) สภาพอากาศ (ลม อุณหภูมิ ความชื้น ฝน) และ พืชพรรณ (ปริมาณเชื้อเพลิง ความชื้น การกระจายตัว)

### ความเสี่ยงไฟป่า (Fire Risk)

- Hazard = ความน่าจะเป็นที่ไฟจะเกิด
- Vulnerability = ผลกระทบต่อทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม
- ใช้ Fire Weather Index (FWI) ในการประเมิน โดยอาศัยข้อมูลอากาศและความชื้นเชื้อเพลิง

### พฤติกรรมไฟ (Fire behavior)

- ไฟคือการจุดติดต่อกัน
- ตัวแปรสำคัญ: อัตราการลุกลาม (ROS) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผา ความเข้มไฟ (Fireline intensity) ความสูงเปลวไฟ พื้นที่เผาไหม้ อุณหภูมิ
- ระบบทำนายพฤติกรรมไฟ:
  - Canada FBP system (เชิงประจักษ์)
  - US BEHAVE system (เชิงกลไก)

### ประเภทไฟ (Fire Types)

- Ground fires – ไฟคุกรุ่นในชั้นพีทหรืออินทรีย์วัตถุ ไม่มีเปลวไฟ ความเข้มต่ำ
- Surface fires – ไฟเผาหญ้าและพุ่มเตี้ย ลามเร็ว ความเข้มปานกลาง
- Crown fires – ไฟลามขึ้นเรือนยอดไม้ ความเข้มสูงมาก ทำลายทั้งแนวตั้ง

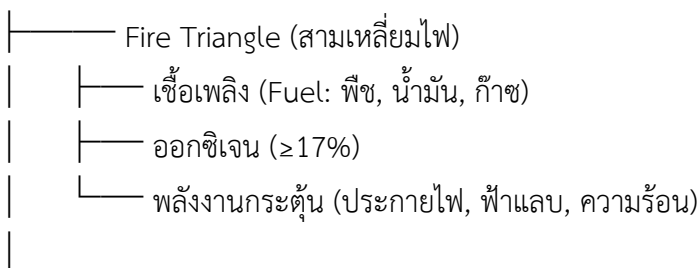
### ระบอบไฟ (Fire regime)

- อธิบายลักษณะไฟที่เกิดขึ้นประจำในภูมิภาคหนึ่ง
- ตัวแปร: ฤดูกาลไฟ, ประเภทไฟ, ความถี่, ระยะเวลาการกลับมาไหม้อีกครั้ง, ขนาดพื้นที่เผาไหม้, พฤติกรรมไฟ
- ตัวอย่าง: ภาคใต้ฝรั่งเศส (Mediterranean) ใช้ฐานข้อมูล PROMETHEE และBDIFF ในการติดตามสถิติไฟป่า

สรุปสำหรับการฝึกอบรมในหลักสูตรที่ 1 จะเป็นการเชื่อมโยงตั้งแต่ **หลักการเผาไหม้ (combustion)** → **ปัจจัยสิ่งแวดล้อม** → **พฤติกรรมไฟ** → **ประเภทไฟ** → **ระบอบไฟ (fire regime)** เพื่อทำความเข้าใจและจัดการความเสี่ยงไฟป่าอย่างเป็นระบบ

### สรุปความสัมพันธ์ของหัวข้อหลัก “ไฟป่า: จากการเผาไหม้สู่รูปแบบของไฟ (Fire Regime)”

#### ไฟป่า: จากการเผาไหม้สู่ระบอบไฟ



- ├── Combustion (การเผาไหม้)
  - ├── Heating (การให้ความร้อน → เชื้อเพลิงแห้ง, Pyrolysis)
  - ├── Flaming (การติดไฟจากก๊าซระเหย, การลามไฟ)
  - └── Glowing (การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์, เกิดถ่าน, CO)
- ├── Fire Environment (สิ่งแวดล้อมไฟ)
  - ├── ภูมิประเทศ (Slope, Aspect, Elevation)
  - ├── สภาพอากาศ (ลม, อุณหภูมิ, ความชื้น, ฝน, ฟ้าแลบ)
  - └── พืชพรรณ (ปริมาณเชื้อเพลิง, ความชื้น, การกระจายตัว)
- ├── Fire Risk (ความเสี่ยงไฟป่า)
  - ├── Hazard (โอกาสเกิดไฟ)
  - ├── Vulnerability (ผลกระทบต่อทรัพย์สิน/สิ่งแวดล้อม)
  - └── Fire Weather Index (FWI: FFMC, DMC, DC, ISI, BUI)
- ├── Fire Behavior (พฤติกรรมไฟ)
  - ├── Rate of Spread (ROS)
  - ├── Fuel Consumption
  - ├── Fire Intensity
  - ├── Flame Height/Length
  - ├── Burned Area
  - └── Temperature
- ├── Fire Types (ประเภทไฟ)
  - ├── Ground Fire (ไฟคุกรุ่นในพีท/อินทรียัดถุ)
  - ├── Surface Fire (ไฟเผาหญ้า, พุ่มเตี้ย, ลามเร็ว)
  - └── Crown Fire (ไฟลามขึ้นเรือนยอด, ความเข้มสูงมาก)
- └── Fire Regime (ระบอบไฟ)
  - ├── Fire Season (ฤดูกาลไฟ)
  - ├── Fire Frequency (ความถี่ไฟ)
  - ├── Fire Return Interval (ช่วงเวลาระหว่างไฟสองครั้ง)
  - ├── Fire Cycle (เวลาที่พื้นที่ทั้งหมดถูกเผาครบ)
  - ├── Fire Size (พื้นที่เผาไหม้)
  - └── Fire Behavior & Severity

## ความเชื่อมโยงตามลำดับความสำคัญ

- Fire Triangle → Combustion: ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้ไฟเกิดและลาม
- Fire Environment → Fire Risk: สิ่งแวดล้อมกำหนดโอกาสและความรุนแรงของไฟ
- Fire Risk → Fire Behavior: ความเสี่ยงสะท้อนออกมาเป็นพฤติกรรมไฟจริง
- Fire Behavior → Fire Types: ลักษณะการลามไฟแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ
- Fire Regime เมื่อรวมข้อมูลเชิงเวลา พื้นที่ และความรุนแรง จะได้ “ระบอบไฟ” ของภูมิภาคนั้น

---

## OSU Extension Fire Program – Prescribed Fire Basics: Fire Behavior

อธิบายหลักการและปัจจัยที่กำหนดพฤติกรรมไฟ โดยเน้นการใช้ไฟควบคุม (prescribed fire) เพื่อการจัดการเชื้อเพลิงและระบบนิเวศ

**Fire Behavior** (พฤติกรรมไฟ) = วิธีที่ไฟตอบสนองต่อเชื้อเพลิง ภูมิประเทศ และสภาพอากาศ

- ตัวชี้วัดสำคัญ:
  - **Rate of spread** (ความเร็วการลาม)
  - **Fireline intensity** (พลังงานที่ปล่อยออกมา)
  - **Flame length** (ความยาวเปลวไฟ)
  - **Residence time** (ระยะเวลาที่ไฟคุกรุ่น)
  - **Severity** (ผลกระทบต่อพืชและดิน)
- ความรุนแรงของไฟ (severity) มักอธิบายด้วยสัดส่วนต้นไม้ที่ถูกฆ่า เช่น crown fire = high severity  
surface fire = low severity

**Fire Behavior Triangle** สามปัจจัยหลักที่กำหนดพฤติกรรมไฟ:

### 1. Fuel (เชื้อเพลิง)

- ปริมาณ, ความต่อเนื่อง, ขนาด, ความชื้น
- เชื้อเพลิงขนาดเล็ก (1-hour fuels: หญ้า, กิ่งเล็ก) → ติดไฟง่าย, ลามเร็ว
- เชื้อเพลิงใหญ่ (logs, snags) → จุดติดยาก แต่เพิ่มความรุนแรงและระยะเวลาการเผาไหม้
- Ladder fuels (พุ่มไม้ที่เชื่อมไปยังเรือนยอด) → เพิ่มโอกาส crown fire

### 2. Topography (ภูมิประเทศ)

- ความชัน: ไฟลามขึ้นเขาเร็วและรุนแรงกว่าลามลงเขา
- ทิศทางลาด (aspect): ด้านหันใต้ร้อนและแห้ง → ไฟรุนแรงกว่า
- ช่องเขา/หุบเหว → ทำหน้าที่เป็นปล่องลม เพิ่มความเข้มไฟ

### 3. Weather...

### 3. Weather (สภาพอากาศ)

- ลม: ผลักไฟไปข้างหน้า, เพิ่มความเร็วการลาม
- อุณหภูมิสูง + ความชื้นต่ำ → เชื้อเพลิงแห้ง, ไฟรุนแรงขึ้น
- สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดวัน → ต้องเลือกเวลาจุดไฟอย่างระมัดระวัง

#### ส่วนต่าง ๆ ของไฟ

- Head fire: ด้านที่ไฟลามตามลม/ขึ้นเขา → รุนแรงที่สุด
- Backing fire: ด้านที่ไฟลามทวนลม/ลงเขา → ช้ากว่า, รุนแรงน้อยกว่า
- Flank fire: ด้านข้าง → ความรุนแรงปานกลาง

การวางรูปแบบการจุดไฟ (ignition pattern) ใช้ประโยชน์จากพฤติกรรมไฟแต่ละด้านเพื่อควบคุมผลลัพธ์

#### การนำไปใช้ (Putting it all together)

ผู้ปฏิบัติการไฟควบคุมต้อง:

- ประเมินเชื้อเพลิงและสภาพอากาศล่วงหน้า
- ปรับเชื้อเพลิง (เช่น ตัดพุ่มไม้, กำจัด ladder fuels)
- เลือกเวลาจุดไฟที่เหมาะสมตามสภาพอากาศ
- ใช้รูปแบบการจุดไฟที่สอดคล้องกับภูมิประเทศและเชื้อเพลิง

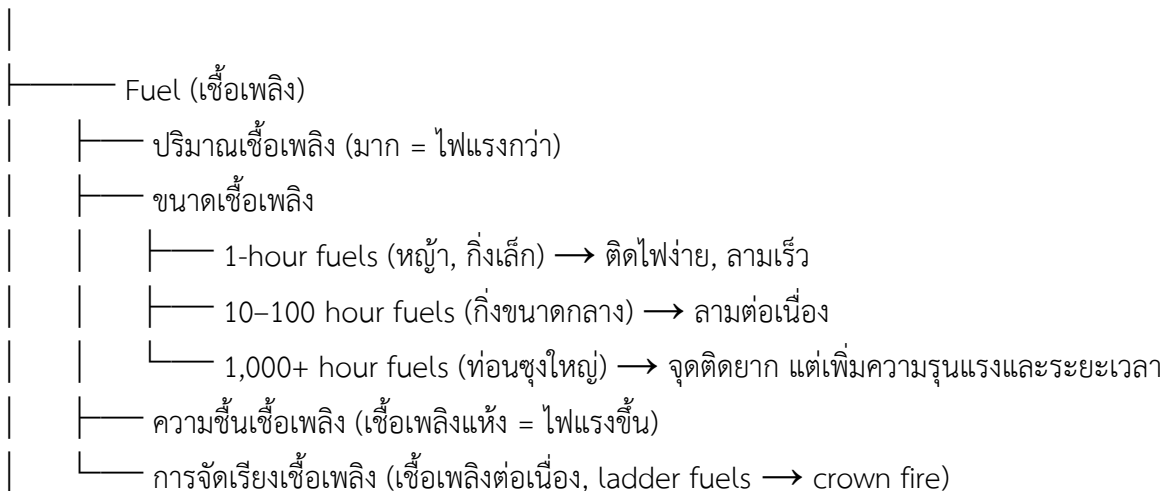
เป้าหมาย: ให้ไฟมีความเข้มพอดี → ไม่แรงจนทำลายต้นไม้ที่ต้องการรักษา และไม่เบาบางจนไม่บรรลุวัตถุประสงค์

อย่างไรก็ตามพฤติกรรมไฟถูกกำหนดโดย เชื้อเพลิง-ภูมิประเทศ-สภาพอากาศ การเข้าใจและควบคุมพฤติกรรมไฟเป็นหัวใจของการใช้ไฟควบคุมอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการจัดการที่ดีช่วยลดความเสี่ยงไฟป่ารุนแรง, ปรับปรุงสุขภาพระบบนิเวศ, และบรรลุเป้าหมายการจัดการป่าและทุ่งหญ้า

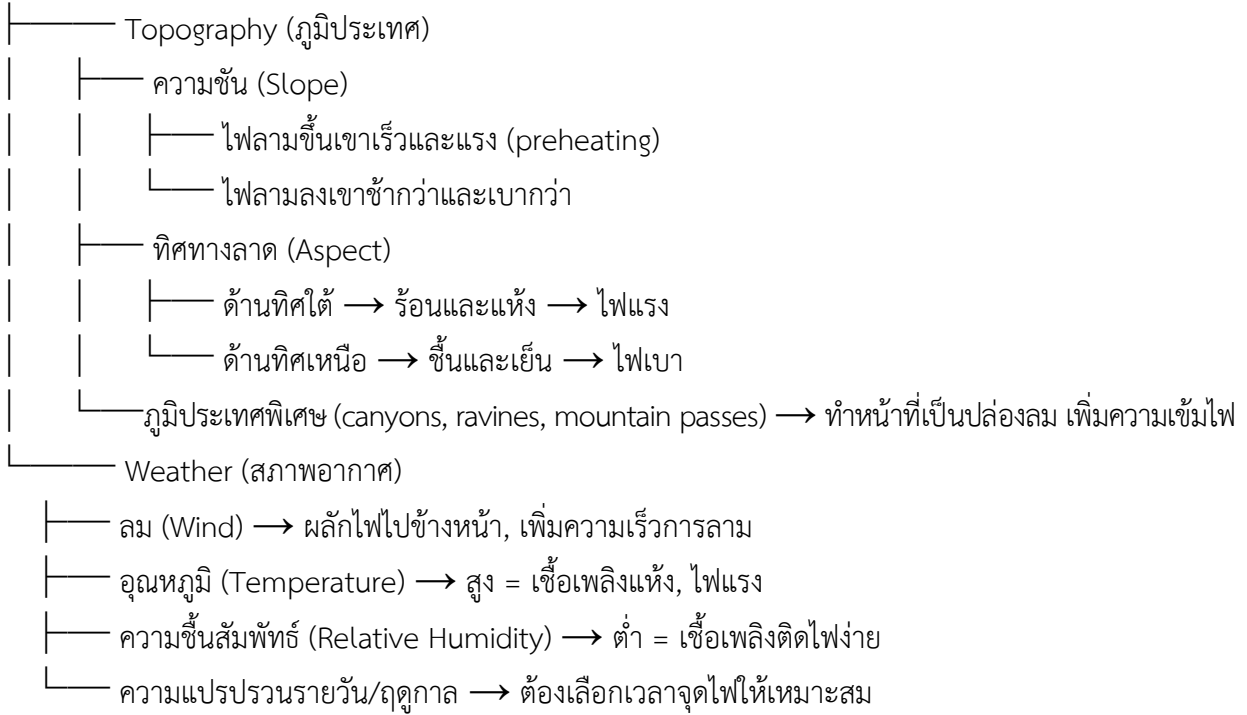
### Fire Behavior Triangle (Fuel-Topography-Weather)

แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักที่กำหนดพฤติกรรมไฟ

#### Fire Behavior Triangle



Topography...



