การระบายมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

ธนัตถ์นพนันท์ เรือนเงิน

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
พฤษภาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

อาจารย์ที่ปรึกษา และคณบดีวิทยาลัยการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยพะเยา ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การระบายมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยพะเยา

.....

(ดร. สิทธิชัย พิมลศรี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ นพรัก)

คณบดีวิทยาลัยการศึกษาต่อเนื่อง

พฤษภาคม พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.สิทธิชัย พิมลศรี อาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์จากวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จสมบรูณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณส่วนงานควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปรามและควบคุมไฟป่า สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยาและ MODIS Activities in Geoinformatics Center. สถาบัน Asian Institute of Technology, (AIT). ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสถิติไฟป่า ข้อมูลผลผลิตพืชในพื้นที่จังหวัดพะเยา และข้อมูลจุดความร้อน ตามลำดับ และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้การสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินในการทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้ให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัวของผู้ศึกษา และเพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

ธนัตถ์นพนันท์ เรือนเงิน

ชื่อเรื่อง การระบายมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา
ผู้ศึกษาค้นคว้า ธนัตถ์นพนันท์ เรือนเงิน
ที่ปรึกษา ดร. สิทธิชัย พิมลศรี
ประเภทสารนิพนธ์ การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยพะเยา, พ.ศ. 2555
คำสำคัญ การเผาในที่โล่ง, ค่าปัจจัยการระบาย, บัญชีการระบายมลพิษอากาศ

บทคัดย่อ

การเผาชีวมวลเป็นแหล่งกำเนิดหลักของปัญหาฝุ่นละอองในเขตภาคเหนือของประเทศไทย บัญชีการปล่อยมลพิษอากาศคือสิ่งสำคัญที่ต้องการในการจัดการคุณภาพอากาศ ข้อมูลชุดแรกของการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาชีวมวลในจังหวัดพะเยาได้มีการพัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ บัญชีการปล่อยมลพิษอากาศได้พัฒนาสำหรับข้อมูลปี พ.ศ. 2553 โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล ผลการประมาณการปล่อยมลพิษรายปีมีปริมาณดังนี้ SO_2 1,343 ตัน/ปี NO_x 3,865 ตัน/ปี CO 252,328 ตัน/ปี NMVOC 45,459 ตัน/ปี NH3 4,086 ตัน/ปี PM 104 ตัน/ปี $PM_{2.5}$ 21,554 ตัน/ปี PM_{10} 43,577 ตัน/ปี BC 1,618 ตัน/ปี OC 12,073 ตัน/ปีและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO_2 3,801,622 ตัน/ปี CH_4 16,533 ตัน/ปี จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาพบว่าพื้นที่ที่ถูกเผาที่พบมากที่สุดคือ อำเภอปง (55%) รองลงมาคือ อำเภอเชียงคำ อำเภอเชียงม่วน อำเภอเมือง อำเภอภูซาง อำเภอดอกคำใต้ อำเภอภูกามยาว อำเภอจุน และอำเภอแม่ใจ ตามลำดับ การเผาชีวมวลส่วนใหญ่พบในพื้นที่ป่าไม้ (93%) นอกจากนี้ยังพบว่าการเผาส่วนใหญ่มีปริมาณมากในเดือน มีนาคม เมษายน และกุมภาพันธ์

Title AIR POLLUTANT EMISSION FROM OPEN BURNING IN PHAYAO.

Author Thanutnopanun Ruanngern.

Advisor Sittichai Pimonsree D.Eng.

Academic Paper Independent Study M.Eng Environmental Engineering University of Phayao, 2012

Keywords Open burning, Emission Factor, Emission inventory

ABSTRACT

Biomass burning is major source of particulate problem in Northern Thailand. Emission inventory is the foremost requirement for air quality management. The first dataset of emissions of air pollutants resulting from biomass burning in Phayao province has been developed in this study. The emission inventory was developed for the year 2010 using remote sensing data. Annual emission estimation is found as follows: 1,343 ton SO2, 3,865 ton NO_x, 252,328 ton CO, 45,459 ton NMVOC, 4,086 ton NH_3, 104 ton PM, 21,554 ton $PM_{2.5}$, 43,577 ton PM_{10}, 1,618 ton BC, 12,073 ton OC, 3,801,622 ton CO_2 and 16,533 ton CH_4. Analysis of spatial and temporal distribution in Phayao found that the most burned area is Pong District (55%), followed by Chiang Kham, Chiang Muan, Muang, Phu Sang, Dok Khamtai, Phu Kam Yao, Chun and Mai Chai District, respectively. Open burning is mostly found in forest (93%). Additionally, biomass frequently burn in March, April and February.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	สมมติฐานของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	
	มลพิษอากาศ	5
	การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	6
	การตรวจหาจุดความร้อน	10
	ระบบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล	12
	ประเภทป่าไม้ในประเทศไทย	15
	ลักษณะทั่วไปของจังหวัดพะเยา	15
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
3	**วิธีดำเนินการศึกษา**	
	วิธีดำเนินการศึกษา	29
4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	
	ลักษณะไฟไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยาจากข้อมูลจุดความร้อน	34
	ข้อมูลปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา	40
	พื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่า	40
	ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ปริมาณขยะที่ถูกเผา..... 43
ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในแต่ละอำเภอ..... 44
ชนิดของชีวมวลที่ถูกเผา..... 46
การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาตามฤดูกาล..... 47
ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาไหม้ในที่โล่ง..... 48
ปริมาณมลพิษแบ่งตามกิจกรรมการเผา..... 56
การประมาณความคลาดเคลื่อน..... 59
ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณพื้นที่ที่ถูกเผา..... 59
ความคลาดเคลื่อนจากค่าปัจจัยการระบายและค่าปัจจัยที่ใช้ในการประมาณปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา..... 59
ความคลาดเคลื่อนจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 60
การเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น..... 60
ปริมาณการปล่อย PM10 จากการเผาในที่โล่ง..... 61

5 บทสรุป

สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา..... 63
การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาของการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา..... 63
การปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา..... 63

บรรณานุกรม..... 65

ภาคผนวก..... 69

ประวัติผู้วิจัย..... 80

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจวัดและตรวจสอบไฟป่า..... 14
2 สถิติผลผลิตของพืชโดยเฉลี่ยในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2552/53..... 16
3 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร..... 19
4 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากไฟป่า..... 20
5 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาฟางข้าว..... 20
6 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (Emission Factor) ที่ปล่อยจากการเผาชีวมวลแต่ละชนิด (g/kg dry matter)..... 21
7 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร..... 22
8 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของข้าวโพด..... 23
9 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของข้าว..... 24
10 ค่าปัจจัยการระบาย (Emission factor) การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 25
11 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับคำนวณปริมาณเผาไหม้ชีวมวล จากการรวบรวมของ Michel et al..... 25
12 การเปรียบเทียบค่าปัจจัยการระบาย (Emission factors) ของพืช จากการรวบรวมของ Michel et al..... 26
13 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกเผาจากการรวบรวมของ Streets et al..... 27
14 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากการรวบรวมโดย Thongchai Kanabkaew..... 27
15 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาชีวมวลรวบรวมจาก Savitri Garivait..... 28
16 ค่าปัจจัยการระบายจากการเผาในที่โล่งของการเผาป่าและการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร..... 31

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

17 ค่าปัจจัยการระบายจากการเผาในที่โล่งของขยะชุมชน..... 32
18 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษของการเผาในที่โล่งของป่าไม้..... 32
19 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษของการเผาในที่โล่งของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร..... 32
20 จำนวนจุดความร้อนรายปี ของจังหวัดพะเยา แบ่งตามพื้นที่ป่า..... 37
21 จำนวนจุดความร้อนรายปี แบ่งตามอำเภอ ของจังหวัดพะเยา..... 37
22 จำนวนจุดความร้อนรายปี แบ่งตามอำเภอของจังหวัดพะเยา ตามประเภทชีวมวลที่ถูกเผา..... 38
23 จุดความร้อนรายปี แบ่งตามตำบล ของจังหวัดพะเยา..... 38
24 พื้นที่ไฟไหม้ป่าในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยาจากข้อมูลสถิติไฟป่า ปี 2553 และข้อมูลพื้นที่เสี่ยงต่อไฟไหม้ป่าจากการประมาณจากข้อมูลจุด Hotspot ปี 2553..... 41
25 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา(ตัน)จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการประมาณจากข้อมูลจุด hotspot และข้อมูลการปลูกพืช ของสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 43
26 ปริมาณขยะที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 44
27 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาแยกตามอำเภอ ในจังหวัดพะเยา..... 45
28 ปริมาณชีวมวลรายปีที่ถูกเผาของจังหวัดพะเยา ในปี 2553 แยกตามประเภทชีวมวล..... 46
29 ปริมาณชีวมวลรายปีที่ถูกเผาของจังหวัดพะเยา ในปี 2553 แยกตามชนิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร..... 46
30 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากกิจกรรมการเผาในจังหวัดพะเยา ปี 2553.... 49
31 ปริมาณมลพิษจากการเผา ป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และขยะ(ตัน)ของแต่ละอำเภอ ในปี 2553..... 57
32 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยมลพิษ..... 60

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

1 ความสัมพันธ์ของระบบภาวะมลพิษอากาศ..... 5
2 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2550 ของจังหวัดพะเยา..... 34
3 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2551 ของจังหวัดพะเยา..... 35
4 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2552 ของจังหวัดพะเยา..... 35
5 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2553 ของจังหวัดพะเยา..... 36
6 แผนภาพชีวมวลที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 (ตัน/ปี)..... 45
7 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือน ของจังหวัดพะเยา ปี 2553 จากการประมาณการด้วยจุดความร้อน..... 47
8 สัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือน ของจังหวัดพะเยา ปี 2553 จากการประมาณการด้วยจุดความร้อน..... 48
9 แผนภาพการปล่อย SO_2 ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 50
10 แผนภาพการปล่อย NO_x ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 50
11 แผนภาพการปล่อย CO_2 ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 51
12 แผนภาพการปล่อย CO ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 51
13 แผนภาพการปล่อย CH_4 ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 52
14 แผนภาพการปล่อย NMVOC ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 52
15 แผนภาพการปล่อย $PM_{2.5}$ ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 53
16 แผนภาพการปล่อย PM_{10} ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 53
17 แผนภาพการปล่อย BC ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 54
18 แผนภาพการปล่อย OC ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 54
19 แผนภาพการปล่อย NH_3 ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 55
20 แผนภาพปริมาณการปล่อย PM_{10} ในจังหวัดพะเยา ปี 2553..... 61
21 สัดส่วนการปล่อย PM_{10} แบ่งตามกิจกรรมการเผา..... 62
22 ปริมาณการปล่อย PM_{10} ในปี 2553..... 62

บทที่1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันหลายจังหวัดในภาคเหนือตอนบนต้องเผชิญกับปัญหาหมอกควันที่มาพร้อมกับอากาศร้อนและความแห้งแล้ง **[1]** ซึ่งจังหวัดพะเยาก็เป็นจังหวัดหนึ่งที่ต้องเผชิญกับปัญหานี้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดมลพิษอากาศของพะเยาในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้แต่ PM_{10} และโอโซนเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย มลพิษฝุ่นละอองคือปัญหาคุณภาพอากาศที่รุนแรงมากที่สุด โดยพบจำนวนวันที่ PM_{10} เกินมาตรฐานค่าเฉลี่ยรายวันมากกว่า 15% **[2]** ความรุนแรงของปัญหาโดยทั่วไปปรากฏชัดเจนในช่วงหน้าแล้ง(ธันวาคม–เมษายน)ของทุกปีที่มีสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่งทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเนื่องจากความแห้งแล้งที่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของไฟป่าประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรจะทำการเผาเศษวัสดุเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับทำการเกษตรในช่วงฤดูฝนซึ่งมลพิษอากาศนี้มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนได้แก่ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิต้านทานต่ำเช่นผู้สูงอายุเด็กเล็กและผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจรวมทั้งทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนเกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนบดบังทัศนวิสัยและเป็นอุปสรรคในการคมนาคมและขนส่ง **[3]**จากการศึกษาผลกระทบของฝุ่นในจังหวัดลำปางพบว่าในวันที่ระดับ PM_{10} เกินค่ามาตรฐานมีจำนวนผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้นถึง 39% **[4]**

การเกิดหมอกควันในภาคเหนือนั้น มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเผาในที่โล่ง ซึ่งจากการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิด PM_{10} โดยวิธีองค์ประกอบหลักสัมบูรณ์ (Absolute Principal Component Analysis: APCA) พบว่าแหล่งกำเนิดหลักของ PM_{10} ในทุกฤดูกาลแหล่งกำเนิดมาจากการเผาพืชหรือขยะในที่โล่งในเปอร์เซ็นต์ที่สูงส่วนที่เหลือเป็นส่วนที่ระบุชื่อแหล่งกำเนิดไม่ได้ซึ่งคาดว่ามาจากแหล่งกำเนิดหลายชนิดรวม ๆ กัน เช่น การจราจรและฝุ่นทุติยภูมิ **[5]** และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้น PM_{10} กับการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุดความร้อนในเขตภาคเหนือของประเทศไทย พบความเข้มข้นของ

PM_{10} กับแหล่งกำเนิดไฟไหม้ในที่โล่งมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกัน **[6]** ซึ่งการเผาในที่โล่งนั้นจะมีควัน เถ้าเขม่า และฝุ่นละอองต่าง ๆ และยังมีสารมลพิษอื่น ๆ ด้วย เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และสารอินทรีย์ระเหย การเผาในที่โล่งในประเทศไทยเกิดจาก 3 กิจกรรมหลักคือ การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การเผาป่าไม้ และการเผาขยะ **[7]**

การจัดการคุณภาพอากาศต้องใช้ข้อมูลการปล่อยมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดเป็นข้อมูลสำคัญอันดับแรก และต้องทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงการปล่อยมลพิษอากาศของแหล่งกำเนิด ว่าพื้นที่ไหนมีการปล่อยมลพิษสูง ช่วงเวลาไหนที่มีการปล่อยมลพิษมาก เพื่อใช้ในการติดสินใจควบคุมแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกที่ ถูกเวลา

สำหรับบัญชีมลพิษอากาศในประเทศไทย มีการทำบัญชีมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งจากการเผาป่าไม้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 ศึกษาการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นการศึกษาโดยรวม ไม่แยกชนิดพืชที่ถูกเผา **[8]** และในปี พ.ศ. 2550 ได้มีการทำบัญชีมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งจากการเผาเศษเหลือทิ้งทางเกษตรในประเทศไทย แบ่งตามชนิดพืชที่ปลูกในประเทศไทย ประมาณมลพิษในระดับประเทศ **[9]** ในส่วนฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดข้อมูลละเอียดระดับจังหวัดยังมีผู้ทำน้อยซึ่งในความเป็นจริงข้อมูลระดับจังหวัดเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการที่จะแก้ไขปัญหามลพิษอากาศที่ตรงจุดในจังหวัดนั้น ๆ ดังนั้น ข้อมูลการปล่อยมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดเป็นข้อมูลสำคัญอันดับแรกในการจัดการคุณภาพอากาศ เพื่อใช้ในการติดสินใจควบคุมแหล่งกำเนิดที่สำคัญ แต่ข้อมูลการปล่อยมลพิษอากาศปัจจุบันที่มีเป็นขนาดภูมิภาคและระดับประเทศที่มีความละเอียดไม่สูง เป็นข้อมูลรายปี และข้อมูลไม่ทันสมัย(Update) โดยเฉพาะจังหวัดพะเยายังขาดข้อมูลการปล่อยจากแหล่งกำเนิดการเผาในที่โล่ง การศึกษานี้จึงทำการพัฒนาบัญชีการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งที่มีความละเอียดสูงด้วยความละเอียดของกริด 1 กิโลเมตร ครอบคลุมชนิดมลพิษหลัก (Criteria pollutants) รวมถึงก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังทำการศึกษาวิเคราะห์เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลา(Spatial and temporal distributions)ของปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาและปริมาณการปล่อย PM_{10} อีกด้วย ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์สำหรับการจัดการคุณภาพอากาศและมีความละเอียดเพียงพอในการนำไปใช้ในแบบจำลองคุณภาพอากาศสำหรับการจัดการที่มีประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้จังหวัดพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียงเป็นเมืองอากาศสะอาด(Clean air city)ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อได้ฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

2. เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาของการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

สมมติฐานของการศึกษา

ปริมาณมลพิษจากการเผาในที่โล่งแปรผันตามพื้นที่ ชนิดของพืช ในพื้นที่การเผา

ขอบเขตของการทำวิจัย

1. ศึกษาการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งจากกิจกรรม การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การเผาขยะ และไฟป่า ของแต่ละอำเภอในจังหวัดพะเยา

2. ศึกษาอัตราการระบายมลพิษจากการเผาในที่โล่งโดยใช้ข้อมูลจุดความร้อน(Hotspot) จากดาวเทียม และค่าปัจจัยการระบาย (Emission factor) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของการศึกษาก่อนหน้านี้

3. ความละเอียดของอัตราการระบายอยู่ในรูปกริดที่มีความละเอียดอย่างน้อย 1 กิโลเมตร

4. ข้อมูลอัตราการระบายเป็นข้อมูลรายวัน

5. ฐานข้อมูลครอบคลุมระยะเวลาหนึ่งปี ในปี 2553

6. มลพิษที่ศึกษาได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$), ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), สารอินทรีย์ระเหยง่าย (NMVOC), คาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง Black carbon (BC), Organic carbon(OC), ก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), สารแอมโมเนีย (NH_3)

นิยามศัพท์

การเผาในที่โล่ง คือ ไฟไหม้ การเผาไหม้ หรือไฟคุกรุ่นใดๆหรือการเผาวัสดุใด ๆ ที่เกิดขึ้นในที่โล่ง โดย ฝุ่น ควัน ก๊าซ และสารพิษอื่นจากการเผาไหม้ สามารถแพร่กระจายไปได้ในบรรยากาศ

ค่าปัจจัยการระบาย(Emission factor) คือค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศกับกิจกรรมที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษ

บัญชีการระบายมลพิษอากาศ(Emission inventory) คือข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญในพื้นที่ที่สนใจ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลการเผา ปริมาณพื้นที่ และปริมาณการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการจัดการคุณภาพอากาศ ลดปริมาณการเผาในพื้นที่ที่มีการเผาสูง

2. ฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศและบัญชีการปล่อยสารมลพิษอากาศ ที่เกิดขึ้นจากการเผาในที่โล่ง ซึ่งมีความละเอียดเพียงพอในการนำไปใช้ในแบบจำลองคุณภาพอากาศสำหรับการจัดการที่มีประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ให้จังหวัดพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียงเป็นเมืองอากาศสะอาด (Clean air city) ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี

บทที่ 2

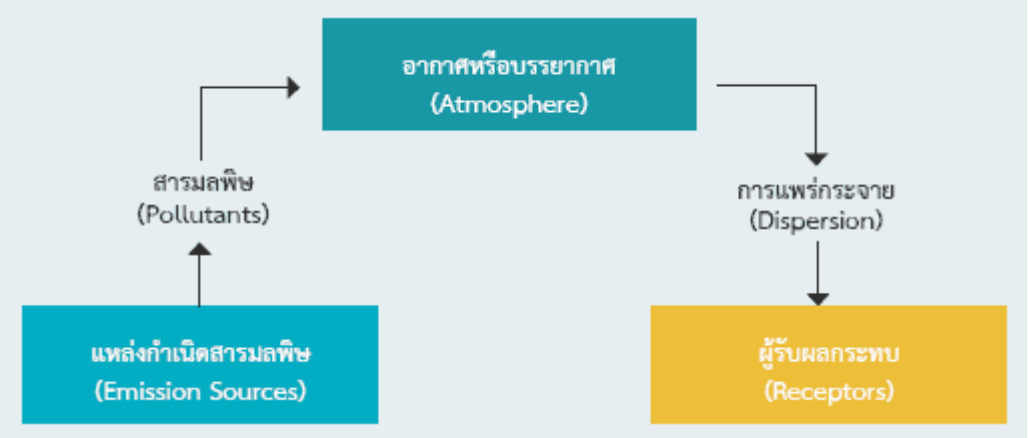
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้

สารมลพิษอากาศที่สำคัญและมีผลต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

ระบบภาวะมลพิษอากาศ มีส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน 3 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources) บรรยากาศ (Atmosphere) และผู้ที่ได้รับผลกระทบ (Receptors) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ดังภาพ 1



ภาพ 1 ความสัมพันธ์ของระบบภาวะมลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศและระบายออกสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูก

ระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศ

อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere)เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ และเป็นตัวกลาง (Media) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม รวมทั่งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ

ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors)เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหาย หรืออันตรายโดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ความเสียหายหรือหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ คือ ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญในพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งจัดไว้เป็นหมวดหมู่ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณการปล่อยมลพิษแต่ละชนิดจากแหล่งกำเนิด และข้อมูลลักษณะแหล่งกำเนิดมีรายละเอียดตามความจำเป็นในการใช้งาน ขอบเขตของบัญชีอาจครอบคลุมโรงงานแห่งหนึ่ง หรือเมืองหนึ่ง หรือทั้งประเทศ หรือทั้งโลก ซึ่งมีความละเอียดแต่งต่างกันไปตามระดับของบัญชี บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานแห่งหนึ่งควรประกอบด้วยข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ เช่น หน่วยการผลิตหม้อไอน้ำ และการสันดาปเชื้อเพลิง ข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่ อัตราการผลิต อัตราการใช้เชื้อเพลิงชนิดและลักษณะของเชื้อเพลิง ปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศหลัก เช่น ฝุ่นควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น รวมทั้งอาจมีข้อมูลขนาดและความสูงของปล่องระบาย อัตราไหลและอุณหภูมิของก๊าซเสีย ส่วนบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของประเทศอาจประกอบด้วย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด และปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศหลักของแต่ละภาคเศรษฐกิจเท่านั้น ทั้งนี้ บัญชีมลพิษอากาศระดับเมืองเป็นการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดแต่ละโรงงาน ความละเอียดและความถูกต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากแต่ละโรงงานเป็นสำคัญ

บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการคุณภาพอากาศ ผู้ควบคุมดูแลระบบป้องกันมลพิษจำเป็นต้องทราบปริมาณการปล่อยมลพาอากาศ เพื่อใช้เป็น

ข้อมูลในการกำหนดแผนงานควบคุมมลพิษ การกำหนดเงื่อนไขในเรื่องอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ การศึกษาผลกระทบจากแหล่งกำเนิด และกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการลดมลพิษ รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับหน่วยงานผู้ใช้ประโยชน์ ได้แก่ หน่วยงานราชการส่วนกลาง หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น บริษัทที่ปรึกษาและผู้ประกอบการอุตสาหกรรม

ข้อมูลปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศที่ใช้ในบัญชีแหล่งกำเนิด ควรเลือกใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดปริมาณ การปล่อยมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดหรือจากระบบติดตามต่อเนื่องเป็นอันดับแรก เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด แต่ข้อมูลตรวจวัดจริงมีน้อย อีกทั้งข้อมูลจากการตรวจวัดเวลาใดเวลาหนึ่ง ไม่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงต้องพิจารณาทางเลือกหลายวิธีในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศ

1. วิธีประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ

การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การประเมินปริมาณการปล่อยมลพิษซึ่งมีหลายวิธีแล้วแต่วัตถุประสงค์การใช้งาน ลักษณะของแหล่งกำเนิดมลพิษ ความแม่นยำที่ต้องการ และค่าใช้จ่าย แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและความแม่นยำของวิธีต่าง ๆ ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยเรียงลำดับตามข้อจำกัดและระดับความยากง่ายของแต่ละวิธี ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ใช้จะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับค่าใช้จ่ายและความแม่นยำที่ต้องการ ควรใช้วิธีที่แม่นยำกว่าแม้จะมีความยากและค่าใช้จ่ายสูง กรณีที่ผลลัพธ์มีผลกระทบมากต่อสิ่งแวดล้อม หรือระเบียบข้อบังคับที่เกิดจากผลลัพธ์นั้นมีผลกระทบรุนแรง แต่หากข้อมูลมีผลกระทบน้อย และไม่คุ้มค่าที่จะใช้วิธีที่ยุ่งยาก ควรเลือกใช้วิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ เช่น การใช้ตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษ ในบางครั้งที่ไม่มีค่าตัวคูณและมีความเสี่ยงต่ำยังอาจยอมใช้ค่าตัวคูณของแหล่งกำเนิดที่คล้ายกัน โดยใช้วิจารณญาณทางวิศวกรรมประกอบการเลือกวิธีประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละชนิดควรที่จะพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละกรณี ทั้งในเรื่องของค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงต่อผลกระทบอาจที่เกิดขึ้น

วิธีประมาณการปล่อยมลพิษที่ง่ายที่สุด คือ การใช้ตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษ ค่านี้เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยมลพิษและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษ โดยทั่วไปค่าตัวคูณจะแสดงในรูปของน้ำหนักมลพิษต่อหน่วยน้ำหนัก หรือปริมาตร หรือระยะทาง หรือเวลาของกิจกรรมที่ปล่อยมลพิษ ตัวคูณนี้ใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยทั่วไปค่าตัวคูณนี้ได้จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่มีคุณภาพยอมรับได้ และถือว่าเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยระยะยาวของสถานประกอบการทั้งหมดในประเภทเดียวกัน

สมการในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ คือ

$$E = A \times EF \times (1-ER/100)$$

เมื่อ E = ปริมาณการปล่อยมลพิษ

A = อัตราการทำกิจกรรม

EF = ตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษ (ที่ไม่มีการควบคุมมลพิษ)

ER = ประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษ, %

ER หรือประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษ เป็นผลคูณของประสิทธิภาพการบำบัดมลพิษของอุปกรณ์กับประสิทธิภาพการดักจับของระบบรวบรวมอากาศเสีย ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษในระยะยาว จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการบำบัดและประสิทธิภาพการดักจับ ทั้งช่วงเวลาผิดปกติและช่วงเวลาปกติ

ตัวคูณนี้มักใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดแต่ละแห่งเพื่อใช้ในการจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ที่สนใจ บัญชีดังกล่าวนี้มีวัตถุประสงค์การใช้งานมากมาย ได้แก่ การจำลองการแพร่กระจายมลพิษ และการวิเคราะห์ผลกระทบ การพัฒนากลยุทธ์ในการควบคุมมลพิษ และการกลั่นกรองขั้นตอนเพื่อการตรวจกำกับเฉพาะบางโรงงานที่สำคัญต่อไป การประเมินปริมาณการปล่อยมลพิษยังอาจใช้ในการพิจารณาออกใบอนุญาตหรือต่อใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน และในการกำหนดเงื่อนไข และค่าใบอนุญาตประกอบกิจการ

การทำสมดุลอาจใช้ประมาณค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยมลพิษที่เชื่อถือได้ของโรงงานหนึ่งใด สำหรับแหล่งกำเนิดบางประเภท การทำสมดุลมวลอาจใช้ข้อมูลปริมาณการปล่อยมลพิษที่ดีกว่าการตรวจวัด โดยทั่วไปการทำสมดุลมวลเหมาะที่จะใช้กรณีที่มีการสูญเสียวัตถุดิบปริมาณมากสู่บรรยากาศ ในทางตรงข้ามการทำสมดุลมวลไม่เหมาะที่จะใช้หากสารนั้นถูกใช้หมดไปหรือสารนั้นทำปฏิกิริยาทางเคมี หรือการสูญเสียสู่บรรยากาศเป็นสัดส่วนน้อยของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ ในการทำสมดุลมวลจำเป็นต้องทราบปริมาณสารทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการผลิตและที่ออกจากกระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษที่ถูกต้อง

ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้อมูลการตรวจวัดมลพิษจริงหรือสมดุลมวลของโรงงาน วิธีลำดับต่อไปคือข้อมูลจากบริษัทผลิตอุปกรณ์ เช่น ปริมาณการปล่อยมลพิษที่รับประกัน หรือข้อมูลตรวจวัดจริงของอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน หากไม่มีข้อมูลดังกล่าวข้างต้น วิธีสุดท้ายคือการใช้ตัวคูณการปล่อยปริมาณสารพิษ การใช้ตัวคูณปริมาณการปล่อยสารพิษ ผู้ใช้ต้องตระหนักถึง

ขีดจำกัดด้านความแม่นยำในการใช้กับโรงงานแห่งนั้น และประเมินความเสี่ยงจากการใช้ตัวคูณเทียบกับค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดหรือวิเคราะห์อย่างละเอียด

2. ความแปรเปลี่ยนของปริมาณการปล่อยมลพิษ

ปริมาณการปล่อยมลพิษแตกต่างกันในแต่ละแหล่งกำเนิด ดังนั้นตัวคูณมลพิษอาจใช้ประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษของโรงงานแต่ละแห่งได้ไม่ถูกต้องทีเดียว แหล่งกำเนิดแต่ละแห่งแม้จะเป็นโรงงานประเภทเดียวกัน อาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับลักษณะของกระบวนการผลิต ระบบควบคุมมลพิษ และชนิดมลพิษ ในการพัฒนาตัวคูณมลพิษจะคำนึงถึงความแปรเปลี่ยนนี้ แต่มักไม่แสดงในเอกสารรายงานค่าตัวคูณมลพิษ ในความเป็นจริงค่าตัวคูณมลพิษอาจได้จากค่าการทดลองซึ่งแตกต่างกันเป็นสิบเท่า แม้ว่าจะได้คำนึงถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อปริมาณมลพิษแล้ว ค่าตัวคูณดังกล่าวอาจได้จากค่าเฉลี่ยของผลการทดลองซึ่งแตกต่างกันมากกว่าห้าเท่า

อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศอาจทำให้ลักษณะของมลพิษเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นกับหลักการทำงานและเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์ เช่น ชนิดของเครื่องฟอกแบบเปียก ความดันลด พื้นที่ของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต หรืออัตราป้อนด่างเข้าเครื่องฟอกก๊าซกรด โดยทั่วไปรายงานตัวคูณมลพิษไม่กล่าวถึงเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์ และไม่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรของกระบวนการมีผลอย่างไรต่อปริมาณมลพิษ ดังนั้นการใช้ตัวคูณจึงไม่สามารถนำตัวแปรที่มีอิทธิพลเหล่านี้มาใช้

ก่อนใช้ตัวคูณมลพิษในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดใหม่หรือประเมินแหล่งกำเนิดใด ผู้ใช้ควรทำการศึกษาเอกสารและเทคโนโลยีล่าสุด เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่อาจยังผลให้แหล่งกำเนิดนั้นมีลักษณะการปล่อยมลพิษแตกต่างไปจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ควรตรวจสอบแหล่งกำเนิด การออกแบบ อุปกรณ์ควบคุม และวัตถุดิบ ว่าเป็นอย่างเดียวกับแหล่งกำเนิดที่ใช้กำหนดตัวคูณมลพิษ พร้อมทั้งพิจารณาถึงความทันสมัยของข้อมูล

โดยวัตถุประสงค์การควบคุมตามกฎหมาย มักต้องประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษสูงสุดหรือในช่วงเวลาสั้น การใช้ตัวคูณประมาณปริมาณมลพิษช่วงเวลาสั้น จะเพิ่มความไม่แน่นอน ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดแห่งหนึ่งในช่วงเวลาสั้น มักแปรเปลี่ยนตามกาลเวลา เนื่องจากความปรวนแปรของสภาวะการทำงาน สภาวะของอุปกรณีควบคุม วัตถุดิบ สภาวะแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ เนื่องจากตัวคูณมลพิษถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนปริมาณการปล่อยมลพิษในระยะยาว ดังนั้นจึงมักทำการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ และมักหลีกเลี่ยงสภาวะผิดปกติซึ่งก่อให้เกิดการแปลเปลี่ยนระยะสั้น และไม่คำนึงถึงตัวแปรที่เป็นสาเหตุดังกล่าว โดยเหตุนี้การใช้ตัวคูณมลพิษในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษช่วงเวลาสั้นย่อมมีความ

ไม่แน่นอนสูง ผู้ใช้ควรตระหนักถึงข้อจำกัดนี้ และประเมินถึงผลที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ตัวคูณในแต่ละกรณี

การประเมินความแปรเปลี่ยนของแหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อยมลพิษในช่วงเวลาสั้น จำเป็นต้องตรวจวัดแหล่งกำเนิดหลายๆครั้งเป็นระยะเวลายาวนาน หรือทำการตรวจวัดแบบต่อเนื่อง โดยทั่วไปการทำสมดุลมวลไม่สามารถใช้ประเมินความแปรเปลี่ยนในช่วงเวลาสั้น เนื่องจากสมดุลมวลมีความถูกต้องน้อยลงสำหรับช่วงเวลาสั้น ๆ ทั้งนี้ ข้อดีของสมดุลมวล คือ วิธีนี้จะเกลี่ยความปรวนแปรของข้อมูลได้ข้อมูลเฉลี่ยระยะยาวที่ดี

3. การรายงานปริมาณการปล่อยมลพิษ

วิธีและแบบฟอร์มในการรายงานปริมาณการปล่อยมลพิษ และรูปแบบของบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษมีความแตกต่างกันตามแต่วัตถุประสงค์การใช้งาน หน่วยงานราชการหรือองค์กรกลาง เช่น องค์กรระหว่างประเทศจะเป็นผู้กำกับแบบฟอร์มที่ชัดเจนเพื่อความสะดวกในการรวบรวมข้อมูล และสมารถตรวจสอบความถูกต้องได้

การประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษจากตัวคูณมลพิษจะต้องใช้ข้อมูลสองอย่าง คือ อัตราการเกิดกิจกรรม และค่าตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษสำหรับกิจกรรมนั้น ในกรณีที่ค่าตัวคูณเปลี่ยนแปลงตามตัวแปรของกิจกรรม จะต้องระบุตัวแปลนั้น ๆ อย่างชัดเจน เช่น เปอร์เซ็นต์กำมะถันในน้ำมัน ชนิดของเตาเผา ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ **[10]**

การตรวจหาจุดความร้อน (Hotspots)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการตรวจหาจุดหรือบริเวณที่มีค่าความร้อนมากผิดจากปกติบนผิวโลก (Hotspots) โดยใช้อุปกรณ์การตรวจวัดค่าความร้อน (Thermal Sensor) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมสำรวจโลก (Earth Observation Satellite) เริ่มเข้ามามีบทบาทในการตรวจหาไฟเป็นอย่างมาก โดยดาวเทียม NOAA12 และ NOAA18 ใช้ AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) และดาวเทียม Terra และ Aqua ใช้ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ในการตรวจหา Hotspots และมีการเผยแพร่ข้อมูล Hotspots ดังกล่าวในรูปของจุดแดงแสดงตำแหน่งและพิกัดที่ตรวจพบลงบนภาพถ่ายดาวเทียมและเผยแพร่ทางเว็บไซท์ โดยมิได้แสดงข้อมูลหรือมิได้อธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ในเรื่อง Hotspots อย่างเพียงพอ ทำให้ประชาชนหรือหน่วยราชการที่ download ข้อมูลไปใช้ นำข้อมูลไปตีความหมายกันเอาเองตามพื้นฐานความรู้ด้าน การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ของแต่ละคนซึ่งมีมากน้อยแตกต่างกัน นำมาซึ่งความสับสนและเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ ของข้อมูล Hotspots ดังนี้

– จุดความร้อน หรือ Hotspots ที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายดาวเทียมทุกจุดอาจไม่ใช่จุดที่เกิดไฟ เสมอไป ทั้งนี้เนื่องจาก Hotspots เป็นเพียงจุดที่ตรวจพบความร้อนมากผิดปกติของค่าความร้อนบนผิวโลก ซึ่งเกิดได้จากสาเหตุที่หลากหลาย ได้แก่ บริเวณที่เกิดไฟไหม้ ภูเขาไฟ บริเวณที่โล่งแจ้ง ลานหิน ผิวน้ำ กองขยะ ปล่องโรงงาน หลังคาสังกะสี เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูล Hotspots ที่แสดงในเว็บไซท์สาธารณะ โดยยังไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องทางภาคพื้นดิน (Validation) ว่าจุดนั้นๆ เป็นจุดที่เกิดไฟไหม้จริง หรือเป็น False Alarm คือจุดที่ไม่ใช่ไฟไหม้แต่มีค่าความร้อนมากผิดจากปกติ

– ไม่ทราบแน่ชัดว่าข้อมูลที่แสดงในเว็บไซท์ในขณะนั้น ๆ เป็นข้อมูลที่ถ่ายและตรวจวัดในวันที่และเวลาใดแน่ และได้ภาพรวมของประเทศไทยครบทั้งหมดหรือไม่ในการแสดงข้อมูลครั้งนั้นๆ

– ไม่ทราบแน่ชัดว่าข้อมูลจำนวน Hotspots ที่แสดงในเว็บไซท์ในขณะนั้น ๆ เป็นจำนวน Hotspots ของการตรวจวัดจากดาวเทียมเพียงรอบเดียวหรือหลาย ๆ รอบ ซึ่งจะกลายเป็นค่าสะสม

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เพิ่งได้เริ่มนำข้อมูล Hotspots มาใช้ในงานควบคุมไฟป่าอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2549 โดยความร่วมมือของภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัย Maryland ซึ่งส่งข้อมูล Hotspots รายวันที่ได้จากการตรวจวัดด้วย MODIS บนดาวเทียม Terra และ Aqua ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า AVHRR บนดาวเทียม ของNOAA โดยที่ดาวเทียม Terra จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงเช้า และดาวเทียม Aqua จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงบ่าย และสามารถรับข้อมูล Hotspots แจ้งเตือนผ่านทางจดหมายอิเล็คโทรนิคในรอบ 48 ชั่วโมงที่ผ่านมา โดยเมื่อกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้รับข้อมูล Hotspots มาแล้ว ก็จะประมวลผลข้อมูล โดยใช้ข้อมูลล่าสุดที่ดาวเทียมผ่านประเทศไทย มาวิเคราะห์ว่า Hotspots ดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์จำนวนกี่จุด และอยู่นอกพื้นที่ป่าอนุรักษ์จำนวนกี่จุด และหากอยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ อยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ใด ตำบล อำเภอ จังหวัด และพิกัดใด โดยทราบวันที่ เวลาที่แน่นอนของข้อมูลดังกล่าว และเป็นข้อมูลของการผ่านของดาวเทียมเพียงรอบเดียว ไม่ใช่ข้อมูลสะสม จากนั้นกรมอุทยานฯ จะส่งข้อมูลให้สำนักบริหารพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์สาขาทุกแห่ง ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนงานประเมินสถานการณ์ในภาพรวม ใช้ประกอบกับข้อมูลการตรวจหาไฟภาคพื้นดิน ใช้ตรวจสอบกับข้อมูลการดับไฟในพื้นที่จริงและแยกแยะจุดที่เป็น False Alarm เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบการตรวจวัด Hotspots ให้มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในอนาคต นอกจากนั้นกรมอุทยานฯ ยังได้เผยแพร่

ข้อมูล Hotspots รายวันผ่านทางเว็บไซท์ www.dnp.go.th/forestfire เพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน ไม่สับสน แก่หน่วยราชการอื่น ๆ และประชาชนโดยทั่วไป **[11]**

ระบบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (remote sensing)

รีโมตเซนซิง (Remote Sensing)หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล(การรับรู้ระยะไกล)เป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาใน พ.ศ. 2503 หมายถึง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่บันทึกคุณลักษณะของวัตถุ(Object) หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) ต่าง ๆ จากการสะท้อนแสง/หรือการแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic Energy) โดยเครื่องวัด/อุปกรณ์บันทึกที่ติดอยู่กับยานสำรวจ การใช้รีโมตเซนซิงเริ่มแพร่หลายนับตั้งแต่สหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรก LANDSAT–1 ขึ้นใน พ.ศ. 2515

เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุนั้น ๆ คือ "วัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไปถ้าวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกันคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นโลก(Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา(Temporal) รีโมตเซนซิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนกและเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึงข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำ ที่เรียกว่ารูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสงซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเป็นพลังงานจากตัวเองซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์เป็นต้น

1. หลักการของรีโมตเซนซิง

หลักการของรีโมตเซนซิงประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ ดังต่อไปนี้คือ

1.1 การได้รับข้อมูล (Data Acquisition) เริ่มตั้งแต่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ, เกิดปฏิสัมพันธ์กับวัตถุบนพื้นผิวโลกและเดินทางเข้าสู่เครื่องวัด/อุปกรณ์บันทึกที่ติดอยู่กับยานสำรวจ (Platform) ซึ่งโคจรผ่านข้อมูลวัตถุหรือปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลกที่ถูกบันทึกถูกแปลงเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ส่งลงสู่สถานีรับภาคพื้นดิน (Receiving Station) และผลิตออกมาเป็นข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลเชิงอนุมาน (Analog Data) และข้อมูลเชิงตัวเลข(Digital Data) เพื่อนำไปนำวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) วิธีการวิเคราะห์มีอยู่ 2 วิธีคือ

– การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพ (Quantitative) ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน

– การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้การวิเคราะห์หรือการจำแนกประเภทข้อมูลต้องคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

1.2.1 Multispectral Approach คือ ข้อมูลพื้นที่และเวลาเดียวกันที่ถูกบันทึกในหลายช่วงคลื่นซึ่งในแต่ละช่วงความยาวคลื่น (Band) ที่แตกต่างกันจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุหรือพื้นผิวโลกที่แตกต่างกัน

1.2.2 Multitemporal Approach คือ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลาเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่าง

1.2.3 Multilevel Approach คือ ระดับความละเอียดของข้อมูลในการจำแนกหรือวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน เช่น การวิเคราะห์ในระดับภูมิภาคก็อาจใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ที่มีรายละเอียดภาพปานกลาง (Medium Resolution) แต่ถ้าต้องการศึกษาวิเคราะห์ในระดับจุลภาค เช่น ผังเมืองก็ต้องใช้ข้อมูลดาวเทียมที่ให้รายละเอียดภาพสูง (High Resolution) เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT, IKONOS หรือรูปถ่ายทางอากาศเป็นต้น **[12]**

2. ดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจจับไฟ

ดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจจับไฟมีอยู่หลายดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมเหล่านี้จะมีลักษณะความยาวคลื่นในการเก็บภาพ ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ของเซ็นเซอร์ (sensor) จะครอบคลุมพื้นที่และถ่ายภาพด้วยระบบถ่ายภาพ (imaging system) ด้วยระบบเซ็นเซอร์ของ

ดาวเทียม (satellite–sensor systems) ซึ่งที่ใช้กันทั่วไปในการตรวจวัดและตรวจสอบไฟป่า ระบุไว้ในตาราง 1 **[13]**

ตาราง 1 แสดงคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจวัดและตรวจสอบไฟป่า

	NOAA AVIIRR	DMSP OLS	TERRA MODIS	LANDSET TM	SPOT IIRV/IIVIR
Spectral bands	1:red 2:NIR 3:MWIS 4,5:thermal	1:visible 2:thermal	36 bands covering visible.NIR, SWIR,MWIR and thermal IR	1:blue 2:green 3:red 4:NIR 5, 7: SWIR 6:thermal Panchromatic Band	1:green 2:red 3:NIR 4:SWIR Panchromatic Band
Swath	c. 2000 km	c.2000 km	c.2000 km	c. 100 km	c.60 km
Spatial Resolution	1 km	2.7 km	Two 250 m band and five 500 m bznds in visible.NIR and SWIR: 1 km in MWIR and thermal IR	30 m (multispectral): 15 m (Panchromatic)	20 m (multispectral): 10 m (Panchromatic)
Temporal Frequency	Daily	Daily	Daily	Once in 16 days	Almost daily with 3 satellites
Applications	Detection of thermal emissions from active fires (hot spots)	Detection of light emission from nighttime fires	Detection of thermal emissions from active fires; burn scars mapping; vegetation/land cover mapping	Detection and mapping of burn scars; vegetation classification and mapping	Detection of active fires; accurate location of fires; detection and mapping of burn scars; vegetation classification and mapping

ประเภทของป่าไม้ในประเทศไทย

ในประเทศไทยสามารถแบ่งประเภทของป่าออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันได้แก่

1. ป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen Forest) ป่าประเภทนี้มีประมาณ 30% ของเนื้อที่ป่าทั้งประเทศ สามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีก 4 ชนิด ดังนี้

- ป่าดิบเมืองร้อน (Tropical Evergreen Forest)
- ป่าสน (Coniferous Forest)
- ป่าพรุ (Swamp Forest)
- ป่าชายหาด (Beach Forest)

2. ป่าผลัดใบ (Deciduous Forest) แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

- ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest)
- ป่าแพะ ป่าแดง ป่าโคก หรือป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest)
- ป่าหญ้า (Savanna Forest) **[14]**

ลักษณะทั่วไปของจังหวัดพะเยา

1. ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดพะเยา เป็นที่ราบสูงและภูเขามีระดับความสูงตั้งแต่ 300–1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเลมีเทือกเขาซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตก ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้และตอนกลางของพื้นที่จังหวัดมีเนื้อที่ประมาณ 6,335.06 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,959,412 ไร่ มีพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นลำดับที่ 15 ของภาคเหนือและมีพื้นที่ป่าไม้ (จากภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2542) ประมาณ 1,503,174 ไร่ หรือร้อยละ 37.96 ของพื้นที่จังหวัด สภาพเป็นป่าดงดิบและป่าไม้เบญจพรรณ ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ ไม้สัก ไม้ประดู่ ไม้มะค่า ไม้ชิงชัน ไม้ยาง ไม้เต็ง ไม้รัง ฯลฯ จังหวัดพะเยามีพื้นอยู่ทั้งในที่ลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำเจ้าพระยาส่วนที่อยู่ในลุ่มน้ำโขง คือพื้นที่อำเภอเมือง อ.ดอกคำใต้ อ.จุน อ.ปง(บางส่วน) อ.เชียงคำ และ อ.แม่ใจ ส่วนที่อยู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา คือ อ.ปงและอ.เชียงม่วน ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำยมเทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ ดอยภูลังกา ดอยสันปันน้ำ ดอยแม่สุก ดอยขุนแม่แฝก ดอยขุนแม่ต๋ำ ดอยขุนแม่ต๋อม

