

ผลกระทบของการปลูกพืชน้ำมันต่อสภาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพล์ จ.ระยอง)

IMPACT OF BIO-FUEL PLANTS CULTIVATION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)

เทพประสิทธิ์ มาศมาลัย
TEPPRASIT MASMALAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

KMITL-2015- EN-M-100-092

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของการปลูกพืชน้ำมันต่อสภาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพล์ จ.ระยอง)

IMPACT OF BIO-FUEL PLANTS CULTIVATION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)



T139579

เทพประสิทธิ์ มาศมาลัย
TEPPRASIT MASMALAI

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....139579
วันเดือนปี...10...ม.ค...2558

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2558
KMITL-2015- EN-M-100-092

IMPACT OF BIO-FUEL PLANTS CULTIVATION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)

TEPPRASIT MASMALAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2015
KMITL-2015- EN-M-100-092

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

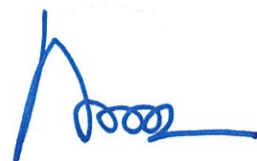
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของการปลูกพืชน้ำมันต่อสภาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโปล้ จ.ระยอง)
Thesis Title Impact of Bio-Fuel Plants cultivation on Hydrology
(A Case Study of Klong Phol River Basin, Rayong Province)
นักศึกษา นายเทพประสิทธิ์ มาศมาลัย
รหัสประจำตัว 53611801
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2015-EN-M-100-092

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	
ผศ.ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	
ดร.กัมปนาท	ขวัญศิริกุล	
ดร.รัชดาภรณ์	แก้วกล้า	
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ	แสงจันทร์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติใหม่ ห้อง HM-406

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของการปลูกพืชใช้น้ำมันต่อสภาพทางอุทกวิทยา (กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง)
นักศึกษา	นายเทพประสิทธิ์ มาศมาลัย
รหัสประจำตัว	53611801
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการศึกษาผลกระทบของการของการปลูกพืชใช้น้ำมันที่มีผลต่อสภาพทางอุทกวิทยา ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ ลุ่มน้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่ทำการศึกษา ได้ทำการประเมินค่าอวอเตอร์พุตปริ้นท์ของการผลิตพืชชีวภาพ ที่จะจำแนกพืชใช้น้ำมันที่เพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่ใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ ทำการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการขยายพื้นที่เพาะปลูก มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน เพื่อประเมินผลกระทบต่อการสมดุลน้ำ

ผลของการหาค่าอวอเตอร์พุตปริ้นท์ชี้ให้เห็นว่ามันสำปะหลังมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดและการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพและมีผลกระทบต่อสภาพทางอุทกวิทยาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการปลูกอ้อยและปาล์มน้ำมัน

ผลของการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพบว่า การขยายพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังจะลดปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่จะเพิ่มปริมาณน้ำท่าในผิวดิน แม้ว่าการเพิ่มพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันซึ่งพิจารณาผลรวมปริมาณน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากแต่จะแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไปใช้ในการผลิตไบโอเอทานอลจะมีผลกระทบต่อความสมดุลน้ำจากผลการศึกษาครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจะส่งผลในทางลบต่อสภาพแวดล้อมในลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์

Thesis Title	Impact of bio-fuel plants cultivation on hydrology (A case study on Klong Phlo River Basin, Rayong Province)
Student	Mr. Teprasit Masmalai
Student ID	53611801
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Songvoot Sangchan

ABSTRACT

The effective of this research to was study of the impact bio-fuel production on hydrology. Khong phlo river basin was selected as study area. Water footprint of bioenergy was estimated to identify the most – efficient crop to produce bio-fuel in watershed. Several land use changes scenarios consisting of oil palm, cassava and sugarcane expansion were evaluated.

Water footprint results indicate that cassava is the most water – efficient feedback to produce bio-fuel and will have less impact on watershed as compared to sugarcane and oil palm.

The results of land use changes scenarios shown that the expansion of cassava and will decrease annual evapotranspiration but increase surface runoff on water and water yield. Even though increased oil palm production showed no considerable change on water yield. This indicates that land use change for bio-ethanol will effect on water balance. Study results further indicate that bio-fuel production will have negative impact on the environment of the khong phlo watershed.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่รักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ แล้วยังให้กำลังใจ เอาใจใส่และให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี

ขอคุณพระศรีรัตนตรัยจงช่วย ดลบันดาล ปกป้องรักษาให้ผู้มีพระคุณทุกท่านมีสุขภาพและพลานามัยที่แข็งแรงและมีความสุขตลอดไป

นายเทพประสิทธิ์ มาศมาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แนวโน้มของพื้นที่เพาะปลูก.....	5
2.2 อุตภวิทยา.....	7
2.3 งบน้ำในวัฏจักรอุทภวิทยาหรือการสมดุลน้ำ.....	8
2.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์.....	10
2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	12
2.6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	13
2.7 น้ำเสียและมลพิษทางน้ำ.....	16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	20
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	21
3.2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทภวิทยาและอุตุนิยมวิทยา.....	23
3.3 วิธีการสร้างแผนที่โดยใช้โปรแกรม Arc GIS 10.1.....	25
3.3.1 วิธีการสร้างแผนที่ปริมาณน้ำฝน น้ำท่า ตะกอน และการคายระเหย.....	25
3.3.2 วิธีการสร้างแผนที่ระดับความสูงเชิงเลข Digital Elevation Model (DEM).....	25
3.3.3 วิธีการสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	26
3.3.4 วิธีการสร้างแผนที่สภาพภูมิประเทศ 3 มิติ.....	26
3.4 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์.....	26
3.5 จำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	29

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	3 1
4.1 ผลการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาและอุตุวิทยามหาวิทยาลัย.....	31
4.1.1 ปริมาณน้ำฝน.....	31
4.1.2 อุณหภูมิ.....	32
4.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์.....	33
4.1.4 ปริมาณตะกอน.....	33
4.1.5 ปริมาณน้ำท่า.....	34
4.1.6 อัตราการไหลของน้ำ.....	35
4.1.7 แสงแดดเฉลี่ย.....	35
4.1.8 การคายระเหย.....	36
4.2 จัดทำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS (Geographic Information System)	36
4.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint)	4 3
4.3.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน.....	43
4.3.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	44
4.3.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	45
4.4 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง.....	46
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	52
ข้อเสนอแนะ.....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	56
ภาคผนวก ก. ปริมาณฝนใช้การภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณการใช้น้ำอ่างอ่างของพืช อัตราการใช้น้ำในพื้นที่.....	57
ภาคผนวก ข. ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย.....	59
ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์.....	64
ภาคผนวก ง. การคำนวณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	66
ภาคผนวก จ. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความต้องการใช้พลังงานทดแทนทั่วโลก.....	4
2.2 พื้นที่การปลูกพืชต่อผลผลิตจากพืชน้ำมันในประเทศไทยทั้ง 3 ชนิด ในปี พ.ศ. 2004-2008.....	6
2.3 การเปรียบเทียบการใช้ที่ดินบางประเภทของประเทศไทย พ.ศ. 2523, 2529 และ 2541.....	14
3.1 การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ Z18 อ.เขาชะเมา จ.ระยองในปี2552.....	22
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา.....	23
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุวิทยามหาวิทยาลัย.....	24
3.4 ค่าข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 - 2552.....	24
3.5 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช.....	25
3.6 ผลผลิตของพืชน้ำมันและอัตราการแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	25
3.7 ค่าความร้อนสูงสุดและค่าความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	25
3.8 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของไม้สำหรับ (A)	30
3.9 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของอ้อย (B)	30
3.10 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของปาล์มน้ำมัน(C)	30
4.1 สภาพทางอุทกวิทยาและด้านอุตุวิทยามหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2543-2552.....	31
4.2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน (Water footprint of Crop).....	43
4.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Bio-fuel).....	44
4.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Energy).....	45
4.5 การใช้ที่ดินในลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จังหวัดระยองในปี พ.ศ. 2552.....	46
4.6 การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	48
4.7 ส่วนต่างการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่.....	49
4.8 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่.....	49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วัตถุประสงค์และขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	3
2.2 พื้นที่การเพาะปลูกพืชน้ำมันในประเทศไทย.....	5
2.3 แนวโน้มของพื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมัน.....	6
2.4 วัฏจักรทางอุทกวิทยา.....	7
2.5 แบบจำลองการสมดุลน้ำ (Water balance).....	9
2.6 การไหลของน้ำในกลุ่มน้ำในการสมดุลน้ำ.....	9
2.7 การศึกษาการสมดุลของน้ำในทางการเกษตร.....	9
2.8 ปริมาณการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด.....	10
2.9 องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์.....	11
2.10 ขั้นตอนการสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	13
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	20
3.2 ที่ตั้งบริเวณลุ่มน้ำคลองโพล้ สถานีวัดน้ำ และสถานีวัดน้ำฝน.....	21
3.3 มันทึบที่ปลูกในพื้นที่.....	22
3.4 อ้อยที่ปลูกในพื้นที่.....	23
3.5 ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่.....	23
3.6 ขั้นตอนการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช.....	27
3.7 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	27
3.8 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	27
4.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จ.ระยอง.....	32
4.2 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในปี พ.ศ.2543-2552.....	32
4.3 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552.....	33
4.4 การตกตะกอนในกลุ่มน้ำเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552.....	34
4.5 ค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552.....	34
4.6 อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยรายปี พ.ศ.2543-2552.....	35
4.7 แสงแดดเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552.....	35
4.8 อัตราการคายระเหยเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552.....	36
4.9 แผนที่แสดงระดับความสูงในกลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง พ.ศ. 2552.....	37
4.10 ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS.....	38
4.11 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS.....	39
4.12 ปริมาณการคายระเหยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS.....	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS.....	41
4.14 ขอบเขตในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS.....	43
4.15 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน.....	44
4.17 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	45
4.18 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ.....	46
4.19 การใช้ที่ดินในลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยองในปี พ.ศ. 2552.....	47
4.20 เพอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ของสถานการณ์ A.....	50
4.21 เพอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ของสถานการณ์ B.....	50
4.22 เพอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ของสถานการณ์ C.....	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันราคาน้ำมันในที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีความต้องการที่เพิ่มขึ้นตามความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและประชากร จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นหลักและในประเทศไทยมีอัตราการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงกว่าแสนล้านบาท และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ มีการประมาณการว่า โลกจะมีน้ำมันสำรองใช้ได้อีก 40 ปี หากใช้ในอัตราปัจจุบัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) จึงได้เป็นที่มาของการคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ นำมาซึ่งการมองหาพลังงานทดแทน หรือพลังงานทางเลือก ได้แก่ การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Bio-fuel) ในทุกประเทศจำเป็นต้องอาศัยพลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานในการอำนวยความสะดวกให้ทุกกลไกของเทคโนโลยีขับเคลื่อนไปได้ ซึ่งทำให้รัฐบาลและภาคอุตสาหกรรมหันมาสนใจเพื่อลดการใช้และนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ได้รับความสนใจและถูกสนับสนุนการลงทุนปลูกพืชน้ำมันมากที่สุด ปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์และมีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ Ethanol และ Gasohol เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยงานวิจัยของ Uhlenbrook (2007) กล่าวว่า พลังงานชีวภาพ “จะมีน้ำมันเชื้อเพลิงผสมเป็นอย่าต่ำ 80 %” วัตถุดิบที่เรานำมาใช้ผลิต Biodiesel ได้คือ พืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ ส่วน Ethanol เราผลิตได้จากพืชประเภทแป้ง และน้ำตาล เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เมื่อนำ มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมัน ต้องนำ Biodiesel มาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 10-20% จึงจะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลใน รถยนต์ทั่วไปได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ เช่นเดียวกับ Ethanol ก็ต้องนำมาผสมกับน้ำมันเบนซินในสัดส่วน 5-10% รู้จักกันทั่วไป ว่า Gasohol จึงใช้กับเครื่องยนต์เบนซินทั่วไป และมีการกำหนดเป็นนโยบายที่จะผลักดันอย่างต่อเนื่องจะผลิตเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในอนาคต

แต่การปลูกพืชเพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ ล้วนแต่ใช้น้ำในการปลูกเป็นปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งการใช้น้ำในการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก ในกระบวนการรวบยอดพันธุ์ของพืชจะส่งผลให้ดินแห้งไม่มีการระเหย อีกทั้งการปลูกพืชพลังงานทดแทน จะมีธาตุอาหาร แร่ธาตุ รวมทั้งปุ๋ยที่ใส่เพื่อการเจริญเติบโตของพืช และเมื่อมีการชะล้างของน้ำต่อพืช สารอาหารแร่ธาตุก็จะไหลลงสู่ลุ่มน้ำ ส่งผลให้เกิดตะกอนและผลกระทบอื่นๆตามมาซึ่งจะ ส่งผลต่อสภาพอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยในประเทศไทยสามารถแบ่งเขตออกเป็น 25 ลุ่มน้ำใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 320 ล้านไร่ โดยแต่ละลุ่มน้ำจะมีสภาพภูมิประเทศ และสภาพทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกัน ทำให้ความสมบูรณ์และปริมาณของน้ำท่าแต่ละลุ่มน้ำแตกต่างกันด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการปลูกพืชเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา โดยเลือกลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง ได้ทำการศึกษาช่วงปี พ.ศ. 2543-2552 ซึ่งทำการศึกษาพืชที่สามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงต่างๆโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลด้านอุทกวิทยา ข้อมูลจำเพาะของพืช และการศึกษาความสอดคล้องระหว่างอุทกวิทยากับพืชน้ำมันได้ทำการศึกษาความเปลี่ยนแปลงต่างๆ และข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์บริเวณลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ ที่มีการปลูกพืชน้ำมันและนำมาเพื่อ

สร้างแบบแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System, GIS) นำไปประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงผลกระทบของการปลูกพืชเชื้อเพลิงชีวภาพเชื้อเพลิงที่มีต่อทรัพยากรน้ำ และสภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1. ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของพืชน้ำมันที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ
2. ประเมินค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยที่จะใช้ค่าเป็นแนวทางในการเลือกปลูกพืชน้ำมันในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
3. เพื่อสร้างแบบแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) นำไปประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างถูกต้อง
4. จำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ โดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชน้ำมันแต่ละชนิด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

กำหนดพืชน้ำมันที่ทำการศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ ลำปะหรั่ง ยางพารา และ ปาล์มน้ำมันสร้างแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกวิทยาโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในช่วงปีพ.ศ.2543-พ.ศ.2552 ทำการคำนวณหาค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากพืชน้ำมันทั้ง 3 ชนิด พร้อมกับจำลองสภาพสถานการณ์การขยายพื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมัน เพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อสภาพความสมดุลน้ำในลุ่มน้ำ

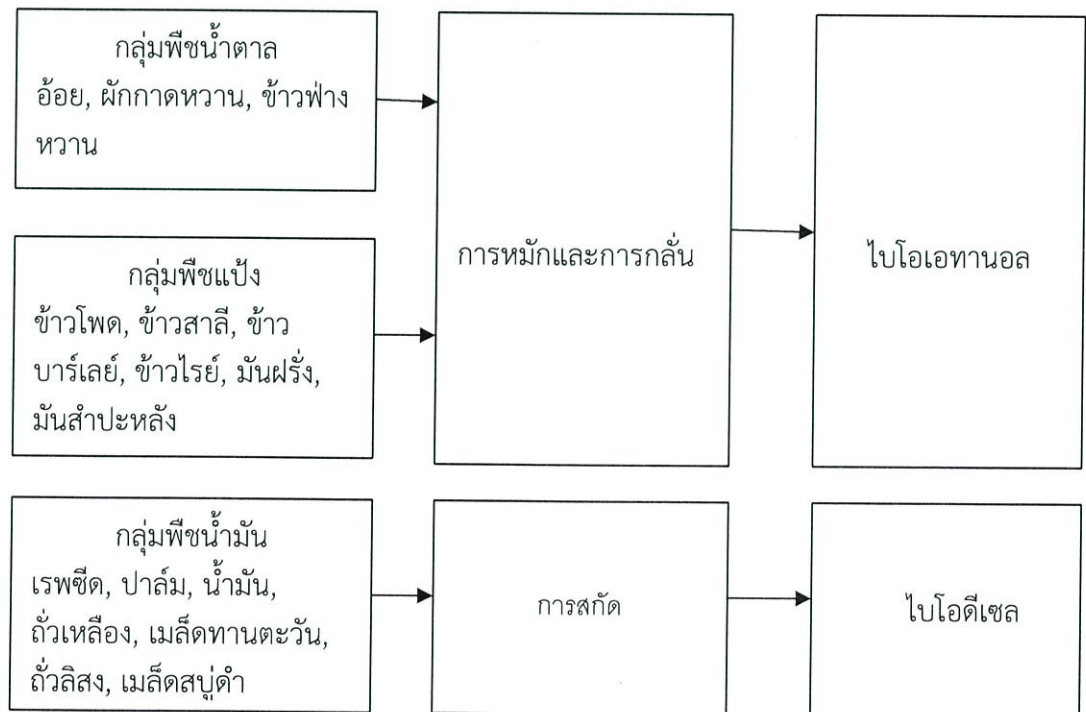
1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสถานการณ์การใช้น้ำมันชีวภาพ ชนิดของพืชน้ำมัน พื้นที่เพาะปลูก และผลกระทบทางด้านต่างๆที่เกิดขึ้นต่อสภาพทางอุทกวิทยาในช่วงปี พ.ศ.2543-2552
2. เก็บรวบรวมข้อมูลของพื้นที่ ที่ทำการศึกษา สภาพอากาศ แผนที่ และการใช้ที่ดิน
3. คำนวณค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ในการผลิตพืชน้ำมันชีวภาพในพื้นที่
4. สร้างแบบจำลองระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)
5. จำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำในพื้นที่
6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันราคาน้ำมันในตลาดโลกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่สถานการณ์น้ำมันจะมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจสังคมปัจจุบันโลกใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพในปริมาณไม่มากนัก คือ ประมาณร้อยละ 15 เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ ในปัจจุบันกำลังประสบปัญหาการลดลงของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นที่มาของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Bio-fuel) เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นจึงได้มีการค้นคว้าพยายามใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพมากขึ้น เชื้อเพลิงชีวภาพหรือ Bio-fuel คือ สารที่ได้จากพืชและสัตว์โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง ในยุโรปมีการนำเชื้อเพลิงชีวภาพไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าขนาดเล็กและใช้ในภาคเกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งก็จะเกิดประโยชน์กับภาคการเกษตรของประเทศ ปัจจุบันกลุ่มสหภาพยุโรปมีการส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจังเนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่สะอาด และมีการกำหนดเป็นนโยบายที่จะผลักดันอย่างต่อเนื่อง จะผลิตเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยงานวิจัยของ Uhlenbrook (2007) กล่าวว่า พลังงานชีวภาพ“จะมีน้ำมันเชื้อเพลิงผสมเป็นอย่างต่ำ 80%” วัตถุดิบที่เรานำมาใช้ผลิต Biodiesel วัตถุดิบที่เรานำมาใช้ผลิต Biodiesel ได้คือ พืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ ส่วน Ethanol เราผลิตได้จากพืชประเภทแป้ง และน้ำตาล เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมัน ต้องนำ Biodiesel มาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วน 10-20% จึงนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลใน รถยนต์ทั่วไปได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ เช่นเดียวกัน ethanol ต้องนำมาผสมกับน้ำมันเบนซินในสัดส่วน 5-10% รู้จักกันทั่วไปว่า Gasohol จึงใช้กับเครื่องยนต์เบนซินทั่วไป โดยพืชที่ใช้ผลิต Bio-fuel โดยการแยกกลุ่มวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต (รูปที่ 2.1)



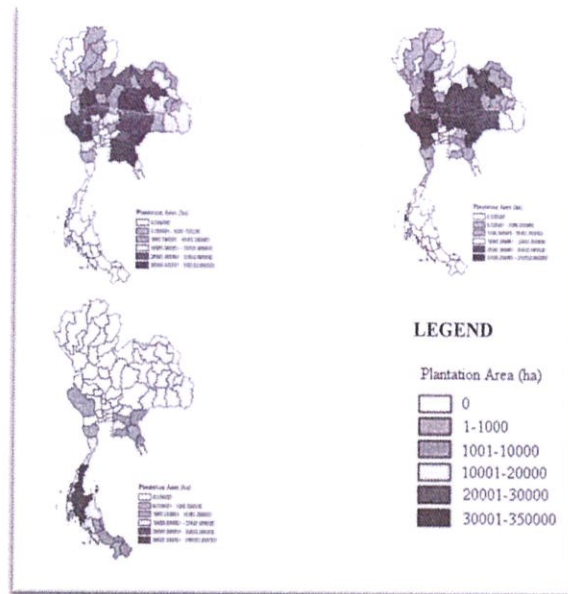
รูปที่ 2.1 วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Source: FAO, 2008)