### ความสัมพันธ์

- Fuel = วัสดุที่ไฟใช้เผาไหม้
- Topography = รูปร่างภูมิประเทศที่กำหนดทิศทางและความเร็วไฟ
- Weather = สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและส่งผลโดยตรงต่อความเข้มไฟ

สามปัจจัยนี้ทำงานร่วมกัน → กำหนด พฤติกรรมไฟ (Fire Behavior) เช่น ความเร็วการลาม ความยาวเปลวไฟ ความเข้ม และผลกระทบต่อระบบนิเวศ เป็นต้น

---

## Plant functions and fire: pyro-ecophysiology of combustion and post-fire dynamics

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับไฟในระดับสรีรวิทยาและนิเวศวิทยา

### ไฟในระบบนิเวศ

- พื้นที่ถูกเผาไหม้ทั่วโลก ประมาณ 607 ล้านเฮกตาร์ หรือ ประมาณ 3,793.75 ล้านไร่ ต่อปี
- มีการจำแนกไฟ ตามความถี่ ความรุนแรง ขนาดไฟ และฤดูกาลไฟ เช่น
  - FIL (Frequent Intense Large)
  - FCS (Frequent Cool Small)
  - RIL (Rare Intense Large)
- ไฟมีประวัติยาวนานทั้งในเชิงโบราณคดีและบันทึกทางธรณี เช่น ถ่านไม้ในตะกอน CO ในแกนน้ำแข็ง

พืช ในฐานะ...

## พืช ในฐานะตัวขับเคลื่อนไฟ

- Ignitability = ความสามารถในการติดไฟ
  - Combustibility = การสูญเสียน้ำหนักจากการเผาไหม้
  - Flammability = รวม ความสามารถในการติดไฟ + การปล่อยความร้อน + การลามไฟ
- ปริมาณชีวมวลและความชื้นเป็นตัวกำหนดความเสี่ยงไฟ ซึ่งมี 3 กลยุทธ์หลัก ของพืชในพื้นที่เสี่ยงไฟ ได้แก่
- Non-flammable – ความต่อเนื่องเชื้อเพลิงต่ำ, ใบหนา
  - Fast-flammable – ใบบาง, เชื้อเพลิงต่อเนื่องสูง, ลามไฟเร็ว
  - Hot-flammable – ความหนาแน่นเชื้อเพลิงสูง, ปล่อยความร้อนมาก

**ลักษณะพืชที่เกี่ยวข้องกับการติดไฟ** ประกอบด้วย 1) โครงสร้างเชื้อเพลิง: ปริมาณชีวมวลตาย, ความหนาแน่น, อัตราส่วนเชื้อเพลิงละเอียด/หยาบ 2) คุณสมบัติใบและกิ่ง: ความหนา, พื้นที่ใบจำเพาะ (SLA), ปริมาณสารระเหย (terpenes, waxes, oils) 3) ความชื้นเชื้อเพลิงสด (LFMC): ตัวแปรสำคัญที่สุดในการกำหนดการติดไฟ หาก LFMC สูง → จะลดการติดไฟ และหาก LFMC ต่ำ → จะเพิ่มการติดไฟ 4) สถานะน้ำของพืช: ศักย์น้ำ (water potential), จุดสูญเสียแรงดัน (TLP), ความยืดหยุ่นของเซลล์ 5) ราก: ความลึกและโครงสร้างราก กำหนดการเข้าถึงของน้ำและสถานะน้ำของพืช

## การติดไฟในระดับระบบนิเวศ

- แนวตั้ง (vertical continuity): โครงสร้างเรือนยอดและชั้นพืชกำหนดการลามไฟจากพื้นสู่ยอดไม้

- แนวนอน (horizontal continuity): ความหนาแน่นและการกระจายตัวของต้นไม้ในภูมิทัศน์

ตามธรรมชาตินั้น ไฟจะเกิดง่ายในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นต้นไม้ระดับกลาง (ไม่หนาแน่นเกินไป, ไม่โปร่งเกินไป) โดยใช้ทฤษฎี percolation อธิบายการลามไฟตามความต่อเนื่องเชื้อเพลิง ซึ่งจะนำไปสู่กลยุทธ์ต่อไปของพืช หลังจากการเกิดไฟ ในลักษณะของกลยุทธ์ของพืชหลังไฟ (Post-fire dynamics) ดังนี้

- Avoidance – ลดความติดไฟ เช่น ใบหนา, การตัดกิ่งตัวเอง
- Resistance – ป้องกันส่วนสำคัญ เช่น เปลือกหนา, การแตกหน่อใหม่
- Tolerance – อยู่รอดและฟื้นตัว เช่น การงอกใหม่จากราก, epicormic shoots
- Dormancy & Serotiny – เมล็ดทนไฟ, เปิดฝักเมื่อถูกความร้อนหรือควัน
- Exogenous recolonization – การแพร่กระจายเมล็ดจากพื้นที่รอดไฟ (ลม, สัตว์)

ในส่วนของการสืบต่อและการจัดการป่า นั้น แบบจำลอง Vital Attributes Model อธิบายการสืบต่อของพืชหลังการเกิดไฟตามช่วงเวลาการกลับมาใหม่อีกครั้ง อีกทั้งกลยุทธ์การจัดการป่าต้องพิจารณา ความถี่ไฟ ขนาดไฟ และโครงสร้างพืช โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ สมดุลคาร์บอนของระบบนิเวศ ไฟสามารถเปลี่ยนป่าให้เป็นแหล่งปล่อยคาร์บอน (source) หรือแหล่งดูดซับคาร์บอน (sink) ต่อไป

จะเห็นได้ว่าการเชื่อมโยง สรีรวิทยาของพืช (น้ำ, คาร์บอน, โครงสร้าง) เข้ากับ พลวัตของไฟ ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการเกิดไฟ โดยเน้นว่า:

- พืชเป็นทั้งตัวขับเคลื่อนและผู้ได้รับผลกระทบจากไฟ
- ความชื้นเชื้อเพลิงสด (LFMC) และสถานะน้ำของพืชเป็นตัวแปรสำคัญที่สุด

- กลยุทธ์การอยู่รอดของพืชหลังไฟมีหลายระดับ ตั้งแต่ หลีกเลียง → ต้านทาน → ทนทาน → ฟิ้นตัว
- การจัดการป่าต้องคำนึงถึงทั้ง โครงสร้างพืช, ความต่อเนื่องเชื้อเพลิง, และสมดุลคาร์บอน

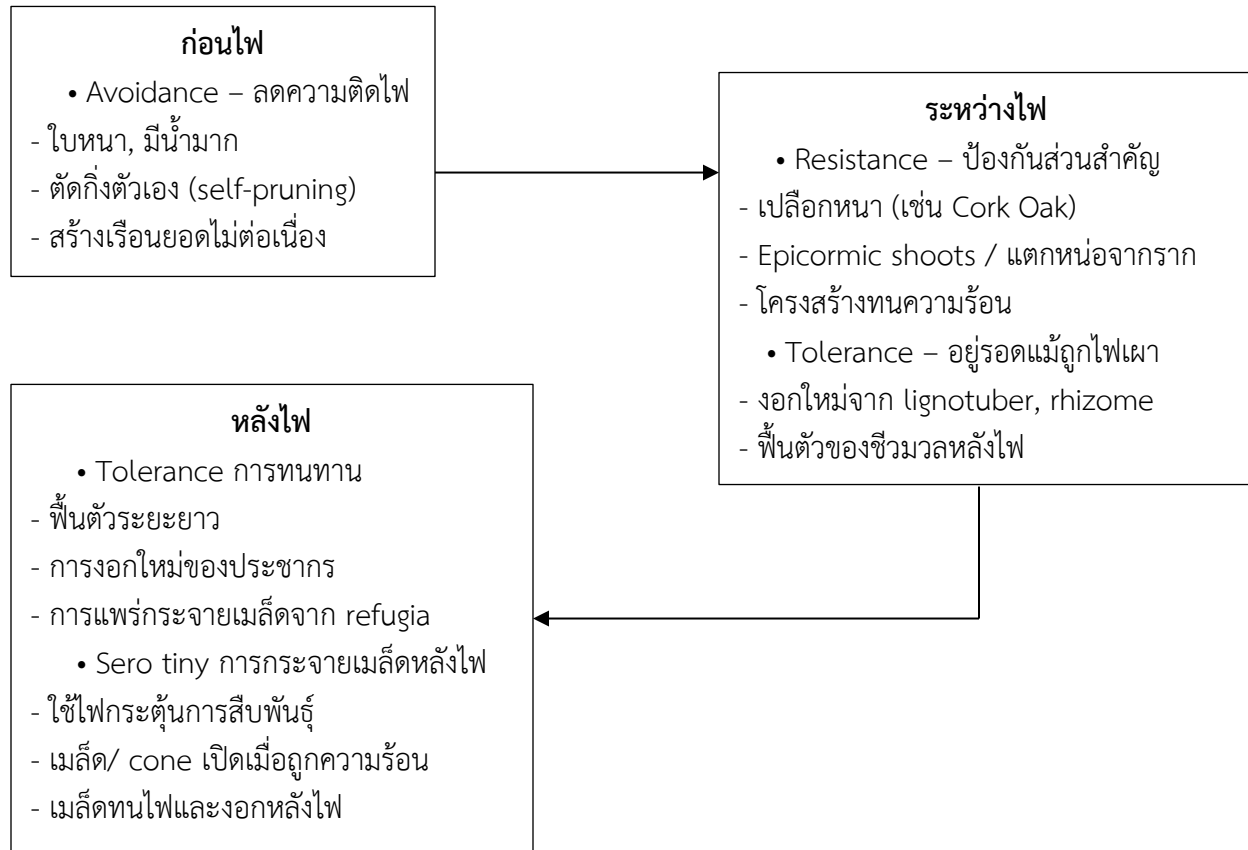
**ตารางเปรียบเทียบกลยุทธ์พืชต่อไฟป่า**

กลยุทธ์	ลักษณะสำคัญ	ตัวอย่างกลไก/ลักษณะพืช	ผลลัพธ์หลังไฟ
<b>Avoidance</b> (การหลีกเลียง)	ลดความติดไฟของตัวเอง	- ใบหนา, มีน้ำมาก - การตัดกิ่งตัวเอง (self-pruning) เพื่อลดเชื้อเพลิง - สร้างสถาปัตยกรรมเรือนยอดที่ไม่ต่อเนื่อง	พืชไม่ถูกไฟเผาง่าย ลดโอกาสเสียหาย
<b>Resistance</b> (การต้านทาน)	ป้องกันส่วนสำคัญจากไฟ	- เปลือกหนา เช่น Cork Oak - การแตกหน่อใหม่จากรากหรือ epicormic shoots - โครงสร้างที่ทนความร้อน	ส่วนสำคัญ เช่น cambium รากพืช นั้นรอดตาย ทำให้ต้นยังมีชีวิต
<b>Tolerance</b> (การทนทาน)	อยู่รอดและฟื้นตัวหลังไฟ	- การงอกใหม่จากราก lignotuber rhizome - การแตกหน่อใหม่หลังไฟ - การฟื้นตัวของชีวมวล	พืชสามารถฟื้นตัวและกลับมาเติบโตได้แม้ถูกไฟเผา
<b>Sero tiny</b> (การกระจายเมล็ดหลังไฟ)	ใช้ไฟเป็นตัวกระตุ้นการสืบพันธุ์	- เมล็ดหรือ cone เปิดเมื่อถูกความร้อนหรือควัน - เมล็ดทนไฟและงอกหลังไฟ	ประชากรพืชฟื้นตัวผ่านการงอกของเมล็ดหลังเกิดไฟ

จากตารางนี้แสดงให้เห็นว่าแต่ละกลยุทธ์มีวิธีการรับมือกับไฟต่างกัน คือ **Avoidance** เน้นไม่ให้ถูกไฟเผาได้ง่าย **Resistance** เน้นป้องกันส่วนสำคัญของต้น **Tolerance** เน้นการฟื้นตัวหลังไฟ และ **Sero tiny** ใช้ไฟเป็นโอกาสในการสืบพันธุ์

แผนภาพเชิงโครงสร้าง (diagram) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 4 กลยุทธ์พืชข้างต้น กับ “วงจรไฟ” (ก่อน-ระหว่าง-หลังเกิดไฟ)

### วงจรไฟ (Fire Cycle)



แนวคิดสำคัญ คือ แผนภาพนี้ช่วยให้เห็นว่าแต่ละกลยุทธ์สัมพันธ์กับช่วงเวลาในวงจรไฟอย่างไร และสะท้อนถึงการปรับตัวของพืชในระบบนิเวศที่มีไฟเป็นปัจจัยสำคัญ.

**ก่อนไฟ** → พืชพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้ถูกไฟ (Avoidance)

**ระหว่างไฟ** → พืชใช้กลยุทธ์ป้องกัน (Resistance) หรือทนทาน (Tolerance) เพื่ออยู่รอด

**หลังไฟ** → พืชใช้ไฟเป็นโอกาสในการสืบพันธุ์ (Sero tiny) หรือฟื้นตัวจากรากและเมล็ด (Tolerance)

**Dating Methods** อธิบายหลักการและวิธีการในการหาอายุของวัตถุหรือซากดึกดำบรรพ์ด้วยวิธีการทางรังสี (Radiometric dating) โดยเน้นไปที่ **Carbon-14 dating** และการสร้างแบบจำลองอายุ (age model)

### หลักการพื้นฐานของการหาอายุด้วยรังสี

- กฎการสลายตัวของกัมมันตรังสี:

$\left(\frac{dN}{dt}\right) = -\lambda N$  โดย  $(N) =$  จำนวนอะตอมที่เหลืออยู่,  $(\lambda) =$  ค่าคงที่การสลายตัว  
ผลลัพธ์:  $(N = N_0 e^{-\lambda t})$

- **Half-life (ครึ่งชีวิต)** เวลาที่ต้องใช้ให้ครึ่งหนึ่งของอะตอมกัมมันตรังสีสลายตัว

ตัวอย่างครึ่งชีวิตของไอโซโทป: Uranium-238: 4.5 พันล้านปี  
Plutonium-239: 24,000 ปี  
Carbon-14: 5,570 ปี  
Radium-226: 1,622 ปี  
Free neutron: 15 นาที  
Radon-220: 52 วินาที

### การหาอายุด้วยคาร์บอน-14 (Radiocarbon Dating)

- การเกิด C-14: รังสีคอสมิกชนกับไนโตรเจนในบรรยากาศ → เปลี่ยนเป็นคาร์บอน-14 → รวมเข้ากับ CO<sub>2</sub> → พืชดูดซับผ่านการสังเคราะห์แสง → สัตว์และมนุษย์ได้รับผ่านการกินพืช
- หลังการตาย: สิ่งมีชีวิตหยุดรับ C-14 → ปริมาณ C-14 ลดลงตามการสลายตัว → ใช้เป็น “นาฬิกา” บอกอายุ
- หลักการวัด: สิ่งมีชีวิตมี C-14 เต็ม 100%  
หลังตาย C-14 ลดลงครึ่งหนึ่งทุก ๆ ประมาณ 5730 ปี (ครึ่งชีวิต)  
การวัดกิจกรรมกัมมันตรังสีที่เหลือ → คำนวณอายุ

### การปรับเทียบอายุ (Calibration)

- ค่าที่วัดจาก C-14 ต้องปรับเทียบกับข้อมูลอ้างอิง เช่น
  - วงปีไม้ (Tree rings)
  - ตะกอนทะเลสาบ (Lake Suigetsu)
  - ถ้ำหินงอกหินย้อย (Speleothems)
  - ตะกอนทะเลลึก (Cariaco Basin)
- สร้าง Calibration curve เพื่อเปลี่ยนค่า “14C age” เป็น “Calendar age” ที่แม่นยำกว่า

### การสร้างแบบจำลองอายุ (Age Model)

- ใช้ข้อมูลการวัด C-14 จากชั้นตะกอนหรือวัตถุ → เปรียบเทียบกับเส้น Calibration curve
- ตัวอย่าง: 410 ± 30 BP (14C age) → แปลงเป็น ~550 cal BP (Calendar age)  
2140 ± 30 BP (14C age) → แปลงเป็น ~2200 cal BP
- การสร้างแบบจำลองอายุช่วยให้เข้าใจลำดับเวลาในชั้นตะกอนและประวัติศาสตร์สิ่งแวดล้อม