2. การเกษตร

ในปี 2548 จังหวัดพะเยามีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งสิ้น ประมาณ 410,825 ไร่ ผลผลิตประมาณ 431,643 ตัน มีพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ประมาณ 358,069 ไร่ ผลผลิตประมาณ 277,905 ตัน พื้นที่ปลูกยางพารา ประมาณ 55,809 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 37,808 ตัน มีเนื้อที่ปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ประมาณ 116,167 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 229.76 ตัน อาชีพหลักของ

ประชากร คือ การทำนา พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลำไย และยางพารา และสถิติผลผลิตของพืช แสดงดังตาราง 2 **[15]**

ตาราง 2 สถิติผลผลิตของพืชโดยเฉลี่ยในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2552/53

การผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ			
การปลูกพืช		**ปี 2552/53**	
ชนิดพืช	**เนื้อที่ปลูก(ไร่)**	**ผลผลิต(ตัน)**	**ผลผลิตเฉลี่ย(กก./ไร่)**
ข้าว			
1.ข้าวเจ้านาปี	441,701	246,731	573
2.ข้าวเหนียวนาปี	304,454	183,731	615
3.ข้าวเจ้านาปรัง	37,875	32,989	921
4.ข้าวเหนียวนาปรัง	4,318	3,708	859
พืชไร่			
1.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน	319,584	255,271	913
2.ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้ง	32,186	29,773	925
3.มันสำปะหลัง	13,999	33,067	4,415
พืชผัก			
1.ขิง	4,457	11,800	2,647
2.กระเทียม	7,856	5,783	736
3.หอมแดง	6,479	9,036	1,410
ไม้ผล-ไม้ยืนต้น			
1. ลำไย	64,271	29,353	539
2. ลิ้นจี่	21,853	14,495	670
3. ยางพารา	104,832	1,026	173

ที่มา: เว็บไซต์สำนักงานเกษตรจังหวัด/สถิติการปลูกพืชจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ.2552/53 http://phayao.doae.go.th/data48-49.htm

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การคำนวณปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในที่โล่ง

จากการศึกษาของ Gadde และคณะ ที่ทำการศึกษามลพิษอากาศจากฟางข้าวในประเทศอินเดีย ไทย ฟิลิปปินส์ ได้ทำการประมาณปริมาณรวมของฟางข้าวในสามประเทศ โดยวิธีพิจารณาฟางข้าวในอัตราส่วน (SGR) 0.75 ใช้ค่าสมการ QSSFB = PRR x SGR x QSFB แทนค่าตัวแปร QSSFB= ปริมาณฟางข้าวที่จะในการเผาในที่โล่ง (Gg/yr); PRR = ข้าวที่ผลิตได้ (Gg/yr) ; SGR = ฟางข้าวต่อเมล็ดข้าว – 0.75 ; QSFB = สัดส่วนของฟางข้าวที่เผาในที่โล่ง (%) ใช้ในการตรวจวัดปริมาณของฟางข้าวในการเผาในที่โล่ง **[16]** และจากการศึกษาของ Dennis, Fraser และคณะ ในเรื่องการปล่อยสารมลพิษอากาศจากป่าไม้ ทุ่งหญ้าและการเผาไหม้ทางการเกษตรในเท็กซัส ทำการประมาณพื้นที่ของการเผาเป็นเอเคอร์ประมาณโดยใช้ข้อมูลความถี่และขอบเขตของเหตุการณ์ไฟ วิธีการที่ใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของเหตุการณ์ไฟไหม้และจากข้อมูลที่มีของหน่วยวัดพื้นที่ที่ถูกเผา ได้จากการสำรวจของหน่วยงานจัดการที่ดินส่วนการประมาณเชื้อเพลิงจะประมาณตามlandcover mappings ของ wildlands และ croplands สุดท้าย ข้อมูลในหน่วยวัดพื้นที่การเผาเป็นเอเคอร์ ส่วนเชื้อเพลิงและค่า emission factor จะแสดงในโปรแกรม Geographical Information System (GIS) เพื่ออำนวยความสะดวกการจัดการและแสดงข้อมูล เป็นวิธีการที่ใช้เฉพาะสำหรับเหตุการณ์ไฟแต่ละประเภทเท่านั้น และยังมีการประมาณประเภทชีวมวลที่เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยการร่วมมือกับทางมหาวิทยาลัยสำรวจความหนาแน่นของมวลชีวภาพในเขตดำเนินการ การประมาณประเภทชีวมวลที่เป็นเชื้อเพลิงได้นี้ ทำให้สามารถคาดตำแหน่งที่แน่นอนของไฟหรือโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยของเขตความหนาแน่นของมวลชีวภาพจะสำรวจโดยใช้โปรแกรม GIS **[17]** และจากการศึกษาของ Langmann, Duncan และคณะ ในเรื่องการเผาพืชและผลกระทบมลพิษอากาศและภูมิอากาศ ได้ทำการหาพื้นที่ที่มีการเผาซึ่งสามารถมองเห็นด้วยตาเนื่องจากลักษณะสีเข้มจากการตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเผาจากดาวเทียมคือสังเกตการณ์จากช่องว่างเมฆและใช้ดาวเทียมตรวจจับเป็นเวลา **[18]** การศึกษาของ Giglio และคณะ ในเรื่องการเผาในที่โล่ง ซึ่งได้แก่ ไฟไหม้ป่า การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กล่าวถึงการคำนวณหาปริมาณของการเผาในที่โล่ง(M)ขึ้นอยู่กับชนิดของ biomass burned ที่อยู่ในพื้นที่ที่เกิดการไหม้โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ M = A x B x C โดย M = จำนวนชีวมวลที่ใช้ในการเผา (g), A = พื้นที่ที่เผา (m^2), B =ชีวมวล(ความหนาแน่นของชีวมวล (kg_{dm} /m^2), C = ฟังก์ชันชีวมวลที่เผา (ประสิทธิภาพการเผาไหม้) **[19]** ที่กล่าวมา การหาพื้นที่ที่ถูกเผา สามารถหาได้หลายวิธี โดยแบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงทางการเกษตร ไฟป่า เป็นต้น และการศึกษาของ Streets และคณะ ได้คำนวณปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกเผา

ไหม้ กรณีที่เป็น ข้าวโพด, พืชน้ำมัน, ข้าว, พืชหัวใต้ดิน, ถั่วเหลือง, อ้อย, ข้าวสาลี คำนวณจากผลผลิตของพืช โดยใช้สมการ R = P x N x D x B x F โดยที่ R = มวลรวมของวัสดุที่เหลือจากการเกษตร, P = การผลิตพืช, N = อัตราส่วนของผลผลิตที่ได้ต่อส่วนที่เหลือ, D = อัตราส่วนของพืชที่แห้ง, B = ร้อยละของกากแห้งที่มีการเผา, F = อัตราส่วนประสิทธิภาพเผาไหม้ของพืชแต่ละชนิด **[20]** สำหรับการศึกษานี้ได้เลือกใช้สมการ M = A x B x C ของ Giglio และคณะ ในการคำนวณหาปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากป่าไม้ และใช้สมการ R = P x N x D x B x F ของ Streets และคณะ ในการคำนวณหาปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2. การคำนวณการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่ง

การคำนวณค่า emission factor จะแสดงในรูปของมวลสารมลพิษที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยมวลของเชื้อเพลิงแห้ง ซึ่ง Gadde และคณะ ได้ทำการศึกษามลพิษอากาศจากฟางข้าวในประเทศอินเดีย ไทย ฟิลิปปินส์ซึ่งได้ใช้การคำนวณค่า emission factor จากสมการ Ea = QSSFB x EFa x fCo ซึ่งแทนตัวแปร Ea = Emission ของฟางข้าวแห้ง Mg/yr; EFa = Emission factor ของฟางข้าวแห้ง g/kg; fCo = Combustion factor, 0.80 (มวลระหว่างการเผาไฟ); หลักเกณฑ์ค่าเริ่มต้นตาม IPCC ปี พ.ศ. 2549, Volume 4, ตาราง 2.6 (Aalde et al, 2006); QSSFB = ปริมาณฟางข้างที่เผาในที่โล่ง Gg/yr; A =ชนิดของมลพิษอากาศ **[16]** และ Dennis, Fraser และคณะ ได้ทำการศึกษาการปล่อยสารมลพิษอากาศจากป่าไม้ ทุ่งหญ้าและการเผาไหม้ทางการเกษตรในเท็กซัส ได้ใช้การคำนวณค่า emission factor จากสมการ Emissions(lb) = Emission factor (lb./ton) โดย ปริมาณเชื้อเพลิง(tons/acre); พื้นที่ของการเผา(acres) และได้ใช้โมเดลเข้ามาช่วยในการคำนวณคือ First Order Fire Effects Model (FOFEM 4.0) ซึ่งการเลือกแบบจำลองต้องสอดคล้องกับประเภทแหล่งการประมาณค่าจากการเผาการประมาณค่าจะใช้ FOFEM ของหน่วยวัดพื้นที่การเผาเป็นเอเคอร์ **[17]** และ Langmann, Duncan และคณะ ได้ศึกษาการเผาพืชและผลกระทบมลพิษอากาศและภูมิอากาศได้ใช้การคำนวณค่า emission factor จากสมการ E(i) = A x FL x CC x E(i) แทนค่าตัวแปร (i) = ชนิดของไฟ; A = คำนวณจากผลิตภัณฑ์ของพื้นที่เผา; FL = เชื้อเพลิง; CC = การเผาไหม้สมบูรณ์; EF = ชนิดของ Emission factor **[18]** และจากการศึกษาของ Giglio และคณะ ในเรื่องการเผาในที่โล่ง กล่าวถึงการเผาในที่โล่ง ซึ่งได้แก่ ไฟไหม้ป่า การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้จากฐานข้อมูล GIS ของการตรวจวัดของดาวเทียมขององค์การนาซา ที่ตรวจวัดพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น การคำนวณหาปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ชีวมวล ต้องอาศัยข้อมูลคือ ข้อมูล GIS จากดาวเทียม Aqua/Terra–MODIS เพื่อหาตำแหน่งและพื้นที่เกิดการเผาไหม้ในที่โล่ง และข้อมูล land use จากนั้นคำนวณหาปริมาณการปล่อยมลพิษ

จากการเผาดังสมการ E = M x EF โดย E = การปล่อยก๊าซรวม (g), M = มวลแห้งที่ใช้เผา (kg), EF = ชนิดและแหล่งของการปล่อยค่า emission factor (g/kg dry mass) **[19]** จากที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นวิธีการคำนวณค่า Emission factor ของแหล่งการเผาที่ต่างกัน ทั้งการเผาจากการเกษตร และไฟป่า ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้สมการ E = M x EF ของ Giglio และคณะ มาใช้ในการประมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ในที่โล่ง

3. ค่าปัจจัยการระบาย (Emission Factor) และพารามิเตอร์

3.1 ค่าปัจจัยการระบาย (Emission factors) ในการเผาชีวมวลแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ซึ่งได้รวบรวมการค่าปัจจัยการระบายในแต่ละงานวิจัยแสดงไว้ดังนี้

Dennis, Fraser และคณะ ได้ทำการศึกษาการปล่อยสารมลพิษอากาศจากป่าไม้ ทุ่งหญ้าและการเผาไหม้ทางการเกษตรในเท็กซัสซึ่งได้มีการตรวจวัดค่า Emission Factor จากการเผาพืช **[17]** ไว้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

สาร	ค่าปัจจัยการระบาย(Emission factor)ของกากพืช (lb/ton)		
	ข้าวโพด	หญ้าแห้ง/หญ้า	ข้าวสาลีและอ้อย
CO	80.3	204.3	76.4
NO_x	3.7	5.1	5.8
NH_3	1.6	6.7	2.1
CH_4	3.4	6.3	0.9
NMHC	9.7	32.7	4.8
PM	9.6	17.6	9.0
PM_{10}	9.4	17.6	8.8
$PM_{2.5}$	9.1	16.1	8.3

Soares Neto ได้ทำการศึกษาการใช้ชีวมวลและการปล่อยก๊าซ CO_2, CO และไฮโดร-คาร์บอนจากไฟป่าซึ่งได้มีการตรวจวัดค่า Emission Factor จากการเผาป่า **[21]** ไว้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากไฟป่า

ค่า	CO_2 ($g.kg^{-1}$)	CO ($g.kg^{-1}$)	CH_4 ($g.kg^{-1}$)	NMHC ($g.kg^{-1}$)	$PM_{2.5}$ ($g.kg^{-1}$)
สูงสุด	1741	181	13.1	10.4	16
ต่ำสุด	1515	47	2.5	2.6	3.5
ค่าเฉลี่ย	1621	109	6.8	5	7.3

Gadde และคณะ ได้ทำการศึกษาการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาฟางข้าวในที่โล่งของประเทศอินเดีย ไทย และฟิลิปปินส์ซึ่งได้มีการตรวจวัดค่า Emission Factor จากการเผาฟางข้าว **[16]** ไว้ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาฟางข้าว

สาร	หน่วย	ค่าปัจจัยการระบาย
CO_2	g/kg_{dm*}	1460
NH_4	$g/kg_{dry\ fuel}$	1.2
N_2O	$g/kg_{dry\ fuel}$	0.07
CO	g/kg_{dm}	34.7
NMHC	g/kg	4
NO_x	g/kg_{dm}	3.1
SO_2	g/kg	2
TPM	$g/kg_{dry\ fuel}$	13
$PM_{2.5}$	g/kg_{dm}	12.95
PM_{10}	g/kg_{dm}	3.7
PAHs	$mg/kg_{dry\ fuel}$	18.62
PCDD/Fs	ngTEQ/kg	0.5

ANDREAE และ MERLET ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซและอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศจากการเผาไหม้ชีวมวล ซึ่งได้รวบรวมค่าปัจจัยการระบายของการเผาชีวมวล **[22]** ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงค่าปัจจัยการระบาย(Emission Factor) ที่ปล่อยจากการเผาชีวมวลแต่ละชนิด (g/kg dry matter)

Species	Savanna/ Grassland	Tropical Forest	Extra–tropical Forest	Crop Residue
SO_2	0.35±0.16	0.57±0.23	1.0	0.4
NO_x(as NO)	3.90±2.4	1.60±0.7	3.0±1.4	2.50±1.0
CO_2	1,613±95	1,580±90	1,569±131	1,515±177
CO	65±20	104±20	107±37	92±84
NMVOC	9.73	19.32	21.79	15.7
CH_4	2.3 ± 0.9	6.8 ± 2.0	4.7 ± 1.9	2.7
$PM_{2.5}$	5.4 ± 1.5	9.1 ± 1.5	13.0 ± 7.0	3.9
BC	0.48 ± 0.18	0.66 ± 0.31	0.56 ± 0.19	0.69 ± 0.13
OC	3.4 ± 1.4	5.2 ± 1.5	8.6–9.7	3.3
NH_3	0.6–1.5	1.3	1.4 ± 0.8	1.3

ค่า emission factor ของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดจาก Guidebook ปี พ.ศ. 2552 **[23]** ดังตาราง 7, 8, 9

ตาราง 7 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (พืชทั่วไป)

มลพิษ	ค่า	หน่วย	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		อ้างอิง
			ต่ำ	สูง	
NO_X	0.0024	kg kg^{-1}dm	0.0018	0.0028	Jenkins et al (1996)
CO	0.0589	kg kg^{-1}dm	0.0314	0.0987	Jenkins et al (1996)
NMVOC	0.0063	kg kg^{-1}dm	0.0034	0.0117	Jenkins et al (1996)
SO_X	0.0003	kg kg^{-1}dm	0.0001	0.0006	Jenkins et al (1996)
NH_3	0.0024	kg kg^{-1}dm	0.0012	0.0036	Jenkins et al (1996)
TSP	0.0058	kg kg^{-1}dm	0.0035	0.0078	Jenkins et al (1996)
PM_{10}	0.0058	g kg^{-1}dm	0.0035	0.0077	Jenkins et al (1996)
$PM_{2.5}$	0.0055	kg kg^{-1}dm	0.0031	0.0074	Jenkins et al (1996)
Total 4 PAHs	0.1081	μg TEQ t^{-1}	0.019	0.2183	Jenkins et al (1996)
NO	0.0012	mg kg^{-1}m	0.0008	0.0015	Jenkins et al (1996)
PCDD/F	*0.500	mg kg^{-1}dm	NA	NA	UNEP (2008)
Pb	0.865	mg kg^{-1}dm	0.08	1.54	Xinghua et al (2007)
Cd	0.049	mg kg^{-1}dm	0.013	0.093	Xinghua et al (2007)
Hg	0.008	mg kg^{-1}dm	0.000	0.021	Xinghua et al (2007)
As	0.058	mg kg^{-1}dm	0.033	0.081	Xinghua et al (2007)
Cr	0.22	mg kg^{-1}dm	0.000	0.6	Xinghua et al (2007)
Ni	0.177	mg kg^{-1}dm	0.002	0.55	Xinghua et al (2007)
Se	0.036	mg kg^{-1}dm	0.008	0.073	Xinghua et al (2007)
Zn	0.028	mg kg^{-1}dm	0.000	0.076	Xinghua et al (2007)

ตาราง 8 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของข้าวโพด

มลพิษ	ค่า	หน่วย	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		อ้างอิง
			ต่ำ	สูง	
NO_X	0.0018	kg kg^{-1}dm	0.0018	0.0019	Jenkins et al (1996)
CO	0.0388	kg kg^{-1}dm	0.0374	0.0401	Jenkins et al (1996)
NMVOC	0.0045	kg kg^{-1}dm	0.0044	0.0048	Jenkins et al (1996)
SO_X	0.0002	kg kg^{-1}dm	0.0002	0.0002	Jenkins et al (1996)
NH_3	0.0024	kg kg^{-1}dm	0.0012	0.0036	Jenkins et al (1996)
TSP	0.0063	kg kg^{-1}dm	0.0048	0.0078	Jenkins et al (1996)
PM_{10}	0.0062	g kg^{-1}dm	0.0047	0.0077	Jenkins et al (1996)
$PM_{2.5}$	0.006	kg kg^{-1}dm	0.0045	0.0074	Jenkins et al (1996)
Total 4 PAHs	0.0533	μg TEQ t^{-1}	NA	0	Jenkins et al (1996)
NO	0.0008	mg kg^{-1}dm	0.0007	0.0008	Jenkins et al (1996)
PCDD/F	*0.500	mg kg^{-1}dm	NA	NA	UNEP (2008)
Pb	1.1	mg kg^{-1}dm	0.66	1.54	Xinghua et al (2007)
Cd	0.07	mg kg^{-1}dm	0.047	0.093	Xinghua et al (2007)
Hg	0.008	mg kg^{-1}dm	0.000	0.021	Xinghua et al (2007)
As	0.069	mg kg^{-1}dm	0.057	0.081	Xinghua et al (2007)
Cr	0.22	mg kg^{-1}dm	0.000	0.6	Xinghua et al (2007)
Ni	0.034	mg kg^{-1}dm	0.002	0.066	Xinghua et al (2007)
Se	0.059	mg kg^{-1}dm	0.045	0.073	Xinghua et al (2007)
Zn	0.028	mg kg^{-1}dm	0.000	0.076	Xinghua et al (2007)

ตาราง 9 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) ของข้าว

มลพิษ	ค่า	หน่วย	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		อ้างอิง
			ต่ำ	สูง	
NO_X	0.0024	kg kg^{-1}dm	0.0018	0.0028	Jenkins et al (1996)
CO	0.0589	kg kg^{-1}dm	0.0314	0.0987	Jenkins et al (1996)
NMVOC	0.0063	kg kg^{-1}dm	0.0034	0.0117	Jenkins et al (1996)
SO_X	0.0003	kg kg^{-1}dm	0.0001	0.0006	Jenkins et al (1996)
NH_3	0.0024	kg kg^{-1}dm	0.0012	0.0036	Jenkins et al (1996)
TSP	0.0058	kg kg^{-1}dm	0.0035	0.0078	Jenkins et al (1996)
PM_{10}	0.0058	g kg^{-1}dm	0.0035	0.0077	Jenkins et al (1996)
$PM_{2.5}$	0.0055	kg kg^{-1}dm	0.0031	0.0074	Jenkins et al (1996)
Total 4 PAHs	0.1081	μg TEQ t^{-1}	0.019	0.2183	Jenkins et al (1996)
NO	0.0012	mg kg^{-1}dm	0.0008	0.0015	Jenkins et al (1996)
PCDD/F	*0.500	mg kg^{-1}dm	NA	NA	UNEP (2008)
Pb	0.865	mg kg^{-1}dm	0.08	1.54	Xinghua et al (2007)
Cd	0.049	mg kg^{-1}dm	0.0013	0.093	Xinghua et al (2007)
Hg	0.008	mg kg^{-1}dm	0.000	0.021	Xinghua et al (2007)
As	0.058	mg kg^{-1}dm	0.033	0.081	Xinghua et al (2007)
Cr	0.22	mg kg^{-1}dm	0.000	0.6	Xinghua et al (2007)
Ni	0.177	mg kg^{-1}dm	0.002	0.55	Xinghua et al (2007)
Se	0.036	mg kg^{-1}dm	0.008	0.073	Xinghua et al (2007)
Zn	0.028	mg kg^{-1}dm	0.000	0.076	Xinghua et al (2007)

Thongchai Kanabkaew และคณะ ได้ทำการศึกษาการพัฒนาบัญชีการระบายมลพิษอากาศเชิงพื้นที่และเวลาของการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้ทำการรวบรวมค่าปัจจัยการระบาย **[9]** ดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าปัจจัยการระบาย (Emission factor) การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิด	ชนิดพืช				
	ข้าว	ข้าวโพดและข้าวฟ่าง	ปอและฝ้าย	อ้อย	พืชชนิดอื่น
$PM_{2.5}$	8.3	4.1	3.9	3.8	3.9
PM_{10}	9.1	4.3	4.53	4.0	8.05
SO_2	0.18	0.44	0.216	0.216	0.216
CO_2	1,177	2,327	1,345	1,130	1,130
CO	93	114.7	105.82	34.7	86.3
NOx	2.28	4.3	2.49	2.6	0.70
NH_3	4.10	0.68	1.30	1.0	1.30
CH_4	9.59	4.4	4.56	0.4	4.56
NMVOC	7.0	10	7.0	2.2	7.0
EC	0.51	0.95	0.82	0.78	0.47
OC	2.99	2.25	1.83	3.3	0.7

3.2 พารามิเตอร์ ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศ ได้รวบรวมไว้ดังนี้

ตาราง 11 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับคำนวณปริมาณเผาไหม้ชีวมวล จากการรวบรวมของ Michel และคณะ [24]

Vegetation Class	Biomass Density(g/m^2)(B)	Burning efficiency(C)
Evergreen needle leaf forest	36,700	0.25
Evergreen broadleaf forest	23,350	0.25
Deciduous needleleaf forest	18,900	0.25
Deciduous broadleaf forest	20,000	0.25
Mixed forest	22,250	0.25
Woodland	10,000	0.35