ตารางที่ 2.1 ความต้องการใช้พลังงานทดแทนทั่วโลก

Country	Bio-ethanol production (million liters)			Share of global Bio-ethanol production (%)			Energy share in gasoline type use (%)		
	2005- 2007 average	2008	2017*	2005- 2007 average	2008	2017*	2005- 2007 average	2008	2017*
United States	21,478	38,394	52,444	42.71	49.83	41.34	2.63	4.55	6.03
Brazil	17,396	22,110	40,511	34.60	28.69	31.93	32.31	40.43	56.62
China	5,564	6,686	10,210	11.07	8.68	8.05	1.66	1.98	4.03
EU27	2,049	4,402	11,883	4.07	5.17	9.37	1.00	2.19	4.88
India	1,411	1,909	3,574	2.81	2.48	2.82	1.73	2.65	5.61
Canada	762	1,383	2,730	1.52	1.79	2.15	1.26	2.34	4.07
Columbia	272	497	796	0.54	0.64	0.63	3.34	5.21	4.99
Thailand	285	408	1,790	0.57	0.53	1.41	1.26	2.08	11.70
South Africa	410	369	863	0.82	0.48	0.54	0.00	0.00	1.87
Indonesia	177	212	227	0.35	0.28	0.18	0.00	0.02	0.01
Vietnam	140	164	532	0.28	0.21	0.42	0.00	0.00	0.00
Australia	63	156	1,004	0.13	0.20	0.79	0.22	0.54	3.30
Philippines	62	105	126	0.12	0.14	0.10	0.24	0.70	0.53
Turkey	55	77	81	0.11	0.10	0.06	0.62	0.87	1.15
Malaysia	63	70	84	0.13	0.09	0.07	0.00	0.02	0.02
Ethiopia	33	38	74	0.07	0.05	0.06	0.00	0.34	0.67
Tanzania	26	29	43	0.05	0.04	0.03	0.00	1.01	2.54
Mozambique	21	24	28	0.04	0.03	0.02	0.00	0.34	1.86
Peru	16	22	40	0.03	0.03	0.03	0.00	0.16	0.19
Total	50,283	77,055	126,860				3.78	5.46	7.63

ที่มา:องค์การระหว่างประเทศของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว/องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ.(2008); *การประมาณการ

จากตารางที่ 2.1 สถานการณ์ของพลังงานเชื้อเพลิงทั่วโลก มีแนวโน้มที่จะผลิตเชื้อเพลิงจากพืชน้ำมันเนื่องจากมีความต้องการการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันและอนาคต สำหรับประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวและยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในอนาคต จึงทำให้ภาครัฐบาลและภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับเรื่องพลังงานจากพืช น้ำมันหรือ Bio-fuel แต่เนื่องจากในประเทศไทยมีแหล่งที่ปลูกและผลิตพลังงานสำรองไม่มากนัก ดังนั้นจึงคำนึงถึงเรื่องความมั่นคง หันมาส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันในประเทศไทยมากขึ้น ในประเทศไทยมีการส่งเสริมเพาะปลูกพืชน้ำมันเพิ่มขึ้นมากในทุกภาคของประเทศไทย ดังในรูปที่ 2.2

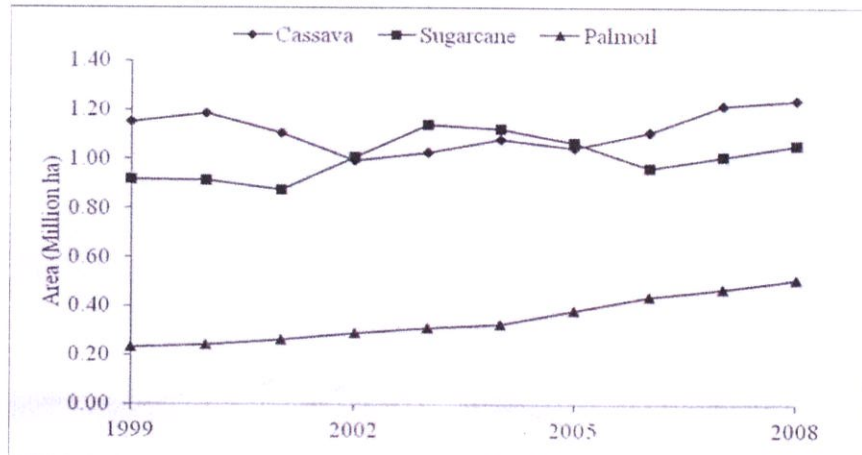


รูปที่ 2.2 พื้นที่การเพาะปลูกพืชน้ำมันในประเทศไทย

พืชน้ำมันที่นิยมปลูกในประเทศไทย อ้อยและมันสำปะหลังเพื่อผลิตไบโอเอทานอล ส่วนไบโอดีเซลจะใช้ ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำเป็นพืชหลักที่นำมาใช้ผลิตในประเทศไทย (Prasersri and Kunasirirat, 2009; Siriwardhana et.al, 2009) ดังรูปที่ 2.2

2.1 แนวโน้มของพื้นที่เพาะปลูก

พื้นที่เพาะปลูกของพืชที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นจากการส่งเสริมจากรัฐบาล ในช่วงปี 2005 โดยมีการพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นของมันสำปะหลัง 8% ปาล์มน้ำมัน 15% และอ้อย 120% และจะเพิ่มอัตราการผลผลิตทั่วทั้งประเทศไทยในช่วงปี 1999-2008 ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดย มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 12% อ้อยเพิ่มขึ้น 9% และปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น 16% (รูปที่2.3)



รูปที่ 2.3 แนวโน้มของพื้นที่เพาะปลูก

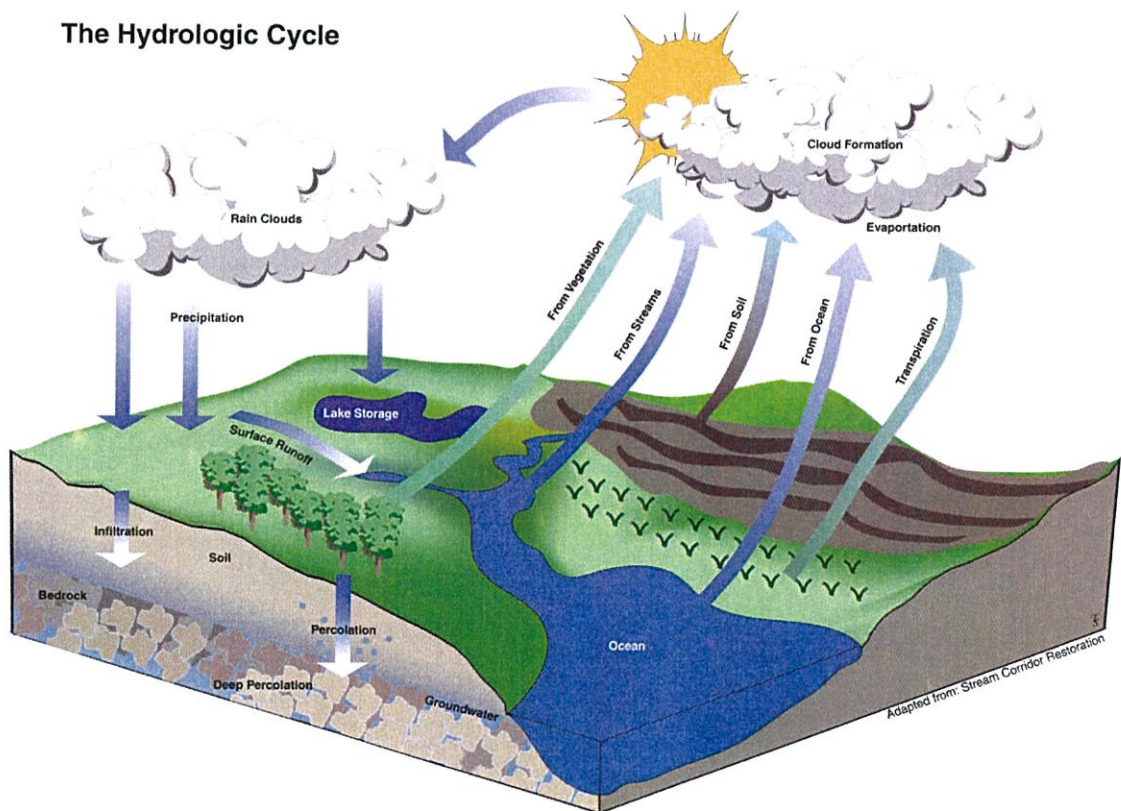
การเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ส่งผลให้มีการพัฒนาน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทยเป็นไปอย่างรวดเร็วจน เกิดความห่วงใยในผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับความมั่นคงทางอาหาร และวิเคราะห์สถานการณ์และศักยภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ชีวภาพและวัตถุดิบ การวิเคราะห์พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตเอทานอล และจำเป็นต้องมีการขยายพื้นที่เพาะ ปลูกปาล์มน้ำมัน การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นอยู่ในประเทศไทยยังไม่ส่งผลกระทบต่อ การผลิตอาหารและราคาอาหาร แต่อาจจะส่งผลกระทบมากขึ้นในอนาคตอันใกล้หากมิได้มีการเตรียมการรับมือที่ดีพอ โดยพืชที่ปลูกในประเทศไทย ประเทศไทยนิยมใช้ อ้อยและมันสำปะหลังเพื่อผลิตไบโอเอทานอล ส่วนไบโอดีเซลจะใช้ ปาล์มน้ำมันและสบู่ดำเป็นพืชหลักที่นำมาใช้ผลิตในประเทศไทย จากตารางจะเห็นได้ว่ามีพื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมันเพิ่มขึ้นในแต่ละปี เพื่อสนองต่อความต้องการการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นของประชากร เดชรัต สุขกำเนิด,(2558) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงพื้นที่การปลูกพืชต่อผลผลิตจากพืชน้ำมันในประเทศไทยทั้ง 3 ชนิด ในปี ค.ศ. 2004-2008

Year	Sugarcane		Cassava		Oil palm	
	Planted area (10 ⁶ ha)	Production (10 ⁶ tons)	Planted area (10 ⁶ ha)	Production (10 ⁶ tons)	Planted area (10 ⁶ ha)	Production (10 ⁶ tons)
2004	1.12	65.00	1.08	21.44	0.33	4.90
2005	1.07	49.59	1.04	16.94	0.38	5.18
2006	0.97	47.66	1.11	22.58	0.44	5.00
2007	1.01	64.37	1.22	26.92	0.47	6.72
2008	1.05	73.50	1.24	25.57	0.51	6.39
Avg yield (tons/ha)*	57.00	20.00	13.00	Avg yield (tons/ha)*	57.00	20.00
Bio-fuel conversion rate (l/ton)	70.00	180.00	221.00	Bio-fuel conversion rate (l/ton)	70.00	180.00

2.2 อุทกวิทยา

คำว่า “อุทกวิทยา” หรือ “Hydrology” มาจาก Hydro แปลว่า น้ำ และ Logy แปลว่า วิชา หรือศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ ดังนั้น อุทกวิทยา จึงหมายถึง วิชาทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วย เรื่องของน้ำเป็นหลัก ซึ่งจะศึกษาการเกิด การเคลื่อนที่ การหมุนเวียน การเปลี่ยนแปลง การแผ่ กระจายของน้ำ และคุณสมบัติของน้ำในบริเวณส่วนต่างๆของโลกเมื่อพิจารณารูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า น้ำจะมีการระเหย (Evaporation) จากทะเลมหาสมุทรและที่สะสมอยู่บนแผ่นดินเช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง หรือจากน้ำใต้ผิวดินบางส่วนขึ้นสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (Water Vapor) ซึ่งจะมีการ ลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดขบวนการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นน้ำจากอากาศ (Precipitation) ตกลงมาสู่ทะเลมหาสมุทรหรือบนแผ่นดินอีก โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก (Interception) จากพืชบางส่วนจะตกลงบนผิวดินแล้วเกิดการไหลบนผิวดิน (Overland Flow) แต่กั มีบางส่วนระเหยและบางส่วนเกิดจากการคายน้ำ (Transpiration) กลับสู่บรรยากาศ ขณะเดียวกันจะ มีน้ำบางส่วนซึมลงเป็นการไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow) ซึ่งจะมีแนวทางไหลซึมสู่แม่น้ำลำคลอง เช่นเดียวกับน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) และมีน้ำบางส่วนซึมลึกลงไประหว่างช่องว่างของเม็ดดิน หรือรอยหินแตกลงไปเป็นน้ำใต้ดิน (Groundwater) ซึ่งถ้าน้ำใต้ดินซึมเข้าสู่ลำน้ำจะเรียกลำน้ำนั้นว่า ลำน้ำรับ (Effluent Stream) แต่ถ้าลำน้ำที่ให้แก่น้ำใต้ดินเรียกว่า ลำน้ำให้ (Influent Stream) ซึ่ง ทำยที่สุดแล้วน้ำใต้ดินก็มักจะมีแนวการไหลซึมออกสู่แหล่งน้ำหรือทะเลมหาสมุทร แล้วเกิดการระเหย กลับสู่บรรยากาศเป็นเช่นนี้หมุนเวียนอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรอุทกวิทยา



รูปที่ 2.4 วัฏจักรทางอุทกวิทยา

วัฏจักรทางอุทกวิทยาสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบย่อย คือ

1) ระบบน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric Water System) ประกอบด้วยกระบวนการที่เกิดจากน้ำจากอากาศ (Precipitation) การระเหย (Evaporation) การดัก (Interception) และการคายน้ำ (Transpiration)

2) ระบบน้ำผิวดิน (Surface Water System) ประกอบด้วยขบวนการที่เกิดจากการไหลบนผิวดิน (Overland Flow) น้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) การไหลออกของน้ำใต้ผิวดินและน้ำใต้ดิน (Subsurface and Groundwater Outflow) การไหลในแม่น้ำและน้ำในทะเลมหาสมุทร

3) ระบบน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Water System) ประกอบด้วย ขบวนการซึม (Infiltration) การเพิ่มน้ำใต้ดิน (Groundwater Recharge) การไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow) และการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow)

ในวัฏจักรทางอุทกวิทยาจะประกอบด้วย

- การเกิดน้ำจากฟ้า (Precipitation) เป็นการตกลงมาของน้ำในบรรยากาศสู่พื้นผิวโลก
- การซึมของน้ำในดิน (Infiltration) จากน้ำบนพื้นผิวดินลงสู่ดินเป็นน้ำใต้ดิน
- การคายระเหย (Evapotranspiration) การระเหยของน้ำ (Evaporation) จากผิวดินหรือผิวน้ำในการเพาะปลูกนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะพืชจำเป็นต้องปลูกบนดินและใช้น้ำ ฉะนั้นการที่พืชต้องการใช้น้ำเท่าใดจึงนิยมคิดรวมกัน ทั้งที่พืชใช้จริงและที่ระเหยไปด้วย รวมเรียกว่า Evapotranspiration

- น้ำท่า (Run off) คือน้ำฝนส่วนที่ตกลงบนผิวดินแล้วไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำหลังจากที่บางส่วนได้ระเหยและรั่วซึมลงไปในดินแล้ว ในระหว่างที่น้ำไหลไปตามผิวดินเรียกว่า Overland Flow เมื่อไหลลงลำน้ำแล้วเรียกว่า Stream Flow ตามปกติปริมาณน้ำส่วนที่ไหลลงลำน้ำจะมีค่าประมาณ 15%-35% ของปริมาณฝนที่วัดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ดิน ทางน้ำ ลักษณะของกลุ่มน้ำ สภาพพื้นที่ และสภาพป่าไม้ในเขตกลุ่มน้ำ ฯลฯ

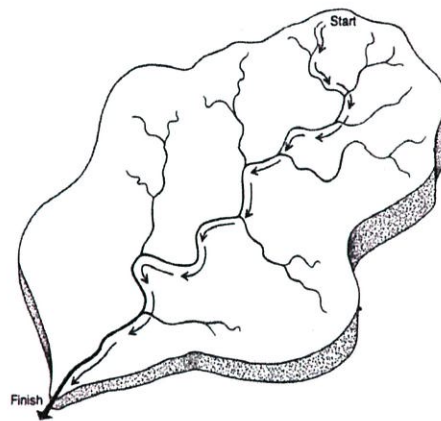
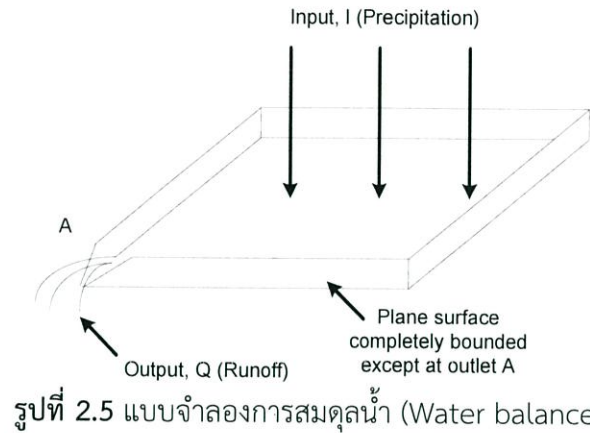
- ฝนใช้การได้ (Effective Rainfall) หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้แก่พืช ทั้งนี้เพราะน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกบางครั้งก็ไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด เช่น ถ้ามีฝนตกลงมาเกินกว่าความต้องการใช้น้ำของพืชแล้วส่วนที่เหลือจากการไหลซึมลงดินก็จะไหลล้นออกจากแปลงเพาะปลูกสูญหายไปน้ำฝนที่ตกกระหว่างฤดูกาลเพาะปลูกจะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ต่อเมื่อยังเป็นความชุ่มชื้นอยู่ในเนื้อดินในลักษณะที่พืชจะดูดไปใช้ได้เท่านั้น

2.3 งบน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยาหรือการสมดุลน้ำ (Water balance)

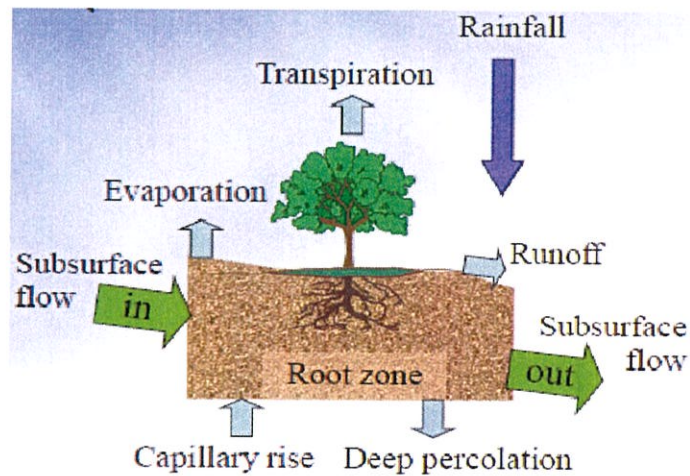
Water balance แนวทาง ในตามวัฏจักรอุทกวิทยา เนื่องจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีในโลกนี้มีปริมาณที่แน่นอนและไม่สูญหายไปไหน ดังนั้น ภาพรวมของ วัฏจักรอุทกวิทยาจึงถือได้ว่าเป็นระบบปิด แต่ถ้ามองระบบย่อยทางอุทกวิทยาบางส่วน ก็จะเป็นระบบเปิดเพราะมีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหว และถ่ายเทไปมาได้ทั้งภายในระบบเอง และระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ระบบโดยอาจจะเป็นการเคลื่อนไหวจากภายในระบบสู่สิ่งแวดล้อม หรือจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาในระบบก็ได้ ซึ่งปัญหาของอุทกวิทยาจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในส่วนต่าง ๆ ของโลกโดยที่ปริมาณน้ำเหล่านี้เรียกว่า งบน้ำ (Water Budget) ดังรูปที่ 2.5 เพื่อที่จะอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ต่าง ๆ ในวัฏจักรอุทกวิทยา ซึ่งมีผลต่อบน้ำในระบบที่พิจารณา ในเบื้องต้นให้พิจารณาแบบจำลองระบบอุทกวิทยาอย่างง่ายโดย

$$\text{Input} = \text{Output}$$



รูปที่ 2.6 การไหลของน้ำในลุ่มน้ำในการสมดุลน้ำ



รูปที่ 2.7 การศึกษาการสมดุลของน้ำ

เป็นการศึกษาการใช้น้ำของพืชเป็นส่วนใหญ่ (Crop Et) โดยการศึกษาค่าความชื้นของดินโดยการทดลองวัดค่าความชื้นของดินจากแปลงเพาะปลูก โดยกำหนดให้ดินมีทางกายภาพที่สม่ำเสมอตลอดความลึก และระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำผิวดินมาก (ดังรูป 2.7)

2.4 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

Water footprint เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (Supply chain) สินค้าที่มี Water footprint น้อยย่อมได้รับความสนใจมากกว่าสินค้าที่มี Water footprint มากเพราะมีการใช้น้ำ (Consumption) และทำให้น้ำสกปรก (Pollution) น้อยกว่า

แนวความคิดเรื่อง Water footprint เริ่มขึ้นในปี ค.ศ.2002 โดยศาสตราจารย์ Arjen Y.Hoekstra แห่งประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการคำนวณ Water footprint นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากร น้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น