### สรุปได้ว่า

**Radiometric dating** คือหลักการใหญ่ → ใช้ไอโซโทปต่าง ๆ ใช้หลักการสลายตัวของกัมมันตรังสี เพื่อหาอายุของวัตถุ

**Carbon-14 dating** เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายสำหรับวัตถุอินทรีย์อายุ ≤ 50,000 ปี เป็นกรณีเฉพาะสำหรับวัตถุอินทรีย์ ≤ 50,000 ปี

ต้องมีการ **ปรับเทียบ (calibration)** กับข้อมูลอ้างอิง เช่น วงปีไม้ เพื่อให้ได้อายุที่แม่นยำ

สุดท้ายการสร้าง **Age model** เพื่อวิเคราะห์ลำดับเวลาจากข้อมูลหลายชั้นช่วยให้เข้าใจประวัติศาสตร์สิ่งแวดล้อมและโบราณคดีได้ดียิ่งขึ้นอย่างแม่นยำ

### โครงสร้างความสัมพันธ์ Radiometric Dating → Carbon-14 → Calibration → Age Model

#### Radiometric Dating

- ├── หลักการสลายตัวกัมมันตรังสี
  - ├── กฎการสลายตัว:  $N = N_0 e^{(-\lambda t)}$
  - ├── ครึ่งชีวิต (Half-life)
  - └── ตัวอย่างไอโซโทป: U-238, C-14, Ra-226 ฯลฯ

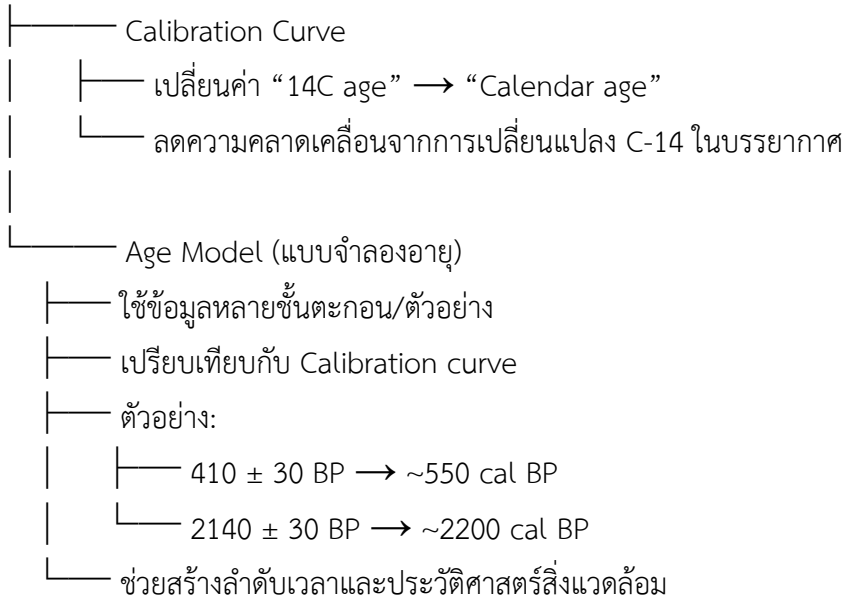
#### Carbon-14 Dating

- ├── การเกิด C-14
  - ├── รังสีคอสมิกชนไนโตรเจน → C-14
  - ├── รวมเข้ากับ CO<sub>2</sub> → พืชดูดซับ
  - └── สัตว์/มนุษย์ได้รับผ่านการกินพืช
- ├── หลักการวัด
  - ├── สิ่งมีชีวิตมี C-14 คงที่
  - ├── หลังตาย C-14 ลดลงตามครึ่งชีวิต (~5730 ปี)
  - └── วัดกิจกรรมกัมมันตรังสี → คำนวณอายุ

#### Calibration (การปรับเทียบ)

- ├── แหล่งข้อมูลอ้างอิง
  - ├── Tree rings (วงปีไม้)
  - ├── Lake sediments (ตะกอนทะเลสาบ)
  - ├── Speleothems (หินงอกหินย้อย)
  - └── Marine sediments (Cariaco Basin ฯลฯ)

Calibration...



Fire Data (Day 04 AM – Mouillot) อธิบายเรื่องการสังเกตและบันทึกข้อมูลไฟป่า โดยใช้ทั้ง ข้อมูลสำรวจ (census data) และ การตรวจจับด้วยดาวเทียม (remote sensing)

### ประเภทของการเกิดไฟ ในข้อมูลสำรวจ (Census Data)

Wildfires: ไฟที่เกิดในพืชพรรณธรรมชาติทุกชนิด มักไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริง

Forest fires: ไฟที่เกิดในพื้นที่ป่า (นิยามป่าต่างกัน เช่น FAO >10% tree cover, บางประเทศ >30%)

Other fires: ไฟในพุ่มไม้ ทุ่งหญ้า มักไม่ถูกบันทึกในสถิติ

Human-set fires: Prescribed burning (การเผาเพื่อจัดการพืชพรรณ)

Agricultural fires (เผาตอซังข้าว, ข้าวสาลี ฯลฯ)

Deforestation fires (เผาเพื่อเปิดพื้นที่ทำการเกษตร/เลี้ยงสัตว์)

Fire types ตามการลาม: Crown fires, Surface fires, Soil fires, Smoldering combustion

### การสังเคราะห์ข้อมูลรายปี (Yearly Synthesis)

มีการบันทึกข้อมูลไฟป่ารายปีในหลายประเทศ เช่น USA, Canada, Australia, Europe, Mediterranean Basin รวมถึง Global Fire Monitoring Center (GFMC) รวบรวมข้อมูลจากหลายประเทศ และข้อมูลย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 1900–2000 ใช้ทั้งการสังเกตโดยตรง, ภาพถ่ายทางอากาศ, และ tree rings ใช้เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มระยะยาว, ความสัมพันธ์กับสภาพอากาศ (เช่น ความร้อน, ภัยแล้ง) และผลกระทบจากมนุษย์ โดยมีข้อจำกัดดังนี้:

- ข้อมูลไม่ครอบคลุมทั่วโลก (ส่วนใหญ่ประเทศพัฒนาแล้ว)
- คุณภาพข้อมูลไม่สม่ำเสมอ (misreporting เช่น รัสเซีย, ตุนิเซีย)

ข้อมูล...

### ข้อมูลระดับเหตุการณ์ (Fire Events)

ข้อมูลเหตุการณ์ไฟ (Fire event) ประกอบด้วย: ตำแหน่งการเกิดไฟ (พิกัด) ขนาดไฟ เวลาเกิดไฟ ตัวอย่างฐานข้อมูล ได้แก่ US Fire Occurrence Database (1992–2011) PROMETHEE (ฝรั่งเศส, ตั้งแต่ 1973) DIFF (ฝรั่งเศส, ตั้งแต่ 2006)

ใช้เพื่อวิเคราะห์ฤดูกาลไฟ (seasonality) ระบุสภาพอากาศผิดปกติที่สัมพันธ์กับไฟ (heatwave, drought, wind driven fires) วิเคราะห์ปัจจัยการจุดไฟ (มนุษย์, land cover, weather)

ปัญหาจะเป็นเรื่องของขนาดไฟขั้นต่ำที่บันทึกไม่สม่ำเสมอ ข้อมูลหายไปบางเดือน/ปี รวมถึงความผิดพลาดในการบันทึก (เช่น repeat records, missing data)

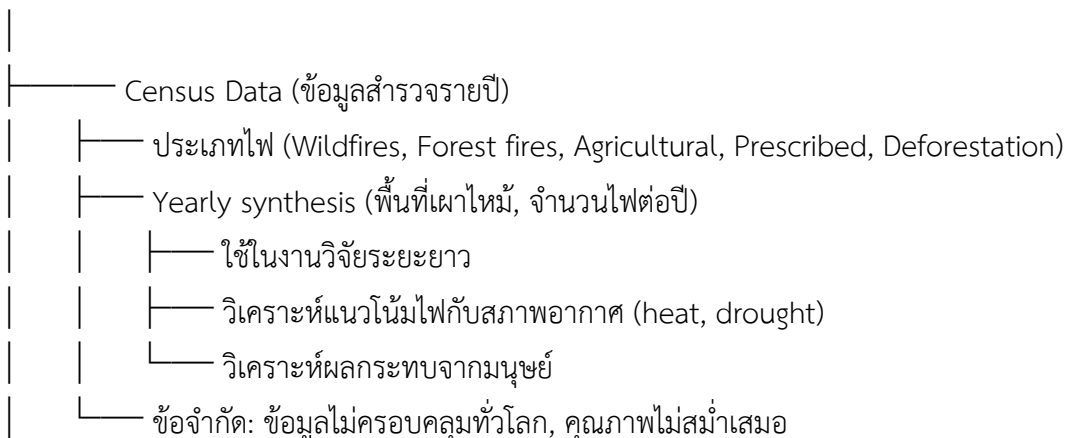
### ข้อมูลขอบเขตไฟ (Fire Polygons / Perimeters)

- การทำแผนที่ขอบเขตไฟอย่างละเอียด (fire perimeter) เป็นข้อมูลที่แม่นยำที่สุด
- ตัวอย่างฐานข้อมูล
  - Canada fire perimeter database (1980–2020)
  - USA fire perimeter database (2000–2018)
  - European & Mediterranean Fire Database (2000–present)
  - France (จากหน่วยงานสิ่งแวดล้อม, DDTM, OEC)
- วัตถุประสงค์การใช้
  - เพื่อวิเคราะห์ selectivity (ไฟเกิดในพืชพรรณชนิดใดมากที่สุด เช่น oak, pine, shrubland)
  - เพื่อทำแผนที่ความถี่ไฟและการเกิดซ้ำ (reburning maps)
  - เพื่อวิเคราะห์รูปทรงไฟเพื่อหาปัจจัยการลาม (ลม, ภูมิประเทศ)
  - เพื่อระบุ patch ที่ไม่ถูกไฟเพื่อการอนุรักษ์พืชและสัตว์

### โครงสร้าง Fire Data (Census → Events → Polygons)

เพื่อให้เห็นภาพรวมความสัมพันธ์ของข้อมูลไฟป่าในแต่ละระดับ:

Fire Data



Fire Events...

- └── Fire Events (ข้อมูลระดับเหตุการณ์)
  - └── รายละเอียด: ตำแหน่ง, ขนาดไฟ, เวลาเกิด
  - └── ฐานข้อมูล: US Fire Occurrence, PROMETHEE, BDIFF
  - └── การใช้งาน:
    - └── วิเคราะห์ฤดูกาลไฟ (seasonality)
    - └── ระบุสภาพอากาศผิดปกติ (heatwave, drought, wind-driven)
    - └── วิเคราะห์ปัจจัยการจุดไฟ (มนุษย์, land cover, weather)
  - └── ข้อจำกัด: ขนาดไฟขั้นต่ำไม่สม่ำเสมอ, ข้อมูลหาย, ความผิดพลาดในการบันทึก
- └── Fire Polygons (ข้อมูลขอบเขตไฟ)
  - └── การทำแผนที่ขอบเขตไฟอย่างละเอียด
  - └── ฐานข้อมูล: Canada, USA, Europe/Mediterranean, France (DDTM, OEC)
  - └── การใช้งาน:
    - └── วิเคราะห์ selectivity (ไฟเกิดในพื้นที่พรรณชนิดใดมากที่สุด)
    - └── ทำแผนที่ความถี่ไฟและการเกิดซ้ำ (reburning maps)
    - └── วิเคราะห์รูปทรงไฟ → ปัจจัยการลาม (ลม, ภูมิประเทศ)
    - └── ระบุ patch ที่ไม่ถูกไฟ → การอนุรักษ์พืชและสัตว์
  - └── ข้อควรระวัง: ขอบเขตที่วาดด้วยมืออาจไม่แม่นยำ

### ความสัมพันธ์

- Census Data → ให้ภาพรวมระยะยาวของไฟป่า
- Fire Events → ให้รายละเอียดเชิงเวลาและปัจจัยการเกิดไฟ
- Fire Polygons → ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แม่นยำที่สุดสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึก

**FIREDATA – Remote Sensing (Mouillot)** อธิบายการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อสังเกตและวิเคราะห์ไฟป่าในระดับโลก โดยเน้นการตรวจจับพื้นที่เผาไหม้ (Burned Area) และไฟที่กำลังลุกไหม้ (Active Fires)

### แนวคิดการตรวจจับด้วยดาวเทียม (Remote Sensing Concepts)

- ใช้สเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์ และการสะท้อนจากพื้นผิวโลกเพื่อจำแนกประเภทพืชพรรณและพื้นที่เผาไหม้
- พื้นที่ที่ถูกไฟเผาไหม้มีสัญญาณสเปกตรัมเฉพาะ (เช่น การสะท้อนแสงลดลงใน NIR และ SWIR)
- ดาวเทียมแต่ละรุ่นมีความละเอียดเชิงพื้นที่และเวลาต่างกัน เช่น Landsat MODIS Sentinel SPOT AVHRR เป็นต้น

**Burned Area (BA) Products** ใช้ดัชนีสเปกตรัม (Spectral Indices) เพื่อระบุพื้นที่เผาไหม้ เช่น: NBR (Normalized Burned Ratio) NBR2, BAI, MIRBI NDVI, GEMI, SAVI, NDMI เป็นต้น

### ฐานข้อมูลสำคัญ

- **GABAM (1985–2019, 30m):** ใช้ภาพ Landsat + Google Earth Engine
- **MODIS MCD64A1 (2000–present, 500m):** ใช้กันแพร่หลายที่สุด
- **FireCCI51 (2000–2021, 250m):** พัฒนาจากข้อมูล MODIS
- **FireLT11 (1982–2018, 5000m):** ใช้ AVHRR สำหรับข้อมูลระยะยาว
- **FireCCISFD10 (2019, 10m, Africa):** ใช้ Sentinel-2 สำหรับไฟขนาดเล็ก

### ข้อจำกัด

- ฐานข้อมูลระดับโลกมัก ประเมินต่ำ (underestimate) พื้นที่ไฟขนาดเล็ก (<100 ha)
- มีความแตกต่างสูงระหว่างผลิตภัณฑ์ (variability) ทั้งในด้านพื้นที่รวม, ความแปรปรวนรายปี, และแนวโน้มระยะยาว

### Active Fires (Hotspots)

- ตรวจจับ ความผิดปกติทางความร้อน (thermal anomalies) ระหว่างไฟกำลังลุกไหม้
- ข้อมูลจาก MODIS, VIIRS ให้ตำแหน่งเปลวไฟ, ความเข้ม (Fire Radiative Power), และเวลาที่แม่นยำ (ทุก 6 ชั่วโมง)
- ใช้เพื่อระบุ จุดเริ่มต้นไฟ (ignition points) และการลามไฟรายวัน

โดยสรุปแล้ว การใช้ Remote Sensing ทำให้สามารถติดตามไฟป่าในระดับโลกได้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทศวรรษ 1980 มีหลายฐานข้อมูล Burned Area และ Active Fire ที่ใช้กันแพร่หลาย แต่ต้องระวังความแตกต่างและข้อจำกัดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ประกอบกับการรวมข้อมูลเป็น Fire Patches ช่วยให้เข้าใจพลวัตไฟในระดับเหตุการณ์มากขึ้น อีกทั้ง ข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงไฟป่า การจัดการเชื้อเพลิง และการประเมินผลกระทบต่อคาร์บอนและระบบนิเวศ