ตาราง 11 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับคำนวณปริมาณเผาไหม้ชีวมวล จากการรวบรวมของ Michel และคณะ (ต่อ) [24]

Vegetation Class	Biomass Density(g/m^2)(B)	Burning efficiency(C)
Wooded grassland	3,300	0.4
Closed shrubland	7,200	0.5
Opened shrubland	1,600	0.85
Grassland	1,250	0.95
Cropland	5,100	0.6

ตาราง 12 การจัดกลุ่มชนิดพืชที่สอดคล้องกันกับกลุ่มชนิดพืชของค่าปัจจัยการระบาย (Emission factors) จากการรวบรวมของ Michel และคณะ [24]

Vegetation Class	Corresponding EF
Evergreen needle leaf forest	Extra–tropical forest
Evergreen broadleaf forest	Tropical forest
Deciduous needleleaf forest	Extra–tropical forest
Deciduous broadleaf forest	Extra–tropical forest
Mixed forest	Extra–tropical forest
Woodland	Mean (Extra–tropical forest + Grassland)
Wooded grassland	Grassland
Closed shrubland	Mean (Extra–tropical forest + Grassland)
Opened shrubland	Grassland
Grassland	Grassland
Cropland	Cropland

ตาราง 13 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกเผาจากการรวบรวมของ Streets และคณะ [20]

ชนิดพืช	อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช	สัดส่วนน้ำหนักแห้งของพืช	สัดส่วนพืชแห้งที่มีการเผา(%)		ประสิทธิภาพการเผาไหม้
			เอเชียใต้	เอเชียอื่น	
ข้าวโพด (Corn)	2.0	0.4	25	17	0.92
พืชน้ำมัน (Oil crops)	0.6	0.85	25	17	0.82
ข้าว (Rice)	1.76	0.85	25	17	0.89
พืชหัวใต้ดิน (Roots/tubers)	0.2	0.71	25	17	0.68
ถั่วเหลือง (Soybeans)	0.21	0.71	25	17	0.68
อ้อย (Sugarcane)	0.3	0.71	25	17	0.68
ข้าวสาลี (Wheat)	1.75	0.83	25	17	0.86

ตาราง 14 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากการรวบรวมโดย Thongchai Kanabkaew และคณะ [9]

พารามิเตอร์	ชนิดพืช							
	ข้าว	ข้าวโพดและข้าวฟ่าง	ถั่วเหลือง	มันฝรั่ง	ปอและฝ้าย	ถั่วลิสงและถั่วเขียว	อ้อย	พืชที่เป็นหัว
อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช (N)	1.19	0.19	1.5	0.5	3.0	1.5	0.24	0.12
สัดส่วนน้ำหนักแห้งของพืช(D)	0.85	0.4	0.71	0.45	0.8	0.8	0.71	0.71
สัดส่วนของพืชแห้งที่มีการเผา(B)	0.90; 0.48[n]	0.61	0.76	1.00	1.00	1.00	0.55	0.41
สัดส่วนประสิทธิภาพการเผาไหม้ของพืชแต่ละชนิด (η)	0.89	0.92	0.68	0.9	0.9	0.9	0.68	0.68

ตาราง 15 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาชีวมวล รวบรวมจาก Savitri Garivait และคณะ [8]

พารามิเตอร์	ป่าเขตร้อน	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
จำนวนชีวมวลที่ถูกเผาในประเทศไทย (Tg)	36	8
ช่วงชีวมวลที่โหลดเข้า (tons/km^2)	5,000–55,000	500–10,000
ประสิทธิภาพการเผา	0.6	0.4
จำนวนการปล่อยคาร์บอนในบรรยากาศ	0.45	0.45
ประสิทธิภาพการสันดาป	0.93	0.94

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งและศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยาโดยมีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีในการพัฒนาฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากการเผา และรวมถึงทบทวนหาค่าปัจจัยการระบาย (Emission Factors) ที่เหมาะสม

2. รวบรวมข้อมูล

2.1 รวบรวมข้อมูลรายละเอียดการเผา (ตำแหน่ง, พื้นที่, เวลา, ชนิดพืช ฯ) สำหรับใช้ในการคำนวณการระบายซึ่งจะใช้ข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) จากดาวเทียมในระบบ MODIS ของดาวเทียม Terra และ Aqua จาก MODIS Activities in Geoinformatics Center, AIT **[25]** โดยเลือกข้อมูลปี พ.ศ. 2553 Fire Confidence มากกว่า 70%

เมื่อได้ข้อมูลจุดความร้อนแล้วนำข้อมูลจุดความร้อนมาซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ของจังหวัดพะเยา (Land use) จากกรมพัฒนาที่ดิน **[26]** ในโปรแกรม GIS เพื่อทราบชนิดพืชที่ถูกเผา

2.2 ข้อมูลขยะ เป็นข้อมูลจากการรวบรวมจากเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดพะเยา และจากการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

3. จัดทำ emission inventories ของการเผาไหม้ในที่โล่ง เพื่อใช้ในการประเมินการปล่อยมลพิษแบบขนาดพื้นที่โดยใช้สมการของ Giglio และคณะ ปี พ.ศ. 2549 **[19]** คือ

$$E = M \times EF$$

โดย E = มลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผา (g)

M = มวลแห้งที่ถูกเผา (kg)

EF = ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission Factor) ($g/kg_{\text{dry mass}}$)

หา M หรือมวลที่ถูกเผาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ มวลของพื้นที่ป่า และในพื้นที่เกษตร ซึ่งใช้สมการของ Streets และคณะ ปี พ.ศ. 2546 **[20]** คือ

มวลของพื้นที่ป่า จะใช้สมการ

$$M = A \times B \times C$$

โดย M = ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา (kg)

A = พื้นที่ที่ถูกเผา (km^2)

B = ความหนาแน่นของชีวมวล ($kg_{dm\ biomass}/km^2$)

C = ประสิทธิภาพของการเผาไหม้

มวลของพื้นที่เกษตร จะใช้สมการ

$$R = P \times N \times D \times B \times F$$

โดย R = มวลรวมของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (kg)

P = ผลผลิตพืช(kg)

N = อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช

D = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของพืช

B = สัดส่วนของพืชแห้งที่มีการเผา

F = สัดส่วนประสิทธิภาพการเผาไหม้ของพืชแต่ละชนิด

3.1 ค่าปัจจัยการระบาย (Emission factor) และพารามิเตอร์

ค่าปัจจัยการระบายจากการเผาป่าไม้ จะใช้ค่าปัจจัยการระบายของ Andreae และ Merlet ปี พ.ศ. 2544 **[22]**, S. K. Akagi และคณะ ปี พ.ศ. 2554 **[27]** และ Dennis และคณะ ปี พ.ศ. 2545 **[17]** ซึ่งรวบรวมไว้ดังตาราง 16 ส่วนค่าปัจจัยการระบายจากการเผาไหม้เศษเหลือทิ้งทางเกษตร จะใช้ค่าปัจจัยการระบายของ Thongchai Kanabkaew และคณะ ปี พ.ศ. 2553 **[9]**, Air Science INC ปี พ.ศ. 2553 **[28]** และ Andreae และ Merlet ปี พ.ศ. 2544 **[22]** ซึ่งรวบรวมไว้ดังตาราง 16 และค่าปัจจัยการระบายจากการเผาขยะจะใช้ค่าปัจจัยการระบายของ U.S.EPA–AP–42.ปี พ.ศ. 2536 **[29]** ดังตาราง 17

ตาราง 16 ค่าปัจจัยการระบายจากการเผาในที่โล่งของการเผาป่าและการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิด	SO_2	NO_x	CO_2	CO	NMVOC	CH_4	$PM_{2.5}$	PM_{10}	BC	OC	NH_3
ป่าไม้											
Tropical Forest	0.57[a]	1.60[a]	1,580[a]	104[a]	19.32[b]	6.8 [a]	9.1[a]	18.5[c]	0.66 [a]	5.2 [a]	1.3
Grassland	0.35[a]	3.90[a]	1,613[a]	65 [a]	9.73[b]	2.3 [a]	5.4 [a]	17.6[d]	0.48 [a]	3.4 [a]	0.6
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร											
ข้าว	0.18[e]	2.28[e]	1,177[e]	93[e]	7.0[e]	9.59[e]	8.3[e]	9.1[e]	0.69[a]	2.99[e]	4.1[c]
ข้าวโพดและข้าวฟ่าง	0.44[e]	2.28[e]	2,327[e]	114.7[e]	10[e]	4.4[e]	4.1[e]	4.3[e]	0.69[a]	2.25[e]	0.68[c]
อ้อย	0.216[e]	2.6[e]	1,130[e]	34.7[e]	2.2[e]	0.4[e]	3.8[e]	4.0[e]	0.69[a]	3.3[e]	1.0[c]
มันฝรั่ง	0.33[f]	2.45[f]	1,130[f]	61.99[f]	7.0[a]	4.39[f]	8.27[f]	8.65[f]	0.69[a]	3.72[f]	–
ถั่วเหลือง	0.33[f]	2.45[f]	1,130[f]	61.99[f]	7.0[a]	4.39[f]	8.27[f]	8.65[f]	0.69[a]	3.72[f]	–
พืชชนิดอื่น	0.216[e]	0.70[e]	1,130[e]	86.3[e]	7.0[e]	4.56[e]	3.9[e]	8.05[e]	0.69[a]	0.7[e]	1.3[a]

ที่มา: [a]Andreae and Merlet (2001), [b]Streets et al. (2003), [c]S. K. Akagi et al. (2011), [d]Dennis et al. (2002), [e]Thongchai, Kanabkaew et al.(2010),

[f]Air Science INC. (2010)

ตาราง 17 ค่าปัจจัยการระบายจากการเผาในที่โล่งของขยะชุมชน

ชนิด	PM	SO_2	CO	TOC		NO_x
				CH_4	NMVOC	
ขยะชุมชน	8	0.5	42	6.5	15	3

ที่มา: U.S.EPA–AP–42.(1992)

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศ สำหรับพารามิเตอร์ของการเผาป่าไม้ จะใช้ค่าพารามิเตอร์จาก Michel และคณะ ปี พ.ศ. 2548 **[24]** และ Savitri Garivait และคณะ ปี พ.ศ. 2551 **[8]** ดังตาราง 18 ส่วนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จะใช้ค่าพารามิเตอร์จาก Thongchai Kanabkaew. และคณะ ปี พ.ศ. 2553 **[9]** ดังตาราง 19

ตาราง 18 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษของการเผาในที่โล่งของป่าไม้

Vegetation Class	Biomass Density(g/m2) (B)	Burning efficiency (C)
Tropical forest	23,350[a]	0.25[a]
Grassland	1,250[a]	0.95[a]
Crop Residues	5.25[b]	0.4[b]

ที่มา: [a]Michel et al. (2005) และ [b]Savitri Garivait et al. (2008)

ตาราง 19 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษของการเผาในที่โล่งของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

พารามิเตอร์	ข้าว	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	มันสำปะหลัง
Residue to crop ratio (N)	1.19	0.19	1.5	1.5	0.12
Dry matter–to–crop residue ratio (D)	0.85	0.4	0.71	0.8	0.71
Fraction burned in field (B)	0.90	0.61	0.76	1.00	0.41
Burn efficiency ratio (F)	0.89	0.92	0.68	0.9	0.68

ที่มา: [a]Thongchai Kanabkaew et al. (2010)

4. ตรวจสอบคุณภาพในการจัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษ โดย

– การเผาไฟป่า นำข้อมูลที่ได้จากจุดความร้อนเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติการเกิดไฟป่าในจังหวัดพะเยา ปี 2553 จากส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธ์พืช [30]

– การเผาไหม้ทางการเกษตร นำข้อมูลที่ได้จากจุดความร้อนเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ จากสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา [31]

5. จัดทำฐานข้อมูลการระบายมลพิษอยู่ในรูปแบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์อยู่ในรูปแบบกริดความละเอียด 1 ก.ม.

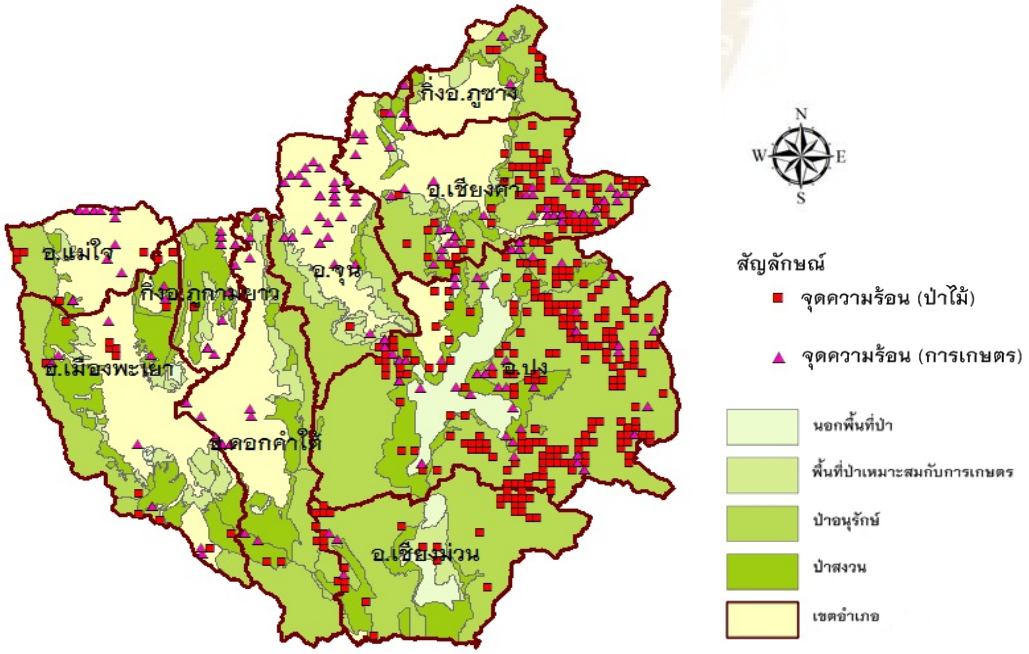
6. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

บทที่ 4

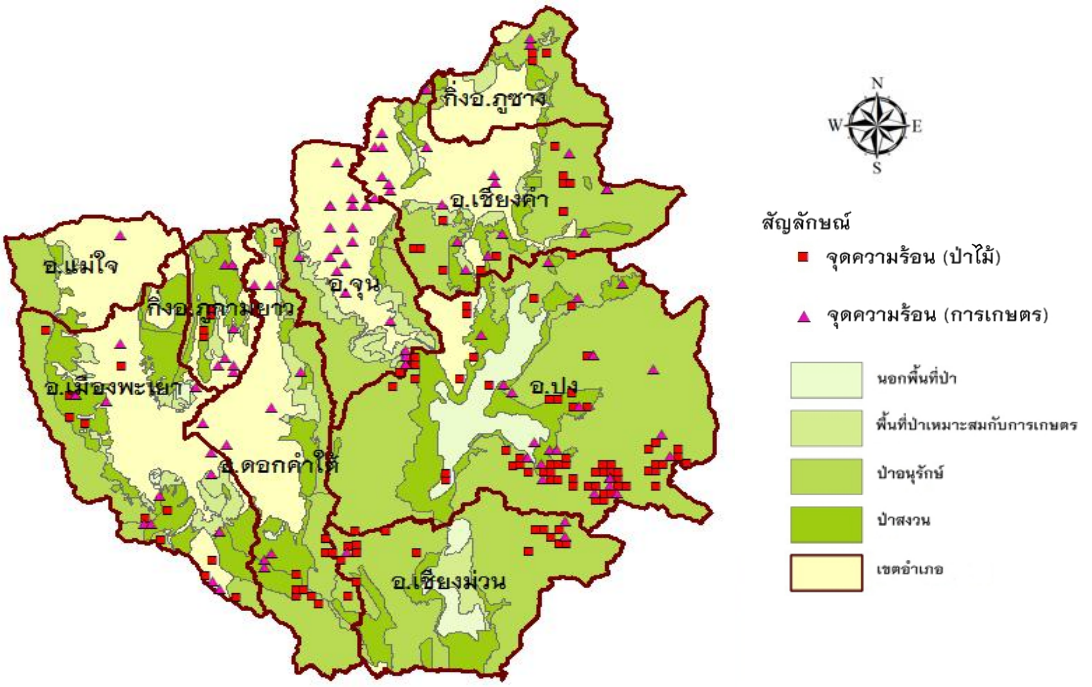
ผลและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ลักษณะไฟไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยาจากข้อมูลจุดความร้อน

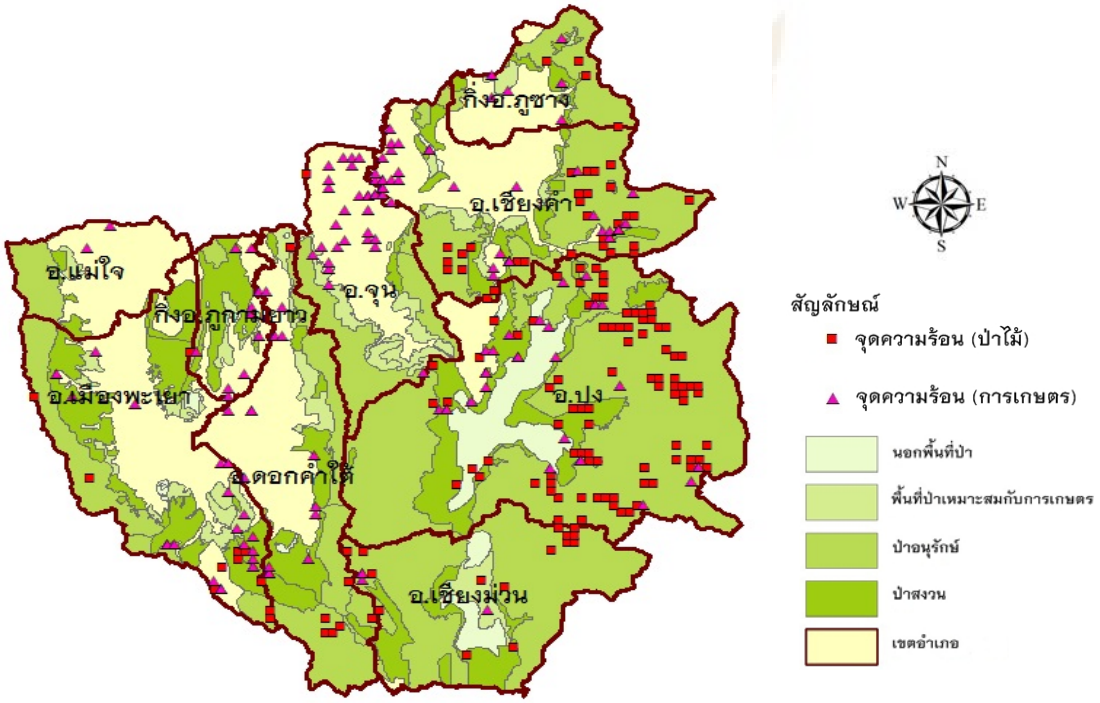
การศึกษาลักษณะโดยทั่วไปของไฟไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยาจากการวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนปี พ.ศ. 2550-2553 การศึกษาปริมาณไฟไหม้ในที่โล่งในแต่ละพื้นที่วิเคราะห์จากแผนภาพจุดความร้อนในปี พ.ศ. 2550-2553 ซึ่งแสดงในภาพ 2-5 จุดสี่เหลี่ยมสีแดง แสดงจุดความร้อนจากการเผาป่าไม้ จุดสามเหลี่ยมสีชมพูแสดงจุดความร้อนจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเราได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 โซน คือ นอกพื้นที่ป่า แสดงเป็นพื้นสีเหลืองและสีเขียวอ่อนสุด พื้นที่เหมาะสมกับการเกษตร แสดงเป็นสีเขียวเข้มลำดับที่สอง พื้นที่ป่าอนุรักษ์แสดงเป็นสีเขียวเข้มอันดับที่สาม และพื้นที่ป่าสงวน แสดงเป็นสีเขียวเข้มสุด จากการวิเคราะห์พบจำนวนจุดความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี อย่างไรก็ดีจากการวิเคราะห์ข้อมูลแผนภาพจุดความร้อนทั้งสี่ปีพบลักษณะโดยทั่วไปของข้อมูลจุดความร้อนในจังหวัดพะเยาซึ่งพบจุดความร้อนทั่วทั้งจังหวัด โดยส่วนใหญ่พบอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดพะเยาในเขตอำเภอปง เชียงคำ และทางทิศเหนือของจังหวัดในเขตอำเภอจุน



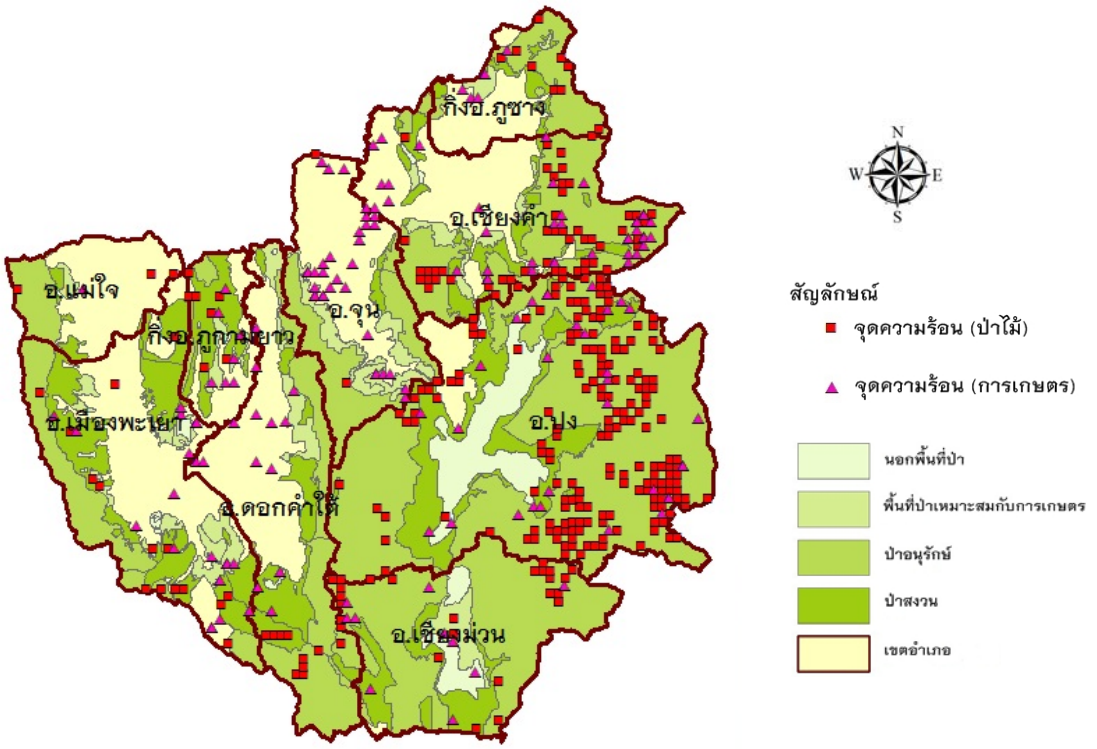
ภาพ 2 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2550 ของจังหวัดพะเยา