ตัวอย่าง Water footprint เช่น



รูปที่ 2.8 ปริมาณการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

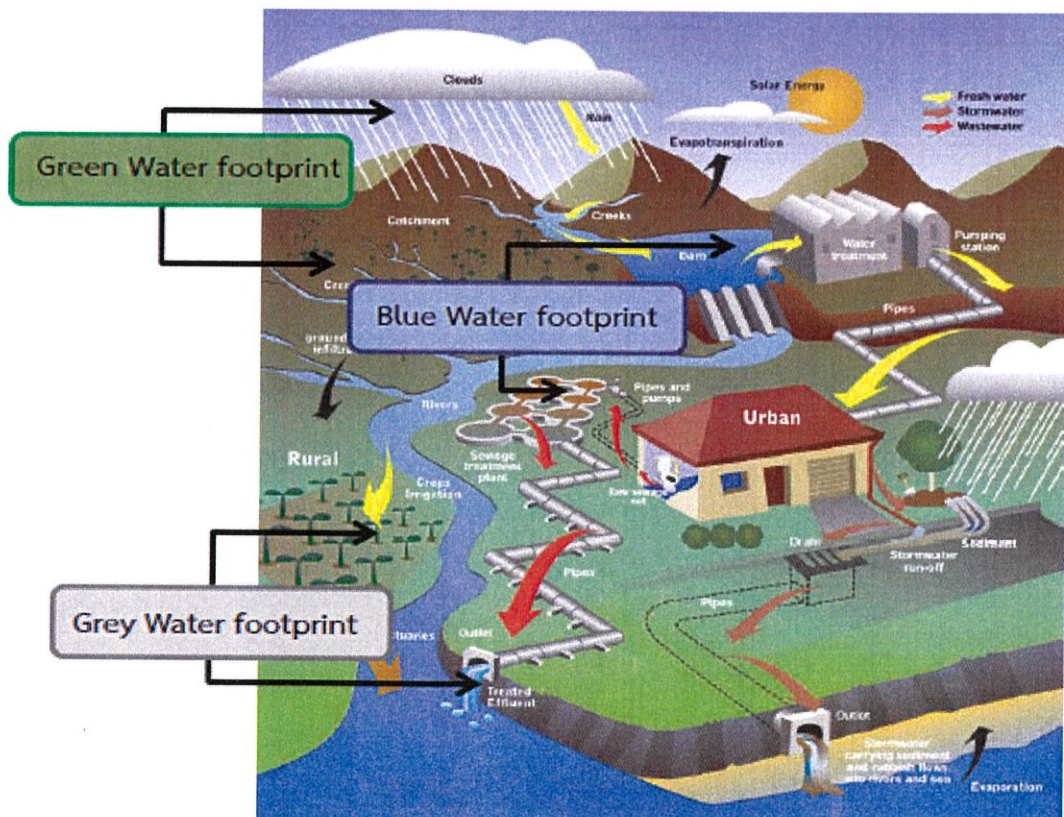
จากรูปที่ 2.8 จะอธิบายถึงการใช้ น้ำที่กีดกันในการใช้น้ำผลิตภัณฑอาหารที่เช่น กาแฟ 1 ถ้วยใช้น้ำในการผลิตถึง 35 ลิตร ไวน์ 1 แก้วใช้น้ำในการผลิต ถึง 120 ลิตร นม 1 แก้วใช้น้ำถึง 200 ลิตรในการผลิต และ แฮมเบอร์เกอร์ 1 ลูก ใช้น้ำในการผลิตสูงถึง 2,400 ลิตร

ประโยชน์ของ Water footprint การมีข้อมูล Water footprint ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคและภาคธุรกิจเข้าใจว่าจะต้องทำอะไรเพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้นสำหรับผู้ผลิต การนำกลยุทธ์ลด Water footprint มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์ เพราะแสดงว่ามีความรับผิดชอบต่อค่านึงถึงสิ่งแวดล้อมและสังคม การลด Water footprint ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อ

ภาคธุรกิจโดยตรง และยังเป็น การเตรียมความพร้อมในกรณีทีภาคีรัฐออกกฎข้อบังคับเกี่ยวกับ Water footprint ในอนาคต

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดการใช้ น้ำจากการผลิตสินค้าและบริการ ตลอดห่วงโซ่ทั้งกระบวนการ ซึ่งพิจารณาทั้ง การใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งน้ำเสียที่เกิดขึ้น (Hoektra et al., 2011) โดยขึ้นอยู่กับ ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และเวลาที่ทำการศึกษ การศึกษาในพื้นที่และเวลาที่ต่างกันจะทำให้มีอัตราการใช้น้ำที่ไม่เท่ากัน

Water footprint เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเริ่มตั้งแต่ กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (Supply chain) สินค้าที่มี Water footprint น้อยย่อมได้รับความนิยมมากกว่าสินค้าที่มี Water footprint มากเพราะมีการใช้น้ำ (Consumption) และทำให้น้ำสกปรก (Pollution) น้อยกว่า แนวความคิดเรื่อง Water footprint เริ่มขึ้นในปี ค.ศ.๒๐๐๒ โดยศาสตราจารย์ Arjen Y.Hoekstra แห่งประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ถือเป็นค่าชี้วัดที่ชัดเจนเพราะนอกจากจะแสดงปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา (Chap again et al. 2006) โดยองค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) แยกออกเป็น 3 ส่วน คือ Blue water footprint, Green water footprint และ Gray water footprint โดยแต่ละส่วนมีที่มาแตกต่างกันออกไป ดังนี้

กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของน้ำฝน ที่ถูกใช้ไปในการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำจากระบบทางชลประทานน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำทะเลสาบรวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่ น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่ใช้ในการผลิต

เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Gray Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

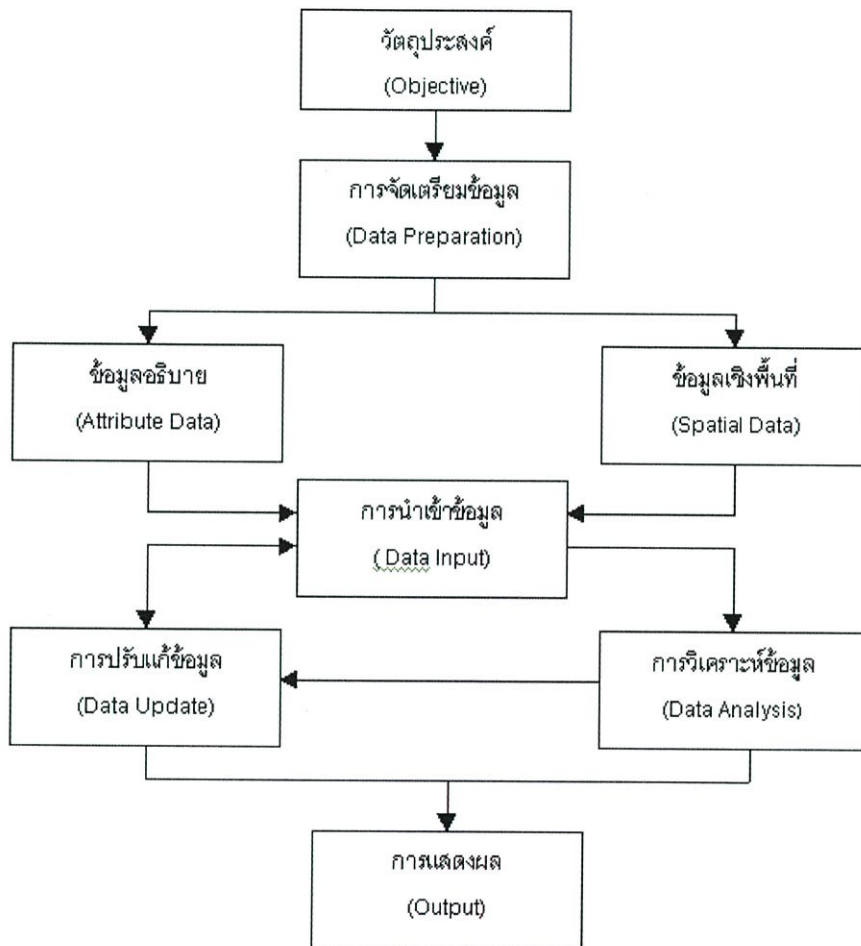
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งในระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ ที่ช่วยในการจัดเก็บ จัดการ และเรียกค้น รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลแผนที่และฐานข้อมูล ตลอดจนการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆจนกระทั่งสามารถเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (Geospatial data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS):Global Positioning System และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลอันประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผน และการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่ด้วยกัน 5 อย่างดังนี้ (รูปที่ 2.10)

1. การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูล เชิงตัวเลข (Digital format) เสียก่อน เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลใน รูปแบบดิจิทัลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าเช่น Digitizer Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น
2. การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือสเกล (Scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ใน ระดับเดียวกันเสียก่อน
3. การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ DBMS แบบ Relational หรือระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (RDBMS) ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐาน ดังนี้คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง
4. การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ เช่น ใครคือเจ้าของกรรมสิทธิ์ในที่ดินผืนที่ติดกับโรงเรียน เมืองสองเมืองนี้มีระยะห่างกันกี่กิโลเมตร ดินชนิดใดบ้างที่

เหมาะสำหรับปลูกอ้อยหรือต้องมีนอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay analysis) เป็นต้น

5. การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดีเช่นการแสดงชาร์ต (Chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริง ภาพเคลื่อนไหวแผนที่หรือแม้กระทั่งระบบมัลติมีเดียสื่อต่างๆเหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายและมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้นอีก



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

2.6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินว่าเป็นไปในรูปใด เช่น การทำเกษตรกรรม เหมือนแร่ การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่มีการควบคุมหรือวางผังเมือง จะมีลักษณะเคล้าคละปะปนกันไม่เป็นระเบียบ ความแออัดจะกระจุกตัวอยู่ที่ศูนย์กลางและกระจายออกไปรอบนอกชุมชนอย่างไรทิศทาง และแบบแผน เมื่อชุมชนขยายตัวไปสู่ความเป็นเมือง ปัญหาต่างๆ ก็จะมาตาม การวางผัง

เมืองเป็นการจัดระเบียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบคมนาคมขนส่ง และเตรียมรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคตโดยการพิจารณาแผนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นการพิจารณาจากการใช้อาคาร และที่ดินที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีพของประชาชน 3 ส่วน คือ

1. ส่วนที่อยู่อาศัย แบ่งออกเป็นที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย 5 ประเภท
2. ส่วนทำงาน และบริการสาธารณะ แบ่งออกเป็น ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม ที่ดินประเภทสถาบันราชการ สาธารณูปโภคสาธารณูปการ ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม และที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม
3. ส่วนที่พักผ่อนหย่อนใจ แบ่งออกเป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการ และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่ดินประเภทอนุรักษ์ แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ
 1. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย
 2. ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม
 3. ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม
 4. ที่ดินประเภทที่สงวน และควบคุมการพัฒนา

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบการใช้ที่ดินบางประเภทของประเทศไทย พ.ศ. 2523, 2529 และ 2541

การใช้ที่ดิน	ปี		
	2523 ¹	2529 ²	2541 ³
พื้นที่เกษตรกรรม	147,102,887	167,138,540	174,858,853
นาข้าว	83,721,093	83,471,030	79,940,845
พืชไร่	48,462,508	59,510,570	50,634,155
ไม้ยืนต้นทั้งหมด	14,608,433	23,304,280	25,937,599
พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	448,891 ⁴	511,080	1,413,600
พื้นที่ป่าไม้	n.a. ⁵	110,808,720	105,507,602
พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์	32,129,439	36,451,780	29,896,970 ⁶⁾
พื้นที่ชุมชน	1,444,810	1,586,750	4,663,923
พื้นที่น้ำ	2,431,074	2,480,390	3,508,125

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน

- หมายเหตุ :
- 1 - 3 แปลจากภาพถ่ายดาวเทียมมาตราส่วน 1: 500,000
 - 4 รวมนาเกลืออยู่ด้วย
 - 5 ไม่ได้จำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะ แต่รวมอยู่ในพื้นที่อื่นๆ ที่มีเนื้อที่ทุกประเภทรวม 134,523,887
 - 6 เป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติที่มีที่ดินที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์รวมอยู่ด้วย

ข้อควรพิจารณาการใช้ที่ดินทางการเกษตร

1. ฝนตามธรรมชาตินั้นตกไม่แน่นอน บางปีมีปริมาณน้ำฝนน้อย บางปีปริมาณน้ำฝนมาก ความต้องการ ทรัพยากรก็มีคุณภาพต่ำ ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีส่วนทำให้ประสิทธิภาพการผลิตในด้านเกษตรต่ำ ทำให้การวางแผนการผลิตที่ดี การประเมินปริมาณและคุณภาพของผลิตผลที่ดี ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร เหตุให้เกษตรกรในพื้นที่บริเวณนี้ประสบกับการเสี่ยงสูงของผลผลิต เพื่อที่จะพัฒนาเขตเกษตรอาศัยน้ำฝนให้มีการอัตราเสี่ยงลดลง และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

2. จัดทำแผนที่ภูมิอากาศเกษตร (Agro-Ecological Zone) เพื่อใช้เป็นเครื่องประกอบกับแผนที่ดินในเขตกสิกรรมอาศัยน้ำฝน แล้วเริ่มดำเนินการสำรวจสภาพการทำเกษตรและข้อมูลอื่นๆ ของแต่ละเขตภูมิอากาศเกษตร เพื่อให้ได้ข้อมูลภาคพื้นดินที่ถูกต้องนำมาประกอบในการพิจารณาหาทางพัฒนาการเกษตรต่อไปควรมีมาตรการในการพยากรณ์หรือคาดคะเนเกี่ยวกับดินฟ้าอากาศ เพื่อจะได้มีโอกาสทราบล่วงหน้า และทำให้บรรเทาความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น

3. สถานีทดลองการเกษตรควรทำการวิจัย ค้นคว้า ทดลอง ปรับปรุงพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ การปราบศัตรูพืช การจัดระบบการปลูกพืช การเขตกรรม การจัดฟาร์ม ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพของแต่ละเขตภูมิอากาศ

4. ควรจัดตั้งโครงการถาวรเพื่อสำรองเมล็ดพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ เมื่อถึงภาวะฉุกเฉิน เช่น ความแห้งแล้ง หรือน้ำท่วมในเขตเกษตร ควรจัดสำรวจหาแหล่งน้ำใต้ดิน ทั้งบ่อน้ำลึกและบ่อน้ำตื้น เพื่อนำมาใช้บริโภคและเพื่อการเกษตร หากในเขตเกษตรกรรมอาศัยน้ำฝนมักมีป่าไม้่น้อยและแห้งแล้ง ควรจัดให้มีการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อสร้างความชุ่มชื้น เป็นร่มเงาและเป็นป่าหยาบชื้น ไม้ที่ใช้ปลูกนั้นควรเป็นไม้โตเร็วสำหรับทำฟืน เพื่อเป็นพลังงานทดแทน ไม้ผลเพื่อบริโภค หรือไม้ทนความแห้งแล้งและขึ้นได้ในดินที่ไม่ดี เช่น กระถินณรงค์ ไม้ยูคาลิปตัส

5. ดิน หากดินมักจะมีการพังทลายได้ง่าย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำเป็นจะต้องหาทางอนุรักษ์ดินและน้ำ กล่าวคือ จะต้องป้องกันดินพังทลาย ยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการใช้ทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี การทำการเขตกรรมที่เหมาะสมจะทำให้เป็นการสงวนน้ำในดินและควรหาวัสดุคลุมดินในระหว่างการปลูกพืชเนื่องจากกสิกรรมในเขตเกษตรกรรม เพื่อที่จะพัฒนาการเกษตรในเขตน้ฝนให้ได้ผล

6. การกำหนดโซนการปลูกพืชเศรษฐกิจ หากได้นำเอาไปใช้ในโครงการการพัฒนาเศรษฐกิจของจังหวัดจะเกิดประโยชน์อย่างเต็มที่แก่นักวางแผน นักวิชาการเกษตร นักส่งเสริม ตลอดจนตัวเกษตรกรเอง ทั้งนี้เพราะง่ายต่อการควบคุมดูแล การกำจัดโรคแมลง การขยายพันธุ์ การชลประทาน ตลอดจนการส่งเสริมหรือการให้คำแนะนำของเจ้าหน้าที่ต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้ได้ผลอย่างจริงจังขึ้นโดยพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพที่เป็นอยู่ปัจจุบัน เช่น หาวิธีการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสม มีการเลือกใช้พันธุ์พืชที่ดี มีการกำหนดเวลาการปลูกพืชที่สอดคล้องกับสภาพอากาศ

7. ระบบชลประทานให้มีประสิทธิภาพตลอดจนมีหลักในการป้องกันโรคและแมลงที่ดีควรมีการจัดระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม การจัดระบบการปลูกพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพของดิน ปริมาณน้ำฝน หรือลักษณะของแหล่งน้ำ ตลอดจนอายุและลักษณะของพืชที่จะปลูก ระบบการปลูกพืชไม่จำเป็นต้องเป็นระบบเดียวกันทั้งจังหวัด การจะใช้ระบบการปลูกพืชแบบไหนขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

8. ควรมีการประกันราคาผลผลิตทางเกษตร เพื่อให้เกษตรกรขายได้ราคาที่เหมาะสมคู่กับการลงทุน ควรปรับปรุงสถาบันที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น กลุ่มเกษตรกร สหกรณ์การเกษตร ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร รัฐควรสนับสนุนและส่งเสริมให้สถาบันเกษตรกรต่างๆ เหล่านี้สามารถขยายธุรกิจได้กว้างขวางมากขึ้น

9. ปรับปรุงและแก้ไขกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกฎหมายที่เกี่ยวกับการพัฒนาที่ดิน หรือที่ดินที่หมดสภาพเป็นป่าสงวนแล้ว แต่มีศักยภาพพอที่จะใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจได้ และมีราษฎรอาศัยอยู่มาก เช่น บริเวณ 2 ผังแม่น้ำ ควรเพิกถอนแล้วจัดให้ราษฎรมีเอกสิทธิ์ในการทำกินให้ถูกต้องตามกฎหมาย แต่ในบริเวณใดที่มีดินที่ยากในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อรักษาทรัพยากรอันล้ำค่าเหล่านี้ไว้ชั่วหลาน

2.7 น้ำเสียและมลพิษทางน้ำ

น้ำเสียและมลพิษทางน้ำ (Wastewater) เป็นน้ำที่เกิดการปนเปื้อนมีคุณลักษณะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นสภาวะที่น้ำมีสารที่อาจก่ออันตรายหรือเจือปนอยู่ในน้ำในปริมาณที่ทำให้คุณภาพน้ำถูกทำลายไป และส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เกิดปัญหาภาวะน้ำเน่าเสีย กรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้อาศัยประกาศกระทรวง อุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยการวัดความสกปรกของน้ำเสียที่นิยมวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญโดยได้นิยามความหมายของคำว่า น้ำทิ้ง ว่าเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมและให้ความหมายรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำที่ปนเปื้อนด้วย เชื้อโรคและน้ำที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนักหรือสารพิษ ซึ่งไม่สามารถสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้ ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า "น้ำเสีย" น้ำเสียมีลักษณะทางกายภาพจะประกอบด้วยความขุ่น ของแข็ง กลิ่น สีและ อุณหภูมิ ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และลักษณะทางกายภาพยังสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพของน้ำเสียได้อย่างหยยาๆ ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้ว เช่น การใช้อาบ ใช้ซักล้าง ใช้สำหรับขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลหรือใช้ล้างวัสดุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ล้างพื้นโรงงาน ตลอดจนใช้สำหรับระบายความร้อน ฯลฯ น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจะมีคุณลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิมคือ มีสิ่งสกปรกต่างๆ เจือปนอยู่ ได้แก่ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษจุลินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งความร้อนการแบ่งประเภทน้ำเสียอาจแบ่งตามลักษณะน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ ที่มีสารที่อยู่ในน้ำเสียต่างกันสารเหล่านั้นจะเป็นสารประเภทใดขึ้นอยู่กับแหล่งและกรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ

มลพิษน้ำ (Water pollution) หมายถึง การที่น้ำตามธรรมชาติถูกทำให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำนั้นได้ หรือเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำในแหล่งน้ำ มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้น และปรากฏให้เห็น ได้แก่ น้ำในแหล่งน้ำเดิมซึ่งมีลักษณะเป็นธรรมชาติเกิดเปลี่ยนแปลง มีกลิ่นเหม็น มีสีดำ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า "น้ำเน่า" แต่ในบางครั้งการเกิดมลพิษทางน้ำจะไม่ปรากฏลักษณะของการเน่าเสีย สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษน้ำ หรือสาเหตุของน้ำเสียมลพิษน้ำ เป็นน้ำที่มีสารหรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ สำหรับแหล่งที่มาของมลพิษน้ำ ส่วนใหญ่มาจากน้ำเสียของแหล่งชุมชน จากกิจกรรมสำหรับการดำรงชีวิตของคนเรา เช่น อาคารบ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม โรงแรม ตลาดสด โรงพยาบาล เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าความเน่าเสียของคุณคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ ถึงประมาณ 75% และน้ำเสียจากกิจกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียจากขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งน้ำหล่อเย็นที่มี ความร้อนสูง และน้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วมของคนงานด้วย ความเน่าเสียของคุณคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ประมาณ 25% แม้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่สิ่งสกปรกในน้ำเสียจะเป็นพวกสารเคมีที่เป็นพิษและพวกโลหะหนักต่าง ๆ รวมทั้งพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นสูงด้วย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา แสงลัมสุวรรณ (2554) พลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นพลังงานที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั่วโลก เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาดที่จะช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอันสืบเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประเด็นที่สำคัญคือเชื้อเพลิงชีวภาพจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมัน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มการจ้างงาน และมูลค่าเพิ่มในภาคเกษตรกรรม ประเด็นสำคัญบางประเด็นที่ควรคำนึงในการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น ราคาอาหาร และราคาที่ดินที่อาจจะสูงขึ้น ซึ่งอาจจะ ทำให้การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ดังนั้น รัฐบาลควรวางนโยบายที่ครอบคลุมประเด็นดังกล่าวเพื่อให้การ พัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นไปอย่างยั่งยืน

ชินาธิภรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และอรรังรัตน์ มุ่งเจริญ (2555) จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551-2565) ของกระทรวงพลังงาน ที่ส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพทำการประเมินปริมาณการใช้น้ำตลอดกระบวนการใช้น้ำ หรือวอเตอร์ฟุตพริ้นของกระบวนการผลิตเอทานอล จากมันสำปะหลังในประเทศไทย ทำการคาดการณ์ ปริมาณการใช้น้ำ และปริมาณการใช้พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณการใช้น้ำ ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนฯ จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี เกือบ 10 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนฯ ในปี 2565แต่หากมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังจาก 3.4 เป็น 8.0 ตันต่อไร่ จะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงร้อยละ 57.4 ในแต่ละปี โดยจะต้องใช้น้ำ 1.110 ลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเพียง 4 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนในปี 2565