**Fire Basics** อธิบายกระบวนการพื้นฐานของไฟและการเผาไหม้ในเชื้อเพลิงชีวมวลอย่างละเอียด

### ความหมายของไฟ

- ไฟ = การออกซิเดชันอย่างรวดเร็วของเชื้อเพลิงที่ปล่อยความร้อน แสง และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ
- แตกต่างจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์หรืออุปกรณ์ → ไฟเป็นกระบวนการ **self-sustained** และมักควบคุมไม่ได้

### เชื้อเพลิง (Fuels)

- เชื้อเพลิงทั่วไป: ก๊าซ (มีเทน, โพรเพน), ของเหลว (แอลกอฮอล์, น้ำมันเบนซิน), ของแข็ง (ถ่านหิน ไม้ เส้นใยธรรมชาติ)
- ชีวมวล (Biomass fuels): ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, ลิกนิน
- มีสารสกัด (extractives) เช่น waxes, resins, น้ำตาล, VOCs (terpenes) ที่เพิ่มความติดไฟ
- เชื้อเพลิงธรรมชาติ = พืชมีชีวิตและตาย + อินทรีย์วัตถุในดิน
- เชื้อเพลิงขนาดเล็ก (<6 mm) → ขับเคลื่อนการลามไฟ

### กระบวนการเผาไหม้ (Self-sustained burning)

1. การให้ความร้อน (Heating) → เชื้อเพลิงแห้ง
2. การเสื่อมสภาพทางความร้อน (Thermal degradation) → การระเหย, การกลั่น, Pyrolysis
  - <100°C: การระเหยน้ำ
  - 200°C: การกลั่น VOCs
  - 280°C: Pyrolysis → Levoglucosan, volatiles, char
3. การจุดติดไฟ (Ignition) → ต้องมีเชื้อเพลิง, ความร้อน, ออกซิเจน
  - O<sub>2</sub> ต้อง ≥15%
  - อุณหภูมิ ~300–350°C (pilot ignition), ~600°C (spontaneous ignition)
4. การเผาไหม้ (Combustion)
  - Flaming combustion: การเผาไหม้ก๊าซระเหย → รวดเร็ว
  - Smoldering combustion: การออกซิไดซ์ char → ช้า, ไม่สมบูรณ์

### ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ (Combustion Products)

เผาไหม้สมบูรณ์ (Complete): CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Incomplete): CO, CH<sub>4</sub>, NMOCs, PM

ผลกระทบ CO → เป็นพิษ

CH<sub>4</sub> → ศักยภาพเรือนกระจกสูง

PM → ส่งผลต่อสุขภาพและการแผ่รังสี

Modified Combustion Efficiency (MCE) ใช้บ่งชี้สัดส่วน flaming vs smoldering

ไฟพีท (Peat fires) → ปล่อยคาร์บอนมหาศาล (~1 Gt/yr) มีผลต่อวงจรคาร์บอนและสุขภาพมนุษย์

ความร้อน...

### ความร้อนจากการเผาไหม้ (Heat Release)

- คำนวณจากพลังงานพันธะของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
- ตัวอย่าง:  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \sim 50 \text{ kJ/g}$
- ไม้ ( $\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_4$ )  $\rightarrow \sim 18\text{--}20 \text{ kJ/g}$  (ขึ้นกับสถานะและองค์ประกอบ)
- Pyrolysis products มีค่าความร้อนต่างกัน: Char (32 kJ/g), CO (10),  $\text{CH}_4$  (50), Levoglucosan (17)
- ความร้อนขึ้นกับองค์ประกอบเชื้อเพลิง (เซลลูโลส, ลิกนิน, extractives) และสัดส่วน char

### ลักษณะเปลวไฟ (Flame Characteristics)

- เปลวไฟ = diffusion flame (การผสม  $\text{O}_2$  + ก๊าซเชื้อเพลิงด้วย molecular/turbulent diffusion)
- Turbulent diffusion  $\rightarrow$  มีประสิทธิภาพสูงในการผสม  $\rightarrow$  ควบคุมอัตราการเผาไหม้
- อุณหภูมิเปลวไฟทฤษฎี  $> 2000^\circ\text{C}$  แต่จริง  $\sim 800\text{--}1000^\circ\text{C}$  เพราะสูญเสียความร้อน
- โปรไฟล์อุณหภูมิ: ลดลงตามความสูงและรัศมีจากเปลวไฟ

มีการอธิบายกระบวนการพื้นฐานของไฟ ตั้งแต่เชื้อเพลิง  $\rightarrow$  การเชื่อมสภาพทางความร้อน  $\rightarrow$  การจุดติดไฟ  $\rightarrow$  การเผาไหม้  $\rightarrow$  ผลิตภัณฑ์และความร้อนที่ปล่อยออกมา รวมถึงลักษณะเปลวไฟและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยเน้นว่า:

เชื้อเพลิงชีวมวลมีองค์ประกอบหลักที่กำหนดความติดไฟ  
 การจุดติดไฟต้องมีเงื่อนไขเฉพาะ ( $\text{O}_2$ , อุณหภูมิ)  
 การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปล่อยสารพิษและก๊าซเรือนกระจก  
 ความร้อนและอุณหภูมิเปลวไฟขึ้นกับองค์ประกอบเชื้อเพลิงและสถานะไฟ

**Flame Geometry** ความยาวเปลวไฟ (Flame length) เชื่อมโยงกับ FLI มีสูตรการคำนวณโดย Byram (1959):

$$L \approx 0.0775 \times \text{FLI}^{0.46}$$

ใช้สำหรับสังเกตในสนามเพื่อประมาณความเข้มไฟ

**ผลของลม (Wind Effect)** ลมกำหนดทิศทางการลามไฟและเพิ่ม ROS การทดลองใน grasslands shrublands forests แสดงความสัมพันธ์ใกล้เคียงเส้นระหว่างความเร็วลมกับ ROS

กระบวนการ:

- เพิ่มการถ่ายเทความร้อน (convective heating)
- เพิ่มการผสมเชื้อเพลิงกับออกซิเจน
- ลดอุณหภูมิในเขตการเผาไหม้บางส่วน

### ผลของเชื้อเพลิง (Fuel Effects)

ปัจจัยเชื้อเพลิงที่สำคัญ ได้แก่

องค์ประกอบทางเคมี (ลิกนิน VOCs)  
 ความชื้นเชื้อเพลิง (Fuel Moisture Content FMC)  
 ขนาดและรูปร่างเชื้อเพลิง  
 ปริมาณเชื้อเพลิง (Fuel load)  
 โครงสร้างเชื้อเพลิง (Fuel structure)

Fuel Moisture...

### Fuel Moisture Content (FMC)

เชื้อเพลิงตาย: FMC 0–30% → ติดไฟง่ายเมื่อ <20%

เชื้อเพลิงมีชีวิต: FMC 60–150% แต่ยังสามารถเผาไหม้ได้

ROS ลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเมื่อ FMC เพิ่มขึ้น

### Fuel Size

เชื้อเพลิงขนาดเล็ก (<6 mm) → ขับเคลื่อนการลามไฟ

เชื้อเพลิงใหญ่ → เพิ่มความเข้มและการปล่อยมลพิษ แต่ไม่ขับเคลื่อน ROS

### Fuel Load

ปริมาณเชื้อเพลิงต่อพื้นที่ (kg/m<sup>2</sup> หรือ t/ha)

มีผลต่อความเข้มไฟและการปล่อยมลพิษมากกว่า ROS

### Fuel Structure

ความต่อเนื่องแนวนอน → เพิ่มการลามไฟ

ความต่อเนื่องแนวตั้ง → เพิ่มโอกาส crown fire

ปัจจัยสำคัญ: ความสูงฐานเรือนยอด (crown base height) และความหนาแน่นเชื้อเพลิงเรือนยอด (canopy bulk density)

### ผลของภูมิประเทศ (Topography Effects)

- Slope: ROS เพิ่มขึ้นตามความชัน (กฎ thumb: ROS เพิ่ม 2 เท่า ทุก 10°)
- Canyons: ช่องเขาแคบ → ไฟลามข้ามฝั่งได้ง่าย
- Ridges: สันเขาอาจช่วยชะลอไฟ
- Valleys: ลมในหุบเขามีผลมากต่อทิศทางไฟ (upvalley, downvalley winds)
- Chimney effect: หุบเขาแคบทำหน้าที่เป็นปล่องลม เพิ่มความเข้มไฟ

สรุปได้ว่า พฤติกรรมไฟ (Fire behavior) ถูกกำหนดโดย 3 ปัจจัยหลัก คือ เชื้อเพลิง ลม และภูมิประเทศ ซึ่งส่งผลต่อการลุกลาม (ROS) และ ความเข้มไฟ (FLI) โดย:

- เชื้อเพลิงเล็กและแห้ง → ไฟลามเร็ว
- เชื้อเพลิงมากและต่อเนื่อง → ไฟเข้มและอาจเกิด crown fire
- ลมแรงและภูมิประเทศชัน → เพิ่ม ROS และความรุนแรง
- ความเข้มไฟสัมพันธ์โดยตรงกับความยากในการควบคุมไฟ

### เชื่อมโยงความสัมพันธ์

- ROS และ FLI เป็นตัวชี้วัดหลักของพฤติกรรมไฟ
- Flame length ใช้เป็นตัวประมาณความเข้มไฟในสนาม
- Fuel, Wind, Topography คือปัจจัยหลักที่กำหนด ROS และ Intensity
- ความเข้มไฟสัมพันธ์โดยตรงกับความยากในการควบคุมไฟ

## Fire and Climate Change อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไฟป่าและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยครอบคลุมทั้งแนวโน้มในอดีต ปัจจัยกำหนดไฟ และการคาดการณ์อนาคต

**ภาพรวมและแนวโน้ม** สื่อทั่วโลกนำเสนอการระบาดของไฟป่าครั้งใหญ่ในหลายภูมิภาค (ออสเตรเลีย สหรัฐฯ ยุโรป อเมริกา ฯลฯ) โดยข้อมูลจากดาวเทียมแสดงว่า **พื้นที่เผาไหม้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง** โดยเฉพาะในเขตร้อน และสะวันนา แต่บางภูมิภาค เช่น **ตะวันตกของสหรัฐฯ** กลับมีไฟขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการดับไฟ (suppression costs) เพิ่มขึ้นมหาศาล และต้นทุนทางสังคมสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยตรงหลายสิบเท่า

### ปัจจัยกำหนดไฟ (Ingredients of Fire)

- เชื้อเพลิง (Fuel): ปริมาณและโครงสร้างพืชพรรณ
- ความชื้นเชื้อเพลิง (Fuel dry-down): การแห้งลงของเชื้อเพลิง
- การจุดไฟ (Ignition): ไฟป่าและกิจกรรมมนุษย์
- สภาพอากาศไฟ (Fire weather): ความร้อน ความแห้ง และลมแรง
- แนวคิด “On/Off switches” อธิบายว่าไฟเกิดขึ้นได้เมื่อปัจจัยเหล่านี้เปิดพร้อมกัน

### Fire Weather และ Climate Change

- **Canadian Fire Weather Index (FWI)** ใช้ประเมินความเสี่ยงไฟจากอุณหภูมิ ความชื้น ลม และฝน
- งานวิจัยพบว่า ความยาวฤดูไฟ (fire season length) เพิ่มขึ้นทั่วโลก  
จำนวนวันไฟรุนแรง (extreme fire weather days) เพิ่มขึ้น  
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากมนุษย์ทำให้ไฟรุนแรงขึ้นในหลายภูมิภาค
- แนวคิด **Time of Emergence** ใช้ระบุช่วงเวลาที่ยั่งยืนไฟจาก climate change ชัดเจนเกินกว่าความแปรปรวนตามธรรมชาติ

### ความสัมพันธ์ระหว่าง Climate–Fire–Fuel

- เชื้อเพลิงเป็นตัวกลางสำคัญ: แม้สภาพอากาศเอื้อต่อไฟ แต่หากไม่มีเชื้อเพลิงเพียงพอ ไฟก็ไม่เกิด
- **Productivity Gradient Theory:**
  - ในพื้นที่แห้งแล้ง → เชื้อเพลิงจำกัด → ไฟน้อย
  - ในพื้นที่ชุ่มชื้น → เชื้อเพลิงมาก แต่ความชื้นสูง → ไฟน้อย
  - ในพื้นที่กึ่งแห้งแล้ง (เช่น เมดิเตอร์เรเนียน, สะวันนา) → เชื้อเพลิงและความแห้งสมดุล → ไฟมากที่สุด

ตัวอย่าง: ตะวันออกเฉียงใต้ฝรั่งเศส → ความพร้อมของเชื้อเพลิงเป็นตัวกำหนดไฟมากกว่าสภาพอากาศเพียงอย่างเดียว

**แนวโน้มอนาคต** ความไม่แน่นอนมาจากความแปรปรวนระหว่างปี แบบจำลองที่ใช้ และสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสหรัฐฯ: ความเสี่ยงไฟขนาดใหญ่มาก (Very Large Fires) จะเพิ่มขึ้นและฤดูไฟจะยาวนานขึ้น ส่วนพื้นที่ทางยุโรปตอนใต้และฝรั่งเศส: คาดว่าฤดูไฟจะยาวขึ้นหลายสัปดาห์ภายใต้ภาวะโลกร้อน +2 ถึง +4°C

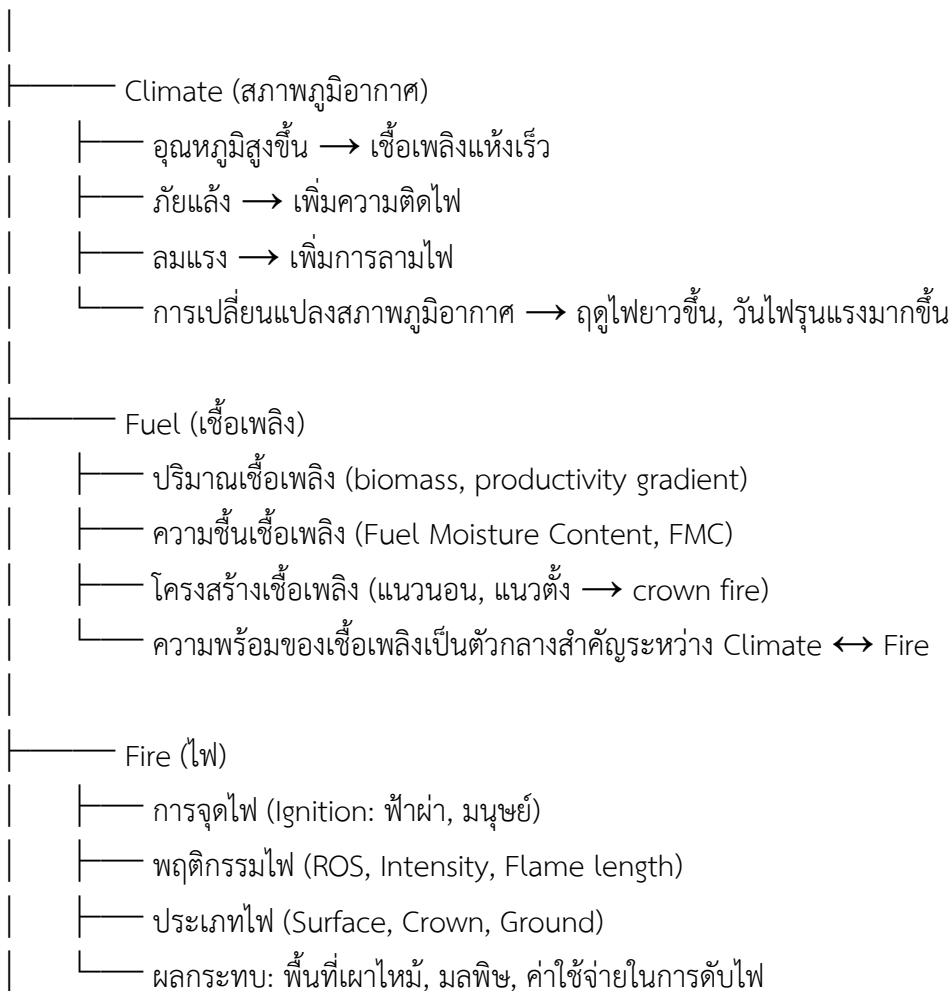
### มิติด้านมนุษย์ (Human Dimension)

- Wildland-Urban Interface (WUI) ขยายตัว → เพิ่มความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน
- กิจกรรมมนุษย์ขยายฤดูไฟและพื้นที่เสี่ยงไฟ (เช่น การจุดไฟโดยไม่ตั้งใจ, การใช้ที่ดิน)
- แต่ในบางกรณี มนุษย์สามารถลดความเสี่ยงระหว่างสภาพอากาศกับไฟได้ (เช่น การจัดการเชื้อเพลิง, การดับไฟ)

สรุปได้ว่า ไฟป่าเป็นผลลัพธ์ของ เชื้อเพลิง-สภาพอากาศ-การจุดไฟ-กิจกรรมมนุษย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ ฤดูไฟยาวขึ้น, วันไฟรุนแรงมากขึ้น, และไฟขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสหรัฐฯและยุโรปตอนใต้ ส่วนของเชื้อเพลิงยังคงเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดว่าภูมิภาคใดจะเกิดไฟมากหรือน้อย ประกอบกับมิติด้านมนุษย์ทั้งเพิ่มและลดความเสี่ยงไฟได้ → การจัดการเชื้อเพลิงและการวางแผนพื้นที่ Wildland-Urban Interface (WUI) จึงเป็นหัวใจสำคัญ

### ภาพรวมความสัมพันธ์ Climate-Fuel-Fire-Human เชิงโครงสร้างของไฟและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

#### Climate-Fuel-Fire-Human



Human...