ภาพ 3 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2551 ของจังหวัดพะเยา



ภาพ 4 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2552 ของจังหวัดพะเยา



ภาพ 5 จุดความร้อนในปี พ.ศ. 2553 ของจังหวัดพะเยา

จากการวิเคราะห์จำนวนจุดความร้อนรายปีดังแสดงสถิติในตาราง 20 พบว่า จำนวนจุดความร้อนรวมรายปีของจังหวัดพะเยามีการเปลี่ยนแปลงพอสมควรโดยปีที่มีปริมาณจุดความร้อนสูงสุดในปี พ.ศ. 2550 มีจุดความร้อนทั้งหมด 746 จุด ในขณะที่จำนวนจุดความร้อนน้อยที่สุดพบในปี พ.ศ. 2551 มีจุดความร้อนทั้งหมด 243 จุด ซึ่งมีความแตกต่างกันมากกว่าสองเท่า และในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 ซึ่งพบจุดความร้อนทั้งหมด 346 จุด และ 553 จุด ตามลำดับ นอกจากนี้ได้พิจารณาจำแนกจุดความร้อนตามพื้นที่ป่าดังแสดงในตาราง 21 จากข้อมูลพบว่าจุดความร้อนส่วนใหญ่พบในพื้นที่ป่าอนุรักษ์โดยข้อมูลจุดความร้อนรวมสี่ปีพบ 1,160 จุด คิดเป็น 61%ของจำนวนจุดความร้อนทั้งหมด และในช่วงสี่ปีนี้พบจุดความร้อนในพื้นที่ป่าสงวน พื้นที่ป่าที่เหมาะสมสำหรับทำการเกษตร และพื้นที่นอกพื้นที่ป่า จำนวน 276, 60 และ 392 จุด ตามลำดับ

ตาราง 20 จำนวนจุดความร้อนรายปี ของจังหวัดพะเยา แบ่งตามพื้นที่ป่า

ปี พ.ศ.	จำนวนจุดความร้อน	ป่าอนุรักษ์	ป่าสงวน	พื้นที่ป่าเหมาะสมกับการเกษตร	นอกพื้นที่ป่า
2550	746	486 (65%)	103 (14%)	19 (3%)	138 (18%)
2551	243	128 (53%)	41 (17%)	11 (5%)	63 (26%)
2552	346	175 (51%)	63 (18%)	12 (3%)	96 (28%)
2553	553	371 (67%)	69 (12%)	18 (3%)	95 (17%)
รวม	1,888	1,160 (61%)	276 (15%)	60 (3%)	392 (21%)

จากการพิจารณาจำนวนจุดความร้อนรายอำเภอ พบว่าในทุกปีจำนวนจุดความร้อนที่พบมากอยู่ในอำเภอปง โดยจำนวนจุดความร้อนรวมสี่ปีพบ 870 จุด คิดเป็น 46% รองลงมาคืออำเภอเชียงคำ พบจำนวนจุดความร้อนรวมสี่ปีพบ 392 จุด คิดเป็น 21% ส่วนสถิติจำนวนจุดความร้อนในอำเภออื่น ๆ มีค่าดังตาราง 21 และจำนวนจุดความร้อนในแต่ละอำเภอแยกตามประเภทชีวมวลที่ถูกเผามีค่าดังตาราง 22 สำหรับจำนวนจุดความร้อนในรายตำบลของจังหวัดพะเยาแสดงข้อมูลในตาราง 23 จากการวิเคราะห์พบจำนวนจุดความร้อนมีมากอย่างชัดเจนในบางตำบล โดยพบจำนวนจุดความร้อนปริมาณสูงสุด 5 ลำดับแรกได้แก่ตำบลผาช้างน้อย ขุนควร แม่ลาว ร่มเย็น และตำบลสระ พบจำนวนจุดความร้อนรวมสี่ปีเท่ากับ 380 (20%), 309 (16%), 134 (7%), 117 (6%) และ 108 (6%) ตามลำดับ

ตาราง 21 จำนวนจุดความร้อนรายปี แบ่งตามอำเภอ ของจังหวัดพะเยา

อำเภอ	ปี พ.ศ. 2550	2551	2552	2553	รวม
อ.ภูกามยาว	16	13	9	15	53 (3%)
อ.ภูซาง	11	5	9	14	39 (2%)
อ.จุน	48	22	33	37	140 (7%)
อ.เชียงคำ	166	35	76	115	392 (21%)
อ.เชียงม่วน	41	22	23	41	127 (7%)
อ.ดอกคำใต้	22	22	28	25	97 (5%)
อ.ปง	380	96	134	260	870 (46%)
อ.เมืองพะเยา	37	27	32	40	136 (7%)
อ.แม่ใจ	25	1	2	6	34 (2%)

ตาราง 22 จำนวนจุดความร้อนรายปี แบ่งตามอำเภอ ของจังหวัดพะเยา ตามประเภทชีวมวลที่ถูกเผา

อำเภอ	ปี พ.ศ.								
	2550		2551		2552		2553		
	เกษตร	ป่าไม้	เกษตร	ป่าไม้	เกษตร	ป่าไม้	เกษตร	ป่าไม้	รวม
ปง	65	315	24	72	31	103	35	225	870
เชียงคำ	68	98	20	15	37	39	45	70	392
จุน	39	9	20	2	28	5	30	7	140
เมือง	15	22	14	13	20	12	22	18	136
เชียงม่วน	3	38	3	19	5	18	10	31	127
ดอกคำใต้	13	9	10	12	18	10	12	13	97
ภูซาง	3	8	2	3	6	3	5	9	39
แม่ใจ	13	12	1	0	2	0	2	4	34
ภูกามยาว	13	3	8	5	9	0	8	7	53

ตาราง 23 จุดความร้อนรายปี แบ่งตามตำบล ของจังหวัดพะเยา

		ปี พ.ศ.				
ตำบล	อำเภอ	2550	2551	2552	2553	รวม
ต.ดงเจน	อ.ภูกามยาว	6	5	3	6	20 (1.1%)
ต.แม่อิง		1	6	1		8 (0.4%)
ต.ห้วยแก้ว		9	2	5	9	25 (1.3%)
ต.ทุ่งกล้วย	อ.ภูซาง	6		4	5	15 (0.8%)
ต.ภูซาง		4	5	2	6	17 (0.9%)
ต.สบบง		1				1 (0.1%)
ต.เชียงแรง				3	3	6 (0.3%)
ต.จุน	อ.จุน	2			3	5 (0.3%)
ต.ทุ่งรวงทอง		14	5	12	5	36 (1.9%)
ต.พระธาตุขิงแกง		8	7	1	7	23 (1.2%)
ต.ลอ		7	4	9	6	26 (1.4%)
ต.หงส์หิน		10	1	9	6	26 (1.4%)
ต.ห้วยยางขาม		7	2		4	13 (0.7%)
ต.ห้วยข้าวก่ำ			3	2	6	11 (0.6%)

ตาราง 23 จุดความร้อนรายปี แบ่งตามตำบล ของจังหวัดพะเยา (ต่อ)

ตำบล	อำเภอ	ปี พ.ศ. 2550	2551	2552	2553	รวม
ต.เชียงบาน	อ.เชียงคำ	5	1		2	8 (0.4%)
ต.ทุ่งผาสุข		1				1 (0.1%)
ต.น้ำแวน		5	7	10	6	28 (1.5%)
ต.ฝายกวาง		20	9	18	25	72 (3.8%)
ต.แม่ลาว		64	4	20	46	134 (7.1%)
ต.ร่มเย็น		64	7	17	29	117 (6.2%)
ต.อ่างทอง		7	5	10	7	29 (1.5%)
ต.เจดีย์คำ			1			1 (0.1%)
ต.เวียง			1	1		2 (0.1%)
ต.เชียงม่วน	อ.เชียงม่วน	2		2	5	9 (0.5%)
ต.บ้านมาง		5		2	3	10 (0.5%)
ต.สระ		34	22	19	33	108 (5.7%)
ต.คือเวียง	อ.ดอกคำใต้	4		1		5 (0.3%)
ต.ดอกคำใต้		2	2	1	2	7 (0.4%)
ต.ดอนศรีชุม		2			2	4 (0.2%)
ต.บ้านปิน		2	3	4	5	14 (0.7%)
ต.ป่าซาง		1	1	4		6 (0.3%)
ต.ห้วยลาน		4	4	5	1	14 (0.7%)
ต.หนองหล่ม		7	10	7	9	33 (1.7%)
ต.ดงสุวรรณ			1		1	2 (0.1%)
ต.สันโค้ง			1		3	4 (0.2%)
ต.บ้านถ้ำ				3		3 (0.2%)
ต.สว่างอารมณ์				3	2	5 (0.3%)
ต.ขุนควร	อ.ปง	112	61	44	92	309 (16.4%)
ต.ควร		15	1	1	2	19 (1.0%)
ต.งิม		24	2	10	8	44 (2.3%)
ต.นาปรัง		25	4	7	10	46 (2.4%)
ต.ปง		12	4	5	9	30 (1.6%)
ต.ผาช้างน้อย		170	17	60	133	380 (20.1%)
ต.ออย		22	7	7	6	42 (2.2%)

ตาราง 23 จุดความร้อนรายปี แบ่งตามตำบล ของจังหวัดพะเยา (ต่อ)

ตำบล	อำเภอ	ปี พ.ศ. 2550	2551	2552	2553	รวม
ต.จำป่าหวาย	อ.เมืองพะเยา	2	2	12	7	23 (1.2%)
ต.ท่าจำปี		5	1		1	7 (0.4%)
ต.บ้านต๋อม		1	1	1		3 (0.2%)
ต.บ้านต๊ำ		6	3	4	4	17 (0.9%)
ต.บ้านใหม่		2	2	1	1	6 (0.3%)
ต.แม่กา		9	11	12	16	48 (2.5%)
ต.แม่ต๋ำ		1	1			2 (0.1%)
ต.แม่นาเรือ		2	2	1	2	7 (0.4%)
ต.แม่ปืม		9		1	1	11 (0.6%)
ต.ท่าวังทอง			2		6	8 (0.4%)
ต.สันป่าม่วง			2			2 (0.1%)
ต.บ้านตุ่น					2	2 (0.1%)
ต.บ้านเหล่า	อ.แม่ใจ	5	1		2	8 (0.4%)
ต.ป่าแฝก		8		1	1	10 (0.5%)
ต.แม่สุก		5				5 (0.3%)
ต.ศรีถ้อย		7			3	10 (0.5%)
ต.เจริญราษฎร์				1		1 (0.1%)

การศึกษาปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา และการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่ง ศึกษาข้อมูลปี พ.ศ. 2553

ข้อมูลปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา

ชีวมวลที่ถูกเผามีแหล่งกำเนิดหลัก 3 แหล่ง ได้แก่ ไฟไหม้ป่า ไฟไหม้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการเผาขยะ การศึกษานี้ได้ศึกษาครอบคลุมแหล่งกำเนิดดังกล่าว ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่า

พื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลอยู่ 2 แหล่งด้วยกัน คือ ข้อมูลจากการประมาณการณ์จากจุดความร้อน (Hotspot) และข้อมูลสถิติไฟป่าจากส่วนควบคุมไฟป่า พื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยาแสดงดังตาราง 24 ข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่า

จากการประมาณการณ์ด้วยจุดความร้อน พบพื้นที่เสี่ยงต่อไฟไหม้จังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่เท่ากับ 526 ตร.กม. พื้นที่ที่มีการเผามากที่สุดคือ อำเภอปง มีพื้นที่เท่ากับ 259 ตร.กม. รองลงมาคือ เชียงคำ, เชียงม่วน, เมือง, ดอกคำใต้, จุน, ภูซาง, ภูกามยาว และแม่ใจ ตามลำดับ ข้อมูลจากสถิติการเกิดไฟป่าจังหวัดพะเยา จากส่วนงานควบคุมไฟป่า พื้นที่ป่าที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่เท่ากับ 0.86 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่มีการเผามากที่สุดคือ อำเภอเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 0.47 ตารางกิโลเมตร รองลงมาคือ ภูกามยาว, ดอกคำใต้, แม่ใจ และจุน ตามลำดับ

ตาราง 24 พื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยาจากข้อมูลสถิติไฟป่า ปี พ.ศ. 2553 ของส่วนงานควบคุมไฟป่า และข้อมูลพื้นที่เสี่ยงต่อไฟไหม้ในพื้นที่ป่าจากการประมาณจากข้อมูลจุด Hotspot ปี พ.ศ. 2553

อำเภอ	ข้อมูลจากจุด Hotspot (ตร.กม.)	ข้อมูลสถิติไฟป่า (ตร.กม.)
ปง	259	0
เชียงคำ	111	0
เชียงม่วน	42	0
เมือง	33	0.47
ดอกคำใต้	26	0.08
จุน	20	0.04
ภูซาง	16	0
ภูกามยาว	14	0.21
แม่ใจ	4	0.06
รวม	**526**	**0.86**

จากการนำข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันพบว่าพื้นที่ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าจากข้อมูลจุด Hotspot จะมีปริมาณพื้นที่มากกว่าข้อมูลสถิติการเกิดไฟป่ามาก และมีพื้นที่บางพื้นที่ที่ข้อมูลดาวเทียมตรวจพบจุด Hotspot แต่ไม่มีการรายงานการเกิดไฟจากสถิติไฟป่า เนื่องจาก ข้อมูลจากดาวเทียมตรวจวัดครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในจังหวัดพะเยา แม้จะเป็นพื้นที่ที่เจ้าหน้าที่เข้าไม่ถึง และไม่มีผู้คนพบเห็นการเกิดไฟ ส่วนข้อมูลจากสถิติการเกิดไฟป่าเป็นข้อมูลเฉพาะในส่วนที่มีบุคคลพบเห็นและแจ้งให้เจ้าหน้าที่ไปดับไฟเท่านั้น ในส่วนของ

พื้นที่ที่เกิดไฟไหม้ในป่าลึก ซึ่งอาจไม่มีผู้พบเห็นแจ้งเหตุก็จะไม่มีรายงานปรากฏในสถิติไฟป่า จึงทำให้ข้อมูลจากจุด Hotspot สูงกว่าข้อมูลจากสถิติการเกิดไฟป่า ส่วนข้อมูลจากจุด Hotspot แม้จะสามารถตรวจวัดจุดที่เกิดไฟป่าได้ครอบคลุมพื้นที่ก็จริง แต่การประมาณพื้นที่อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เพราะการประมาณพื้นที่จากจุด Hotspot จะประมาณ 1 จุด Hotspot เป็น 1 ตารางกิโลเมตร แต่ในความเป็นจริง พื้นที่ที่ถูกเผาจริงอาจจะไม่ถึง 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งอาจทำให้การประมาณพื้นที่เกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้

2. ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในการศึกษานี้ ได้ใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลจากการประมาณการณ์จากจุดความร้อน (จุด Hotspot) และข้อมูลจากการประมาณด้วยข้อมูลผลผลิตพืชจากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา ซึ่งปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยา แสดงดังตาราง 25 ข้อมูลจากการประมาณการณ์ด้วยข้อมูลจุด Hotspot พบปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณชีวมวล 159,856 ตัน คิดเป็นพื้นที่ 132 ตารางกิโลเมตร แยกตามอำเภอพบว่า อำเภอที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผามากที่สุด คือ อำเภอปง 59,800 ตัน รองลงมาคือ เชียงคำ, เมือง, จุน, เชียงม่วน, ดอกคำใต้, ภูกามยาว, ภูซาง และแม่ใจ ตามลำดับ ข้อมูลปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากการประมาณด้วยข้อมูลผลผลิตพืช ของสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยา 409,320 ตัน แยกตามอำเภอพบว่า อำเภอที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผามากที่สุด คือ อำเภอดอกคำใต้ 85,717 ตัน รองลงมาคือ จุน, เมือง, เชียงคำ, แม่ใจ, ภูกามยาว, ปง, ภูซาง และเชียงม่วน ตามลำดับ จากการนำข้อมูลทั้ง 2 แหล่งมาเปรียบเทียบกัน ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่พบจากข้อมูลจุดHotspotส่วนใหญ่จะมีปริมาณชีวมวลต่ำกว่าข้อมูลการปลูกพืชจากสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา ยกเว้น อำเภอปงและอำเภอเชียงคำ ที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากข้อมูลจุด Hotspot สูงกว่าข้อมูลการปลูกพืชจากสำนักงานเกษตร อาจเนื่องมาจากมีการทำเกษตรในพื้นที่เชิงเขาที่ห่างไกล และไม่ได้ลงทะเบียนการปลูกพืชกับทางอำเภอ จึงทำให้ข้อมูลปริมาณชีวมวลจากสำนักงานเกษตรต่ำกว่าข้อมูลจากจุด Hotspot สำหรับในอำเภออื่นที่ปริมาณชีวมวลจากจุด Hotspot น้อยกว่าข้อมูลจากสำนักงานเกษตร เนื่องจากการคำนวณปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากข้อมูลการปลูกพืช คำนวณจากปริมาณผลผลิตของพืช ในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เกิดขึ้น อาจไม่ได้ถูกเผาทั้งหมด จึงมีค่าสูงกว่าผลจากการคำนวณจากข้อมูลจุด Hotspot ซึ่งคำนวณจากพื้นที่มีมี

การเผาจริงนอกจากนี้เนื่องจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในหลายพื้นที่เผาบริเวณไม่กว้าง ปริมาณความร้อนอาจไม่สูงพอที่ดาวเทียมสามารถตรวจจับได้

ตาราง 25 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา(ตัน)จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการประมาณจากข้อมูลจุด Hotspotและข้อมูลผลผลิตพืชของสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553

อำเภอ	ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ตัน)		
	ข้อมูลจากจุด Hotspot	พื้นที่ที่ถูกเผา (ตร.กม.) ข้อมูลจากจุด Hotspot	ข้อมูลผลผลิตพืช
ดอกคำใต้	7,937	14	85,717
จุน	10,791	15	70,386
เมือง	11,483	11	69,510
ภูกามยาว	4,559	6	45,975
เชียงคำ	52,122	37	45,469
แม่ใจ	1,151	1	38,918
ปง	59,800	38	25,715
ภูซาง	2,103	3	17,643
เชียงม่วน	9,910	9	9,987
รวม	**159,856**	**132**	**409,320**

3. ปริมาณขยะที่ถูกเผา

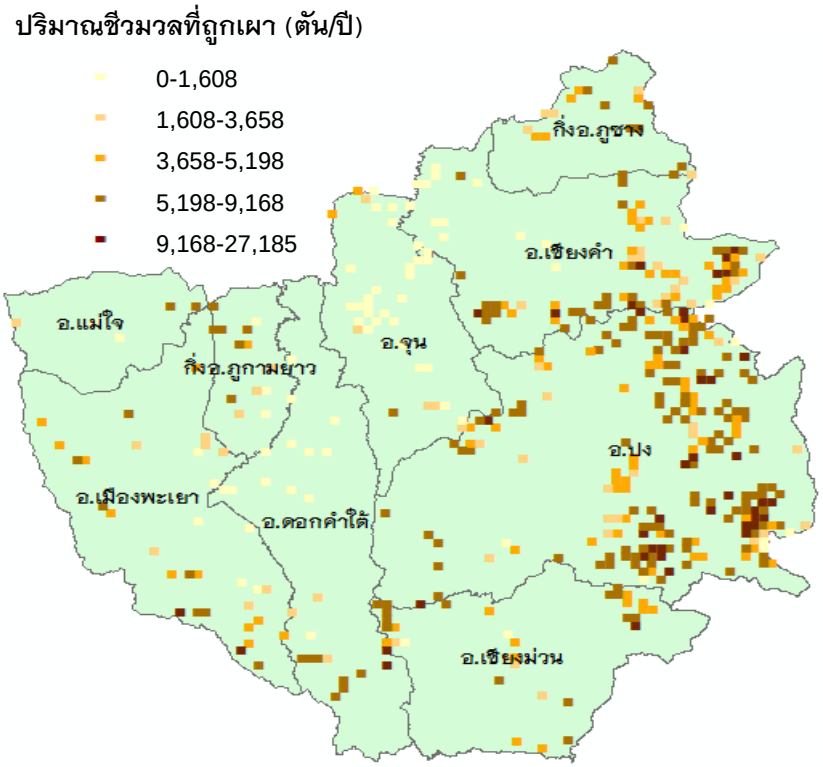
จากการรวบรวมข้อมูลขยะจากแบบสอบถาม ของเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบล ในจังหวัดพะเยา 72 แห่ง พบว่ามีเทศบาลตำบล จำนวน 3 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 7 แห่ง ที่มีการเผาขยะ ดังตาราง 26 ดังนั้น ปริมาณขยะที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 13,140 ตัน ปริมาณขยะดังกล่าวนี้คิดเป็นอัตราร้อยละที่แตกต่างกันตามการจัดเก็บ ในเทศบาลตำบลแม่กา, องค์การบริหารส่วนตำบลออย และองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งกล้วยมีการจัดเก็บขยะ ร้อยละ 100, เทศบาลตำบลรวมใจพัฒนา,องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำแวนและองค์การบริหารส่วนตำบลผาช้างน้อย ทางเทศบาล/อบต.ไม่มีการจัดเก็บขยะ แต่มีการดำเนินการก่อสร้างเตาเผาขยะโดยให้ชุมชนเป็นผู้จัดการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, เทศบาลตำบลท่าวังทอง มีการจัดเก็บขยะเป็น ร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตาราง 26 ปริมาณขยะที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553

ที่	เทศบาลตำบล/อบต.	ปริมาณขยะ (ตัน)/วัน	ปริมาณขยะ (ตัน)/ปี
	เทศบาลตำบล		
1	แม่กา (อำเภอเมือง)	10	3,650
2	ท่าวังทอง (อำเภอเมือง)	10	3,650
3	รวมใจพัฒนา(อำเภอแม่ใจ)	1	365
	องค์การบริหารส่วนตำบล		
1	น้ำแวน (อำเภอเชียงคำ)	0.5	183
2	ผาช้างน้อย (อำเภอปง)	1.2	438
3	แม่อิง (อำเภอภูกามยาว)	1.4	511
4	ป่าซาง (อำเภอดอกคำใต้)	3.9	1,424
5	ดงสุวรรณ(อำเภอดอกคำใต้)	3.5	1,278
6	ออย (อำเภอปง)	2.5	913
7	ทุ่งกล้วย (อำเภอภูซาง)	2	730
	รวม	**36**	**13,142**

4. ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในแต่ละอำเภอ

ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากไฟป่า และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งจากข้อมูลจุดความร้อนในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 ดังภาพ 6 แสดง 1 จุด เทียบเท่าพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร สีเข้มแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่สูง และไล่ตามระดับสี จนถึงสีอ่อนสุดแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่ต่ำ ตามลำดับ และปริมาณชีวมวลจากป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และขยะที่ถูกเผา แยกตามอำเภอ ในจังหวัดพะเยา ดังตาราง 27 จากข้อมูลพบมีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาทุกอำเภอ อำเภอที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผามากที่สุด คือ อำเภอปง 1,350,646 ตัน รองลงมาคือ เชียงคำ,เชียงม่วน, เมือง, ภูซาง, ดอกคำใต้, ภูกามยาว, จุน และแม่ใจ ตามลำดับ