รมณี วังเมือง และปยุณมี สัจจกมล (2554) ได้นำแนวคิดร่องรอยการใช้น้ำ (Water Footprint) มาประยุกต์ใช้ในการประเมินศักยภาพการผลิตและการใช้ทรัพยากรน้ำของอุตสาหกรรมข้าวในประเทศไทย โดยใช้โรงงานผลิตแป้งข้าว 2 โรงงาน โรงงานที่หนึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและโรงงานที่ 2 อยู่ในภาคตะวันออกเป็นกรณีศึกษา พบว่า โรงงานในภาคอีสานนั้นมีร่องรอยการใช้น้ำที่สูงกว่าโรงงานในภาคตะวันออก

Bosch and Hewlett (2525) ได้ทำการทดลองกับแหล่งน้ำขนาดเล็กทั่วโลกได้ข้อสรุปการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกโดยการปลูกพืชมีการไหลของน้ำในพื้นที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ (NIK 1998) โดยได้ทดลองกับพื้นที่รับน้ำขนาดเล็กคือ (Sungai, Tekam, Pahang) ซึ่งอยู่ในประเทศมาเลเซียโดยได้ข้อสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกโดยการปลูกพืชเกษตรทดแทน(โกโก้และปาล์มน้ำมัน)ทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นในพื้นที่รับน้ำเป็น 706มิลลิเมตรและ 802มิลลิเมตร ตามลำดับ

Costa et al. (2546) ทำการศึกษาประเมินผลกระทบจากขนาดของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีขนาดใหญ่ในการไหลของแม่น้ำ Tocantins ที่ปอร์โต Southeastern Amazonia โดยการวิเคราะห์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระยะเวลา 50 ปีเผยให้เห็นว่าการขยายตัวของที่ดินเพื่อเกษตรกรรมไปเกือบ 50% เพิ่มอัตราการไหลเฉลี่ยต่อปีโดย 24% และยังสรุปให้เห็นว่าลดการคายระเหยของน้ำ ว่าหลังจากที่การขยายตัวของพืชที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกันในกับการไหลของน้ำตลอดทั้งปี

Twine et al. (2547) ได้ศึกษาผลกระทบที่ดินเปลี่ยนบนลุ่มแม่น้ำมิสซิสซิปปีโดยใช้ Simulator Biosphere (IBIS) สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของป่าเป็นพื้นที่เพาะปลูกลดแสงแดดเฉลี่ยและคายระเหย แต่การไหลบ่าของน้ำจะไม่เพิ่มขึ้น เมื่อปลูกพืชในฤดูร้อนทำให้อัตราการคายระเหยเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับอัตราการระบายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากหญ้าสะวันนาและป่าไม้ถูกแทนที่ด้วยการปลูกพืชฤดูร้อนและลดลงเมื่อทุ่งหญ้าจะถูกแปลงเป็นพืชฤดูร้อน ได้ข้อสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงในสมดุลของน้ำเช่นเดียวกับการสมดุลพลังงานขึ้นอยู่กับฤดูกาลของพืช, การจัดการพืชและชนิดของพันธุ์ไม้ที่นำมาปลูกแทนที่

Siriwardena et al. (2549) ได้ทำการศึกษาอ่างเก็บน้ำ Comet พบว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของป่าลดลงจาก 83-38% ส่งผลทำให้มีการไหลบ่าเพิ่มมากขึ้น 40% โดยใช้โปรแกรมจำลอง (SIMHYD) จำลองการสมดุลน้ำและปริมาณน้ำฝน

Mao et al (2552) ได้ทำการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระดับภูมิภาคใน 3 รัฐ (Minnesota, Wisconsin and Michigan) โดยใช้ Variable (VIC) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของป่าเดิมมาเป็นการปลูกพืชเกษตรแบบแถว 5-15% ของพื้นที่ทั้งหมด พบว่า ลดการคายระเหยของน้ำและการไหลบ่าของน้ำลดลง 20-30% สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับพืชและความลาดชันของพื้นที่

ผลกระทบต่อการไหล การขยายตัวของพื้นที่ปลูกพืชในอาจเพิ่มการไหลฤดูแล้ง (Fohrer et al, 2544) การศึกษาแนวโน้มของการไหล ใน 11 สถานีวัดที่อ่างเก็บน้ำโลล่าใน 60 ปี ยังแสดงให้เห็นการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวของแถวปลูกพืชในการเกษตร ในทางตรงกันข้าม ยังมีการศึกษาที่พบว่า การขยายตัวของพื้นที่ปลูกพืชลดการไหลฤดูแล้ง พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของเพื่อเกษตรกรรมเพิ่มสูงสุด ทำให้อัตราการไหลของน้ำพื้นฐาน เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาจากการขยายตัวของพื้นที่ปลูกพืช ทำให้อัตราการไหลของน้ำ ลดลงเช่นกัน (Hardjono, 1980; Nootboom, 1987)

Liu et al. (2551) ได้ทำการศึกษาการคายระเหยของน้ำในประเทศจีน ที่มีอัตราการการคายระเหยของน้ำ การคายระเหยของน้ำ 442 มิลลิเมตรต่อปี แต่ปัจจุบันซึ่งลดลงเนื่องมาจากการตัดไม้ทำลายป่า ส่งผลทำให้ เหลือ 138 มิลลิเมตรต่อปี จากการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนลดลงของฝนที่ใช้การถึง 10% ในทางการเกษตร ต่อมา มีการส่งเสริมให้ปลูกพืชทดแทนผืนป่าที่ถูกทำลายจะทำให้มีการคายระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น 182 มิลลิเมตรต่อปีและจะส่งเสริมการปลูกเพิ่มขึ้นในตะวันออกเฉียงใต้ของออสเตรเลีย เพื่อทำให้การคายระเหยของน้ำเพิ่มอีก 98 มิลลิเมตรต่อปี แต่จะส่งผลให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นในเขตรากพืช

การเปลี่ยนแปลงของการปลูกพืช การเปลี่ยนแปลงของการปลูกพืชมีผลกระทบทางอุทกวิทยาต่อแม่น้ำ Mississippi (Cedar River, Illinois River, Ohio River and Wabash River) การ

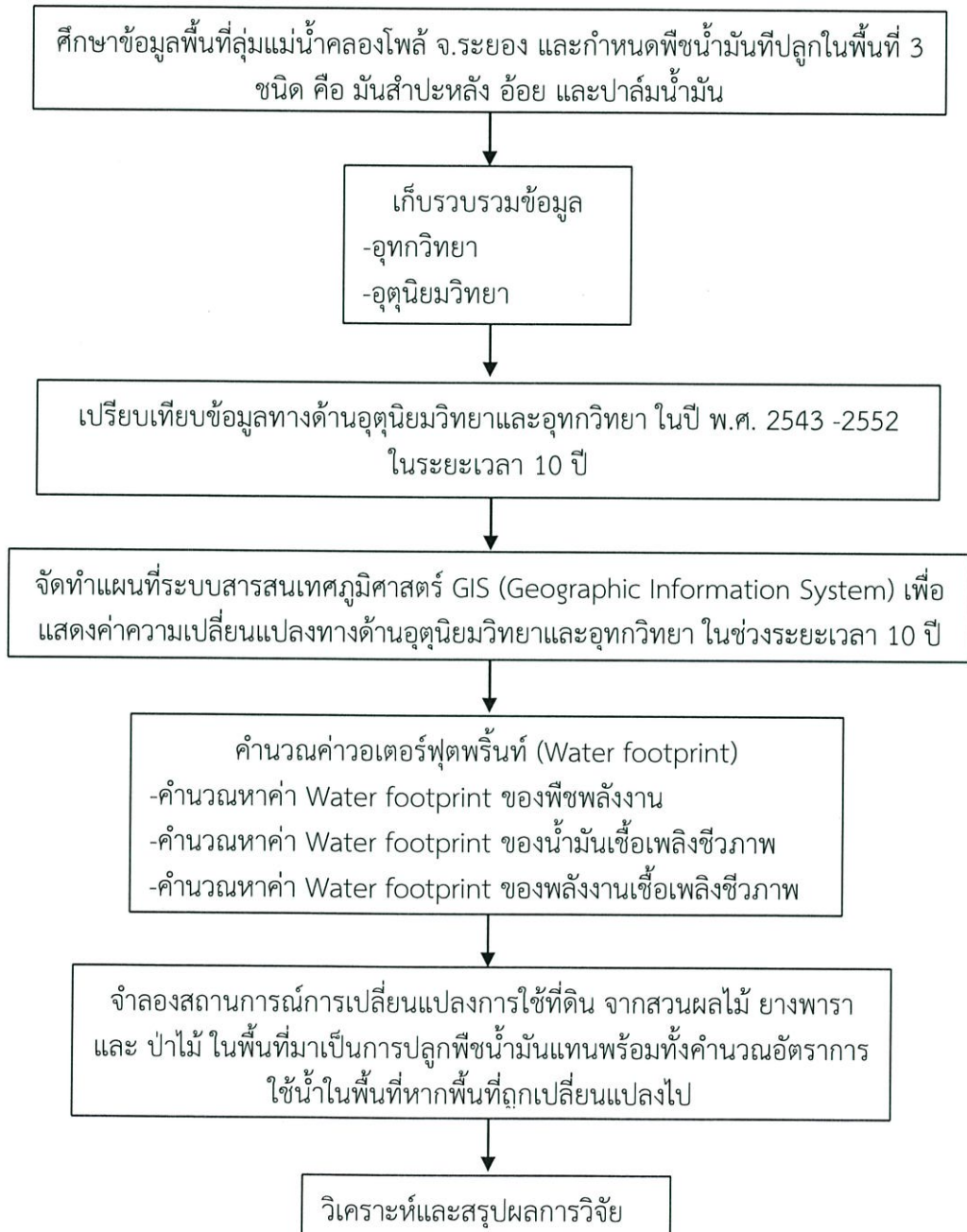
เปลี่ยนแปลงของทุ่งหญ้า ต้นไม้ และพืชผลไปยังการปลูกพืชตามฤดูกาลและการดูแลรักษาดินชั้นบนโต เพื่อลดการคายระเหยและน้ำท่าผิวดิน ส่งผลให้น้ำใต้ดินและการไหลพื้นฐานเพิ่มขึ้น นำไปสู่การไหลลงสายน้ำมากขึ้น ทำให้การไหลสายน้ำเพิ่มขึ้น 9-102% จากปี 1940-2003 เกิดจากการไหลพื้นฐานที่เพิ่มขึ้น (28-134%)

Thanapakpawin et al (2543) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีผลกระทบต่ออุทกวิทยาอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำแม่แจ่มในจังหวัดเชียงใหม่ ในประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี 1989-2000 ขึ้นอยู่กับหลายกรณี โดยกรณี (1) การเปลี่ยนแปลงจากพืชป่าเป็นพืชผล 2, 3 และ 4 การเปลี่ยนแปลงจากพืชผลเป็นพืชป่ากรณีที่ 5 กับ 6 คือมีและไม่มีชลประทาน ทุกกรณีจะใช้แบบจำลองกระจายของดินและพืช (DHSVM) มาจำลองการตอบสนองทางอุทกวิทยา การศึกษาแบบจำลองแสดง การขยายตัวของการปลูกพืชในเขตชลประทานในฤดูแล้งเพิ่มขึ้น 4% และมากกว่าการปลูกพืชในฤดูกาลและฤดูฝนเนื่องจากการลดการคายระเหย โดยในเขตชลประทานลดลงโดยการปลูกตามฤดูกาล ช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง 9%, 6% และ 16% ตามลำดับ เนื่องจากการคายระเหยเพิ่มขึ้น 3% ในทางกลับกันผลตอบแทนประจำปีลดลง 2.5%, 2% และ 4% โดยการคายระเหยเพิ่มขึ้น 7 มิลลิเมตร การศึกษานี้ยังรวมผลกระทบของการแปรผันของน้ำชลประทานกับขนาดปล่อยน้ำที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ยังได้ข้อสรุปว่าการขยายตัวของการเพาะปลูกที่สูงอาจส่งผลให้อัตราผลตอบแทนตามฤดูกาลและประจำปีสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการขยายตัวของการเพาะปลูกที่ลุ่มภาคกลางและนอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่ออัตราการไหลของชลประทาน ความหลากหลายของพืชและความต้องการน้ำของพืชคิดเป็นหน่วยร้อยละ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการ

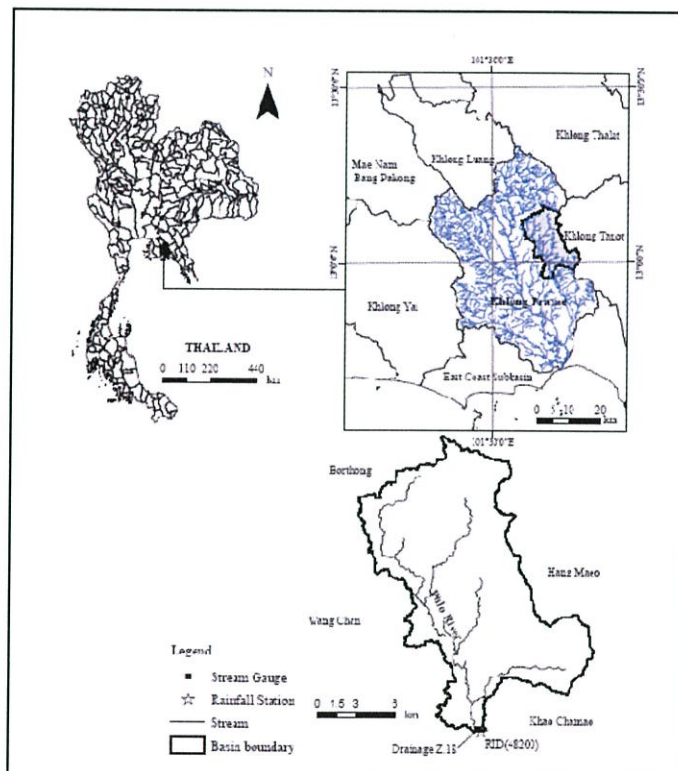
การดำเนินงานวิจัย เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดแนวทางการศึกษาแยกออกเป็นขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

ลุ่มน้ำคลองโพธิ์เป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำประแสร์ ซึ่งมีบริเวณพื้นที่อยู่บ้านชำฉ้อ อ.เขาชะเมา จังหวัดระยองตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย (รูปที่ 3.2) โดยมีขอบเขตที่ตั้งของลุ่มน้ำที่ $12^{\circ}57'-13^{\circ}10'N$ และ $101^{\circ}35'-101^{\circ}45'E$ ตามแผนที่ในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่เหนือสถานีวัด (Z.18) ของกรมชลประทาน มีพื้นที่ 168,768 ไร่ มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยรายปี 1,730 มม.โดยที่มีปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 24-35 องศาเซลเซียสและมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงระหว่าง 96-83 เปอร์เซ็นต์พื้นที่ลุ่มน้ำอยู่จากต่ำสุด 13 เมตรถึงจุดสูงสุดที่ 723 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ทำการเกษตร โดยดินในพื้นที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนดินเหนียว



รูปที่ 3.2 ที่ตั้งบริเวณลุ่มน้ำคลองโพธิ์ สถานีวัดน้ำ และสถานีวัดน้ำฝน

ตารางที่ 3.1 การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ Z18 อ.เขาชะเมา จ.ระยองในปี พ.ศ.2552

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่	
	ไร่	%
มันสำปะหลัง	10,605	6.28
อ้อย	1,319	0.78
ปาล์มน้ำมัน	1,132	0.67
ผลไม้	16,425	9.73
ที่อยู่อาศัย	3,710	2.20
ยางพารา	123,732	73.31
ป่าไม้และอื่นๆ	11,845	7.02
รวม	168,768	100.00

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน

จากตารางที่ 3.1 พื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่ มีการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ 10,605 ไร่ คิดเป็น 6.28% ของพื้นที่ทั้งหมดซึ่งมากที่สุดหากเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันทั้ง 3 ชนิดที่ได้ทำการวิจัย รองลงมามีการปลูกอ้อย 1,319 ไร่ คิดเป็น 0.78% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนการปลูกปาล์มน้ำมันมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 1,132 ไร่ คิดเป็น 0.67% ของพื้นที่ทั้งหมดซึ่งมากที่สุดการเพาะปลูกน้อยที่สุด ส่วนที่เหลือจะเป็นยางพารา ผลไม้ ป่าไม้ ที่อยู่อาศัยและอื่นๆ



รูปที่ 3.3 มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่



รูปที่ 3.4 อ้อยที่ปลูกในพื้นที่



รูปที่ 3.5 ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่

3.2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาและอุตุนิมวิทยา

ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาและอุตุนิมวิทยาย้อนหลังเป็นรายวันในช่วงระยะเวลา 10 ปี ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา

S.N	Data	Type	Duration	Source
1	Rainfall (ปริมาณน้ำฝน)	Daily	2543-2552	RID
2	Discharge (การไหลของน้ำ)	Daily	2543-2552	RID
3	Sediment load (การตกตะกอน)	Daily	2543-2552	RID

ตารางที่ 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา

S.N	Data	Type	Duration	Source
1	Temperature(อุณหภูมิ)	Daily	2543-2552	TMD
2	Relative Humidity (ความชื้นสัมพัทธ์)	Daily	2543-2552	TMD
3	Sunshine duration(แสงแดด)	Daily	2543-2552	TMD

RID: กรมชลประทาน, TMD: กรมอุตุนิยมวิทยา

ทำการเก็บรวบรวมทางด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยารายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2552 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละปีดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.4 ค่าข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 - 2552

Year	Rainfall	Temperature		Relative humidity	Suspended Sediment	Sunshine	Evaporation
		Minimum	Maximum				
	mm	°C	°C	%	kg/day	hours	mm
2543	5.03	34.35	24.87	77.73	63.84	6.01	5.10
2544	5.21	34.80	25.26	76.58	29.43	5.80	4.77
2545	3.85	34.49	25.42	77.81	7.43	6.75	4.17
2546	4.00	32.10	25.21	77.08	24.19	6.48	4.73
2547	4.50	32.15	25.32	77.27	16.15	7.22	5.03
2548	1.72	32.03	25.60	79.77	24.27	7.23	4.54
2549	5.53	32.64	25.30	77.88	22.84	6.67	4.41
2550	4.03	32.72	25.33	75.33	28.22	6.66	4.63
2551	5.96	31.33	25.28	75.94	32.12	6.46	4.68
2552	6.35	31.39	25.20	78.32	19.84	6.71	4.61

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลและค้นคว้าข้อมูลผลผลิตของพีชน้ำมัน พีชน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อยและปาล์มน้ำมัน ที่ปลูกในลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ศึกษาหาระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพีชน้ำมันค่าสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของพีชน้ำมัน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ และของพีชน้ำมันแต่ละชนิด อีกทั้งศึกษาค่าพลังงานความร้อนและความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากพีชน้ำมันจากเอกสารอ้างอิงของกรมพลังงาน

ตารางที่ 3.5 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

Crop	length of growing period in days (lgp)	Crop Coefficient (Kc)
Cassava	365 days	0.30
Sugarcane	365 days	0.75
Oil Palm	365 days	1.00

ที่มา : องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ

ตารางที่ 3.6 ผลผลิตของพืชน้ำมันและอัตราการแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

Crop	Average yield	Biofuel produced	Conversion rate
	t/ha		L/t
Cassava	23.59	Bio-ethanol	180 ^a
Sugarcane	62.11		70 ^a
Oil Palm	12.38	Biodiesel	221 ^b

ที่มา : ^a กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ^b Gonsalves, 2007

ตารางที่ 3.7 ค่าความร้อนสูงสุดและค่าความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

Biofuel	Higher Heating Value (HHV) ^a	Density ^b
	kJ/g	kg/L
Bio-ethanol	29.70	0.789
Biodiesel	37.70	0.840

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

3.3 วิธีการสร้างแผนที่โดยใช้โปรแกรม Arc GIS 10.1

วิธีการสร้างแผนที่โดยใช้โปรแกรม Arc GIS 10.1

3.3.1 วิธีการสร้างแผนที่ปริมาณน้ำฝน น้ำท่า ตะกอน และการคายระเหย

1. เตรียมข้อมูลนำเข้าจากโปรแกรม Microsoft office excel โดยประกอบไปด้วยข้อมูลหลักๆ ที่สำคัญๆ คือ รหัสสถานี ค่าพิกัดแบบ Universal Transverse Mercator (UTM) และค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. นำเข้าข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Arc GIS เลือกคำสั่ง Display XY Data จะได้ค่าพิกัดของสถานี และค่าเฉลี่ยของข้อมูล

3. นำค่าของข้อมูลที่ได้ไปหาการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ (Inverse Distance Weighted: IDW) เป็นการประมาณค่า โดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องประมาณค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่ไกลออกไป

4. ใส่เนตส์ และจัดทำแผนที่ Layout

3.3.2 วิธีการสร้างแผนที่ระดับความสูงเชิงเลข Digital Elevation Model (DEM)

1. เปิดข้อมูล DEM (Raster Data)

2. นำข้อมูล DEM ไปทำการตัดกับขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

3. ใส่เขตสี และจัดทำแผนที่ Layout

3.3.3 วิธีการสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

1. นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Shape file) เปิดในโปรแกรม Arc GIS จากนั้นทำการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ โดยแบ่งออกเป็น ที่อยู่อาศัย อ้อย ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ

2. นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจัดกลุ่มใหม่ มาทำการลบขอบเขตระหว่างพื้นที่ที่เป็นชนิดเดียวกันโดยการลบเส้น (Dissolve)

3. ใส่เขตสีตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจัดทำแผนที่ Layout

3.3.4 วิธีการสร้างแผนที่สภาพภูมิประเทศ 3 มิติ

1. นำข้อมูล DEM ที่ได้ มาทำการสร้าง Contour โดยให้ Contour interval ห่าง 20 เมตร

2. นำ Contour ที่ได้มาทำการสร้างพื้นผิวในรูปแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network: TIN) เป็นโครงสร้างข้อมูลเวกเตอร์ที่เก็บและแสดงแบบจำลองพื้นผิว

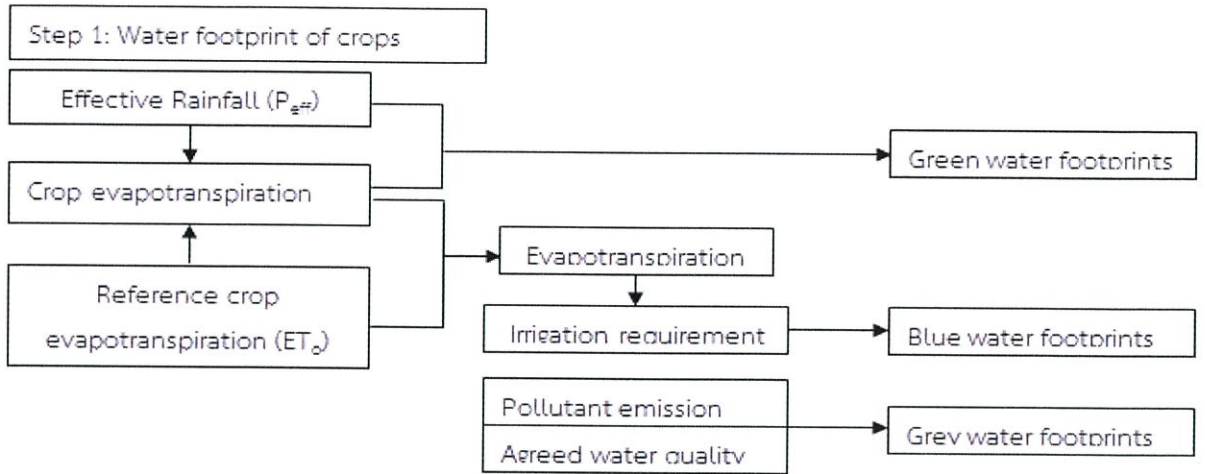
3. ทำการตั้งค่า Vertical Exaggeration เป็น 2.5 เท่า เพื่อเพิ่มสัดส่วนระดับความสูงของภูมิประเทศให้ดูสวยงาม

3.4 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

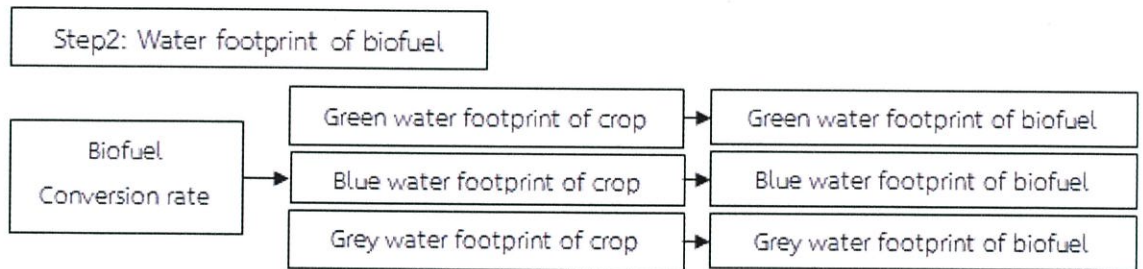
วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งผลิตเสร็จเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ การคำนวณจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์และเวลา ที่ทำการศึกษา จะทำให้ค่าการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน วิธีการคำนวณจะคำนวณจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water footprint), บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water footprint) และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water footprint) ดังสมการที่ (1)

$$WF_{product} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \quad (3.1)$$

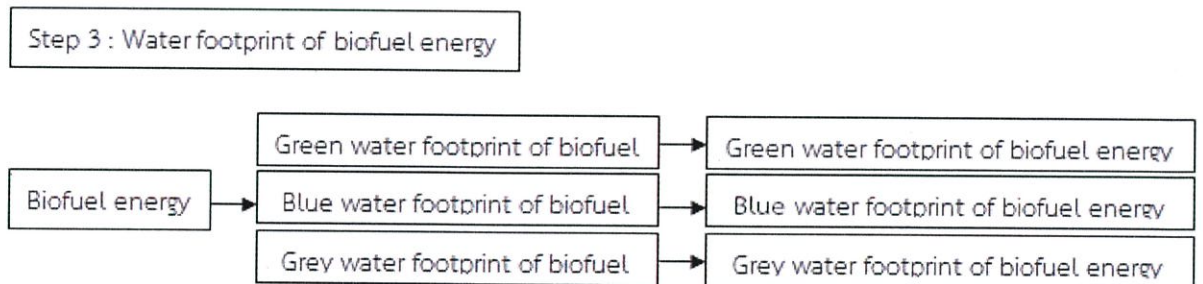
โดยที่ค่า กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water footprint) คือปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water footprint) คือปริมาณการใช้น้ำจากชลประทาน แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน และค่า เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water footprint) คือปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ที่เกิดจากการผลิตให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐาน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ที่ทำได้จะแสดงในหน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช (Water footprint of crop) ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of bio-fuel) และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of bio-fuel energy) โดยมีขั้นตอนการคำนวณแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

2.2.1 การคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน

ค่า Green water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \tag{3.2}$$

$$CWU_{green} = \frac{\text{น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก (ลบ.ม./ไร่)} \times \text{Effective rainfall} \times Kc}{Y} \tag{3.3}$$

$P_{effective}$ = ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการผลิต

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์พืช

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

ค่า Blue water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (3.4)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (3.4)$$

CWU_{green} = น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก (ลบ.ม./ไร่) หาได้จากสมการที่ (3.5)

$$= CWU = 1.6 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET \quad (3.5)$$

l_{gp} = จำนวนวันที่ใช้ในการเพาะปลูก

ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือ การคายระเหยน้ำของพืช

โดย $ET = K_c \times ET_o$

K_c = ค่าสัมประสิทธิ์พืช

ET_o = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

- ค่า Gray water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (3.6)

$$WF_{gray} = \frac{(\alpha \times AR) / (C_{max} - C_{natural})}{Y} \quad (3.6)$$

α = เศษส่วนของสารเคมีหรือแร่ธาตุที่ถูกชะล้างจากผิวดิน

AR = สารเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูก (กก./ไร่)

C_{max} = ความเข้มข้นของสารพิษมากที่สุดที่ยอมรับได้ (กก/ลบ.ม.)

$C_{natural}$ = ความเข้มข้นของสารพิษตามธรรมชาติ (กก/ลบ.ม.)

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

โดยการหาค่า เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey water footprint) กำหนดให้ สัดส่วนการชะล้าง (α) ที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำเท่ากับ 10% ของอัตราการใช้ปุ๋ย และในการวิจัยจะศึกษาผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาที่เกิดจากปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้น

2.2.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ สามารถหาได้จากสมการที่ (3.7)

$$WF_{biofuel} = \frac{WF_{crop} \times 1000}{\text{conversion rate (L/t)}} \quad (3.7)$$

โดยที่ Conversion rate จะสามารถนำมาคำนวณได้จากตารางที่ 4

2.2.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ หาได้จากสมการที่ (3.8)

$$WF_{biofuel \text{ energy}} = \frac{WF_{biofuel} \times 1000}{\text{Energy/L}} \quad (3.8)$$

โดยที่ Energy / L จะสามารถหาได้จากสมการที่ (3.9)

$$\frac{\text{Energy}}{L} = \frac{HHV \times \text{density}}{1000} \quad (3.9)$$

โดยค่า Higher Heating Value (HHV) และค่า density สามารถหาได้จากตารางที่ 3.7

3.5. จำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

เพื่อทำการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยการขยายพื้นที่เพาะปลูกพืชน้ำมันที่มีผลต่อความสมดุลน้ำ (Water balance) ในลุ่มน้ำทำการคำนวณเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล (Base line) ขององค์ประกอบการสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ Surface runoff, Lateral flow, Ground water flow, Evapotranspiration, Transmission loss, Base flow และ Water yield ทำการจำลองสถานการณ์การขยายพื้นที่ปลูก ของมันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์มน้ำมันค่าดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.8 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของมีนสำปะหลัง (A)

สถานการณ์ A	มีนสำปะหลัง		ปาล์มน้ำมัน		อ้อย		สวนผลไม้		ยางพารา		ป่าไม้และอื่นๆ	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
สถานการณ์ A1	27,030.00	16.02	1,132.00	0.67	1,319.00	0.78	-	-	123,732.00	73.31	11,845.00	7.02
สถานการณ์ A2	134,337.00	79.60	1,132.00	0.67	1,319.00	0.78	16,425.00	9.73	-	-	11,845.00	7.02
สถานการณ์ A3	22,450.00	13.30	1,132.00	0.67	1,319.00	0.78	16,425.00	9.73	123,732.00	73.31	-	-

A1= จากสวนผลไม้ไปเป็นมีนสำปะหลัง, A2= จากสวนยางพาราไปเป็นมีนสำปะหลัง, A3= จากป่าไม้ไปเป็นมีนสำปะหลัง

ตารางที่ 3.9 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของอ้อย (B)

สถานการณ์ B	มีนสำปะหลัง		ปาล์มน้ำมัน		อ้อย		สวนผลไม้		ยางพารา		ป่าไม้และอื่นๆ	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
สถานการณ์ B1	10,605.00	6.28	1,132.00	0.67	17,744.00	10.51	-	-	123,732.00	73.31	11,845.00	7.02
สถานการณ์ B2	10,605.00	6.28	1,132.00	0.67	125,051.00	74.10	16,425.00	9.73	-	-	11,845.00	7.02
สถานการณ์ B3	10,605.00	6.28	1,132.00	0.67	13,164.00	7.80	16,425.00	9.73	123,732.00	73.31	-	-

B1= จากสวนผลไม้ไปเป็นอ้อย, B2= จากสวนยางพาราไปเป็นอ้อย, B3= จากป่าไม้ไปเป็นอ้อย

ตารางที่ 3.10 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของปาล์มน้ำมัน (C)

สถานการณ์ C	มีนสำปะหลัง		ปาล์มน้ำมัน		อ้อย		สวนผลไม้		ยางพารา		ป่าไม้และอื่นๆ	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
สถานการณ์ C1	10,605.00	6.28	17557.00	10.40	1,319.00	0.78	-	-	123,732.00	73.31	11,845.00	7.02
สถานการณ์ C2	10,605.00	6.28	140,157.00	83.05	1,319.00	0.78	16,425.00	9.73	-	-	11,845.00	7.02
สถานการณ์ C3	10,605.00	6.28	28,270.00	16.75	1,319.00	0.78	16,425.00	9.73	123,732.00	73.31	-	-

C1= จากสวนผลไม้ไปเป็นปาล์มน้ำมัน, C2= จากสวนยางพาราไปเป็นปาล์มน้ำมัน, C3= จากป่าไม้ไปเป็นปาล์มน้ำมัน

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยา

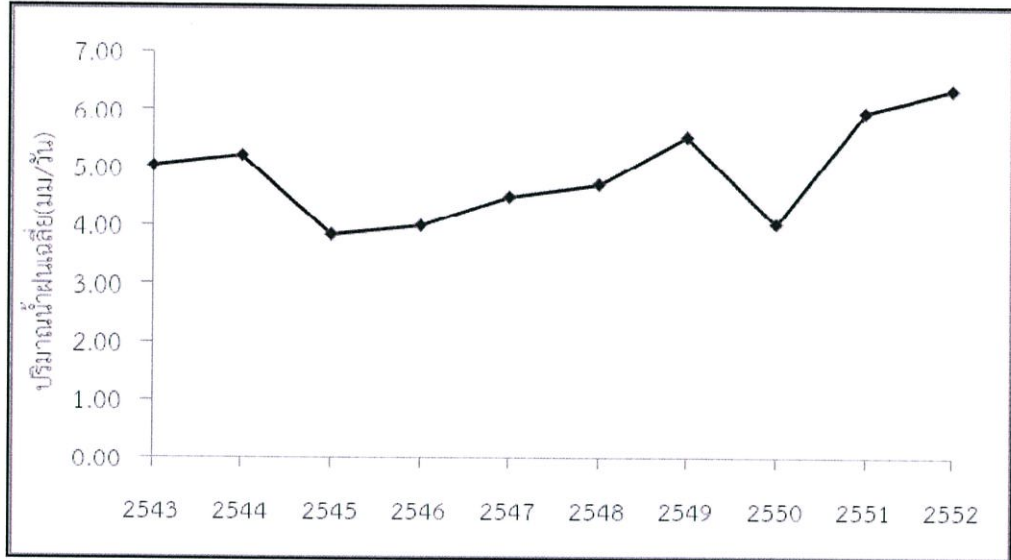
จากข้อมูลทางอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2552 ในลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง นำมาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละปี (Rainfall) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ปริมาณการตกตะกอน (Suspended Sediment) ปริมาณน้ำท่า (Runoff) แสงแดด (Sunshine) และอัตราการคายระเหย (Evaporation) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 สภาพทางอุทกวิทยาและด้านอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2543-2552

Year	Rainfall Average	Temperature		Relative humidity	Suspended Sediment	Run off	Dis- charge	Sun shine	Evapo- ration
		Max	Min						
	mm./day	°C	°C	%	Kg./day	M ³ /s	cms	hours	mm.
2543	5.00	34.35	24.87	77.73	63.84	4.83	5.79	6.01	5.10
2544	5.21	34.80	25.26	76.58	29.43	5.82	3.47	5.80	4.77
2545	3.85	34.49	25.42	77.81	7.43	5.23	1.23	6.75	4.17
2546	4.00	32.10	25.21	77.08	24.19	1.11	2.63	6.48	4.73
2547	4.50	32.15	25.32	77.27	16.15	7.04	1.70	7.22	5.03
2548	4.72	32.03	25.60	79.77	24.27	4.24	1.76	7.23	4.54
2549	5.53	32.64	25.30	77.88	22.84	5.45	3.18	6.67	4.41
2550	4.03	32.72	25.33	75.33	28.22	3.18	2.11	6.66	4.63
2551	5.96	31.33	25.28	75.94	32.12	3.31	3.53	6.46	4.68
2552	6.35	31.39	25.20	78.32	19.84	4.94	2.61	6.71	4.61

4.1.1 ปริมาณน้ำฝน

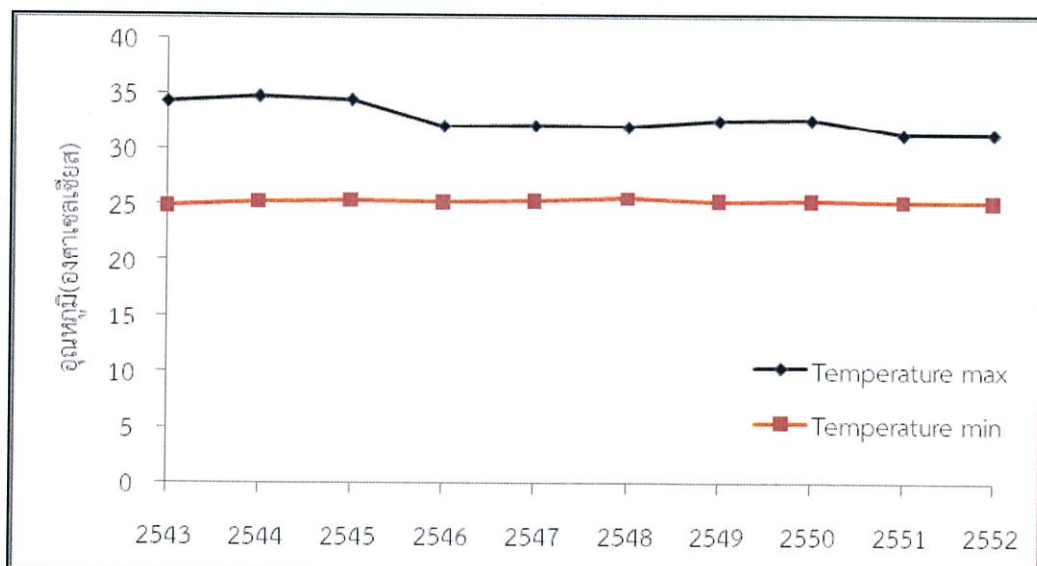
จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ.2543- 2544 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 5.00 มิลลิเมตรต่อวัน เป็น 5.21 มิลลิเมตรต่อวัน แต่ในปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณน้ำฝนลดลง โดยปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยต่อวันน้อยที่สุดในรอบ 10 ปี หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2546-2549 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.00 มิลลิเมตรต่อวัน มาเป็น 5.53 มิลลิเมตรต่อวัน แล้วมีปริมาณลดต่ำลงเหลือ 4.03 มิลลิเมตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2550 หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2551 มีค่าปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยมีอัตราเพิ่มขึ้นที่ 5.96 มิลลิเมตรต่อวัน และมีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงที่สุด และในปี พ.ศ.2552 มีปริมาณฝนเฉลี่ยมีค่า 6.35 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งแนวโน้มปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นส่งผลให้ มีปริมาณน้ำท่า อัตราการไหลของน้ำ และการตกตะกอนจึงทำให้เกิดการชะล้างที่มากขึ้น เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง

4.1.2 อุณหภูมิ

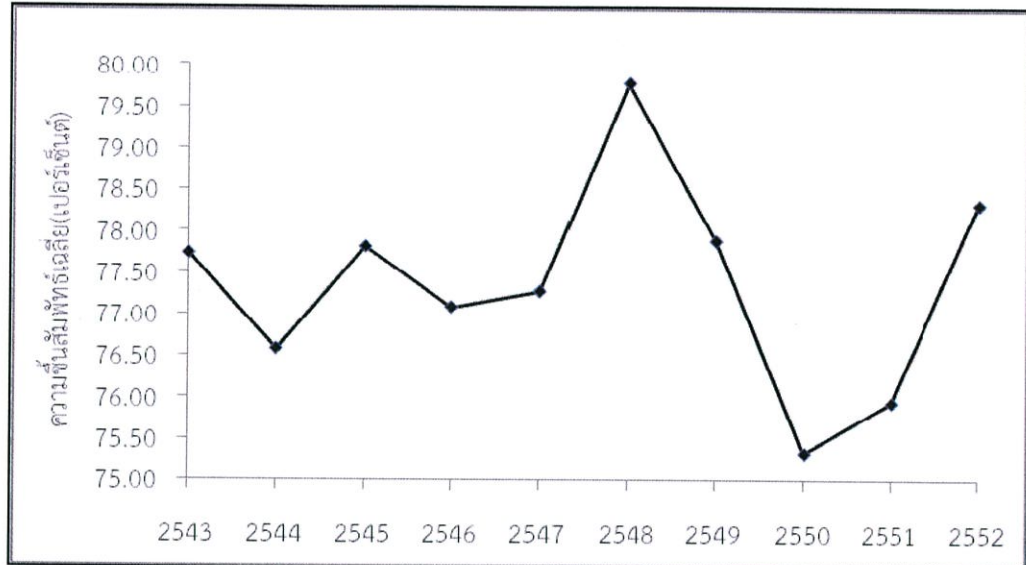
เมื่อทำการวิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละปี จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิสูงสุดในปี พ.ศ. 2543-2545 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำอยู่ในช่วง 34-35 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มลดลงในช่วงปี พ.ศ.2545-2546 โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดลดลงมาอยู่ที่ 32.10 องศาเซลเซียส เพราะพื้นที่เขตป่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน โดยมีการทำการเกษตรในพื้นที่มากขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิมีค่าลดลง จากนั้นในช่วงปี พ.ศ.2548-พ.ศ.2550 จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยจะลดลงอีกครั้งในปี พ.ศ.2551-พ.ศ.2552 ซึ่งจะลดลงมาอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในแต่ละปี จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิต่ำสุด ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในตลอดระยะเวลา 10 ปี ซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิที่ 24-25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในปี พ.ศ.2543-2552

4.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์

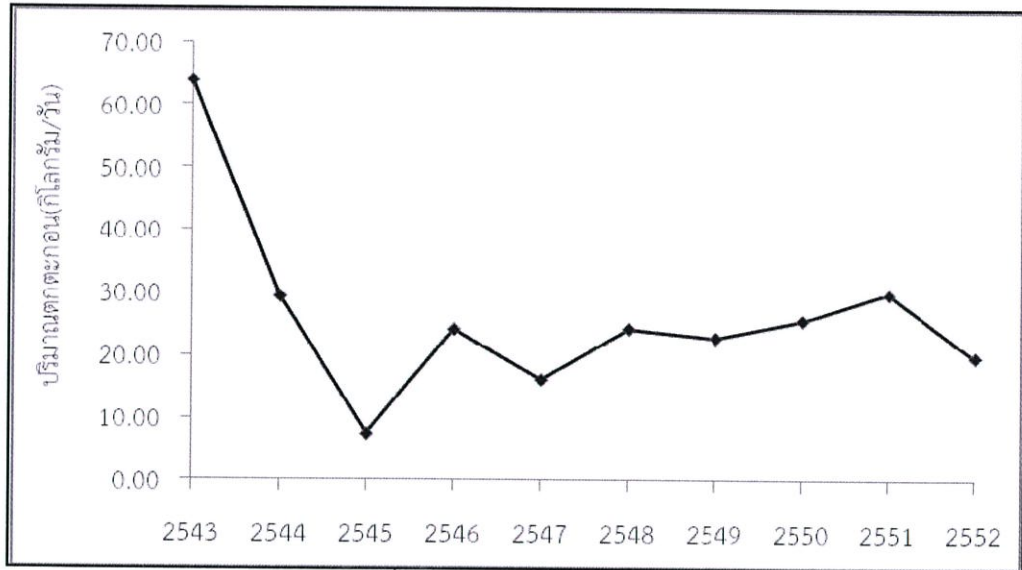
จากข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละปีตลอดระยะเวลา 10 ปี จะอยู่ในช่วง 75-79 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2548 มีค่าน้อยสุดในปี พ.ศ. 2550 แล้วมีการเพิ่มขึ้นจากปี 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2552 เกิดจากอุณหภูมิและปริมาณน้ำในพื้นที่ในแต่ละปี ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552