- └ Human (มนุษย์)
  - └ การขยาย WUI (Wildland-Urban Interface) → เพิ่มความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน
  - └ กิจกรรมมนุษย์ → ขยายฤดูไฟ, เพิ่มพื้นที่เสี่ยงไฟ (เช่น จุดไฟโดยไม่ตั้งใจ)
  - └ การจัดการเชื้อเพลิงและดับไฟ → ลดความเชื่อมโยง Climate-Fire
  - └ ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม → ค่าใช้จ่ายสูงกว่าการดับไฟหลายเท่า

### ความสัมพันธ์

- **Climate** กำหนดสภาพอากาศไฟ (Fire Weather) → ทำให้เชื้อเพลิงแห้งและติดไฟง่าย
- **Fuel** เป็นตัวกลางสำคัญ: ถ้าไม่มีเชื้อเพลิงเพียงพอ ไฟไม่เกิด แม้สภาพอากาศเอื้อ
- **Fire** เกิดขึ้นเมื่อ Climate + Fuel + Ignition พร้อมกัน → ผลลัพธ์คือไฟป่ารุนแรง
- **Human** มีบทบาททั้งเพิ่มความเสี่ยง (WUI, จุดไฟ) และลดความเสี่ยง (การจัดการเชื้อเพลิง, การดับไฟ)

### ภาพประกอบการฝึกอบรม



ภาพประกอบ...



**หลักสูตรที่ 2:** จากการพยากรณ์ความเสี่ยงของการเกิดไฟ นำไปสู่การป้องกันการเกิดไฟ

**European National Networks** อธิบายภาพรวมขององค์กร เครือข่าย และผู้เล่นหลักในการจัดการความเสี่ยงไฟป่าในยุโรปและระดับโลก

**วัตถุประสงค์**

- ให้ภาพรวมของผู้มีบทบาทในการจัดการไฟป่า
- ครอบคลุมทั้งองค์กรทางการ, เครือข่ายไม่เป็นทางการ, และเครือข่ายวิชาชีพ

**ระดับยุโรปและประเทศ**

- ยุโรป (EU) → ขับเคลื่อนด้าน การวิจัย และ การเสริมกำลังระหว่างประเทศเมื่อเกิดวิกฤติใหญ่
- ระดับประเทศ → เป็นตัวหลักใน นโยบายป้องกัน, การเตรียมพร้อม, การตอบสนอง, และการฟื้นฟู
- ตัวอย่าง: Horizon Europe (2021–2027) ทุนวิจัย 95.5 พันล้านยูโร ครอบคลุมด้าน Climate, Energy, Mobility, Bioeconomy ฯลฯ

**โครงการวิจัยและนวัตกรรม**

FirEUrisk: 38 พันธมิตร (รวม SAFE, LSCE, IRD จากฝรั่งเศส) เป้าหมายคือการรวมแนวปฏิบัติการจัดการไฟป่าที่ดีที่สุดในยุโรป → ประเมินความเปราะบางของชุมชน, ลดความเสี่ยง, ปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศและเศรษฐกิจในอนาคต โดยมี 5 พื้นที่นำร่อง ได้แก่ สวีเดน, เยอรมนี, โปรตุเกส, สเปน, กรีซ

- Fire-Adapt, FireLogue: เครือข่ายวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการจัดการไฟที่ยั่งยืน
- EFFIS (European Forest Fire Information System): ระบบข้อมูลไฟป่าของยุโรป

องค์กร...

### องค์กรและหน่วยงาน

- **European Commission:** มีคณะกรรมการหลายด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น Climate, Environment, Crisis Management เป็นต้น
- **DG ECHO (European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations):**
  - ดำเนินงาน **Union Civil Protection Mechanism (UCPM)**
  - สนับสนุนการตอบสนองวิกฤติ เช่น COVID-19, สงครามยูเครน
  - พัฒนาโครงการความรู้ เช่น NEMAUSUS

### เครือข่ายไม่เป็นทางการ

- แนวคิด: “Make good friends before you need them”
- ตัวอย่าง: เครือข่ายวิชาการและปฏิบัติด้าน **fire ecology & management** เช่น ในฝรั่งเศส คือ National network of integrated usages of fire

### เครือข่ายวิชาชีพในฝรั่งเศส

- มีผู้ปฏิบัติงานกว่า 600 คน ใช้ไฟใน 2 รูปแบบหลัก คือ
  - **Prescribed burns** → เผาพื้นที่จำกัดเพื่อกำจัดพุ่มไม้ (มักทำในฤดูร้อน)
  - **Tactical fires (backburning)** → จุดไฟเพื่อสกัดการลามของไฟป่า
- เครือข่ายเริ่มตั้งแต่ปี 1990 → ปัจจุบันมี **40 ทีม** ใช้ไฟทั้งเพื่อการลดความเสี่ยง, การเลี้ยงสัตว์, และการอนุรักษ์

มีการดำเนินการผ่านกิจกรรม การเก็บข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้ สนับสนุนทีมใหม่และทีมที่มีปัญหา การฝึกอบรม จัดการคว้น/มลพิษ และการแลกเปลี่ยนระดับนานาชาติ

### สรุป

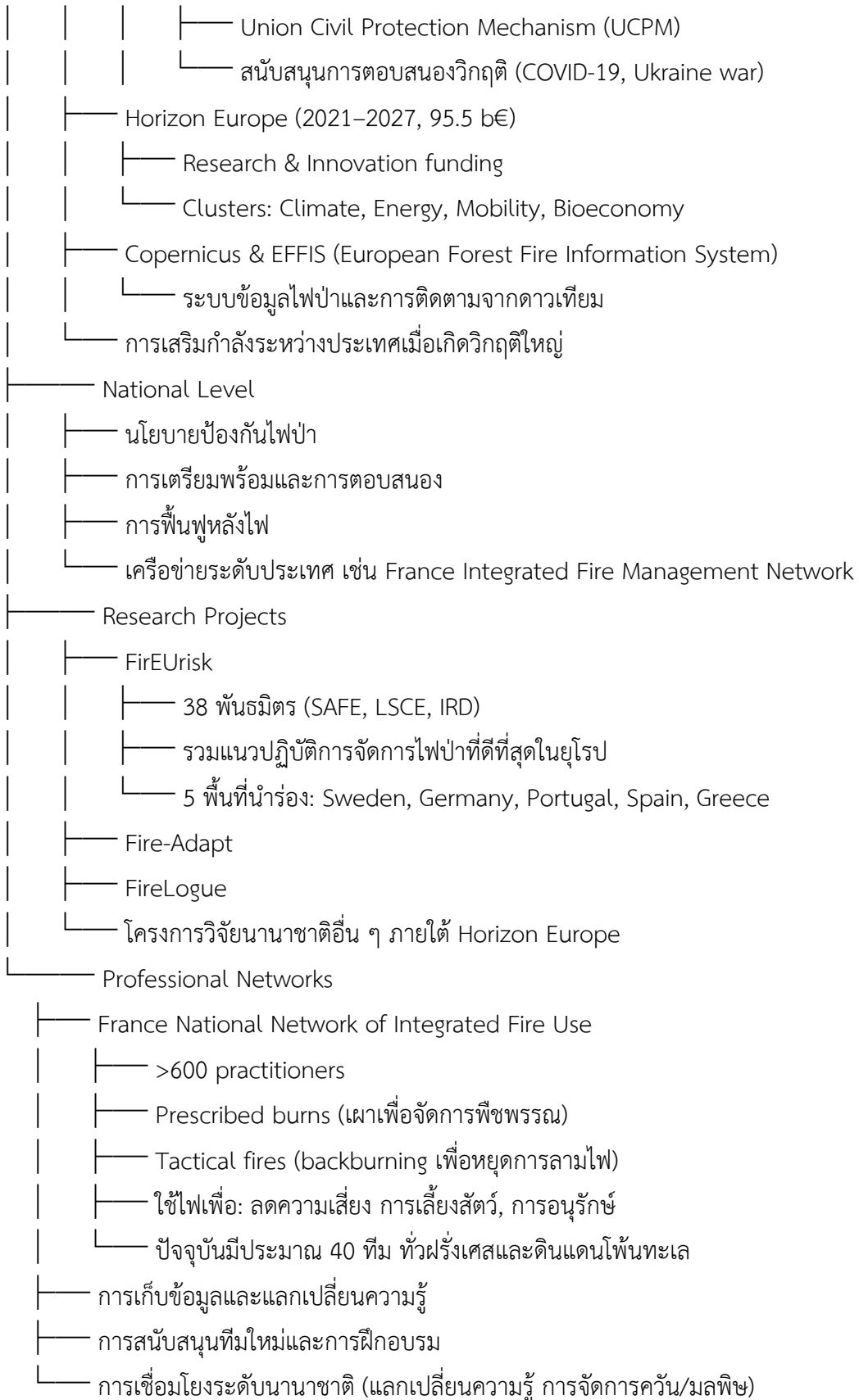
- ยุโรป: ขับเคลื่อนการวิจัยและความร่วมมือข้ามประเทศ
- ประเทศสมาชิก: รับผิดชอบการป้องกัน, เตรียมพร้อม, ตอบสนอง, ฟื้นฟู
- โครงการวิจัย (เช่น FirEUrisk): รวมแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดและทดสอบในพื้นที่นำร่อง
- เครือข่ายวิชาชีพในฝรั่งเศส: ใช้ไฟอย่างมีการจัดการ (prescribed & tactical) เพื่อการลดความเสี่ยงและการจัดการพื้นที่

**โครงสร้างเครือข่ายการจัดการไฟในยุโรป เพื่อให้เห็นการเชื่อมโยง  
(EU level – National – Research projects – Professional networks)**

### European Fire Management Networks



Union Civil...



### ความสัมพันธ์

- EU level → ขับเคลื่อนการวิจัย, การเสริมกำลังข้ามประเทศ, ระบบข้อมูลกลาง
- National level → รับผิดชอบการป้องกัน, เตรียมพร้อม, ตอบสนอง, ฟื้นฟู
- Research projects → พัฒนาแนวทางใหม่และทดสอบในพื้นที่นำร่อง
- Professional networks → ปฏิบัติการจริงในพื้นที่, ใช้ไฟอย่างมีการจัดการ

---

### International networks and initiatives on forest fires

อธิบายเครือข่ายและความร่วมมือระดับโลกและภูมิภาคในการจัดการไฟป่า

#### บริบทและปัญหา

ระดับโลก: CO<sub>2</sub> ในบรรยากาศสูงขึ้น, ภาวะโลกร้อน, ไฟป่าขนาดใหญ่ในหลายประเทศ (เช่น แคนาดา สหรัฐฯ เป็นต้น) เอเชียตะวันออกเฉียงใต้: ไฟป่าในกัมพูชา เวียดนาม ลาว ไทย มาเลเซีย เมียนมา อินโดนีเซีย → เกิดหมอกควันรุนแรง (PM2.5 สูงเกินมาตรฐานหลายเท่า) สาเหตุหลัก เกิดจากการเผาไร่ (slash-and-burn) การจัดการเชื้อเพลิงไม่เพียงพอ อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการดับไฟล่าสมัย

#### UNDRR (เดิม UNISDR)

- หน่วยงานสหประชาชาติด้านการลดความเสี่ยงภัยพิบัติ
  - กำกับการดำเนินงาน Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030
  - เป้าหมาย: ลดการสูญเสียชีวิต เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมจากภัยพิบัติ
- 4 ลำดับความสำคัญ**
1. เข้าใจความเสี่ยง
  2. เสริมสร้างธรรมาภิบาลด้านการจัดการภัย
  3. ลงทุนเพื่อความยืดหยุ่น
  4. เตรียมพร้อมและ “Build Back Better”

#### Global Wildland Fire Network (GWFN)

- ก่อตั้งปี 2004 ภายใต้ UNISDR
- มี 14 เครือข่ายภูมิภาค และ 8 Regional Fire Management Resource Centers
- ภารกิจ ลดผลกระทบเชิงลบของไฟป่าต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ส่งเสริมการใช้ไฟอย่างยั่งยืนในระบบนิเวศที่พึ่งพาไฟ
- GFMC (Global Fire Monitoring Center) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางและเลขานุการ

## ASEAN Initiative

- ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution (2002) → ความร่วมมือระดับภูมิภาค เพื่อลดหมอกควันข้ามพรมแดน
- ASEAN Coordinating Centre for Transboundary Haze Pollution Control (ACC THPC) ก่อตั้งปี 2003 ที่จาการ์ตา
  - เป้าหมาย: ระบบเตือนภัยล่วงหน้า, การระดมทรัพยากร, การประสานงานระหว่างประเทศสมาชิก
  - ตั้งเป้า ASEAN ปลอดหมอกควันภายในปี 2030

## เครือข่ายวิทยาศาสตร์และการจัดการไฟในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

- Regional SE Asia Wildland Fire Science and Management Network → ประสานงานโดยนักวิชาการจากอินโดนีเซีย, มาเลเซีย, ไทย, เวียดนาม
- RFMRC-SEA (Regional Fire Management Resource Center – Southeast Asia)
  - ก่อตั้งโดยมหาวิทยาลัย Bogor (Indonesia) ร่วมกับ GFMC
  - ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางความรู้และนโยบาย (Science–Policy Interface)
  - พัฒนา: ฐานข้อมูลออนไลน์, การฝึกอบรม, การให้คำปรึกษาด้านการจัดการป่าไม้และที่ดิน
- Upper ASEAN Wildland Fire Special Research Unit (Thailand) → ศูนย์วิจัยเฉพาะทางด้านไฟป่าและหมอกควัน

## สรุป

- ปัญหาไฟป่าและหมอกควันในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง
- UNDRR และ Sendai Framework กำหนดกรอบการลดความเสี่ยงภัยพิบัติระดับโลก
- GWFN และ GFMC เป็นเครือข่ายหลักในการประสานงานไฟป่าระดับโลก
- ASEAN Agreement และ ACC THPC เป็นกลไกสำคัญในการจัดการหมอกควันข้ามพรมแดน
- RFMRC-SEA และหน่วยวิจัยในภูมิภาค ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางความรู้และการฝึกอบรม เพื่อสนับสนุนการจัดการไฟอย่างยั่งยืน

---

How anthropogenic climate change fuels wildfires ทั้งสองส่วน อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากมนุษย์กับไฟป่า โดยเน้นการวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์

## คำถามหลักที่ต้องการตอบ

1. กิจกรรมไฟป่ากำลังรุนแรงขึ้นหรือไม่
2. สภาพอากาศไฟ (fire weather) กำลังเลวร้ายลงหรือไม่
3. สามารถระบุได้หรือไม่ว่าไฟป่ารุนแรงเกิดจาก climate change โดยตรง
4. กิจกรรมมนุษย์กำลังขยายหรือลดสัญญาณไฟที่เกิดจาก climate change

แนวโน้มน...