ภาพ 6 แผนภาพชีวมวลที่ถูกเผาในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 (ตัน/ปี)

ตาราง 27 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาแยกตามอำเภอ ในจังหวัดพะเยา

อำเภอ	วัสดุเหลือใช้ทาง ป่าไม้	การเกษตร	ขยะ	รวม
ปง	1,290,845	59,800	1,351	1,351,997
เชียงคำ	433,162	52,122	183	485,467
เชียงม่วน	195,963	9,910	–	205,873
เมือง	120,708	11,483	7,300	139,491
ภูซาง	80,685	2,103	730	83,519
ดอกคำใต้	67,892	7,937	2,702	78,531
ภูกามยาว	52,287	4,559	511	57,356
จุน	30,537	10,791	–	41,329
แม่ใจ	16,462	1,151	365	17,978

5. ชนิดของชีวมวลที่ถูกเผา

ชีวมวลที่ถูกเผารายปีแบ่งตามชนิดของชีวมวล แสดงดังตาราง 28 จากข้อมูลปี พ.ศ. 2553 พบว่า ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายปีจากป่าไม้มีปริมาณมากที่สุดถึง 2,288,541 ตัน วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 159,856 ตัน และขยะ 13,142 ตัน สำหรับปริมาณชีวมวลวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ถูกเผารายปีแสดงในตาราง 29 ซึ่งพบว่าปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายปีมากที่สุด คือ ข้าว มีปริมาณ 32,763 ตัน รองลงมา คือ ข้าวโพด 6,904 ตัน, ฝ้าย 933 ตัน, พืชผัก 895 ตัน, แก้วมังกร 144 ตัน, มันสำปะหลัง133 ตัน, ยาสูบ 49 ตัน, ถั่วเขียว 2 ตัน, อ้อย 2 ตัน และอื่น ๆ 118,031 ตัน

ตาราง 28 ปริมาณชีวมวลรายปีที่ถูกเผาของจังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ.2553 แยกตามประเภทชีวมวล

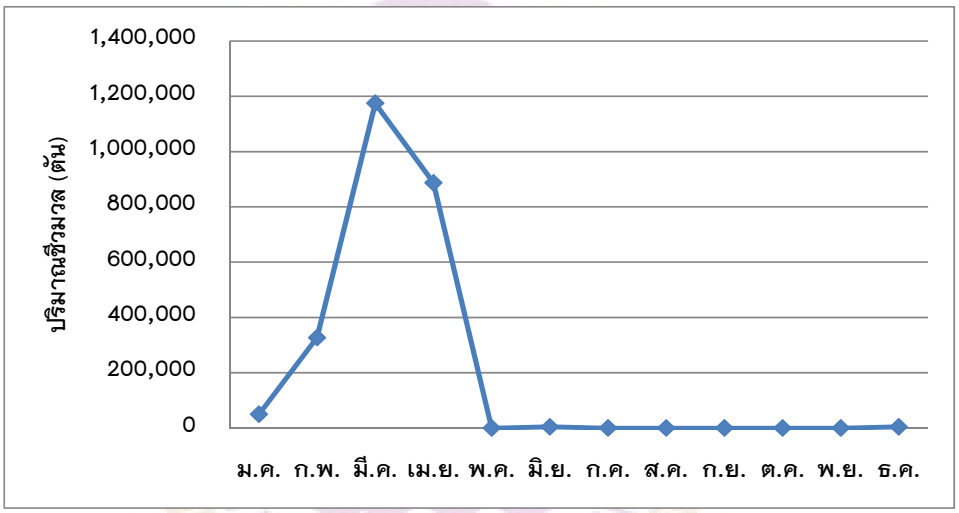
ชนิด	ชีวมวลที่ถูกเผา (ตัน)	สัดส่วน (%)
ป่าไม้	2,288,541	93
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	159,856	6
ขยะ	13,142	1
รวม	**2,461,539**	**100**

ตาราง 29 ปริมาณชีวมวลรายปีที่ถูกเผาของจังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ. 2553 แยก ตามชนิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

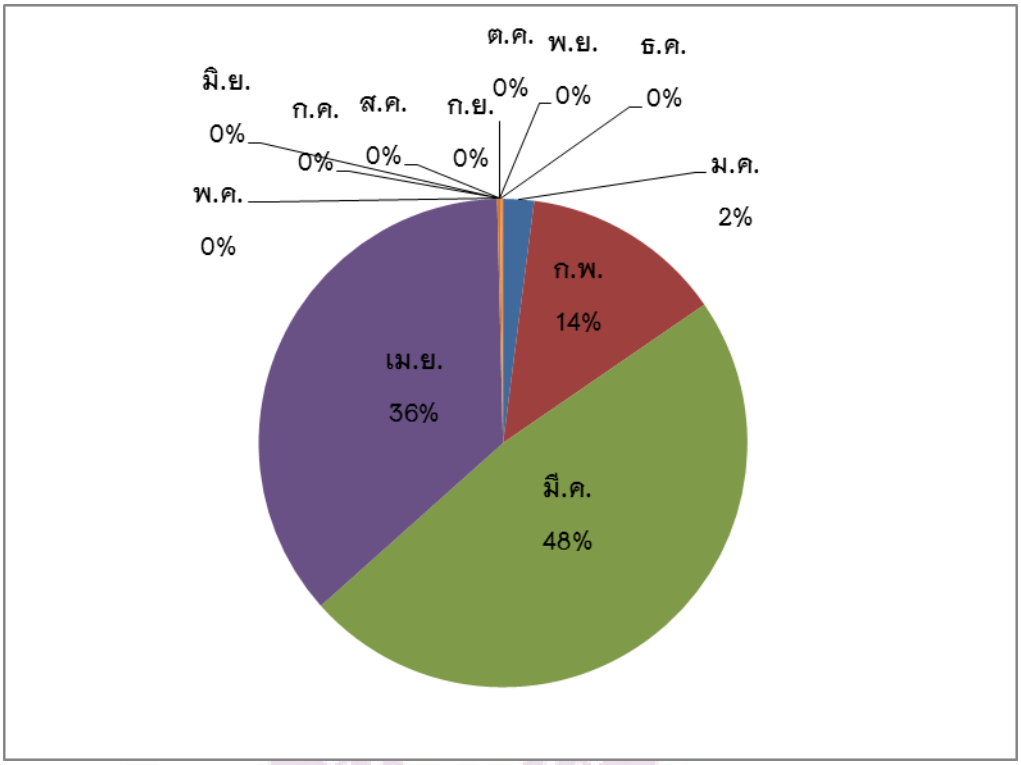
ชนิด	ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา (ตัน)	สัดส่วน (%)
ข้าว	32,763	20
ข้าวโพด	6,904	4
ฝ้าย	933	1
พืชผัก	895	1
แก้วมังกร	144	0
มันสำปะหลัง	133	0
ยาสูบ	49	0
ถั่วเขียว	2	0
อ้อย	2	0
อื่น ๆ	118,031	74
รวม	**159,856**	**100**

6. การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาตามฤดูกาล

ข้อมูลปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือนของจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 จากการประมาณด้วยข้อมูลจุดความร้อน แสดงในภาพ 7 จากข้อมูลจะเห็นว่าชีวมวลส่วนใหญ่จะถูกเผาในช่วงเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน และธันวาคม โดยเป็นช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นสภาพอากาศที่มีโอกาสในการเกิดไฟไหม้ได้ง่าย ซึ่งเดือนมีนาคม จะมีอัตราการเผามากที่สุด และคิดเป็นสัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือน ของจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ.2553 แสดงดังภาพ 8 พบว่า เดือนมีนาคมการเผามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48 รองลงมาคือ เดือนเมษายน ร้อยละ 36 กุมภาพันธ์ ร้อยละ 14 มกราคม ร้อยละ 2 ตามลำดับ



ภาพ 7 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือน ของจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 จากการประมาณการด้วยจุดความร้อน



ภาพ 8 สัดส่วนปริมาณชีวมวลที่ถูกเผารายเดือน ของจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 จากการประมาณการด้วยจุดความร้อน

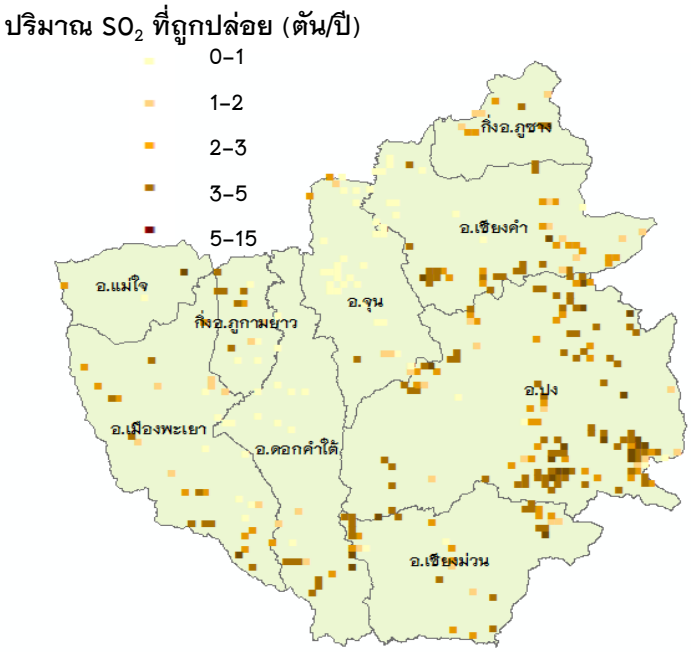
ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาไหม้ในที่โล่ง

ปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 จากการคำนวณด้วยข้อมูลจุดความร้อนแสดงผลดังตาราง 30 ซึ่งพบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาในที่โล่งได้แก่ SO_2 1,343 ตัน/ปี NO_x 3,865 ตัน/ปี CO_2 3,801,622 ตัน/ปี CO 252,328 ตัน/ปี NMVOC 45,459 ตัน/ปี, CH_4 16,533 ตัน/ปี, $PM_{2.5}$ 21,554 ตัน/ปี, PM10 43,577 ตัน/ปี, BC 1,618 ตัน/ปี, OC 12,073 ตัน/ปี และ NH_3 4,086 ตัน/ปี

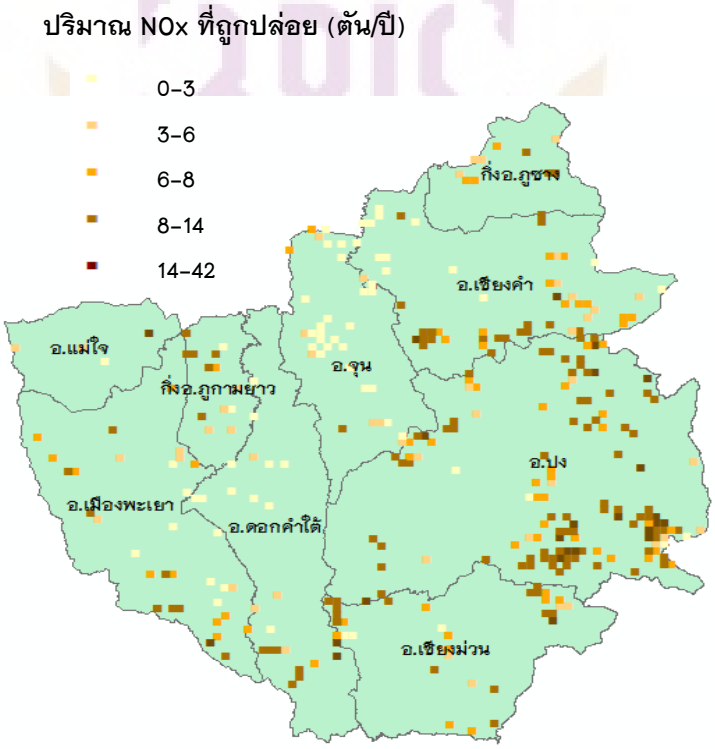
ตาราง 30 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากกิจกรรมการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553

ชนิด	ปริมาณการปล่อย (ตัน)
SO_2	1,336
NO_x	3,827
CO_2	3,801,623
CO	251,776
NMVOC	45,261
CH_4	16,448
$PM_{2.5}$	21,554
PM_{10}	43,578
BC	1,618
OC	12,074
NH_3	4,086

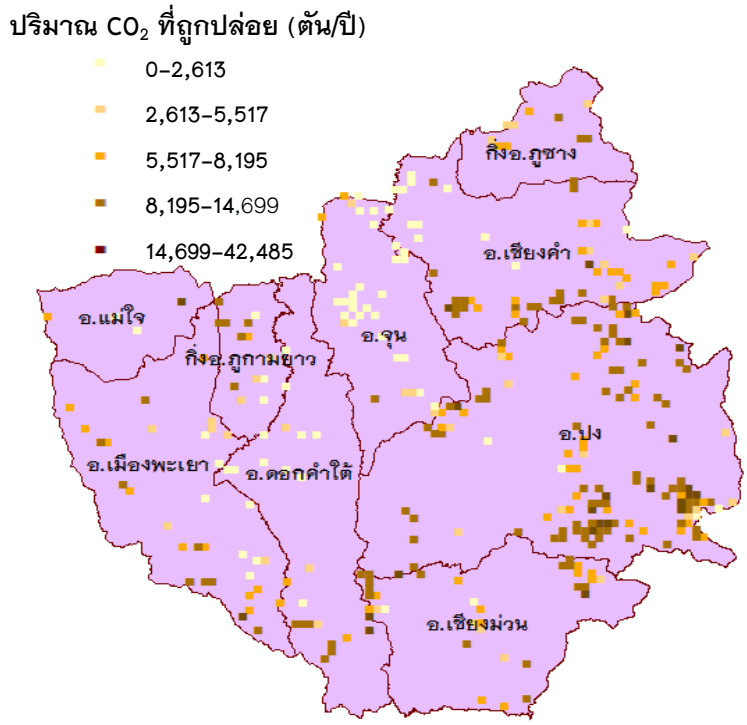
ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 แสดงเป็นแผนภาพปริมาณการปล่อยมลพิษแต่ละชนิด 1 จุด เทียบเท่าพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร สีเข้มแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่สูง และไล่ตามระดับสี จนถึงสีอ่อนสุดแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่ต่ำ ตามลำดับ แสดงดังภาพ 9–19 พบปริมาณการปล่อย SO_2, NO_x, CO_2, CO, CH_4, NMVOC, $PM_{2.5}$, PM_{10}, BC, OC และ NH_3 ส่วนใหญ่มีการปล่อยในอำเภอปงมากที่สุด รองลงมาคือ อ.เชียงคำ, อ.เชียงม่วน, อ.เมือง, อ.ภูซาง, อ.ดอกคำใต้, อ.ภูกามยาว, อ.จุน และอ.แม่ใจ ตามลำดับ



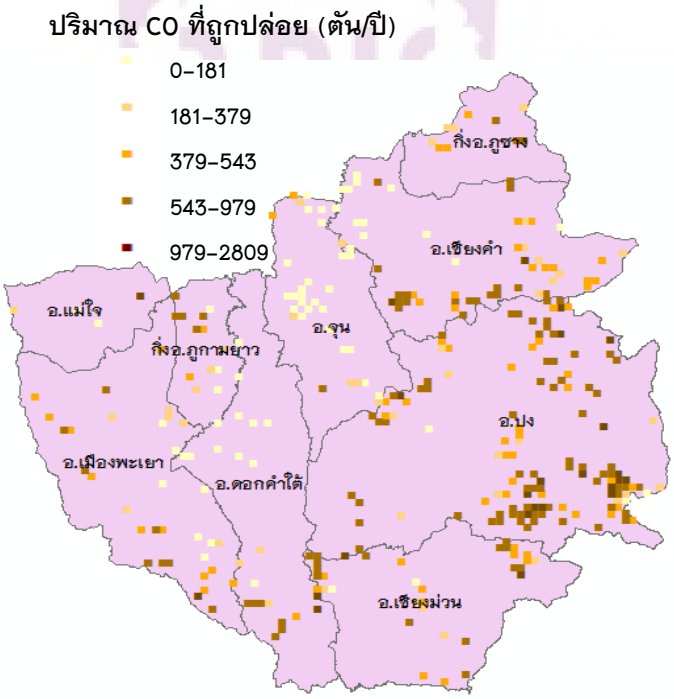
ภาพ 9 แผนภาพการปล่อย SO_2 ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



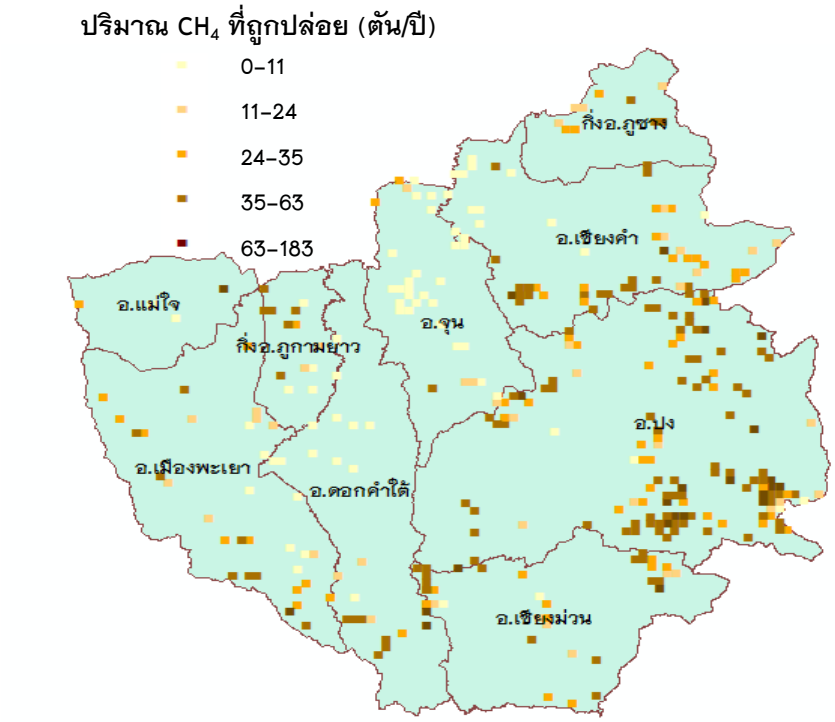
ภาพ 10 แผนภาพการปล่อย NO_x ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



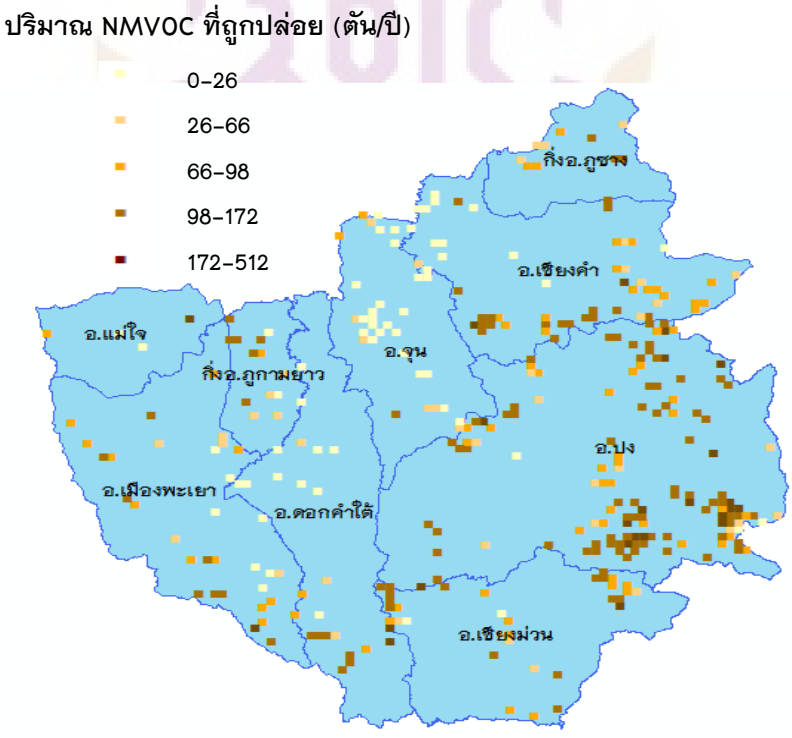
ภาพ 11 แผนภาพการปล่อย CO_2 ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



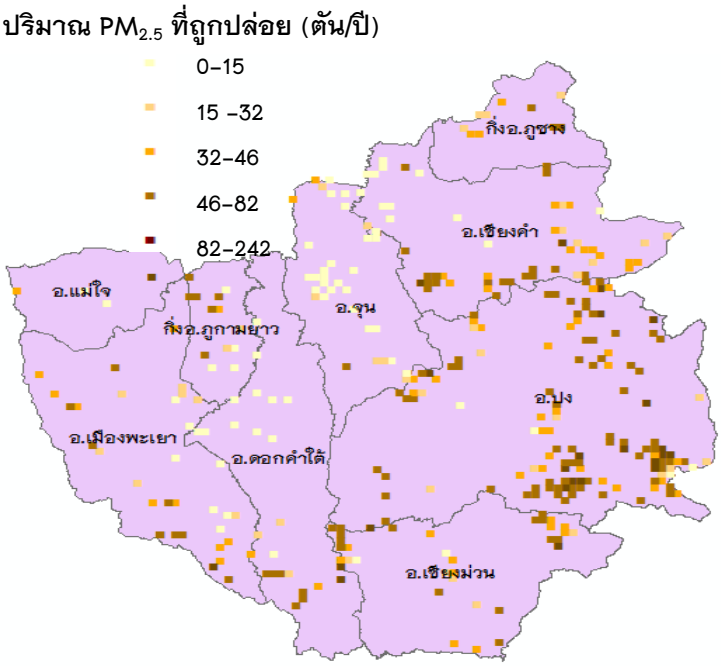
ภาพ 12 แผนภาพการปล่อย CO ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



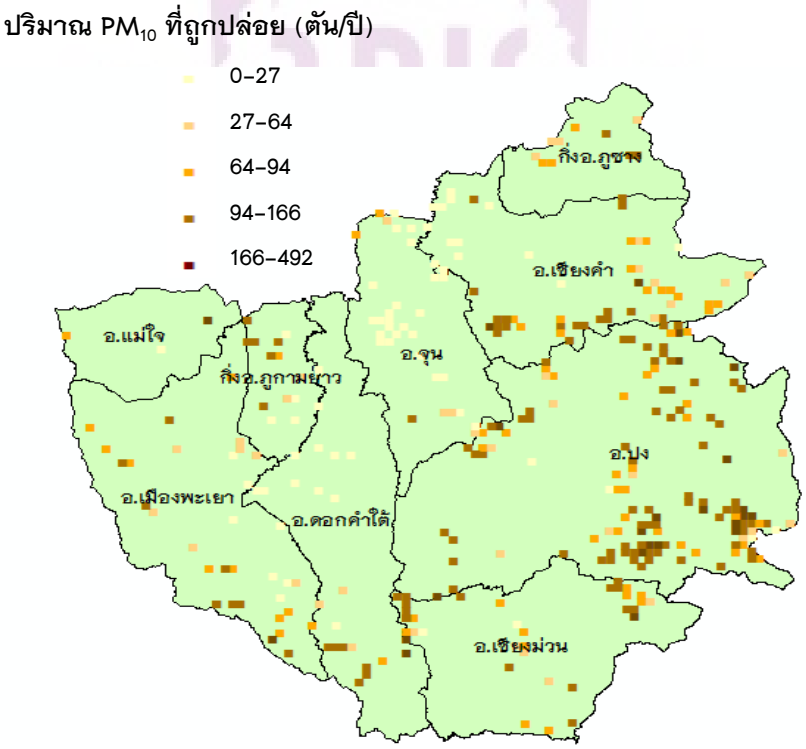
ภาพ 13 แผนภาพการปล่อย CH_4 ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