4.1.4 ปริมาณตะกอน

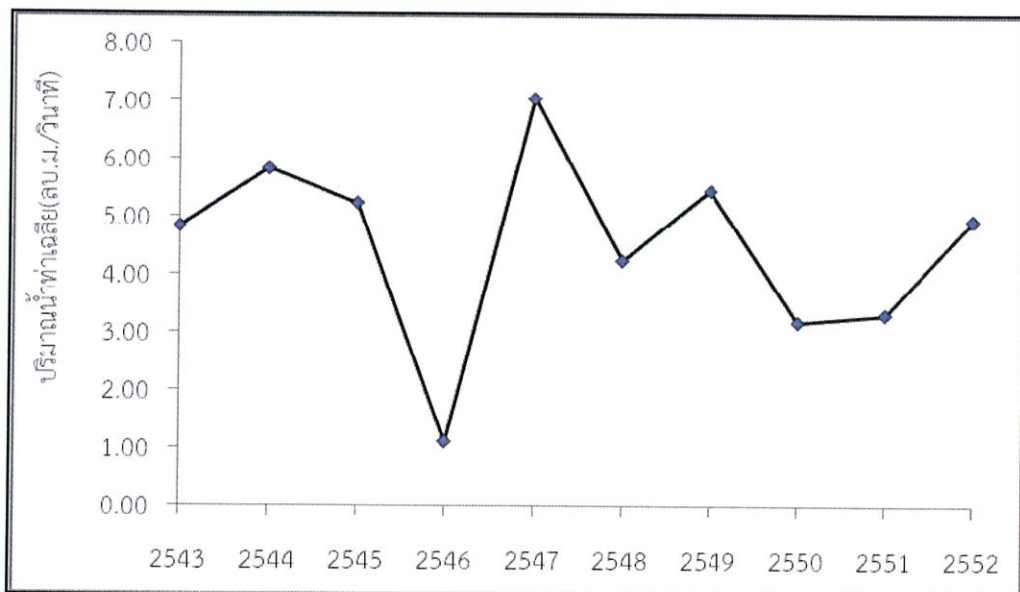
จากข้อมูลปริมาณตะกอนเฉลี่ยในกลุ่มน้ำ มีค่าสูงมากที่สุดในปี พ.ศ. 2543 โดยมีปริมาณตะกอนเฉลี่ยในกลุ่มน้ำ 63.84 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งในช่วงแรกพื้นที่ยังเป็นพื้นที่ป่าไม้จึงยังไม่มีจัดการบริหารจัดการปริมาณตะกอนจึงทำให้มีค่าสูงแล้วหลังจากนั้นค่าปริมาณตะกอนเฉลี่ยมีค่าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดซึ่งอาจเกิดจากการขุดลอกตะกอนในกลุ่มน้ำ โดยปริมาณตะกอนต่ำสุดในปี พ.ศ. 2545 ที่ระดับ 10 กิโลกรัมต่อวัน หลังจากนั้นค่าปริมาณตะกอนเฉลี่ยในพื้นที่กลุ่มน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการปลูกพืชในพื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลมาจากปริมาณการชะล้างการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ในการเพาะปลูกจนกระทั่งปี พ.ศ.2551 เริ่มมีค่าการลดลงของตะกอนในปี พ.ศ.2552 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณตกตะกอนในกลุ่มน้ำเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552

4.1.5 ปริมาณน้ำท่า

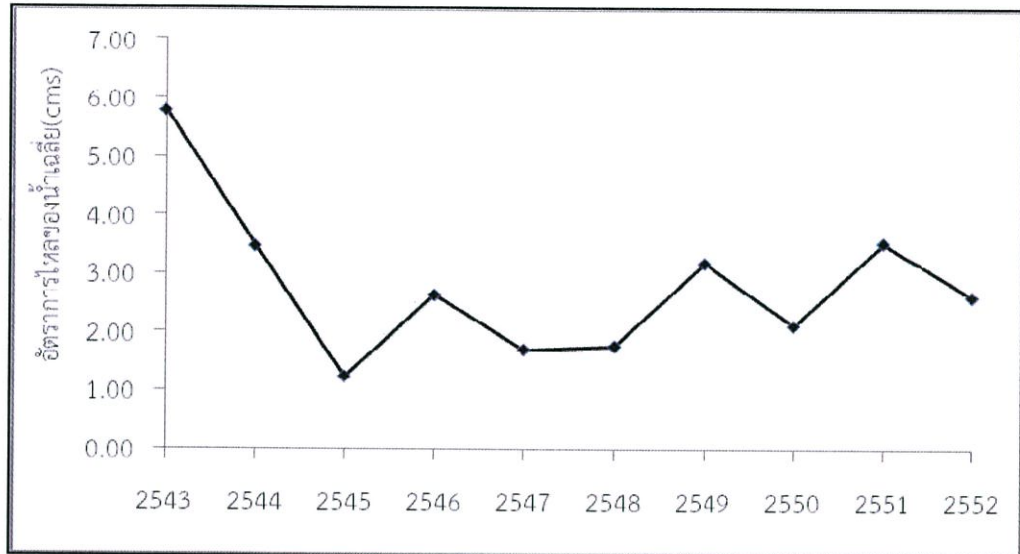
จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีพบว่า ในช่วงปี พ.ศ.2543-พ.ศ.2546 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในแต่ละปีมีค่าลดลงต่ำสุดที่ พ.ศ.2546 ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุดแล้วจะมีค่าน้ำท่าเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นสูงสุดในปี พ.ศ.2547 หลังจากนั้นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยลดลง แล้วจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในปี พ.ศ.2552 อาจเกิดมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในปีนั้นๆ รวมถึงน้ำที่เกิดจากระบบชลประทานในแต่ละปี ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552

4.1.6 อัตราการไหลของน้ำ

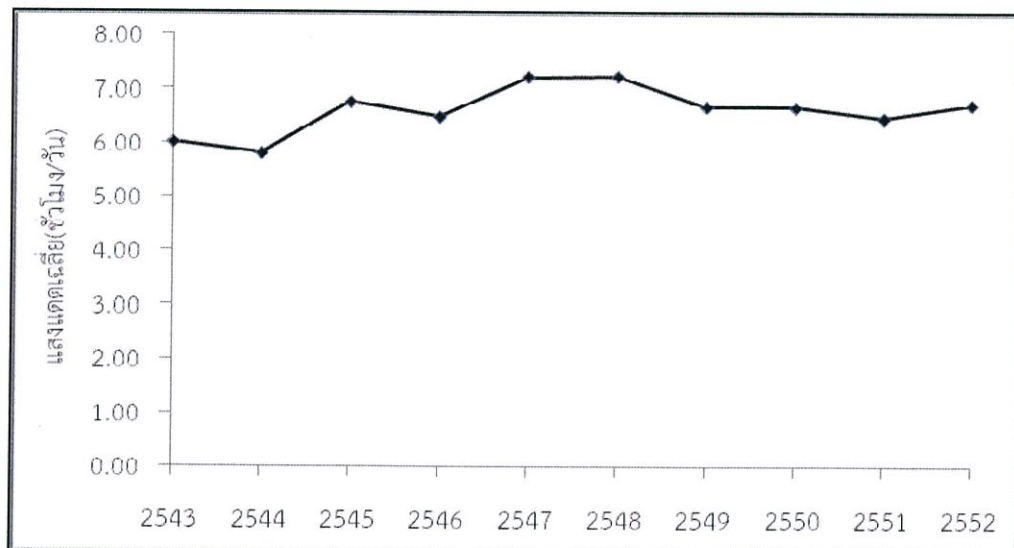
จากข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยรายปีพบว่า ในปี พ.ศ.2543 มีอัตราการไหลของน้ำที่มากที่สุดแล้วลดลงมาน้อยที่สุดในปี พ.ศ.2545 หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้นมาตามลำดับจนถึงปี พ.ศ.2552 นั้นมีผลมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่มากขึ้นจึงส่งผลทำให้มีปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยรายปี พ.ศ.2543-2552

4.1.7 แสงแดดเฉลี่ย

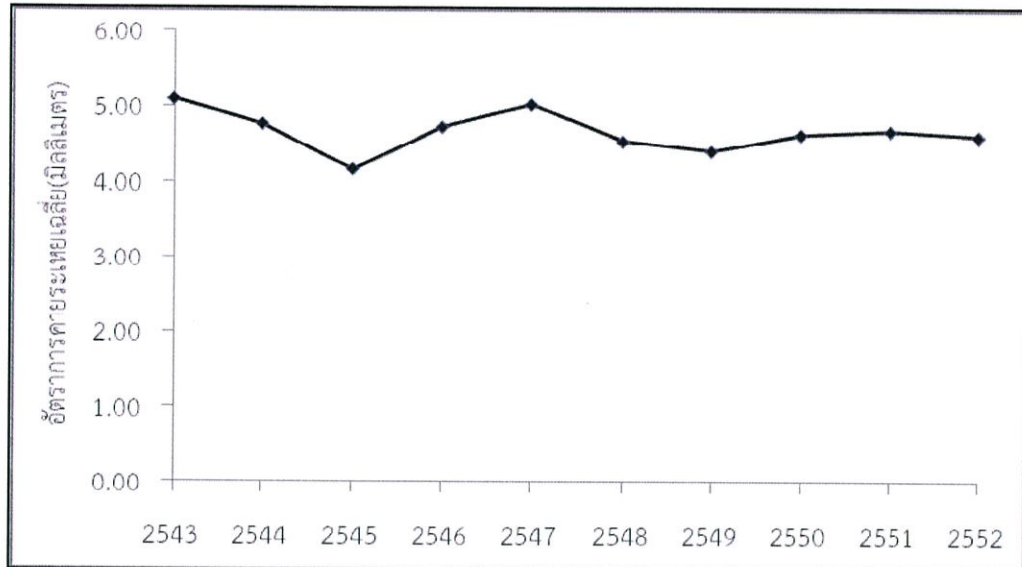
จากข้อมูลแสงแดดเฉลี่ยในแต่ละปีจะมีค่าชั่วโมงของแสงแดดในช่วง 6-7 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงระยะเวลา 10 ปี พบว่าในปี พ.ศ.2543 มีอัตราเฉลี่ยของแสงแดด 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยในปี พ.ศ. 2548 มีแสงแดดเฉลี่ย สูงสุดเท่ากับ 7.23 ชั่วโมงต่อวันในปี พ.ศ.2548 แล้วจึงค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยแต่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย พ.ศ.2552 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสงแดดเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552

4.1.8 การคายระเหย

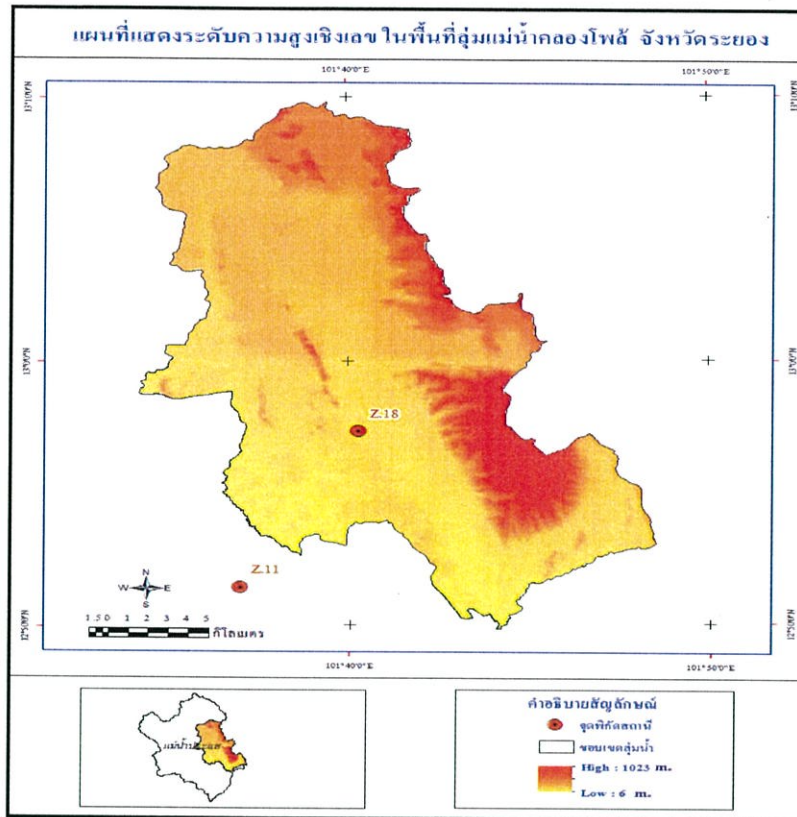
จากข้อมูลแสดงอัตราการคายระเหยของพืชเฉลี่ยต่อปี พบว่า มีอัตราการคายระเหยอยู่ในช่วง 4.17-5.10 มิลลิเมตร โดยการคายระเหยต่ำสุดจะอยู่ในปี พ.ศ. 2545 และการคายระเหยสูงสุดจะอยู่ในปี พ.ศ. 2543 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชในพื้นที่และปริมาณแสงแดดและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 อัตราการคายระเหยเฉลี่ยในปี พ.ศ.2543-2552

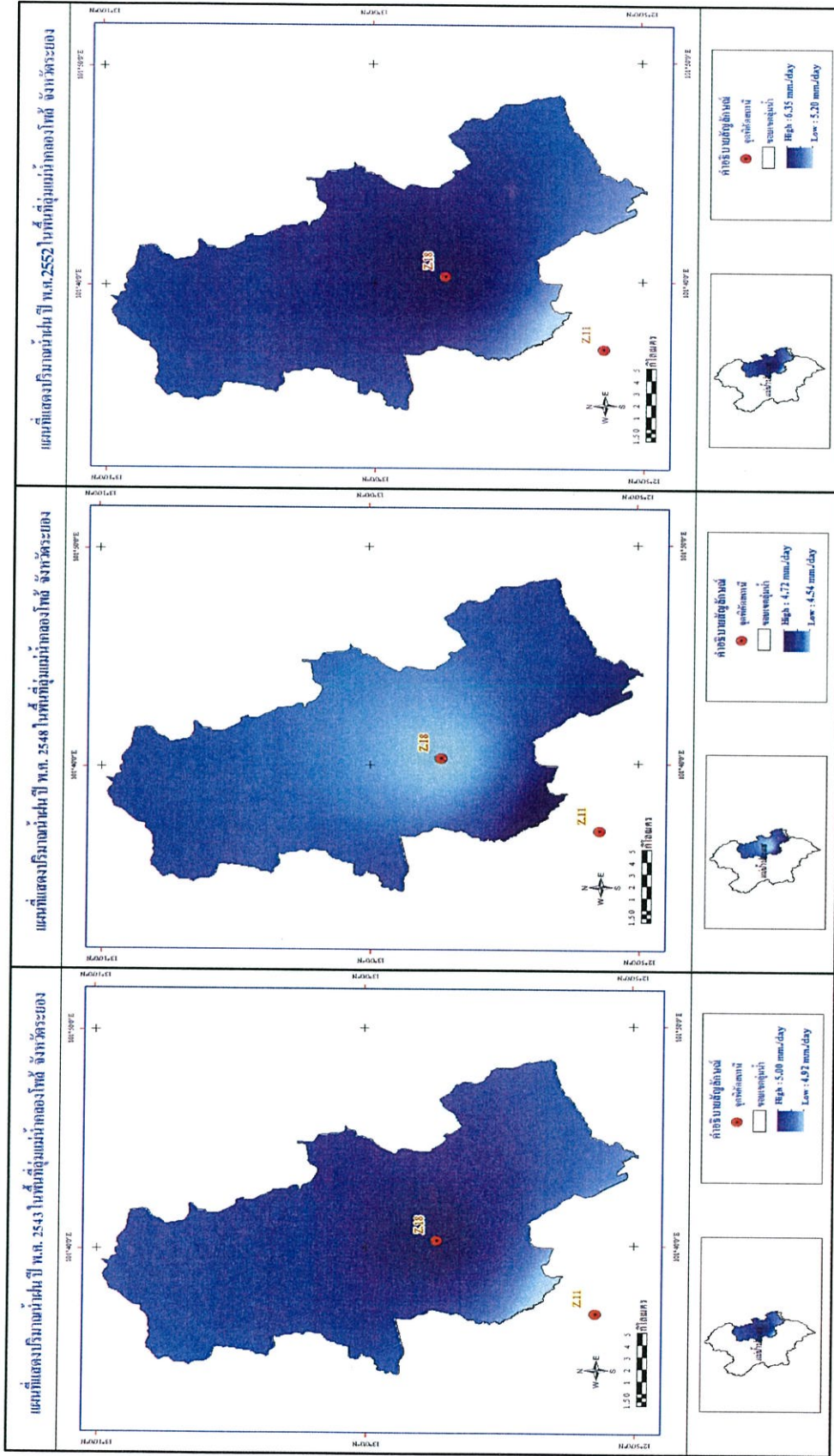
4.2 ผลการศึกษาและระบบข้อมูลแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS (Geographic Information System)

การสร้างแผนที่โดยใช้โปรแกรม Arc GIS 10.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ ต่างๆในรูปแบบของแผนที่ได้แก่ แผนที่แสดงระดับความสูง ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ปริมาณการคายระเหย ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 พ.ศ.2548 และพ.ศ.2552 รวมถึงขอบเขตในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง

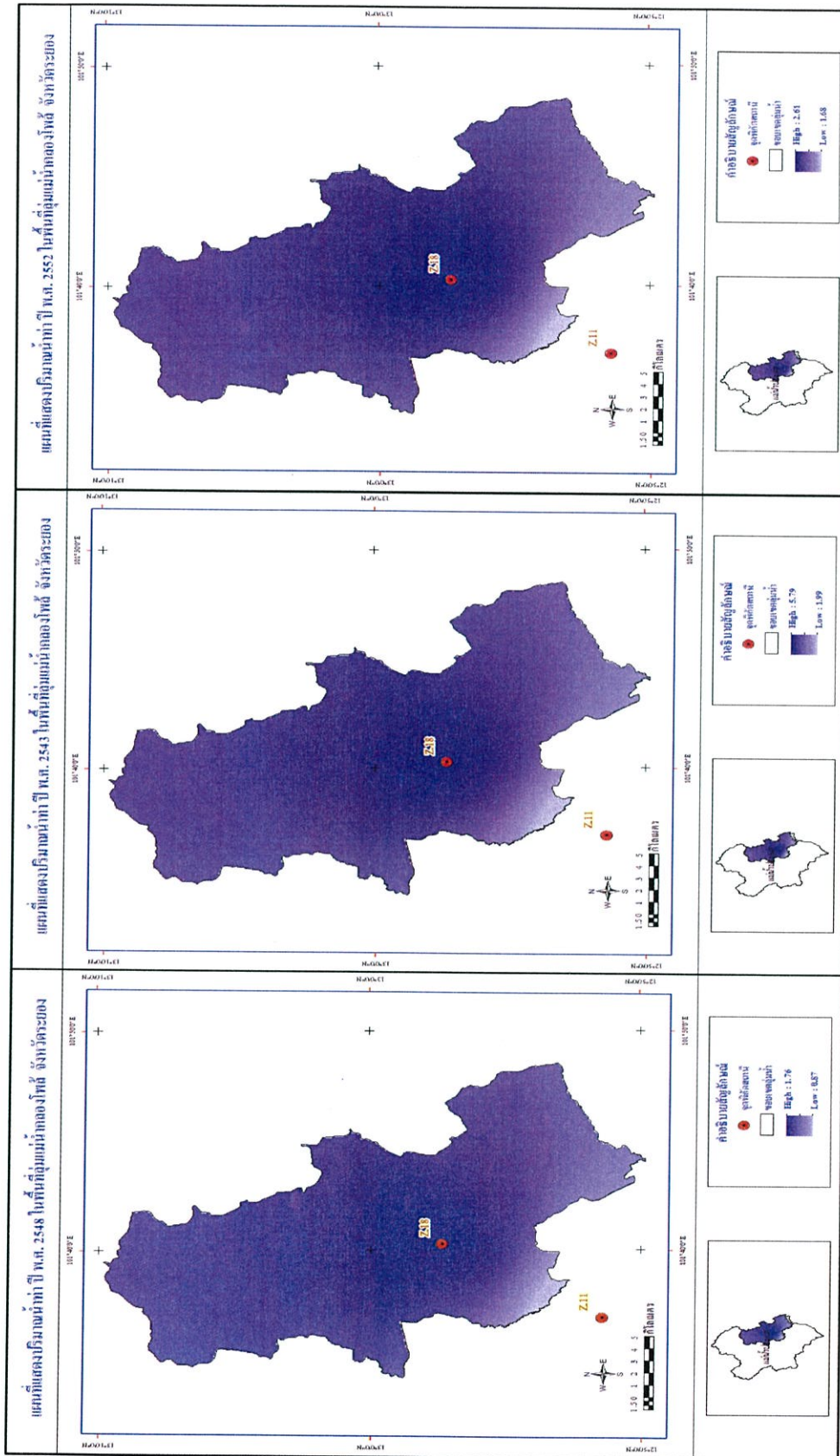


รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงระดับความสูงในลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง พ.ศ. 2552