## แนวโน้มทั่วโลก

- พื้นที่เผาไหม้รวมทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง (โดยเฉพาะเขตร้อนและสะวันนา)
- แต่...ความรุนแรงของไฟ (intensity, extreme fire radiative power) กำลังเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะไฟขนาดใหญ่ในสหรัฐฯ, ออสเตรเลีย, ชิลี, โปรตุเกส
- ตัวอย่าง:
  - Australia 2019–2020 → ฤดูไฟทำลายสถิติ, พื้นที่เผาไหม้มหาศาล, สภาพอากาศร้อนและแห้งผิดปกติ
  - Canada 2023 → พื้นที่เผาไหม้สูงสุดในประวัติศาสตร์, วันไฟรุนแรงมากขึ้นอย่างชัดเจน

## Fire Weather และ Climate Change

- Canadian Fire Weather Index (FWI) ใช้ประเมินความเสี่ยงไฟจากอุณหภูมิ, ความชื้น, ลม, ฝน
- งานวิจัยพบว่า:
  - จำนวนวันไฟรุนแรง (extreme fire weather days) เพิ่มขึ้นต่อเนื่องตั้งแต่ปี 1980
  - การเกิดสภาพอากาศไฟ (emergence) ชัดเจนในครึ่งแรกของศตวรรษที่ 21
  - Climate change ทำให้ night-time barrier อ่อนลง → ไฟสามารถลามได้แม้กลางคืน

## บทบาทของเชื้อเพลิง (Fuel)

- เชื้อเพลิงเป็นตัวกลางสำคัญระหว่าง Climate ↔ Fire
- Productivity Gradient Theory:
  - พื้นที่แห้งมาก → เชื้อเพลิงน้อย → ไฟน้อย
  - พื้นที่ชื้นมาก → เชื้อเพลิงมากแต่ชื้น → ไฟน้อย
  - พื้นที่กึ่งแห้งแล้ง (เช่น เมดิเตอร์เรเนียน, สะวันนา) → เชื้อเพลิงและความแห้งสมดุล → ไฟมากที่สุด
- ตัวชี้วัดเช่น NDVI, NPP ใช้ประเมินความสัมพันธ์เชื้อเพลิง-ไฟ

## มิติด้านมนุษย์

- Wildland-Urban Interface (WUI) ขยายตัว → เพิ่มการจุดไฟและความเสี่ยงต่อชีวิต/ทรัพย์สิน
- กิจกรรมมนุษย์ขยายฤดูไฟและพื้นที่เสี่ยงไฟ (เช่น การเผาไร่, การใช้ที่ดิน)
- แต่บางกรณีมนุษย์สามารถลดสัญญาณไฟจาก climate change ได้ เช่น นโยบายการควบคุมไฟป่า การจัดการเชื้อเพลิง เป็นต้น

## การระบุสาเหตุ (Attribution)

- ไม่สามารถระบุแบบ deterministic ได้ แต่ทำได้แบบ probabilistic
- Climate change ทำให้ไฟรุนแรงในช่วงหลัง มีโอกาสสูงขึ้นมาก
- ตัวอย่าง:
  - France 2003 extreme fire season → ความน่าจะเป็นเพิ่มขึ้นหลายเท่าเมื่อเทียบกับสภาพอากาศก่อนอุตสาหกรรม
  - Landiras fire 2022 (France) → risk ratio ~2.0 แสดงว่า climate change เพิ่มโอกาสไฟรุนแรง

สรุป...

## สรุป

- แม้พื้นที่ไฟทั่วโลกบางส่วนลดลง แต่ **ไฟรุนแรงและไฟขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น**
- Climate change → เพิ่มจำนวนวันไฟรุนแรง, ยืดฤดูไฟ, ทำให้ไฟกลางคืนลามง่ายขึ้น
- Fuel availability และ Human activities เป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดว่าภูมิภาคใดจะเกิดไฟมากหรือน้อย
- การระบุนสาเหตุไฟจาก climate change ทำได้ในเชิงความน่าจะเป็น ไม่ใช่เชิงเด็ดขาด
- อนาคต: แบบจำลองแสดงว่าไฟจะเพิ่มขึ้น แต่พฤติกรรมมนุษย์และ feedback ของพืชพรรณอาจทำให้สัญญาณซับซ้อน

## ความสัมพันธ์

- **Climate** กำหนดสภาพอากาศไฟ → ทำให้เชื้อเพลิงแห้งและติดไฟง่าย
- **Fuel** เป็นตัวกลางสำคัญ: ถ้าไม่มีเชื้อเพลิงเพียงพอ ไฟไม่เกิด แม้สภาพอากาศเอื้อ
- **Fire** เกิดขึ้นเมื่อ Climate + Fuel + Ignition พร้อมกัน → ผลลัพธ์คือไฟป่ารุนแรง
- **Human** มีบทบาททั้งเพิ่มความเสี่ยง (WUI, จุดไฟ) และลดความเสี่ยง (การจัดการเชื้อเพลิง, suppression)
- **Attribution** ใช้การวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นเพื่อชี้ว่า climate change ทำให้ไฟรุนแรงมีโอกาสสูงขึ้น

---

## แนวทางการจัดการไฟป่าในฝรั่งเศส โดยเน้นทั้งการป้องกันและการฟื้นฟูหลังไฟ

### บทบาทของ ONF (Office National des Forêts)

- องค์การสาธารณะภายใต้การกำกับของกระทรวงป่าไม้และสิ่งแวดล้อม
- รับผิดชอบการจัดการป่าไม้ทั้งของรัฐและท้องถิ่น
- มีหน่วยงานเฉพาะด้านไฟป่า ทำงานร่วมกับบังคับดับเพลิงและหน่วยงานท้องถิ่น
- ภารกิจหลัก
  - **ปฏิบัติการ:** การตรวจจับ, การตอบสนองเบื้องต้น, สนับสนุนการควบคุมไฟ
  - **พัฒนาและบำรุงรักษา:** ถนน, จุดน้ำ, พื้นที่เคลียร์พุ่มไม้
  - **สนับสนุนเชิงวิชาการ:** การทำแผนที่ความเสี่ยง, การจัดทำแผนบริหารจัดการไฟ

### ความเสี่ยงไฟป่าในฝรั่งเศส

- พื้นที่เสี่ยงไฟ ประมาณ 7 ล้านเฮกตาร์ โดย 2/3 อยู่ทางตอนใต้
- Climate change คาดว่าจะขยายพื้นที่เสี่ยงไปทางตะวันตกและเหนือ → พื้นที่เสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า
- โดยเฉลี่ย: ~4,000 ไฟ/ปี เผา ~13,000 เฮกตาร์
- แนวโน้ม: พื้นที่เสียหายลดลงในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา แต่ยังมีไฟใหญ่ เช่น
  - ปี 2003: 75,000 ha, เสียชีวิต 10 คน
  - ปี 2022: 70,000 ha

### ยุทธศาสตร์การป้องกันไฟป่า (French Strategy) 4 หลักการสำคัญ

1. Comprehensive approach → การมีส่วนร่วมของหลายฝ่าย, การป้องกันและการดับไฟต้องเชื่อมโยงกัน
2. Knowledge sharing → พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์, แลกเปลี่ยนข้อมูลและบทเรียน
3. Anticipation → เตรียมพร้อมและปรับตัวทั้งระยะสั้น กลาง และยาว
4. Resilience → การจัดการป่าแบบไดนามิก, สร้างวัฒนธรรมความเสี่ยงไฟ

### มี 3 เป้าหมายเชิงปฏิบัติ

1. จัดการพื้นที่อย่างยืดหยุ่น → การวางแผนที่ดิน, การฟื้นฟูหลังไฟ
2. ลดพื้นที่เผาไหม้ → เครื่องมือพยากรณ์, มาตรการป้องกัน, การตรวจจับเร็ว
3. ลดผลกระทบต่อคนและสิ่งแวดล้อม → การวางผังเมือง, การจัดการวิกฤติ, การป้องกันพลเรือน

### แนวโน้มพื้นที่เผาไหม้

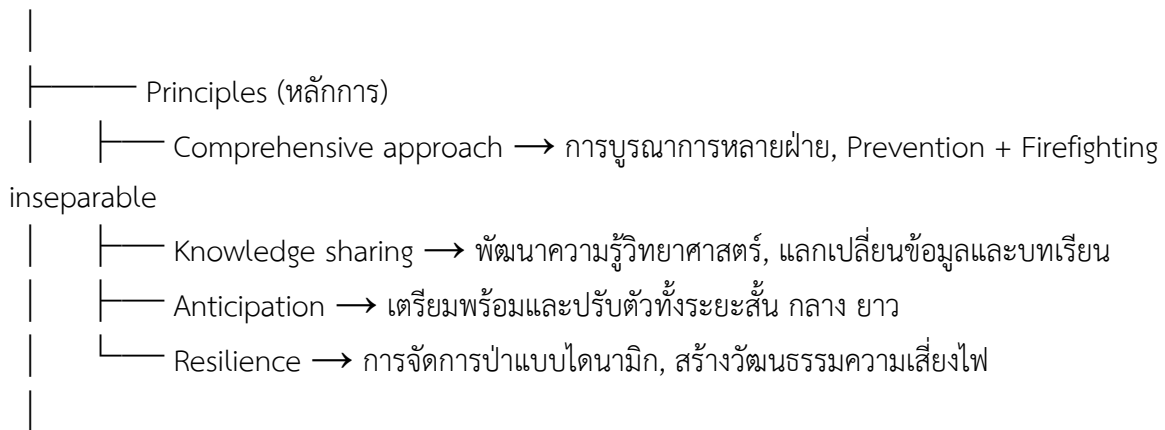
- กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไฟป่าตั้งแต่ปี 1976–2025
- แม้มีไฟใหญ่บ้างปี แต่โดยรวมพื้นที่เผาไหม้ลดลงเมื่อเทียบกับอดีต
- ยุทธศาสตร์ใหม่ (2025) เน้นการปรับตัวต่อ climate change และการขยายพื้นที่เสี่ยงไฟไปยังภูมิภาคใหม่

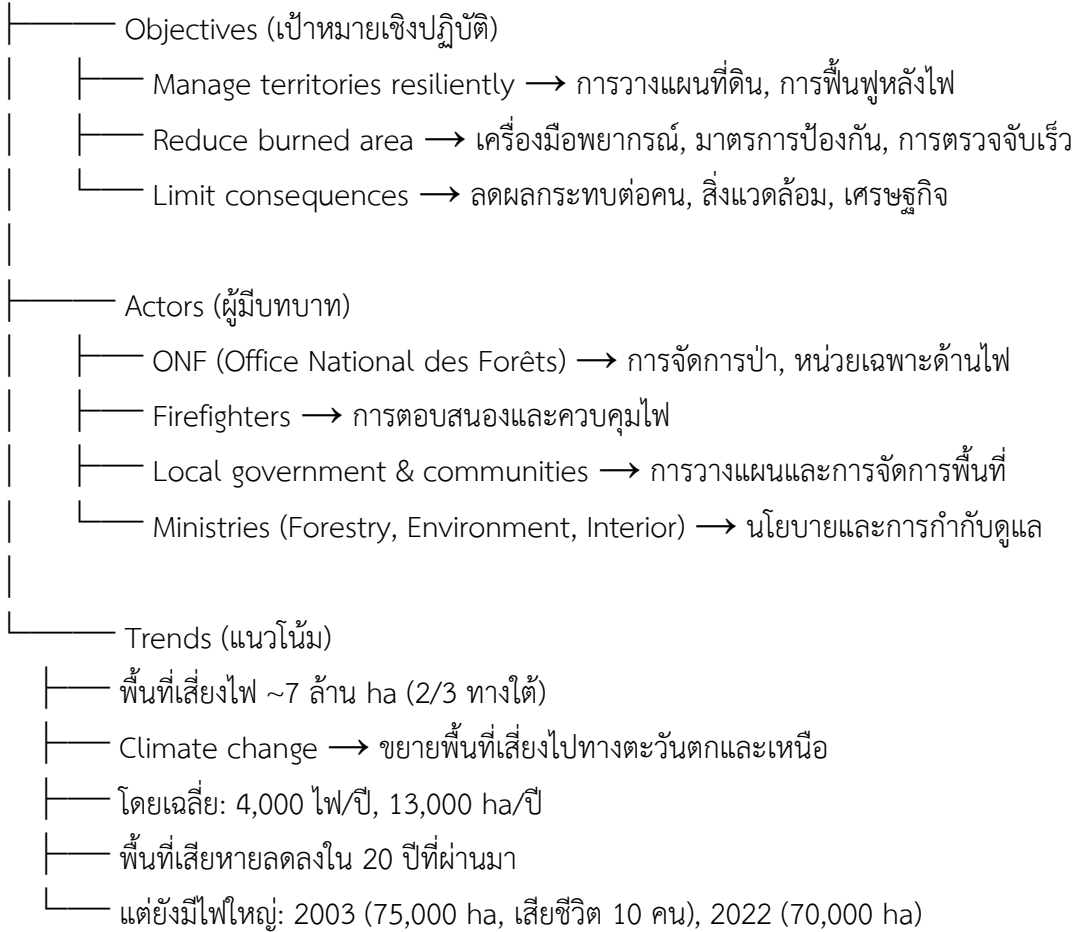
### สรุป

- ฝรั่งเศสมีระบบการจัดการไฟป่าที่ครอบคลุมทั้ง การป้องกัน–การตอบสนอง–การฟื้นฟู
- ONF เป็นแกนหลักในการจัดการป่าและไฟ โดยทำงานร่วมกับหลายหน่วยงาน
- ยุทธศาสตร์ปี 2025 เน้น การบูรณาการ, การแบ่งปันความรู้, การคาดการณ์ล่วงหน้า, และการสร้าง **ความยืดหยุ่น**
- เป้าหมายคือ **ลดพื้นที่เผาไหม้และผลกระทบต่อสังคม–สิ่งแวดล้อม** ภายใต้บริบทของ climate change

### สรุปยุทธศาสตร์การป้องกันไฟป่าฝรั่งเศส (Principles – Objectives – Actors – Trends)

#### French Forest Fire Protection Strategy





ภาพรวม

- Principles → กรอบคิดเชิงบูรณาการ, การแบ่งปันความรู้, การคาดการณ์, ความยืดหยุ่น
- Objectives → ลดการเกิดไฟ, ลดพื้นที่เผาไหม้, ลดผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม
- Actors → ONF, นักดับเพลิง, หน่วยงานท้องถิ่น, กระทรวงที่เกี่ยวข้อง
- Trends → พื้นที่เสี่ยงไฟเพิ่มขึ้นจาก climate change แม้พื้นที่เผาไหม้เฉลี่ยลดลง แต่ยังมีไฟใหญ่เกิดขึ้น

**Fuel Management** อธิบายแนวทางการจัดการเชื้อเพลิงเพื่อป้องกันและลดความรุนแรงของไฟป่า โดยเน้นการสร้างและดูแล *fuel breaks* และการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการลดเชื้อเพลิง

หลักการพื้นฐาน

- Fire Triangle: ไฟเกิดจากความร้อน + ออกซิเจน + เชื้อเพลิง → การจัดการเชื้อเพลิงคือการลดหนึ่งในองค์ประกอบนี้
- Fuel: รวมถึงเชื้อเพลิงขนาดเล็ก (หญ้า, กิ่งเล็ก), เชื้อเพลิงใหญ่ (ต้นไม้, เรือนยอด), ทั้งที่มีชีวิตและตาย
- Fuel Management: การลด ปรับเปลี่ยน หรือแยกเชื้อเพลิงเพื่อควบคุมไฟ

กลยุทธ์...