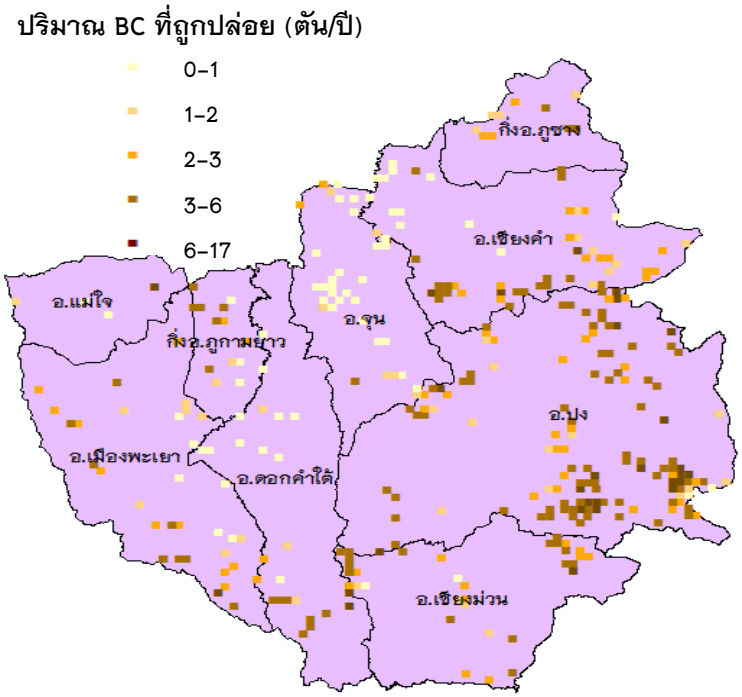
ภาพ 14 แผนภาพการปล่อย NMVOC ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



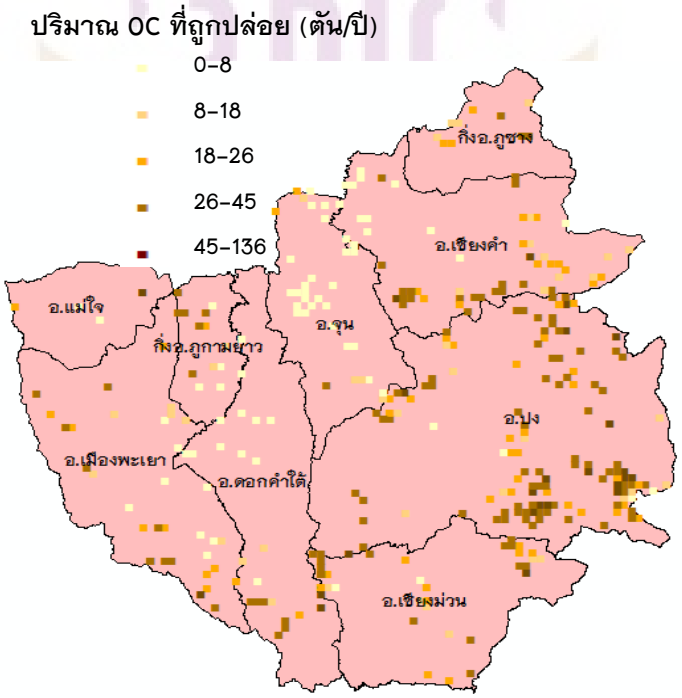
ภาพ 15 แผนภาพการปล่อย $PM_{2.5}$ ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



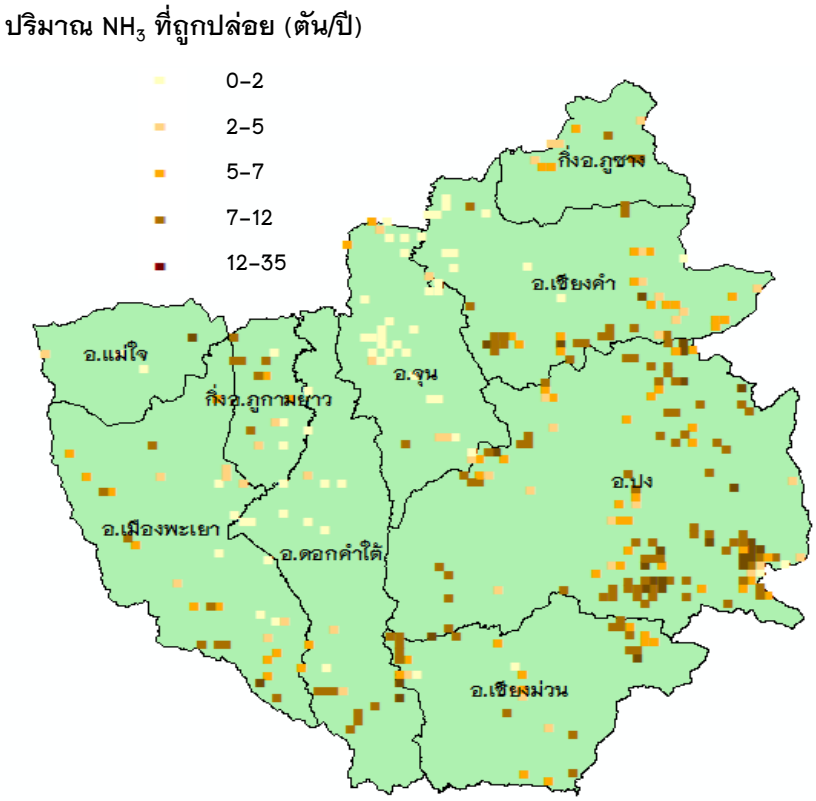
ภาพ 16 แผนภาพการปล่อย PM_{10} ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



ภาพ 17 แผนภาพการปล่อย BC ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



ภาพ 18 แผนภาพการปล่อย OC ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553



ภาพ 19 แผนภาพการปล่อย NH_3 ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553

1. ปริมาณมลพิษแบ่งตามกิจกรรมการเผา

ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาแบ่งตามชนิดของชีวมวล คือ มลพิษจากการเผาป่า มีปริมาณการปล่อยมลพิษ (หน่วยเป็นตัน/ปี) SO_2 1,305, NO_x 3,668, CO_2 3,628,241, CO 239,260, NMVOC 44,216, CH_4 15,649, $PM_{2.5}$ 20,849, PM_{10} 42,373, BC 1,522, OC 11,875, NH_3 3,853 มลพิษจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีปริมาณการปล่อยมลพิษ (หน่วยเป็นตัน/ปี) SO_2 32, NO_x 158, CO_2 173,382, CO 12,516, NMVOC 1,045, CH_4 799, $PM_{2.5}$ 705, PM_{10} 1,205, BC 97, OC 198, NH_3 233 มลพิษจากการเผาขยะ มีปริมาณการปล่อยมลพิษ (หน่วยเป็นตัน/ปี) มีปริมาณ SO_2 6, NOx 40, CO 551, NMVOC 198, CH4 85, PM 104 ตามลำดับ ดังตาราง 31

ตาราง 31 ปริมาณมลพิษจากการเผา ป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และขยะ (ตัน/ปี) ของแต่ละอำเภอ ในปี พ.ศ. 2553

ชนิด	อำเภอ									
	เมือง	เชียงคำ	จุน	ดอกคำใต้	แม่ใจ	ปง	เชียงม่วน	ภูซาง	ภูกามยาว	รวม
ป่าไม้										
SO_2	69	247	17	39	9	736	112	46	30	1,305
NO_x	190	693	49	109	28	2,066	314	126	93	3,668
CO_2	189,251	687,429	48,642	107,280	27,289	2,040,043	309,955	129,518	88,834	3,628,241
CO	12,458	45,050	3,205	7,061	1,719	135,054	20,405	8,393	5,914	239,260
NMVOC	2,296	8,369	592	1,312	316	24,935	3,788	1,559	1,048	44,216
CH_4	812	2,967	209	462	112	8,778	1,334	579	396	15,649
$PM_{2.5}$	1,083	3,942	279	618	150	11,747	1,784	734	512	20,849
PM_{10}	2,199	8,014	568	1,256	306	23,893	3,628	1,493	1,015	42,373
BC	79	286	20	45	11	859	130	53	38	1,522
OC	616	2,229	159	353	84	6,711	1,019	420	284	11,875
NH_3	256	663	80	105	21	1,986	355	205	181	3,853
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร										
SO_2	4	11	2	2	1	9	2	0	1	32
NO_x	17	46	21	16	13	30	8	1	7	158
CO_2	16,669	60,842	12,615	12,994	5,890	45,942	11,869	1,079	5,481	173,382

ตาราง 31 ปริมาณมลพิษจากการเผา ป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และขยะ (ตัน/ปี) ของแต่ละอำเภอ ในปี พ.ศ. 2553 (ต่อ)

ชนิด	อำเภอ									
	เมือง	เชียงคำ	จุน	ดอกคำใต้	แม่ใจ	ปง	เชียงม่วน	ภูซาง	ภูกามยาว	รวม
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร										
CO	1,137	4,582	971	755	276	3,438	860	80	417	12,516
NMVOC	119	369	74	58	36	281	70	6	32	1,045
CH4	81	271	92	70	13	184	49	5	35	799
$PM_{2.5}$	78	231	79	61	21	158	42	5	30	705
PM_{10}	128	422	92	68	60	314	76	7	39	1,205
BC	8	36	7	5	2	27	7	1	3	97
OC	30	54	28	22	12	32	10	1	10	198
NH_3	26	78	24	10	5	61	23	1	6	233
ขยะชุมชน										
SO_2	4	0	–	2	0	0	–	0	0	6
NO_x	22	1	–	8	1	4	–	2	2	40
CO	306	8	–	114	15	56	–	31	21	551
NMVOC	110	3	–	40	5	21	–	11	8	198
CH_4	48	1	–	17	2	9	–	5	3	85
PM	58	1	–	21	3	11	–	6	4	104

การประมาณความคลาดเคลื่อน (Uncertainty)

การทำบัญชีการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งของจังหวัดพะเยา มีความคลาดเคลื่อนหลัก (Uncertainty) อยู่ 2 ประการ คือ

1. ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณพื้นที่ที่ถูกเผา

เนื่องจากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลดาวเทียมในการประมาณพื้นที่ที่ถูกเผา ในการศึกษานี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS ซึ่งข้อมูลของระบบดาวเทียมนี้ มีความละเอียด (resolution) ในการตรวจจับไฟที่กริด 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ ในขณะที่การเผาที่เกิดขึ้นจริง อาจมีเนื้อที่ไม่ถึง 1 ตารางกิโลเมตร แต่ความร้อนถึงจุดที่ดาวเทียมสามารถตรวจจับได้ว่ามีการเกิดไฟไหม้ ก็จะเกิดเป็นจุดความร้อน(จุด Hotspot)ขึ้น จึงอาจทำให้การประมาณพื้นที่ที่ถูกเผาคลาดเคลื่อนไป เพื่อลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว อาจมีการใช้ข้อมูลดาวเทียมที่ความละเอียดมากขึ้น

2. ความคลาดเคลื่อนจากค่าปัจจัยการระบาย (Emission Factor) และค่าปัจจัยที่ใช้ในการประมาณปริมาณชีวมวลแห้งที่ถูกเผา

ค่าปัจจัยการระบายและค่าปัจจัยที่ใช้ในการประมาณปริมาณชีวมวลแห้งที่ถูกเผา ซึ่งค่าปัจจัยเหล่านี้มีค่าไม่เท่ากันของพืชต่างสายพันธุ์ สภาพการปลูกที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณหาปริมาณมลพิษและการเลือกใช้ค่าปัจจัยการระบายที่ทำการทดลองในทวีปอื่น หรือในประเทศอื่น ก็มีผลต่อความไม่แน่นอนในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศด้วย เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และปัจจัยอื่นๆที่แตกต่างกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการทำบัญชีการปล่อยมลพิษที่มาจากค่าปัจจัยการระบายควรใช้ค่าปัจจัยการระบายในภูมิภาค หรือภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ศึกษา

ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพการคำนวณปริมาณมลพิษจากการเผาชีวมวลควรมีการพัฒนาเพื่อได้ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ที่มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นและควรพัฒนาข้อมูลปัจจัยสำหรับการคำนวณที่เป็นค่าของประเทศ (Country specific value) ที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย

นอกจากนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากข้อมูลชนิดพืชในพื้นที่ เช่น การปลูกพืชไร่ในพื้นที่ป่า และอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่น ฤดูฝนพื้นที่ปลูกข้าว ฤดูแล้งปลูกผัก เป็นต้น ซึ่งต้องมีการสำรวจพื้นที่จริงจึงได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

3. ความคลาดเคลื่อนจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

เนื่องจากในการศึกษานี้ใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2552 ของกรมพัฒนาที่ดิน แต่ข้อมูลการเกิดไฟไหม้เป็นข้อมูลปี พ.ศ. 2553 ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินค้อนข้างใช้เวลานาน ข้อมูลจึงมีความเป็นปัจจุบันไม่พอ จึงอาจทำให้ชนิดพันธุ์พืชอาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดความคลาดเคลื่อนได้

4. การเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น

ผลจากการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศจากการป่า และการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดพะเยา ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาชีวมวลในประเทศไทยของ Savitri Garivait และคณะ ดังแสดงในตาราง 32 ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาทั้งหมดในประเทศไทย 44,000 Gg/ปี ในจังหวัดพะเยามีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา 2,448 Gg/ปี คิดเป็น 5.6% ของปริมาณชีวมวลที่มีการเผาทั้งประเทศ สำหรับค่าสัดส่วนของปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศของจังหวัดพะเยากับประเทศไทยอยู่ในช่วง 1–7.2% ค่าสัดส่วนที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากการใช้ค่าปัจจัยการระบายที่แตกต่างกัน ประกอบกับการศึกษาปริมาณการปล่อยมลพิษในประเทศไทยในส่วนของการเผาชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ไม่มีการคำนวณแยกชนิดพืช ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้ จึงทำให้ได้ค่าการปล่อยมลพิษที่แตกต่างกัน

ตาราง 32 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยมลพิษ

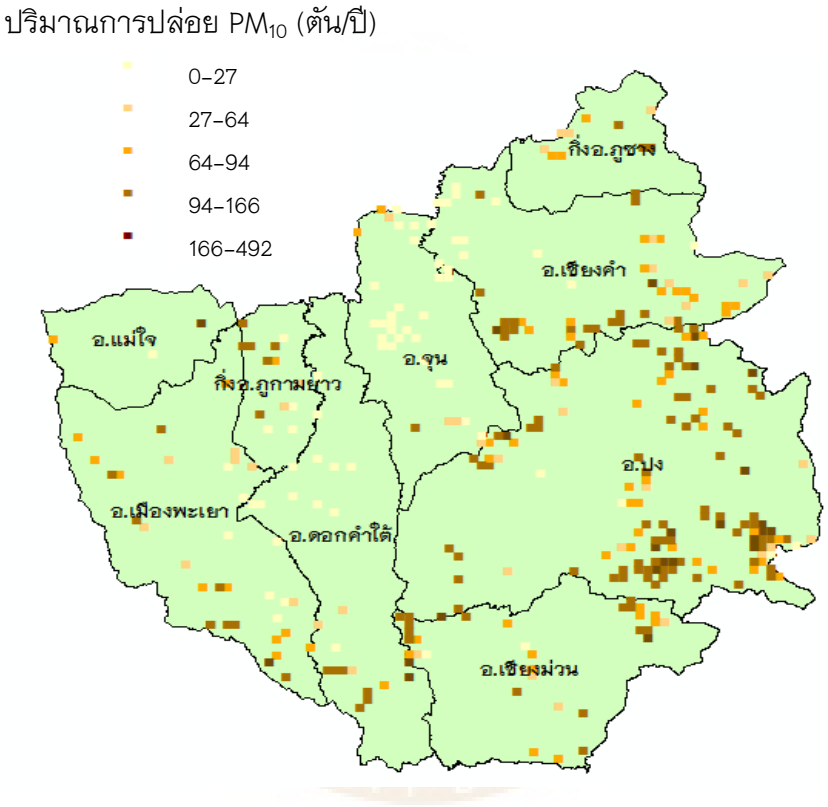
ชนิด	จังหวัดพะเยา[1] (ตัน)	ประเทศไทย[2] (Gg)	สัดส่วนจังหวัดพะเยา/ประเทศไทย (%)
ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา	2,448,397	44,000	5.6
CO_2	3,801,623	69,000	5.5
CO	251,775	4,480	5.6
CH_4	16,450	461	3.6
NO_x	3,826	394	1.0
NH_3	4,088	57	7.2
SO_2	1,335	23	5.8
NMVOC	45,261	822	5.5

หมายเหตุ: [1] การศึกษานี้ คำนวณจากข้อมูลจุดความร้อน ข้อมูลปี พ.ศ. 2553

[2] Savitri Garivait และคณะ คำนวณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2545

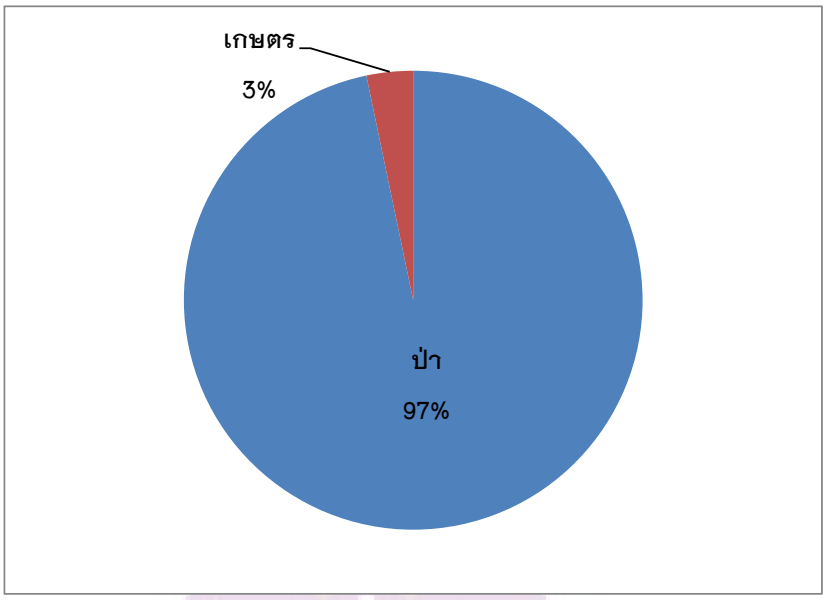
ปริมาณการปล่อย PM_{10} จากการเผาในที่โล่ง

เนื่องจากจังหวัดพะเยามีปัญหาฝุ่นละอองรุนแรง ระดับ PM_{10} เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศบ่อยครั้ง การวิเคราะห์ในส่วนถัดไปจึงทำการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษ PM_{10} ปริมาณการปล่อย PM_{10} ในเขตจังหวัดพะเยาแสดงด้วยแผนที่การปล่อยมลพิษความละเอียดกริด 1 ก.ม. ดังแสดงในภาพ 20 พบว่าปริมาณฝุ่นมีการระบายมากในพื้นที่อำเภอปง รองลงมาคือเชียงคำ, เชียงม่วน, เมือง, ภูซาง, ดอกคำใต้, ภูกามยาว, จุน และแม่ใจ ตามลำดับ



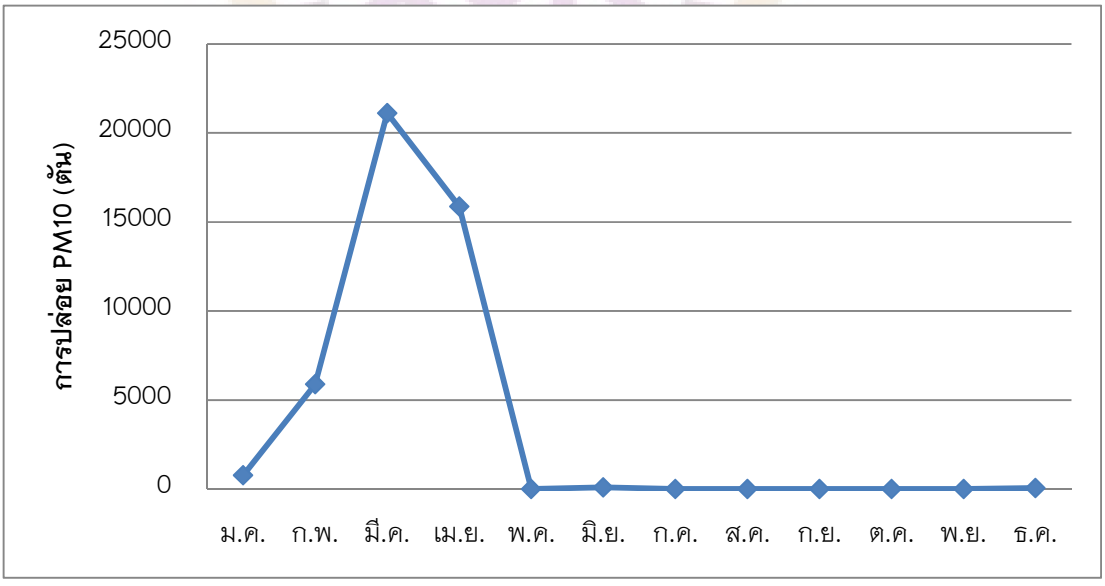
ภาพ 20 แผนภาพปริมาณการปล่อย PM_{10} ในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553

แหล่งกำเนิด PM_{10}แบ่งตามกิจกรรมการเผา พบว่า แหล่งกำเนิดที่ปล่อย PM_{10} มากที่สุด คือ การเผาป่า 42,338 ตัน การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 1,439 ตัน ตามลำดับ ดังภาพ 21



ภาพ 21 สัดส่วนการปล่อย PM_{10} แบ่งตามกิจกรรมการเผา

การเปลี่ยนแปลงการปล่อย PM_{10} พบว่าการปล่อย PM_{10} สูงสุดจะอยู่ในเดือน มีนาคม รองลงมาคือ เดือน เมษายน กุมภาพันธ์ มกราคม และ ธันวาคม ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงฤดูของการเกิดไฟป่าและอยู่ในช่วงหน้าแล้ง จึงทำให้ปริมาณการปล่อย PM สูง ดังภาพ 22



ภาพ 22 ปริมาณการปล่อย PM_{10} ในปี พ.ศ. 2553

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยา แบ่งตามประเภทของชีวมวล เป็นการเผาป่าไม้ การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการเผาขยะ นำมาจัดทำเป็นบัญชีมลพิษอากาศ ประกอบด้วยมลพิษหลัก 11 ชนิด ได้แก่ SO_2, NO_x, CO, NMVOC, NH3, PM2.5, PM10, BC, OC, CO_2 และ CH_4 และมีการ ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาของการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยาด้วย โดยผลการศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาของการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