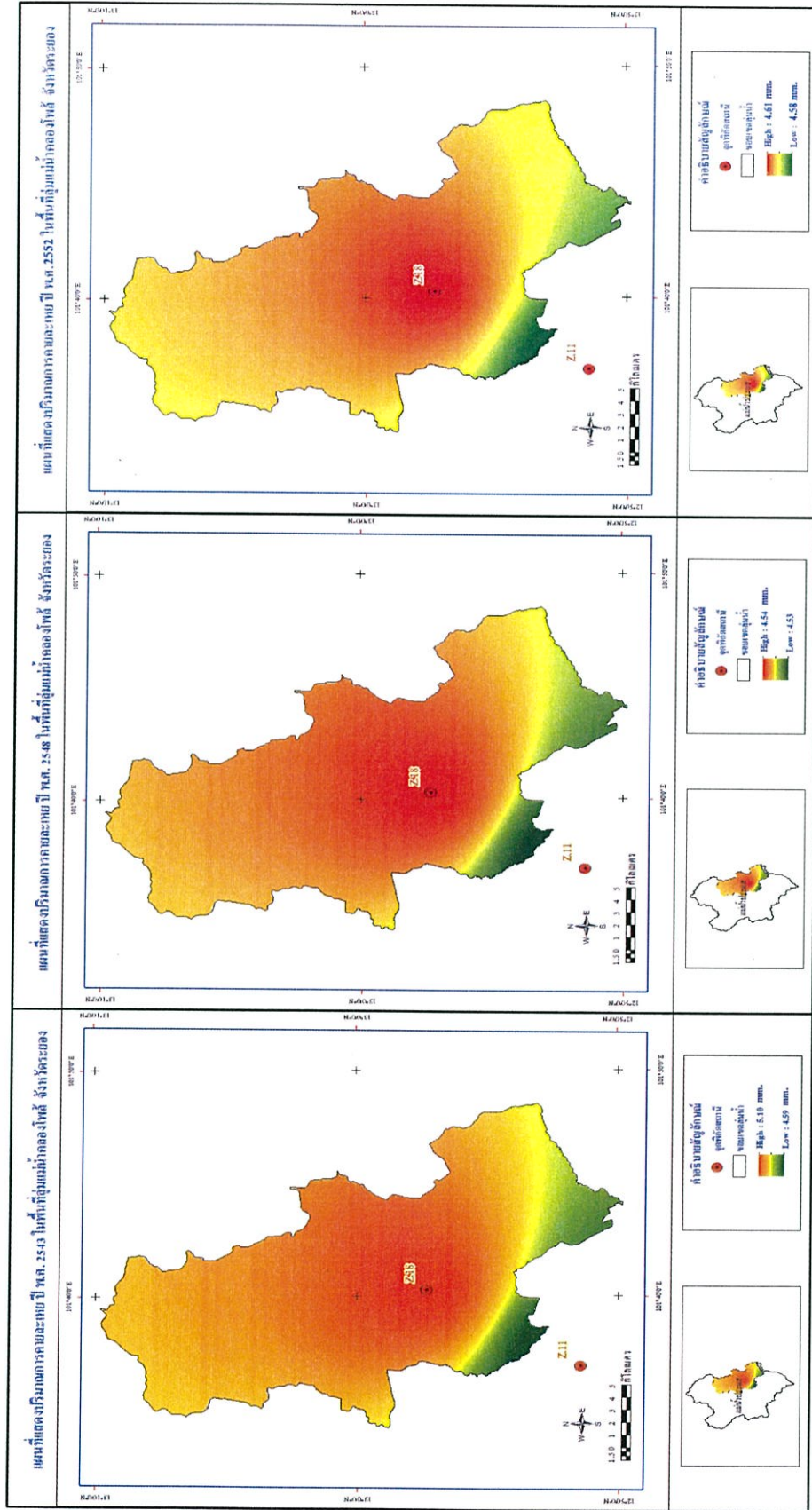
จากรูปที่ 4.9 เป็นการแสดงแผนที่ระดับความสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ. 2552 สารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยเริ่มจากการเปิดข้อมูล DEM (Raster Data) นำข้อมูล DEM ไปทำการวางกับขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ และจัดทำแผนที่ Layout หลังจากนั้นใส่เขตสีเข้มสุดแทนลำดับความสูงในพื้นที่ที่สูงที่สุด 1,623 เมตร แล้วเขตสีลดลงตามลำดับความสูงและสีที่อ่อนลงมาจนระดับต่ำสุดในพื้นที่ 6 เมตร



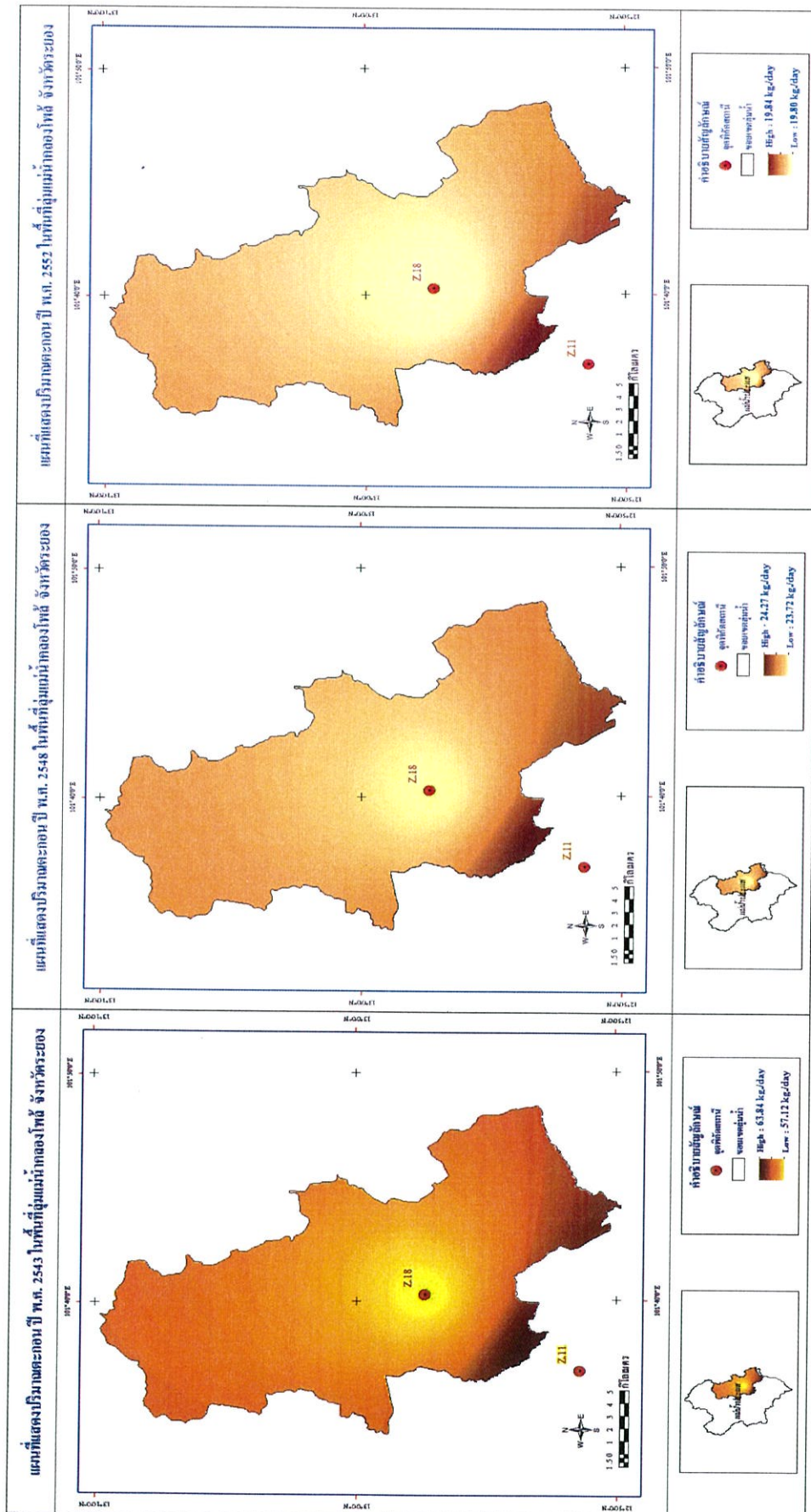
รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง ในปี พ.ศ. 2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS



รูปที่ 4.11 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS



รูปที่ 4.12 อัตราการคายระเหยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่เมาะคลองโพล์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ. 2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS



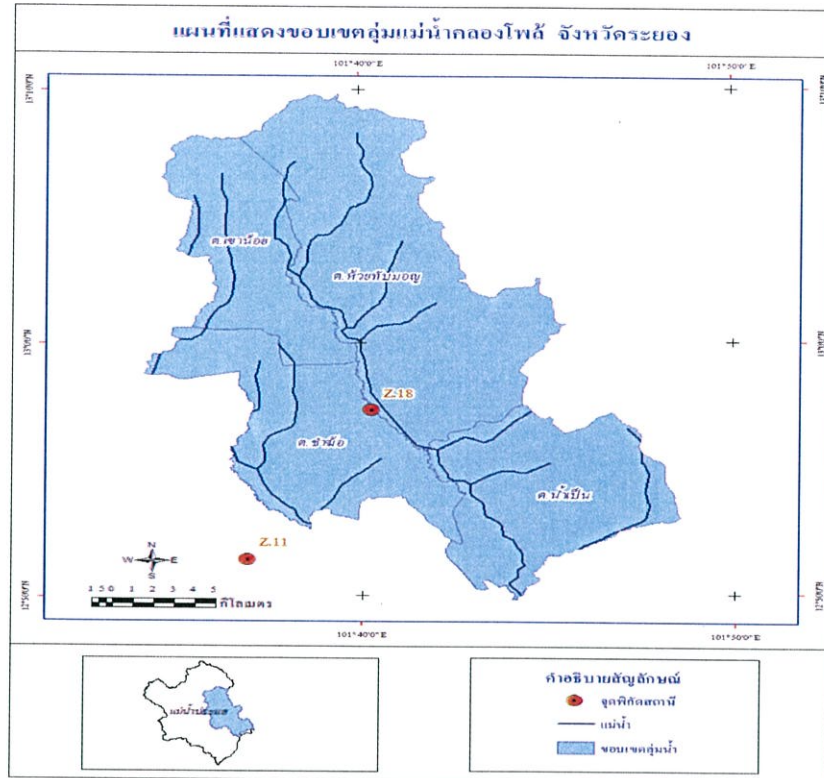
รูปที่ 4.13 ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 2548 และ 2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS

จากรูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543, พ.ศ.2548 และ พ.ศ.2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ ในปี พ.ศ.2543 มีอัตราการตกของฝนสูงสุด 5.00 มิลลิเมตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2548 มีอัตราการตกของฝนสูงสุด 4.72 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 ปี และในปี พ.ศ. 2552 มีอัตราการตกของฝนสูงสุด 6.35 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีอัตราการตกของฝนมากที่สุด โดยเขตสีฟ้าเข้มคือมีอัตราการตกของฝนมากที่สุด และเขตสีฟ้าอ่อนแสดงอัตราการตกของฝนที่น้อยลงมา

จากรูปที่ 4.11 ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง พ.ศ.2543 พ.ศ.2548 และ พ.ศ.2552 ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในปี พ.ศ.2543 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 ภาพ โดยสีฟ้าเข้มคือมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่สุด และสีฟ้าอ่อนแสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ลดลงตามความเข้มของสี

จากรูปที่ 4.12 ปริมาณการคายระเหยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ เห็นได้ว่า จากสีของระดับปริมาณการคายระเหยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากนัก โดยในปี พ.ศ.2543 มีค่าอัตราการคายระเหยอยู่ที่ 5.10 มิลลิเมตร มีค่ามากที่สุด พ.ศ.2548 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.54 มิลลิเมตร และ พ.ศ.2552 มีอัตราการคายระเหยเท่ากับ 4.61 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.13 ปริมาณตะกอนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2543 มีปริมาณค่าตะกอนมากที่สุดที่ 63.84 กิโลกรัมต่อวัน ในปี พ.ศ.2548 มีค่าปริมาณตะกอนรองลงมาเท่ากับ 24.27 กิโลกรัมต่อวัน และ ในปี พ.ศ.2552 มีค่าปริมาณตะกอนน้อยที่สุดโดยมีปริมาณตะกอนที่ 19.84 กิโลกรัมต่อวัน โดยการสังเกตปริมาณตะกอนมากจะแทนค่าด้วยสีน้ำตาลเข้มและค่าปริมาณตะกอนน้อยสีจะค่อยลดลงมาเป็นสีน้ำตาลอ่อน



รูปที่ 4.14 ขอบเขตในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จ.ระยอง ในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS

4.3 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) คือ ตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งผลิตเสร็จเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ การคำนวณจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์และเวลา ที่ทำการศึกษา จะทำให้ค่าการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยคำนวณจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water footprint) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water footprint) และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water footprint)

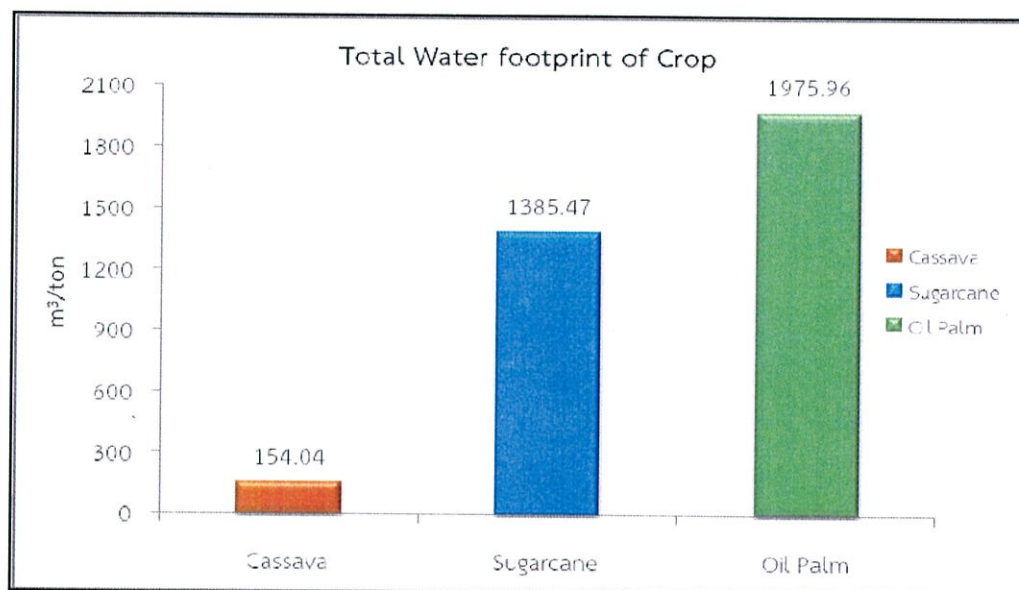
4.3.1 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน (Water footprint of crop)

จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน (Water footprint of crop) ของ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน (Water footprint of Crop)

Crop	Green Water footprint m ³ /ton	Blue Water footprint m ³ /ton	Gary Water footprint m ³ /ton	Total Water footprint m ³ /ton
Cassava	4.16	149.81	0.07	154.04
Sugarcane	37.29	1,348.00	0.18	1,385.47
Oil Palm	947.61	1,028.20	0.15	1,975.96

จากผลการศึกษาแสดงการใช้น้ำของพืชพลังงาน พบว่า ในการปลูกมันสำปะหลังมีการใช้น้ำ 154.04 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน อ้อยจะมีการใช้น้ำ 1,385.47 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 1,975.96 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า มันสำปะหลัง มีอัตราการใช้น้ำในตลอดช่วงระยะเวลาการเพาะปลูกที่น้อยที่สุด และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำที่มากที่สุด ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.15 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชพลังงาน

4.3.2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Bio-fuel)

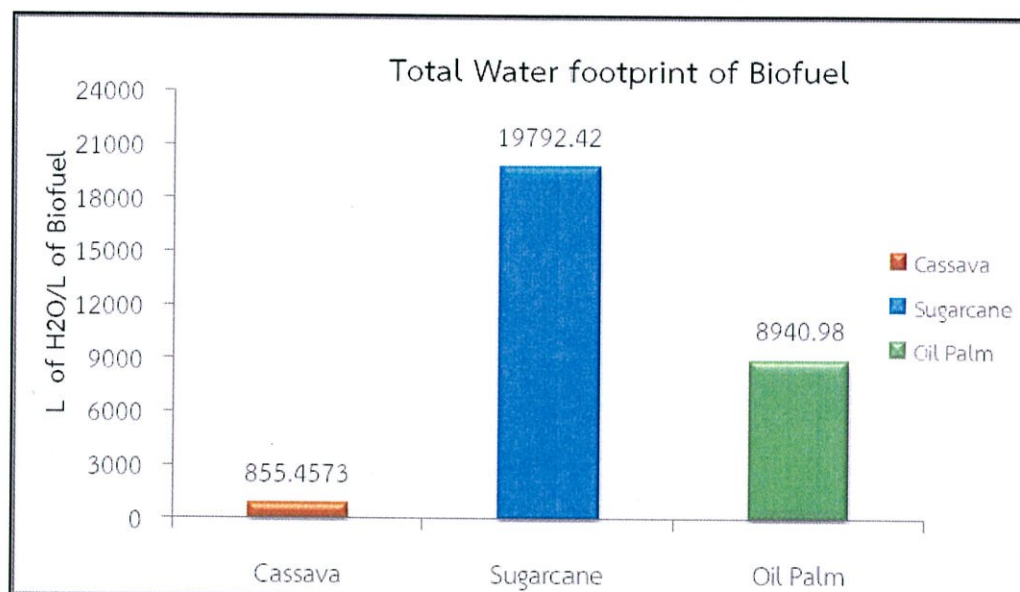
จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Bio-fuel) ของมันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Bio-fuel)

Biofuel	Green Water footprint L of H ₂ O/ L of Bio-fuel	Blue Water footprint L of H ₂ O/ L of Bio-fuel	Gary Water footprint L of H ₂ O/ L of Bio-fuel	Total Water footprint L of H ₂ O/ L of Bio-fuel
Cassava	23.11	832.28	0.0673	855.46
Sugarcane	532.71	19,257.14	2.57	19,792.42
Oil Palm	4,287.83	4,652.49	0.66	8,940.98

จากผลการศึกษาแสดงการใช้น้ำของพืชพลังงานเปลี่ยนให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ พบว่า มันสำปะหลังมีการใช้น้ำ 855.46 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมัน อ้อยมีการใช้น้ำ 19,792.42 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมัน และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 8,940.98 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า มันสำปะหลัง มีอัตราการใช้น้ำที่น้อยที่สุดและอ้อยมีการใช้น้ำที่มากที่สุด แสดง

ให้เห็นความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชพลังงานทั้ง 3 ชนิด ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

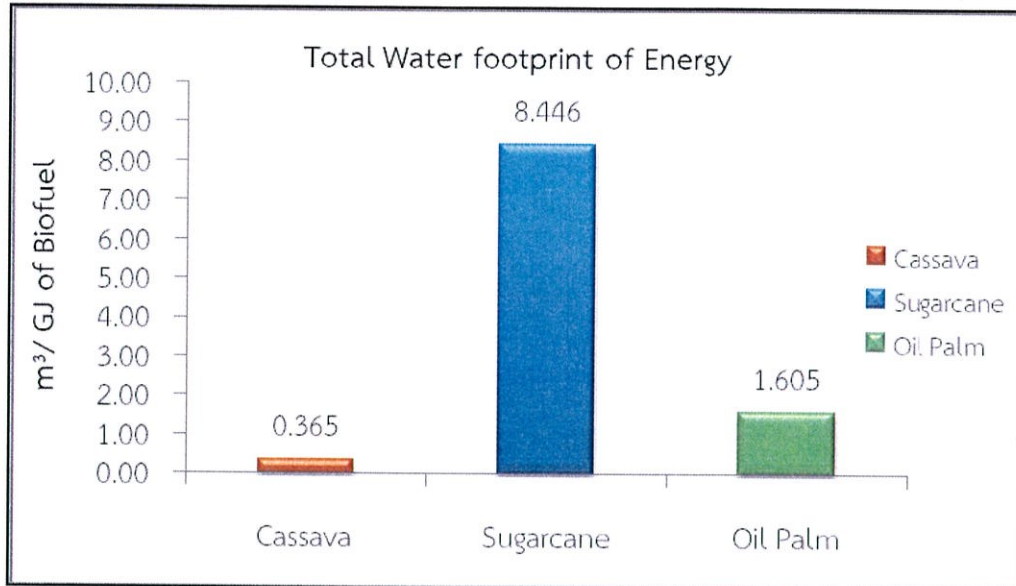
4.3.3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Energy)

จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Energy) ของมันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of Energy)

Energy	Green Water footprint m ³ /GJ of Bio-fuel	Blue Water footprint m ³ / GJ of Bio-fuel	Gary Water footprint m ³ / GJ of Bio-fuel	Total Water footprint m ³ / GJ of Bio-fuel
Cassava	0.009862034	0.35516978	0.000157895	0.365189709
Sugarcane	0.227330338	8.217852372	0.00109673	8.44627944
Oil Palm	0.135414298	1.46914551	0.000208412	1.60476822