## กลยุทธ์การจัดการเชื้อเพลิง

### 1. Fuel isolation

- การสร้าง *fire-break* (พื้นที่โล่ง) หรือ *fuel-break* (พื้นที่ที่เชื้อเพลิงถูกควบคุม)
- มีหลายประเภท เช่น *strategic fuel-break*, *shaded fuel-break*
- ใช้เพื่อจำกัดพื้นที่เผาไหม้, ลดความเสียหาย, ลดการจุดไฟ

### 2. Area-wide fuel modification

- การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงในระดับภูมิทัศน์ เช่น การปลูกป่า, การจัดการพื้นที่กว้าง
- ลดความน่าจะเป็นในการลามไฟและขนาดไฟ

### 3. Fuel conversion

- เปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง เช่น ปลูกพืชที่ทนไฟมากขึ้น
- ใช้เพื่อสร้างภูมิทัศน์ที่มีความเสี่ยงไฟต่ำ

## ประเภท Fuel Break

- **Type 1:** จำกัดพื้นที่เผาไหม้ → ใช้เป็นแนวกลยุทธ์, มีจุดน้ำ, ถนนป่า
- **Type 2:** จำกัดความเสียหาย → ปกป้อง WUI (Wildland-Urban Interface), การสัญจรของทิมดับไฟ, การป้องกันป่า
- **Type 3:** ลดการจุดไฟและช่วยการควบคุมไฟระยะแรก → บริเวณที่ติดกับแหล่งจุดไฟ เช่น พื้นที่เกษตร, ชุมชน

## วิธีการจัดการเชื้อเพลิง

- **Mechanical treatments:** การตัด, การบดเชื้อเพลิง (*mastication*), การเก็บเกี่ยวชีวมวล, การตัดหญ้า
- **Controlled grazing:** ใช้สัตว์เลี้ยง (เช่น แกะ) เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิง → ต้องควบคุมชนิดสัตว์, เวลา, ความหนาแน่น
- **Prescribed burning:** การเผาแบบควบคุม → ใช้ไฟอย่างมีการจัดการเพื่อลดเชื้อเพลิง, ป้องกันไฟใหญ่, สนับสนุนการเลี้ยงสัตว์, อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ

## บริบทในทวีปยุโรป

- ฝรั่งเศสมีทีมเฉพาะด้านการใช้ไฟ 39 ทีม ทำหน้าที่ในการดับไฟ การจัดการทุ่งหญ้า และการอนุรักษ์
- ยุโรปตอนใต้ใช้ **prescribed burning** เพื่อลดความเสี่ยงไฟและจัดการภูมิทัศน์ แต่ยังใช้น้อยเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่น
- งานวิจัยสนับสนุนว่า *prescribed burning* มีผลเป็นกลางหรือบวกต่อดินและความหลากหลายทางชีวภาพ ต่างจากไฟป่าที่สร้างความเสียหายรุนแรง

## สรุป

- การจัดการเชื้อเพลิงเป็นหัวใจสำคัญในการลดความเสี่ยงไฟป่า
- ใช้กลยุทธ์หลัก 3 แบบ **Fuel isolation – Area-wide modification – Fuel conversion**
- วิธีการ **Mechanical, Grazing, Prescribed burning**

- Fuel breaks มีหลายประเภทและทำหน้าที่ต่างกัน (จำกัดพื้นที่, ลดความเสียหาย, ลดการจุดไฟ)
- ในยุโรป โดยเฉพาะเมดิเตอร์เรเนียน การใช้ไฟควบคุมยังจำกัด แต่มีศักยภาพสูงในการจัดการภูมิทัศน์และลดความเสี่ยงไฟ

---

## Sustainable Forest Management in Indonesia

อธิบายความหมาย แนวทาง และความท้าทายของการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน (SFM) ในอินโดนีเซีย

### สถานการณ์ป่าไม้ในอินโดนีเซีย

- ป่าไม้ครอบคลุมประมาณ 65.8% ของพื้นที่ประเทศ
- พื้นที่ป่าไม้ลดลงจาก 162 ล้าน ha (1950) → เหลือ 125.9 ล้าน ha (2024)
- อัตราการตัดไม้ทำลายป่าลดลง:
  - 1996–2000: 3.5 ล้าน ha/ปี
  - 2001–2014: 0.75 ล้าน ha/ปี
  - 2022: 104,000 ha/ปี

**ความหมายของ SFM ตาม Helsinki Resolution** คือ การใช้และดูแลป่าในอัตราที่รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ความสามารถในการฟื้นตัว และศักยภาพในการให้บริการทางเศรษฐกิจ-สังคม โดยไม่ทำลายระบบนิเวศอื่น เป็นแนวคิดที่สมดุลระหว่าง **การใช้ประโยชน์** และ **การอนุรักษ์** โดยมีเป้าหมาย คือ ให้ป่าไม้ยังคงสามารถให้สินค้าและบริการทั้งในปัจจุบันและอนาคต

### หลักการสำคัญของ SFM

- รักษาทรัพยากรป่าและความหลากหลายทางชีวภาพ
- รักษาสุขภาพและความมีชีวิตชีวาของป่า
- ผลิตสินค้าและบริการจากป่าอย่างต่อเนื่อง
- ปกป้องระบบนิเวศ เช่น แหล่งน้ำ
- สนับสนุนเศรษฐกิจและสังคมท้องถิ่น
- มีกรอบกฎหมายและนโยบายที่ชัดเจน

### ความท้าทายในอินโดนีเซีย

- ป่าพรุ (Peatlands): เสี่ยงไฟสูงเมื่อระดับน้ำลด เช่น กรณี *Mega Rice Project*
- การบุกรุกพื้นที่อนุรักษ์ เช่น Tesso Nilo NP, Bukit Suligi PF
- ความต้องการทางเศรษฐกิจและการใช้ที่ดินที่ขัดแย้งกับการอนุรักษ์
- ต้นทุนสูงในการปรับใช้ SFM และการขาดทรัพยากรบุคลากรที่มีทักษะ

## กลยุทธ์และนโยบาย

- Peatland Restoration Agency (BRG/BRGM) → ฟื้นฟูพรุด้วยการ *rewetting, revegetation, revitalization*
- Land preparation without burning (PLTB) → ลดการใช้ไฟในการเคลียร์พื้นที่
- Social Forestry Policy (Reg. No. 23/2021, No. 9/2021) → ให้ชุมชนท้องถิ่นมีบทบาทในการจัดการป่า เช่น Village Forests, Community Forests, Customary Forests
- Fire Management Strategy: การป้องกัน การตรวจจับเร็ว การลาดตระเวน การระงับเหตุ ทั้งภาคพื้นดิน และทางอากาศ การฟื้นฟูหลังไฟ

## บทบาทของวิชาการและการวิจัย

- การวัดการปล่อยก๊าซจากไฟพรุ (เช่น Stockwell et al. 2016 → พบสารพิษกว่า 90 ชนิด)
- การติดตั้ง dip wells และ IoT monitoring เพื่อติดตามระดับน้ำใต้ดิน
- การฝึกอบรมชุมชนและการใช้ fire simulator เพื่อสร้างความตระหนักและความพร้อม

## สรุป

- SFM ในอินโดนีเซีย ไม่ใช่ภารกิจที่เป็นไปไม่ได้ แต่ต้องเผชิญความท้าทายใหญ่จากการใช้ที่ดิน, ไฟพรุ, และความต้องการทางเศรษฐกิจ
- การบรรลุ SFM ต้องอาศัย การปฏิรูปธรรมาภิบาล, การมีส่วนร่วมของชุมชน, ความร่วมมือระหว่างประเทศ, และแรงจูงใจทางเศรษฐกิจ
- เป้าหมายคือการสร้างสมดุลระหว่าง การอนุรักษ์กับการพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคม เพื่อให้คนและป่าอยู่ร่วมกันได้อย่างยั่งยืน

---

SFM in Canada อธิบายประวัติศาสตร์การจัดการป่าไม้และไฟป่าในแคนาดา  
โดยเน้นไปที่ป่า boreal forest และการเปลี่ยนผ่านสู่การจัดการเชิงระบบนิเวศ

## ความสำคัญของป่า Boreal

- ครอบคลุม 1/3 ของพื้นที่ป่าโลก (รัสเซีย ~800 ล้าน ha, อเมริกาเหนือ ~400 ล้าน ha)
- เป็น แหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่ ทั้งในป่าและดิน → มีผลต่อสมดุลภูมิอากาศโลก
- การรบกวนตามธรรมชาติ: ไฟป่าและแมลง
- การรบกวนจากมนุษย์: การตัดไม้, อุตสาหกรรมไม้และกระดาษ
- เศรษฐกิจ: ภาคป่าไม้สร้างรายได้ ~23.7 พันล้านดอลลาร์ต่อ GDP (2019), การส่งออก ~33 พันล้านดอลลาร์

### ประวัติศาสตร์การจัดการป่าในแคนาดายุคฝรั่งเศส (1608–1763)

- ป่า = อุปสรรคต่อการตั้งถิ่นฐาน → มีการเคลียร์พื้นที่เพื่อเกษตรและความมั่นคง
- กฎหมาย Colbert (1669): ป่าทั้งหมดเป็นของราชอาณาจักรฝรั่งเศส
- กฎหมาย Oaks (1722) และ Pines (1742): ไม้โอ๊กและสนสงวนไว้สำหรับราชสำนักและกองทัพเรือ
- การใช้ไม้แทนขนสัตว์เป็นสินค้าหลัก

### ยุคอังกฤษ (1763–1867)

- การแบ่งพื้นที่เป็น townships
- **Napoleon blockade (1806–1814)** → อังกฤษหันมาใช้ไม้จากแคนาดาแทนบอลติก
- ยุค “wood barons” → การส่งออกไม้สนและโอ๊กจำนวนมาก
- การเคลื่อนไหวเพื่อการตั้งถิ่นฐาน (1840–1950) → เกษตรผสมป่าไม้

### ยุคแคนาดา (1867–ปัจจุบัน)

- ป่าเป็นฐานรายได้หลักของรัฐ (~90% ของรายได้สาธารณะปลายศตวรรษที่ 19)
- การจัดการเริ่มมีระบบ: กำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางขั้นต่ำ, สร้างเขตสงวนป่า (1875), ก่อตั้งกระทรวง Lands and Forests (1905)
- ยุคอุตสาหกรรมกระดาษ (1910–1974): การตัดไม้เชิงอุตสาหกรรม, clear-cutting, การหมุนเวียน 100 ปี
- การปฏิรูปใหญ่ (1986, 2001) → เริ่มใช้ **ecosystem-based forest management**

### Ecosystem-based Forest Management

- เน้นการรักษาบริการระบบนิเวศ (ecosystem services) เช่น น้ำสะอาด, การกักเก็บคาร์บอน, ความหลากหลายทางชีวภาพ, การพักผ่อน
- ใช้กรอบ **Millennium Ecosystem Assessment (2005)** → ทำให้ผู้กำหนดนโยบายสนใจการอนุรักษ์
- ปรับสมดุลระหว่าง **เศรษฐกิจ-สังคม-สิ่งแวดล้อม**
- แนวทางนี้ยังถูกเปรียบเทียบกับจัดการป่าใน **สแกนดิเนเวียและรัสเซีย** ซึ่งมีบริบทคล้ายกันในเขต boreal

### สรุป

- ป่า boreal ของแคนาดามีความสำคัญระดับโลกทั้งด้านคาร์บอนและเศรษฐกิจ
- การจัดการป่าไม่มีพัฒนาการจากการใช้เชิงทรัพยากร → สู่อการจัดการเชิงระบบนิเวศ
- ปัจจุบันเน้น **ecosystem-based management** เพื่อรักษาบริการระบบนิเวศและความยั่งยืน
- ความท้าทายคือการสร้างสมดุลระหว่าง **การใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ** กับ **การอนุรักษ์และความยืดหยุ่นต่อไฟป่า**

## Extreme Fires อธิบายลักษณะไฟป่ารุนแรง (extreme fires) โดยเปรียบเทียบกับไฟ “ปกติ” และวิเคราะห์พฤติกรรม, ตัวขับเคลื่อน, และผลกระทบ

### ความหมายของ Extreme Fire

- ไฟที่มีความรุนแรงมาก, ขนาดใหญ่, ควบคุมไม่ได้
- เกินขีดความสามารถของระบบดับไฟ → suppression เป็นไปไม่ได้จนกว่าสภาพเชื้อเพลิงหรืออากาศจะเปลี่ยน
- ตัวชี้วัด: flame length > 3 m, rate of spread > 2 km/h, crown fire activity ≥ passive crown fire

### พฤติกรรมไฟรุนแรง (Extreme Fire Behaviors)

- Flame attachment → เปลวไฟติดกับพื้นลาดชัน ทำให้ไฟลามเร็ว
- Canyon effect → ไฟลามแรงในหุบเขาเพราะการเร่งลม
- Coalescence → ไฟหลายเส้นรวมกัน → ความเข้มสูงขึ้นทันที
- Vorticity-driven lateral spread (VLS) → การลามด้านข้างจากแรงหมุนวนของลม
- Deep flaming → การเผาไหม้เชื้อเพลิงหนาแน่นเป็นเวลานาน
- Mass spotting → การกระจายเชื้อไฟจำนวนมากไปข้างหน้า

### ตัวขับเคลื่อน (Drivers)

- ลม (Wind) → ตัวขับเคลื่อนหลักของไฟขนาดใหญ่และ entrapments
- Slope/Topography → ไฟลามขึ้นที่ลาดชัน
- Convective fire → ไฟที่ถูกขับเคลื่อนด้วย convection และความไม่เสถียรของอากาศ (air instability, pyroCb)
- Extreme weather → ความร้อนสูง, ความชื้นต่ำ, ลมแรง, ความไม่เสถียรในชั้นบรรยากาศ

### ประเภทไฟและความเสี่ยง

- Topography-driven fires → 17 entrapments, 62 deaths
- Wind-driven fires → 57 entrapments, 48 deaths
- Convective fires → 29 entrapments, 34 deaths
- Wind-driven fires เป็นประเภทที่พบบ่อยที่สุด (>50% ของ entrapments)

### สรุป

- Extreme fires คือไฟที่เกินขีดความสามารถในการควบคุม
- พฤติกรรมไฟรุนแรง (flame attachment, canyon effect, VLS, deep flaming, mass spotting) ทำให้ไฟลามเร็วและอันตราย
- ตัวขับเคลื่อนหลักคือ ลม, ความลาดชัน, ความไม่เสถียรของอากาศ
- ผลกระทบคือการสูญเสียชีวิตของนักดับไฟและประชาชน โดย wind-driven fires เป็นภัยที่พบบ่อยที่สุด

## ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของ Extreme Fires (Behaviors – Drivers – Impacts – Fire Types)

### Extreme Fires

#### Behaviors (พฤติกรรมไฟรุนแรง)

- Flame attachment → เปลวไฟติดกับพื้นลาดชัน, ไฟลามเร็ว
- Canyon effect → ไฟแรงในหุบเขา, เร่งลม
- Coalescence → ไฟหลายเส้นรวมกัน, ความเข้มสูงขึ้นทันที
- Vorticity-driven lateral spread (VLS) → การลามด้านข้างจากแรงหมุนวน
- Deep flaming → การเผาไหม้เชื้อเพลิงหนาแน่น, นาน
- Mass spotting → การกระจายเชื้อไฟจำนวนมากไปข้างหน้า

#### Drivers (ตัวขับเคลื่อน)

- Wind → ลมแรง, การเปลี่ยนทิศทางลม
- Slope/Topography → ไฟลามขึ้นที่ลาดชัน
- Convective fire → ขับเคลื่อนด้วย convection และ air instability
- Extreme weather → ความร้อนสูง, ความชื้นต่ำ, ความไม่เสถียรในชั้นบรรยากาศ

#### Impacts (ผลกระทบ)

- Entrapments → นักดับไฟติดอยู่ในไฟ, สูญเสียชีวิต
- Firefighters' accidents → US, Australia, France มีสถิติการเสียชีวิตสูง
- Loss of control → suppression เป็นไปไม่ได้จนกว่าสภาพเชื้อเพลิง/อากาศจะเปลี่ยน
- Severe ecological & social damage → พื้นที่กว้าง, เมือง, WUI

#### Fire Types (ประเภทไฟ)

- Topography-driven → 17 entrapments, 62 deaths
- Wind-driven → 57 entrapments, 48 deaths (พบบ่อยที่สุด)
- Convective → 29 entrapments, 34 deaths

### ภาพรวม

- Behaviors → พฤติกรรมไฟรุนแรงที่ทำให้ไฟลามเร็วและควบคุมไม่ได้
- Drivers → ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด extreme fire เช่น ลม, ความลาดชัน, convection
- Impacts → ผลกระทบต่อชีวิตนักดับไฟ, การสูญเสียทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อม
- Fire Types → จำแนกตามตัวขับเคลื่อนหลัก: topography, wind, convective

### ภาพประกอบการฝึกอบรม



### หลักสูตรที่ 3: การจัดการไฟป่าแบบบูรณาการ: วิธีการดับเพลิง การฟื้นฟู และการพัฒนา (ตอนที่ 1)

ฝึกอบรมที่ ฝึกอบรมที่ Valabre National Forest Fires Education & Research Centre (South-East of France) เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

ภาคบรรยาย ภาคปฏิบัติ การศึกษาดูงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการฝึกภาคสนาม

Les acteurs FDF – Les unités spécialisées et moyens nationaux

อธิบายหน่วยเฉพาะกิจและทรัพยากรระดับชาติของฝรั่งเศสในการจัดการไฟป่า

#### หน่วยเฉพาะกิจ (Specialized Units)

- **UIISC (Civil Protection Training and Intervention Units)**  
หน่วยกู้ภัยและดับไฟที่มีลักษณะกึ่งทหาร มีเจ้าหน้าที่ ~1,500 คน ปฏิบัติการ 24/7 อยู่ภายใต้การกำกับของ COMFORMISC และ DGSCGC (สังกัดกระทรวงมหาดไทย)
- **DIH (Détachement Intervention Hélicopté)**  
หน่วยแทรกแซงทางอากาศโดยใช้เฮลิคอปเตอร์ เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชันหรือเข้าถึงยาก
- **DIR (Détachement Intervention Retardant)**  
ใช้สารหน่วงไฟ (retardant) มีรถบรรทุกน้ำ 6000 ลิตร, รถบุกเบิก, หน่วยผลิตสารหน่วงไฟ ใช้สร้างแนวกันไฟหรือปกป้องพื้นที่สำคัญ
- **GAP (Groupe Appui – Support Group)**  
สร้างแนวกันไฟ/เส้นทางสนับสนุน ความสามารถ: 300 เมตรใน 1 ชั่วโมง หรือ 1 กม. ใน 1 วัน ใช้รถแทรกเตอร์ปรับพื้นที่และทีมป้องกัน

#### Tactical Fire Team

- ใช้ **ไฟเชิงยุทธวิธี** เพื่อควบคุมไฟป่า  
เทคนิคหลัก: **Counter-fire** → จุดไฟสวนเพื่อหยุดการลาม  
แบบราบ ขึ้นเขา ลงเขา ด้านข้าง  
**Tactical burning** → เผาเชิงควบคุมเพื่อสร้างแนวสนับสนุน พื้นที่ถอย หรือปกป้องจุดสำคัญ

#### Fire Research Cell

- หน่วยวิจัยสาเหตุและสถานการณ์ไฟป่า
- ทำหน้าที่วิเคราะห์ต้นเหตุและเงื่อนไขการเกิดไฟ เพื่อปรับปรุงยุทธศาสตร์การป้องกันและตอบสนอง

#### สรุป

- ฝรั่งเศสมีโครงสร้างหน่วยเฉพาะกิจที่หลากหลาย ครอบคลุมทั้ง การปฏิบัติการภาคพื้นดิน-ทางอากาศ-การใช้สารหน่วงไฟ-การใช้ไฟเชิงยุทธวิธี
- ระบบนี้ช่วยให้สามารถรับมือกับไฟป่าในภูมิภาคที่ซับซ้อน และสร้างแนวป้องกันเชิงกลยุทธ์
- การวิจัยสาเหตุไฟป่าเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนายุทธศาสตร์ระยะยาว

Rapid Assessment...

Rapid Assessment RAD API Provinsi Kalimantan Selatan จากบริบททั่วไป  
สามารถอธิบายได้ว่า RAD API คือ แผนปฏิบัติการระดับจังหวัดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพ  
ภูมิอากาศ โดยเฉพาะใน Kalimantan Selatan (South Kalimantan, Indonesia)

### โครงสร้างทั่วไปของ RAD API

#### การประเมินสถานการณ์ (Rapid Assessment)

- วิเคราะห์ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น น้ำท่วม, ภัยแล้ง, ไฟป่า, การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ
- ระบุพื้นที่เปราะบางและกลุ่มประชากรที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด

#### เป้าหมายหลัก

- ลดความเสี่ยงภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับ climate change
- เสริมสร้างความยืดหยุ่นของชุมชนและระบบนิเวศ
- สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน

#### แนวทางการดำเนินงาน

- การจัดการป่าและที่ดินอย่างยั่งยืน
- การฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรมและพรุ
- การพัฒนาระบบเตือนภัยและการจัดการภัยพิบัติ
- การมีส่วนร่วมของชุมชนและการบูรณาการความรู้ท้องถิ่น

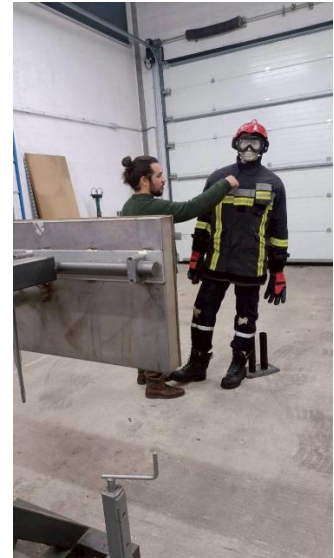
#### ผลลัพธ์ที่คาดหวัง

- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไฟป่าและการใช้ที่ดิน
- เพิ่มความสามารถในการปรับตัวของภาคเกษตรและชุมชน
- สร้างความร่วมมือระหว่างรัฐบาล, ภาคเอกชน, และประชาชน

สรุปได้ว่า โดยทั่วไป RAD API Kalsel เป็นเอกสารที่รวบรวมการประเมินความเสี่ยงและแผนปฏิบัติการ  
เพื่อปรับตัวต่อ climate change ในจังหวัด South Kalimantan โดยเน้นการจัดการป่า พื้นที่พรุ การลดความ  
เสี่ยงภัยพิบัติ และการเสริมสร้างความยืดหยุ่นของชุมชน

### ภาพประกอบการฝึกอบรม





#### **หลักสูตรที่ 4: การจัดการไฟป่าแบบบูรณาการ: วิธีการดับเพลิง การฟื้นฟู และการพัฒนา (ตอนที่ 2)**

ฝึกอบรมที่ Salles National Forest Fires Education & Research Centre (South-West of France)  
เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

##### **ภาคบรรยาย ภาคปฏิบัติ การศึกษาดูงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการฝึกภาคสนาม**

เรียนรู้แผนการปฏิบัติงานในพื้นที่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ การอ่านแผนที่ การตีความสัญลักษณ์บนแผนที่ พร้อมกับทดลองการใช้งานระบบการสั่งการ กระบวนการประสานงานด้วยอุปกรณ์สื่อสาร ระบบแจ้งเหตุผ่านสายด่วน การจัดทีมปฏิบัติหน้าที่ที่สามารถสนับสนุนการทำงานของกันและกันได้ตลอดระยะเวลาของการเผชิญเหตุที่จำเป็นต้องมีการทำนายการเกิดเหตุในห้องทดลองเสมือนจริงให้ครบทุกรูปแบบ เพื่อมีแผนการจัดการที่สำเร็จลุล่วงด้วยดี แม้จะเกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝัน

ลงพื้นที่ดูป่าที่เป็นลักษณะของป่าพรุสาธารณะที่เกิดไฟป่าเมื่อ 2 ปีก่อน เพื่อให้เห็นสภาพของป่าพรุหลังการเกิดไฟป่า รวมถึงลักษณะการฟื้นตัวของป่าตามธรรมชาติ

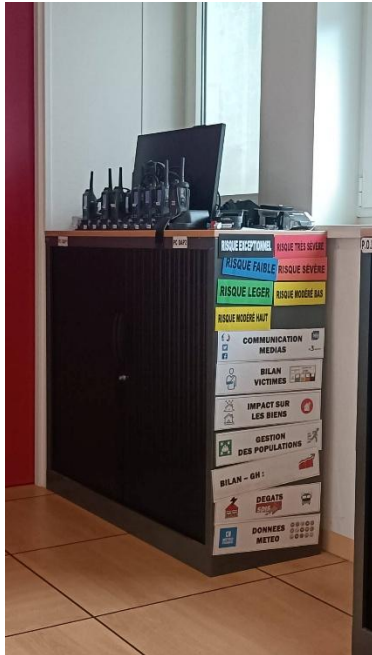
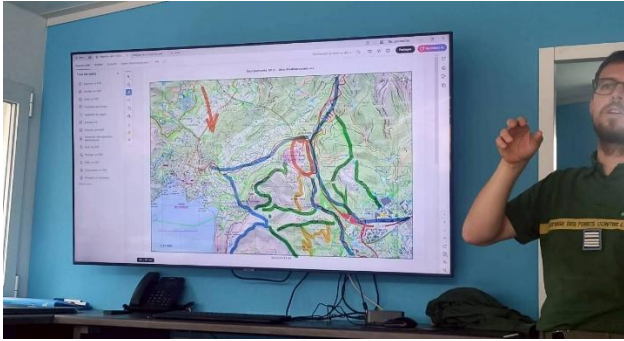
ลงพื้นที่ดูป่าที่ดิบเขาที่เกิดไฟป่าเมื่อ 2 ปีก่อน เพื่อให้เห็นสภาพป่าหลังการเกิดไฟป่า รวมถึงลักษณะการฟื้นตัวของป่าตามธรรมชาติ

ลงพื้นที่ดูป่าปลูกของภาคเอกชน พร้อมทั้งเรียนรู้การดูแลรักษาป่า วิธีการจัดการพื้นที่ป่า และการควบคุมไฟป่าด้วยแผนการจัดการไฟในพื้นที่ ประกอบกับการใช้กลยุทธ์ เครื่องมือ อุปกรณ์ และยานพาหนะในการบริหารจัดการไฟป่า

##### **ภาพประกอบการฝึกอบรม**



ภาพประกอบ...



### 3.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

#### ต่อตนเอง

- ได้รับองค์ความรู้ถึงทฤษฎีและหลักการที่เป็นพื้นฐานตลอดจนขั้นประยุกต์ของไฟฟ้า. พร้อมกับได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้. ปรึกษาหารือกับผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมจากประเทศอื่น. ทำให้ได้พัฒนาศักยภาพของตนเอง เปิดโลกทัศน์ใหม่ด้วยทักษะการปรับตัว. ด้านการจัดการและวิเคราะห์ลักษณะของไฟฟ้าตั้งแต่ ก่อนการเกิดไฟฟ้า-ระหว่างเกิดไฟฟ้า-หลังการเกิดไฟฟ้า.....

- สามารถนำข้อมูล. รวมถึงทฤษฎีมาประยุกต์ปรับใช้กับองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมของตนเองเพื่อพัฒนาทักษะในการปฏิบัติงานด้านการจัดการและควบคุมไฟฟ้า. ภายใต้ขอบเขตหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายของกรมป่าไม้ ในปัจจุบันและอนาคต.....

#### ต่อหน่วยงาน

- สามารถนำทฤษฎี. พร้อมด้วยองค์ความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ กลับมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานด้านป่าไม้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับนโยบายและแผนงาน. จนถึงการกำหนด ยุทธศาสตร์. และงบประมาณด้านการสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศ.....

- รู้เท่าทันด้านวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือที่ทันสมัย. สามารถนำมาใช้กับการจัดการป่าไม้ในประเทศไทยได้ อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด.....

- บูรณาการความร่วมมือร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ. รวมถึงภาคประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ. สามารถสร้างเป็นแนวร่วมในการเรียนรู้ถึงมิติใหม่ของกรมป่าไม้ในอนาคตได้.....

### ส่วนที่ 4 ปัญหา/อุปสรรค

เนื่องจากการฝึกอบรม. รวมถึงการร่วมสัมมนาระหว่างประเทศจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการ ใช้ภาษาอังกฤษ. ซึ่งเจ้าหน้าที่หน่วยงานของประเทศไทยหลายคนขาดเรื่องนี้. ซึ่งอาจทำให้ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม และการสัมมนาไม่สามารถเข้าใจและเข้าถึงบริบทของเนื้อหาที่ผู้บรรยายถ่ายทอดให้. ได้อย่างครบถ้วน.....

### ส่วนที่ 5 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

- เห็นควรสนับสนุนให้บุคลากรด้านไฟฟ้าของกรมป่าไม้และบุคลากรของทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กับการจัดการและควบคุมไฟฟ้าของประเทศไทย. ให้ได้มีโอกาสพัฒนาตัวเอง. รวมถึงเพิ่มศักยภาพในการปฏิบัติงาน ที่เกี่ยวข้องด้านไฟฟ้า. ทั้งในส่วนที่เป็นองค์ความรู้ภาคทฤษฎี. และภาคปฏิบัติ.....

- (หากจำเป็น). อาจมีการจัดหาเจ้าหน้าที่สำหรับแปลภาษาหรือล่ามประจำคณะผู้แทนของไทย ในการเข้าร่วมฝึกอบรมหรือการสัมมนาระหว่างประเทศ. เพื่อเป็นการสนับสนุนและช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ของประเทศไทย. ได้รู้และเข้าใจเนื้อหา. อีกทั้งสามารถซักถามผู้บรรยายเมื่อมีข้อสงสัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ.....

- กรมป่าไม้จัดให้มีหลักสูตรฝึกอบรมภาษาอังกฤษเพื่อการปฏิบัติงานสำหรับเจ้าหน้าที่. ตามระดับ ความสามารถทางภาษา. เป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับเจ้าหน้าที่กรมป่าไม้. และมีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานใน ยุคปัจจุบัน. ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำงานของกรมป่าไม้. ในการบูรณาการสร้างความร่วมมือ ระหว่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการยกระดับความรู้. ความเชี่ยวชาญให้แก่บุคลากรอีกด้วย.....

ลงชื่อ.....



(นางสาวภารดี พันธุ์ศรีวรพงษ์)

นักวิชาการป่าไม้ปฏิบัติการ