การศึกษานี้ศึกษาโดยวิเคราะห์ข้อมูลจุดความร้อนระยะเวลาสี่ปีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2550 ถึง 2553 ซึ่งพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงการเกิดไฟไหม้ในที่โล่งดังต่อไปนี้

อำเภอที่มีการเกิดจุดความร้อนมากที่สุดคือ อำเภอปง 46% รองลงมาคืออำเภอเชียงคำ 21% และอำเภอจุน 7% และตำบลที่มีการเกิดจุดความร้อนมากที่สุดคือ ตำบลตำบลผาช้างน้อย 20% รองลงมาคือ ตำบลขุนควร 16% และตำบลแม่ลาว 7%

ช่วงเวลาที่มีการเผาชีวมวลส่วนใหญ่จะเผาในช่วงเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน และธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง มีโอกาสในการเกิดไฟไหม้ได้ง่าย ซึ่งเดือนมีนาคม จะมีปริมาณการเผามากที่สุด

การศึกษาปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา ชีวมวลที่ถูกเผาส่วนใหญ่จะเป็นการเผาป่าไม้ 2,288,541 ตัน รองลงมาคือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 159,856 ตัน และขยะ 13,140 ตัน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกเผามากที่สุดคือ ข้าว 32,762 ตัน, ข้าวโพด 6,903 ตัน, ฝ้าย 933 ตัน, พืชผัก 894 ตัน, แก้วมังกร 144 ตัน, มันสำปะหลัง 133 ตัน, ยาสูบ 49 ตัน, ถั่วเขียว 2 ตัน, อ้อย 2 ตัน และอื่นๆ 118,031 ตัน

2. การปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา

การศึกษาการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในจังหวัดพะเยาทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2553 โดยการประมาณค่าจากข้อมูลจุดความร้อน ซึ่งพบปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในที่โล่งทั้งหมด 2,461,539 ตัน/ปี โดยเป็นไฟไหม้ป่า 2,288,541 ตัน/ปี เผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 159,856 ตัน/ปี เผาขยะ 13,142 ตัน/ปี

ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาในพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 526 ตร.กม. พื้นที่ที่มีการเผามากที่สุดคือ อำเภอปง มีพื้นที่เท่ากับ 259 ตร.กม. รองลงมาสามอันดับคือ เชียงคำ, เชียงม่วน, เมือง, ดอกคำใต้, จุน, ภูซาง, ภูกามยาว และแม่ใจ ตามลำดับ

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกเผา มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา 159,856 ตัน อำเภอที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผามากที่สุด คือ อำเภอปง 59,800 ตัน รองลงมาคือ เชียงคำ, เมือง, จุน, เชียงม่วน, ดอกคำใต้, ภูกามยาว, ภูซาง และแม่ใจ ตามลำดับ

ปริมาณขยะที่ถูกเผา จากข้อมูลการสำรวจจากเทศบาลตำบลและ องค์การบริหารส่วนตำบล พบปริมาณขยะที่ถูกเผาทั้งหมด 13,140 ตัน อำเภอที่มีการเผาขยะมากที่สุด คือ อำเภอเมือง 7,300 ตัน รองลงมาคือ ดอกคำใต้, ปง, ภูซาง, ภูกามยาว, แม่ใจ และเชียงคำ ตามลำดับ

การเผาชีวมวลในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ตามสภาพพื้นที่และปริมาณการทำเกษตร บริเวณที่มีพื้นที่ป่าและการทำเกษตรมากจะมีปริมาณการเผาสูง เช่น อำเภอปง อำเภอเชียงคำ หรืออำเภอเชียงม่วน เป็นต้น

ปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 จากการคำนวณด้วยข้อมูลจุดความร้อนพบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาในที่โล่ง ซึ่งได้แก่ SO_2 1,343 ตัน/ปี, NO_x 3,865 ตัน/ปี, CO_2 3,801,622 ตัน/ปี, CO 252,328 ตัน/ปี, NMVOC 45,459 ตัน/ปี, CH_4 16,533 ตัน/ปี, PM 104 ตัน/ปี, $PM_{2.5}$ 21,554 ตัน/ปี, PM_{10} 43,577 ตัน/ปี, BC 1,618 ตัน/ปี, OC 12,073 ตัน/ปี และ NH_3 4,086 ตัน/ปี

ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณประมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาในที่โล่ง มีอยู่ 2 ประการคือ มาจากการประมาณพื้นที่ที่ถูกเผา และค่าปัจจัยการระบาย(Emission Factor) และค่าปัจจัยที่ใช้ในการประมาณปริมาณชีวมวลแห้งที่ถูกเผา

ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพการคำนวณปริมาณมลพิษจากการเผาชีวมวลควรมีการพัฒนาเพื่อได้ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ที่มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นและควรพัฒนาข้อมูลปัจจัยสำหรับการคำนวณที่เป็นค่าของประเทศ (Country specific value) ที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย และควรมีการสำรวจพื้นที่จริงเพื่อได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ชื่อ – สกุล ธนัตถ์นพนันท์ เรือนเงิน

วัน เดือน ปี เกิด 3 มิถุนายน 2528

ที่อยู่ปัจจุบัน 96 หมู่ 4 ตำบลปงเตา อำเภองาว จังหวัดลำปาง 52110

ที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท บ้านปู (จำกัด) จังหวัดลำพูน

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานฟื้นฟู/โครงการเกษตร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2551 (วท.บ.) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้–แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1 ThaiEnvironment Website.**เกษตรอินทรีย์ ปลอดการเผา ลดหมอกควันภาคเหนือ.** หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์. สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2554 จากhttp://www.thaienv.com/content/view/528/39/

2 สิทธิชัยพิมลศรี และภูมิเมษฐ์เมืองใจ. (2553).**มลพิษอากาศในจังหวัดพะเยา.**ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เกษตรวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 2.

3 วิจารย์ สิมาฉายา. **มลพิษจากหมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ: ปัญหาและแนวทาง.** สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2554 จากhttp://infofile.pcd.go.th/air/smoke_North.pdf?CFID=8317873&CFTOKEN=89825588

4 สิทธิชัยพิมลศรีและภวัตอารินทร์. (2553).**สถานการณ์ปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในจังหวัดลำปาง.**นเรศวรวิจัยครั้งที่ 6, หน้า 29-31

5 ขจรศักดิ์โสภาจารีย์ และเพชรเพ็งชัย. (2550). **การสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน.**โครงการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. เสนอต่อสำนักงานกองทุนวิจัย.

6 ปฏิพัทธ์ วงค์เรือง, ปรุงจันทร์ วงศ์วิเศษ และสิทธิชัย พิมลศรี. (2555). **ความสัมพันธ์ระหว่างจุดความร้อนกับความเข้มข้น PM10 ในเขตภาคเหนือประเทศไทย.**การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 11.

7 สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่6.**ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเผาในที่โล่งและแนวทางป้องกันการแก้ไข.**สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2554 จาก http://www.reo06.net/home/content/view/100/54/

8 Garivait, S., et al.**Estimation of Air Pollutant Emission from Open Biomass Burning in Thailand.**

9 Kanabkaew, T., Kim Oanh, N. T., **Development of Spatial and Temporal Emission Inventory for Crop Residue Field Burning**. Environ Model Assess, 2011. 16: p. 453–464

10 นภาพร พานิช และคณะ. (2550). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ** (พิมครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

11 ส่วนควบคุมไฟป่ากรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.**ความจริงเรื่อง hotspot**. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2554 จาก http://www.dnp.go.th/forestfire/hotspot/hotspot.htm

12 สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). **การสำรวจระยะไกล.**สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2554 จาก http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/201/sattlelite/6.htm

13 LiewSoo Chin. **Satellite detection of forest fires and burn scars.** Workshop on Minimizing the Impact of Forest Fire on Biodiversity in ASEAN: Singapore

14 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.**ประเภทของป่าไม้.**สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2554 จากhttp://www.dnp.go.th/research/Knowledge/type%20of%20forest.html

15 สำนักงานจังหวัดพะเยา.**ข้อมูลจังหวัดพะเยา.** สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2554 จากhttp://phayao.doae.go.th/data48-49.htm

16 Gadde, B., et al., **Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines.** Environmental Pollution, 2009. 157(5): p. 1554-1558.

17 Dennis, A., et al., **Air pollutant emissions associated with forest, grassland, and agricultural burning in Texas.** Atmospheric Environment, 2002. 36(23): p. 3779-3792.

18 Langmann, B., et al., **Vegetation fire emissions and their impact on air pollution and climate.** Atmospheric Environment, 2009. 43(1): p. 107-116.

19 Giglio, L., Werf, G. R. van der, Randerson, J. T., Collatz, G. J. and Kasibhatla,P., **Global estimation of burned area using MODIS active fire observations.** Atmospheric, Chemistry, Physics, 2006. 6: p. 957-974.

20 Streets, D.G., Yarber, K.F., Woo, J.-H., Carmichael, G.R., **Biomass burning in Asia: annual and seasonal estimates and atmospheric emissions.** Global Biogeochemical Cycles 2003. 17(4): p. 1099-1118.

21 Soares Neto, T.G., et al., **Biomass consumption and CO2, CO and main hydrocarbon gas emissions in an Amazonian forest clearing fire.** Atmospheric Environment, 2009. 43(2): p. 438–446.

22 Andreae, M.O., Merlet, P., , **Emission of trace gases and aerosols from biomass burning.** Global Biogeochemical Cycles 2001. 15(955–966).

23 EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009. **4.F Field burning of agricultural wastes.**

24 Michel, C., C. Liousse, J.–M. Grégoire, K. Tansey, G. R. Carmichael, and J.–H. Woo, **Biomass burning emission inventory from burnt area data given by the SPOT–VEGETATION system in the frame of TRACE–P and ACE–Asia campaigns.** J. Geophys. Res., 2005. 110(D09304): p. doi:10.1029/2004 JD005461.

25 MODIS Activities in Geoinformatics Center, AIT. **ข้อมูลดาวเทียม ในระบบ MODIS ของดาวเทียม Terra และ Aqua.**สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2554 จากhttp://www.geoinfo.ait.ac.th/mod14/index.phpSeptember 5, 2011

26 กรมพัฒนาที่ดิน. **ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน.** 2552

27 Akagi, S. K., et al., **Emission factors for open and domestic biomass burning for use inatmospheric models.** Atmospheric Chemistry and Physics, 2011.:p. 4039–4072

28 Air Science INC. **Review of Agricultural Crop Residue Loading, Emission Factor, And Remote Fire Detection.** 2010

29 U.S. EPA–AP–42. **Open Burning Emission Factor. Excerpts from Section 2.5–Open Burning.** (1992) Reformated 1995.

30 ส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธ์พืช.**ข้อมูลสถิติการเกิดไฟป่า.** 2553

31 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา. **ข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยา แยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/2554**

ภาคผนวก

การผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54

1. ข้าวเจ้านาปี

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	88,059	88,059	570	50,194
2	เชียงคำ	54,758	50,896	460	23,412
3	จุน	85,743	85,743	550	47,159
4	ดอกคำใต้	115,162	105,339	560	58,990
5	แม่ใจ	39,200	39,200	600	23,520
6	ปง	5,500	5,500	550	3,025
7	เชียงม่วน	1,158	1,158	560	648
8	ภูซาง	21,296	21,296	600	12,778
9	ภูกามยาว	41,706	41,706	620	25,858
	รวม	452,582	438,897	560	245,583

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

2. ข้าวเหนียวนาปี

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	37,720	37,720	630	23,764
2	เชียงคำ	50,921	32,230	548	17,648
3	จุน	32,493	32,493	600	19,496
4	ดอกคำใต้	62,676	60,221	580	34,928
5	แม่ใจ	18,447	18,447	600	11,068
6	ปง	29,860	29,860	650	19,409
7	เชียงม่วน	14,490	14,490	600	8,694
8	ภูซาง	12,485	12,485	615	7,678
9	ภูกามยาว	30,201	30,201	650	19,630
	รวม	289,293	268,147	605	162,315

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

3. ข้าวเจ้านาปรัง

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	12,097	12,097	800	9,678
2	เชียงคำ	15,312	15,312	540	8,269
3	จุน	22,682	22,682	851	19,295
4	ดอกคำใต้	7,178	7,178	800	5,742
5	แม่ใจ	12,601	12,601	1,000	12,601
6	ปง	2,273	1,923	825	1,586
7	เชียงม่วน	–	–	–	–
8	ภูซาง	21	21	300	6
9	ภูกามยาว	12,057	12,057	900	10,851
	รวม	84,221	83,871	811	68,028

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

4. ข้าวเหนียวนาปรัง

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	168	168	800	134
2	เชียงคำ	–	–	–	–
3	จุน	–	–	–	–
4	ดอกคำใต้	1,189	1,189	850	1,011
5	แม่ใจ	165	165	800	132
6	ปง	2,050	1,894	825	1,563
7	เชียงม่วน	–	–	–	–
8	ภูซาง	–	–	–	–
9	ภูกามยาว	108	108	850	92
	รวม	3,680	3,524	832	2,931

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

5. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูฝน

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	25,084	25,084	994	24,934
2	เชียงคำ	53,028	51,568	837	43,168
3	จุน	10,299	10,299	820	8,445
4	ดอกคำใต้	70,599	36,952	951	35,159
5	แม่ใจ	531	531	868	461
6	ปง	111,339	111,339	900	100,205
7	เชียงม่วน	33,145	33,145	944	31,302
8	ภูซาง	12,553	12,553	998	12,525
9	ภูกามยาว	6,432	6,432	870	5,596
	รวม	323,010	287,903	909	261,795

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

6. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูแล้ง

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	128	128	900	115
2	เชียงคำ	9,180	9,160	997	9,129
3	จุน	150	150	650	98
4	ดอกคำใต้	957	957	736	704
5	แม่ใจ	101	101	850	86
6	ปง	17,770	16,734	1,000	16,734
7	เชียงม่วน	12,500	12,500	1,000	12,500
8	ภูซาง	3,635	3,635	850	3,090
9	ภูกามยาว	2	2	800	2
	รวม	44,423	43,367	979	42,457

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

7. มันสำปะหลัง

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	1,023	523	4,329	2,264
2	เชียงคำ	5,781	2,895	4,484	12,981
3	จุน	469	469	3,245	1,522
4	ดอกคำใต้	4,491	2,625	3,965	10,408
5	แม่ใจ	617	278	7,445	2,070
6	ปง	200	-	-	-
7	เชียงม่วน	383	383	5,692	2,180
8	ภูซาง	1,015	197	5,328	1,582
9	ภูกามยาว	20	20	3,000	60
	รวม	13,999	7,490	4,415	33,067

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

8. ลำไย

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	5,907	5,740	293	1,680
2	เชียงคำ	23,298	21,250	382	8,115
3	จุน	8,587	7,850	222	1,740
4	ดอกคำใต้	7,532	6,753	219	1,480
5	แม่ใจ	2,718	2,718	223	605
6	ปง	2,851	2,730	179	490
7	เชียงม่วน	5,223	4,155	202	840
8	ภูซาง	4,238	3,910	223	870
9	ภูกามยาว	2,189	1,878	229	430
	รวม	62,543	56,984	085	16,251

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

9. ลิ้นจี่

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	977	900	300	270
2	เชียงคำ	1,323	1,100	880	968
3	จุน	–	–	–	–
4	ดอกคำใต้	70	70	79	6
5	แม่ใจ	15,074	15,074	798	12,026
6	ปง	4,123	–	–	–
7	เชียงม่วน	–	–	–	–
8	ภูซาง	274	133	384	51
9	ภูกามยาว	–	–	–	–
	รวม	21,841	17,277	771	13,321

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

10. ยางพารา

ที่	อำเภอ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว(ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองพะเยา	12,891	–	–	–
2	เชียงคำ	19,185	17,185	44	757
3	จุน	28,470	–	–	–
4	ดอกคำใต้	5,888	20	80	2
5	แม่ใจ	1,267	–	–	–
6	ปง	10,484	–	–	–
7	เชียงม่วน	4,893	–	–	–
8	ภูซาง	22,102	15,654	31	493
9	ภูกามยาว	1,757	–	–	–
	รวม	106,937	32,859	38	1,252

ที่มา: รายงานสรุปการผลิตพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในจังหวัดพะเยาแยกรายอำเภอ พ.ศ. 2553/54 สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

สถิติการเกิดไฟป่า

วัน/เดือน/ปี	อำเภอ	จำนวนพื้นที่ที่ถูกเผา (ไร่)	สาเหตุ
13-ม.ค.-53	ภูกามยาว	1	หาของป่า
17-ม.ค.-53	ภูกามยาว	2	ล่าสัตว์
22-ม.ค.-53	เมือง	3	ล่าสัตว์
1-ก.พ.-53	จุน	4	หาของป่า
2-ก.พ.-53	ภูกามยาว	3	หาของป่า
	จุน	2	หาของป่า
3-ก.พ.-53	ภูกามยาว	3	หาของป่า
	ภูกามยาว	2	หาของป่า
	จุน	2	หาของป่า
	เมือง	3	ล่าสัตว์
	เมือง	4	ล่าสัตว์
4-ก.พ.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
	ภูกามยาว	2	ล่าสัตว์
	เมือง	2	หาของป่า
	เมือง	5	ล่าสัตว์
5-ก.พ.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
7-ก.พ.-53	ภูกามยาว	4	ล่าสัตว์
	เมือง	4	ล่าสัตว์
8-ก.พ.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
9 ก.พ. 53	ภูกามยาว	5	หาของป่า
	เมือง	2	หาของป่า
11-ก.พ.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
	เมือง	4	หาของป่า
12-ก.พ.-53	ดอกคำใต้	2	หาของป่า
	ภูกามยาว	5	หาของป่า
13-ก.พ.-53	เมือง	4	เผาไร่
	เมือง	4	ล่าสัตว์

วัน/เดือน/ปี	อำเภอ	จำนวนพื้นที่ที่ถูกเผา (ไร่)	สาเหตุ
14-ก.พ.-53	เมือง	3	ล่าสัตว์
	ดอกคำใต้	2	หาของป่า
15-ก.พ.-53	จุน	4	ล่าสัตว์
16-ก.พ.-53	เมือง	3	หาของป่า
17-ก.พ.-53	เมือง	4	หาของป่า
	ดอกคำใต้	3	หาของป่า
	ภูกามยาว	3	หาของป่า
18-ก.พ.-53	ภูกามยาว	30	หาของป่า
19-ก.พ.-53	ภูกามยาว	2	หาของป่า
20-ก.พ.-53	เมือง	5	ล่าสัตว์
21-ก.พ.-53	เมือง	7	ล่าสัตว์
	จุน	5	หาของป่า
22-ก.พ.-53	ดอกคำใต้	3	หาของป่า
	เมือง	5	หาของป่า
	เมือง	3	หาของป่า
	เมือง	8	หาของป่า
	เมือง	3	ล่าสัตว์
	เมือง	2	ล่าสัตว์
	ภูกามยาว	4	หาของป่า
	ภูกามยาว	5	หาของป่า
23-ก.พ.-53	เมือง	4	ล่าสัตว์
	เมือง	3	เผาไร่
24-ก.พ.-53	เมือง	3	ล่าสัตว์
	ดอกคำใต้	5	ล่าสัตว์
25-ก.พ.-53	ดอกคำใต้	4	หาของป่า
	ดอกคำใต้	6	หาของป่า
	ดอกคำใต้	3	ล่าสัตว์
26-ก.พ.-53	เมือง	4	ล่าสัตว์

วัน/เดือน/ปี	อำเภอ	จำนวนพื้นที่ที่ถูกเผา (ไร่)	สาเหตุ
27-ก.พ.-53	เมือง	5	ล่าสัตว์
	ภูกามยาว	5	หาของป่า
28-ก.พ.-53	จุน	6	หาของป่า
	เมือง	4	หาของป่า
	เมือง	6	ล่าสัตว์
	ภูกามยาว	5	หาของป่า
1-มี.ค.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
	เมือง	3	ล่าสัตว์
	เมือง	4	ล่าสัตว์
2-มี.ค.-53	แม่ใจ	40	ล่าสัตว์
	ภูกามยาว	5	ล่าสัตว์
4-มี.ค.-53	ภูกามยาว	5	หาของป่า
	เมือง	2	เผาไร่
	เมือง	2	หาของป่า
5-มี.ค.-53	ภูกามยาว	4	หาของป่า
	จุน	5	ล่าสัตว์
	จุน	6	ล่าสัตว์
	เมือง	6	ล่าสัตว์
6-มี.ค.-53	จุน	3	หาของป่า
	เมือง	5	หาของป่า
	เมือง	8	เผาไร่
7-มี.ค.-53	เมือง	3	ล่าสัตว์
	ภูกามยาว	2	หาของป่า
8-มี.ค.-53	ภูกามยาว	3	หาของป่า
12-มี.ค.-53	เมือง	5	ล่าสัตว์
	เมือง	4	ล่าสัตว์
13-มี.ค.-53	เมือง	7	เผาขยะ
	เมือง	2	เผาขยะ
	เมือง	6	ล่าสัตว์

วัน/เดือน/ปี	อำเภอ	จำนวนพื้นที่ที่ถูกเผา (ไร่)	สาเหตุ
	ภูกามยาว	3	หาของป่า
14-มี.ค.-53	ภูกามยาว	5	ล่าสัตว์
	เมือง	3	ล่าสัตว์
16-มี.ค.-53	เมือง	5	หาของป่า
	จุน	2	หาของป่า
	เมือง	4	หาของป่า
	เมือง	2	ล่าสัตว์
17-มี.ค.-53	เมือง	4	หาของป่า
21-มี.ค.-53	เมือง	3	ล่าสัตว์
22-มี.ค.-53	เมือง	5	หาของป่า
24-มี.ค.-53	เมือง	5	ล่าสัตว์
	เมือง	4	หาของป่า
1-เม.ย.-53	เมือง	5	หาของป่า
5-เม.ย.-53	เมือง	10	หาของป่า
6-เม.ย.-53	เมือง	7	ล่าสัตว์
	เมือง	5	หาของป่า
	เมือง	3	ล่าสัตว์
	เมือง	5	ล่าสัตว์
7-เม.ย.-53	เมือง	8	ล่าสัตว์
8-เม.ย.-53	จุน	3	ล่าสัตว์
9-เม.ย.-53	เมือง	7	หาของป่า
	เมือง	2	ล่าสัตว์
10-เม.ย.-53	เมือง	5	หาของป่า
13-เม.ย.-53	เมือง	7	หาของป่า
	เมือง	10	ล่าสัตว์
	เมือง	4	ล่าสัตว์
14-เม.ย.-53	ดอกคำใต้	4	หาของป่า
17-เม.ย.-53	เมือง	2	หาของป่า
	จุน	2	หาของป่า

วัน/เดือน/ปี	อำเภอ	จำนวนพื้นที่ที่ถูกเผา (ไร่)	สาเหตุ
21-เม.ย.-53	เมือง	2	ล่าสัตว์
22-เม.ย.-53	เมือง	2	ล่าสัตว์
23-เม.ย.-53	เมือง	5	ล่าสัตว์

ที่มา: สถิติการเกิดไฟป่า ปี พ.ศ. 2553 ส่วนควบคุมไฟป่า จังหวัดพะเยา