จากผลการศึกษาแสดงการใช้น้ำของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพพบว่า มันสำปะหลังมีการใช้น้ำ 0.365 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจูลของน้ำมัน อ้อย จะมีการใช้น้ำ 8.446 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจูลของน้ำมัน และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 1.60476822 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจูลของน้ำมัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า มันสำปะหลังมีอัตราการใช้น้ำที่น้อยที่สุด ส่วนอ้อยมีการใช้น้ำที่มากที่สุด ผลของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมันชีวภาพ และจะมีผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำของกลุ่มน้ำเมื่อเทียบกับอ้อย และปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 4.18 ผลรวมวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

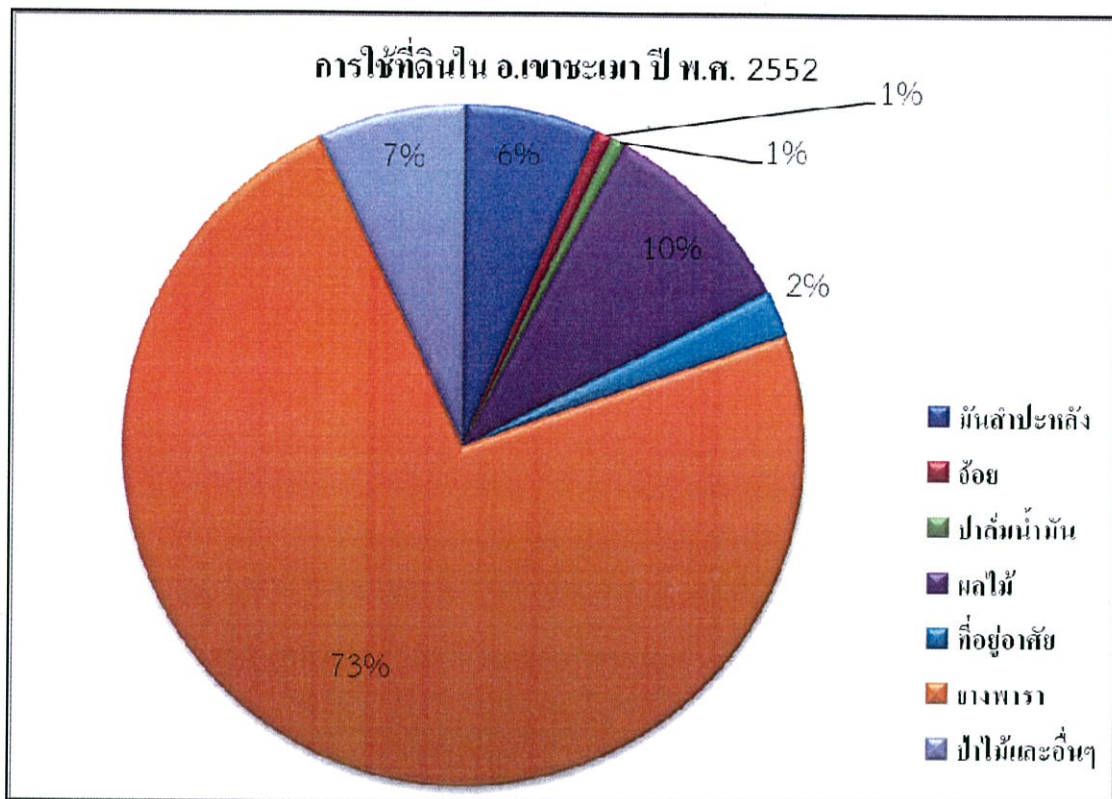
4.4 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในกลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยอง

การจำลองการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เพาะปลูกเดิมไปเป็นพืชน้ำมัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของใช้ที่ดินเดิม จากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การใช้ที่ดินในกลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยองในปี พ.ศ. 2552

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่	
	ไร่	%
มันสำปะหลัง*	10,605	6.28
อ้อย*	1,319	0.78
ปาล์มน้ำมัน*	1,132	0.67
ผลไม้	16,425	9.73
ที่อยู่อาศัย	3,710	2.20
ยางพารา	123,732	73.31
ป่าไม้และอื่นๆ	11,845	7.02
รวม	168,768	100.00

*พืชน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่



รูปที่ 4.19 การใช้ที่ดินในกลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จังหวัดระยองในปี พ.ศ. 2552

ตารางที่ 4.6 การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

	Surface runoff mm.	Lateral soil mm.	Groundwater flow mm.	Evapotranspiration mm.	Transmission loss mm.	Base flow mm.	Total water yield mm.
Baseline	799.44	102.24	288.61	997.53	1.03	390.85	1189.26
			A.Cassava expansion scenarios				
A1	803.30	102.24	288.61	1080.25	1.03	390.85	1193.12
A2	800.22	102.24	288.61	802.89	1.03	390.85	1190.04
A3	804.09	102.24	288.61	1119.18	1.03	390.85	1193.91
			B.Sugarcane expansion scenario				
B1	805.32	102.24	288.61	1299.22	1.03	390.85	1195.14
B2	800.28	102.24	288.61	1021.86	1.03	390.85	1190.10
B3	807.37	102.24	288.61	1119.18	1.03	390.85	1197.19
			C.Oil Palm expansion scenarios				
C1	805.39	102.24	288.61	1420.87	1.03	390.85	1195.21
C2	800.19	102.24	288.61	1143.51	1.03	390.85	1190.01
C3	803.13	102.24	288.61	1459.80	1.03	390.85	1192.95

*Base flow= Lateral soil + Groundwater flow,

Total water yield = Surface runoff + Base flow - Transmission loss

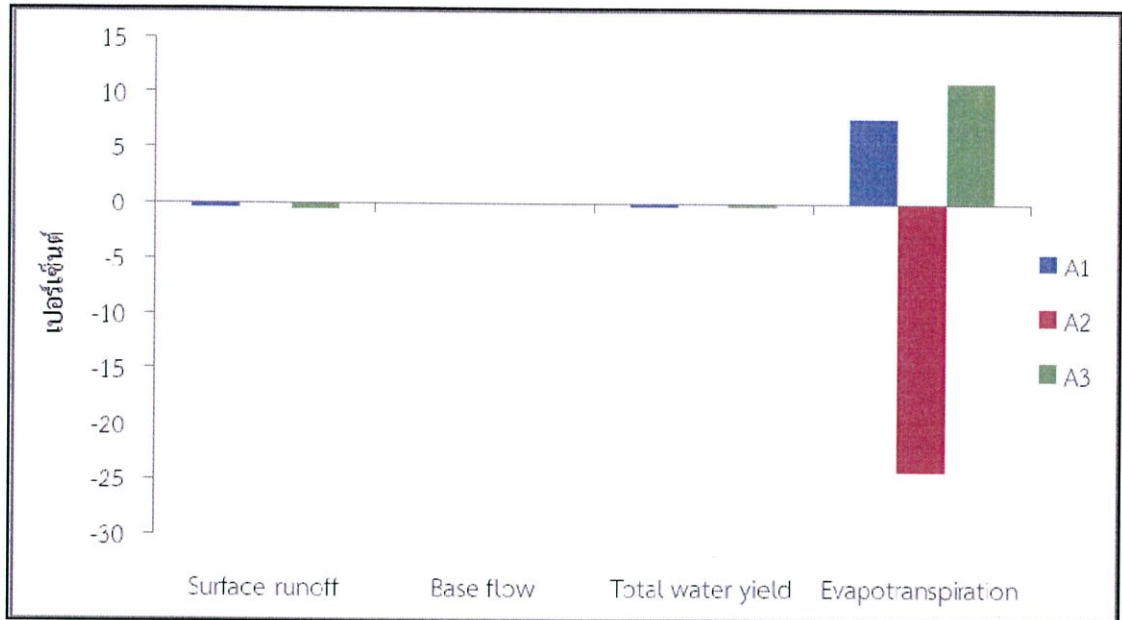
จากตารางที่ 4.6 จากการสมมุติการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ จากการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ปี พ.ศ.2552 ค่า Base line จาก ตารางที่ 4.5 กำหนดให้เท่ากับ 0 เพื่อที่จะเปรียบเทียบส่วนต่างคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนต่างของสถานการณ์ A, B และC สรุปดัง ตารางที่ 4.7 ได้ดังนี้จากตารางที่ 4.6 จากการสมมุติการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ จากการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ปี พ.ศ.2552 ค่า Base line จาก ตารางที่ 4.5 กำหนดให้เท่ากับ 0 เพื่อที่จะเปรียบเทียบส่วนต่างคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนต่างของสถานการณ์ A, B และC สรุปดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าแตกต่างจาก Baseline หลังการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่

Scenario	Surface runoff (mm.)	Base flow (mm.)	Total water yield (mm.)	Evapotranspiration (mm.)
A1	-3.86	0.00	-3.86	3.86
A2	-0.78	0.00	-0.78	0.78
A3	-4.65	0.00	-4.65	4.65
B1	-5.88	0.00	-5.88	-301.69
B2	-0.83	0.00	-0.83	-24.33
B3	-7.93	0.00	-7.93	-121.65
C1	-5.94	0.00	-5.94	-423.34
C2	-0.74	0.00	-0.74	-145.98
C3	-3.69	0.00	-3.69	-462.27

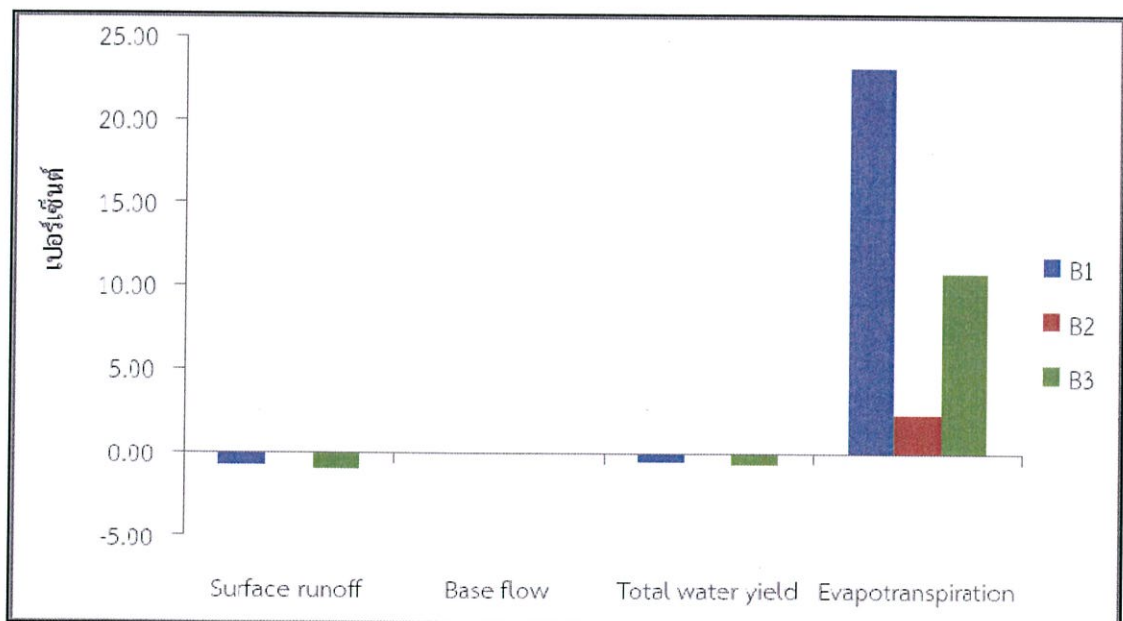
ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์แตกต่างจาก Baseline หลังการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่

Scenario	Surface runoff (%)	Base flow (%)	Total water yield (%)	Evapotranspiration (%)
A1	0.48	0.00	0.32	7.66
A2	0.10	0.00	0.07	-24.24
A3	0.58	0.00	0.39	10.87
B1	0.73	0.00	0.49	23.22
B2	0.10	0.00	0.07	2.38
B3	0.98	0.00	0.66	10.87
C1	0.74	0.00	0.50	29.79
C2	0.09	0.00	0.06	12.77
C3	0.46	0.00	0.31	31.67



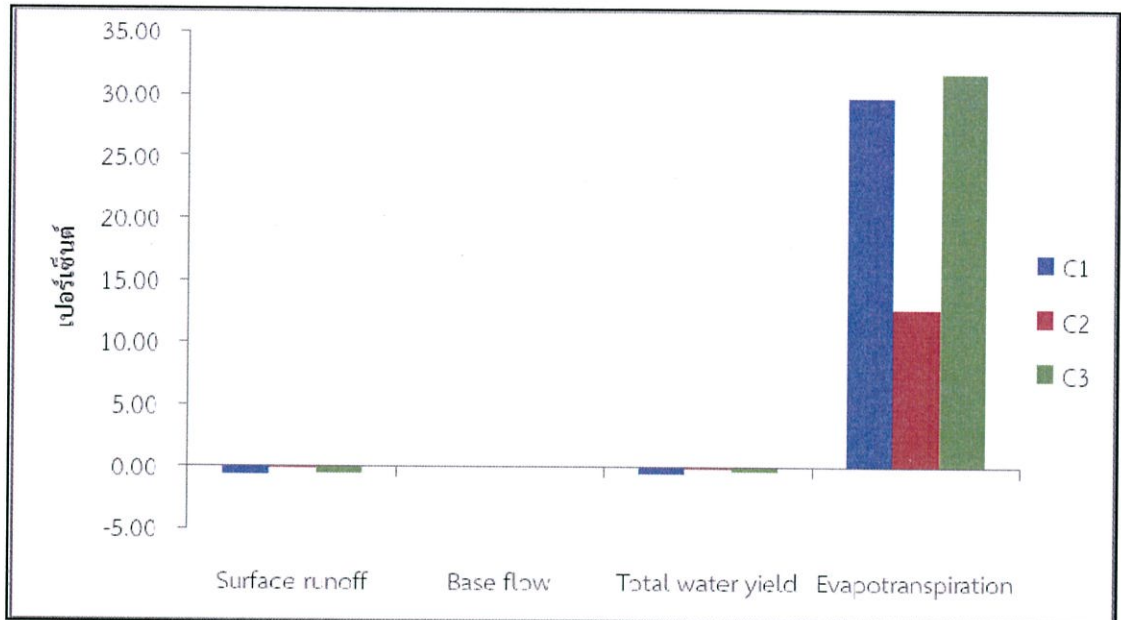
รูปที่ 4.20 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ของสถานการณ์ A

จากรูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง โดยการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกผลไม้และยางพาราและป่าไม้ (สถานการณ์ A1,A2 และ A3) ทำให้ปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff) มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลบ น้ำใต้ผิวดินลดลง (Base flow) คงที่ (ตารางที่4.6) ปริมาณน้ำรวม (Total water yield) มีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มากนัก แต่ในส่วนอัตราการระเหยรวมกับที่พืชใช้จริง (Evapotranspiration) จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ในกรณี A1และA3 จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 11 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีอัตราการใช้น้ำของพืชมากกว่า 20เปอร์เซ็นต์ ในสถานการณ์ A2



รูปที่ 4.21 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ของสถานการณ์ B

จากรูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อ้อย ปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff) ปริมาณน้ำรวม (Total water yield) มีการเปลี่ยนแปลงของ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่เล็กน้อย และ Base flow ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ ในส่วนอัตราการระเหยรวมกับที่พืชใช้จริง (Evapotranspiration) ในกรณี B1 จะมีการเปลี่ยนแปลง มากถึง 23 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสถานการณ์ B3 จะมีความเปลี่ยนแปลง ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ และ B2 มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการคายระเหยน้อยที่สุด



รูปที่ 4.22 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ของสถานการณ์ C

จากรูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ ของ สถานการณ์ C จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff) ปริมาณน้ำ Total water yield มี การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่เล็กน้อย และ Base flow ไม่เกิด การเปลี่ยนแปลง แต่ในส่วนอัตราการระเหยรวมกับที่พืชใช้จริง (Evapotranspiration) ในกรณี B3 จะมีการเปลี่ยนแปลงมากถึง 31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสถานการณ์ B1 จะมีความเปลี่ยนแปลง ประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ และ B2 มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการคายระเหยน้อยที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาผลกระทบของการปลูกพืชใช้น้ำมันต่อสภาพทางอุทกวิทยาต่อสภาพทางอุทกวิทยา กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพธิ์ จ.ระยองในช่วงปี พ.ศ.2543-พ.ศ.2552 ในการปลูกพืชใช้น้ำมัน 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อยและปาล์มน้ำมัน จากการคำนวณค่าการใช้น้ำ ตามหลักการของ วอเตอร์-ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ในระยะเวลาเพาะปลูกใน 1 ปี พบว่ามันสำปะหลังมีการใช้น้ำรวมในการเพาะปลูก 154.04 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน อ้อยจะมีการใช้น้ำ 1,385.47 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 1,975.96 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งปาล์มน้ำมันมีอัตราการใช้น้ำที่มากที่สุด ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ จากการคำนวณ มันสำปะหลังมีการใช้น้ำ 855.46 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมัน อ้อย จะมีการใช้น้ำ 19,792.42 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมัน และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 8,940.98 ลิตรของน้ำต่อลิตรของน้ำมันโดย มันสำปะหลังมีอัตราการใช้น้ำที่น้อยที่สุด รองลงมาคือปาล์มน้ำมัน และอ้อยมีอัตราการใช้น้ำที่สูงที่สุดในการคำนวณกระบวนการนี้ ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมในของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ มันสำปะหลังมีการใช้น้ำ 0.365 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจุลของน้ำมัน อ้อย จะมีการใช้น้ำ 8.446 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจุลของ และปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำในการเพาะปลูก 1.60476822 ลูกบาศก์เมตรต่อจิกะจุล มันสำปะหลังยังคงมีอัตราการใช้น้ำน้อยที่สุดรองลงมาคือปาล์มน้ำมัน และอ้อยมีการใช้น้ำสูงที่สุด มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่มีการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้น้ำในปริมาณที่น้อยที่สุด โดยที่พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นผลิตพืช ผลิตน้ำมันชีวภาพ จนกระทั่งให้ค่าพลังงาน

จากการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินในพื้นที่โดยการเพิ่มพื้นที่ การปลูกพืชใช้น้ำมันแต่ละชนิด แทนสวนผลไม้ ยางพาราและป่าไม้ จากการคำนวณจะเห็นว่าความต้องการน้ำในพื้นที่เพาะปลูกมีความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น มีอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ยังคงเดิม มีความต้องการน้ำในทั้งหมดในการปลูก ที่สูงขึ้น แต่จะส่งผลกระทบต่ออัตราการคายระเหยที่สูงขึ้นมากจากเดิม โดยจากการจำลองสถานการณ์การใช้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ของการปลูกพืชใช้น้ำมันทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่า มันสำปะหลังมีการส่งผลเสียต่อสภาพทางอุทกวิทยาน้อยที่สุด

จากการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินควรมีส่งเสริมการปลูกมันสำปะหลังเนื่องจากมีผลกระทบต่อสภาพทางอุทกวิทยาน้อยกว่าอ้อยและปาล์มน้ำมันแต่อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังสามารถผลิตได้แค่เอทานอล หากต้องใช้ไบโอดีเซลก็จะต้องมีการปลูกปาล์มน้ำมันคงเดิมแต่จะส่งผลกระทบต่อทางด้านอุทกวิทยามาก ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงและทางด้านการส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาด้วย การใช้น้ำมีความสำคัญต่อสภาพทางอุทกวิทยา เนื่องจาก เกษตรกรควรทราบถึงปริมาณน้ำในพื้นที่ เพื่อ ทำให้เกิดการจัดการน้ำที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสามารถป้องกันการเกิดปริมาณน้ำที่ขาดแคลนในการอุปโภค บริโภค รวมถึงการทำการเกษตรเพื่อนำไปสู่การจัดการการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

5.1 ข้อเสนอแนะ

1. จากงานวิจัยนี้สามารถทำให้เห็นผลกระทบของการปลูกพืชน้ำมันที่มีผลต่อสภาพอุทกวิทยา ดังนั้น มันสำปะหลังเป็นพืชน้ำมันที่ควรมีการส่งเสริมการเพาะปลูกเนื่องจากมีอัตราการใช้น้ำที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันทั้ง 3 ชนิด

2. แต่ในด้านความต้องการการใช้น้ำมันไบโอดีเซล คงต้องมีการปลูกปาล์มน้ำมัน แต่ควรตระหนักถึงพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อสภาพทางอุทกวิทยาค่อนข้างสูง

3. ในการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกพืชน้ำมัน ควรคิดสัดส่วนปุ๋ยทุกชนิด เพราะจะทำให้เราทราบถึงอัตราของเสียที่จะทำให้เกิดปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความถูกต้องและแน่นอน

4. ควรสนับสนุนและส่งเสริมการใช้แนวคิด วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) ในหลากหลายพื้นที่เนื่องจากสามารถวิเคราะห์การใช้น้ำได้ดีและก่อให้เกิดต่อการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างถูกต้องเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

บรรณานุกรม

- กาญจนา แสงลี้มสุวรรณ, 2554. เชื้อเพลิงชีวภาพ: พลังงานแห่งทางเลือก, วารสารนักบริหาร ปีที่ 31 ฉบับที่ 4 หน้า 3-7
- กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ระบบออนไลน์, <http://www.pcd.go.th/>
- กรมชลประทาน, สามเสน แขวง ถนน นครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพฯ.
- กรมทรัพยากรน้ำ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 180/3 ถนนพระรามที่6 ซอย 34 สามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ
- กรมอุตุนิยมวิทยา, สุขุมวิท แขวง บางนา เขต บางนา กรุงเทพมหานคร.
- ชินาธิปกรณ พงศ์ภิญโญภาพ และ อารังรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554. มกราคม – มีนาคม. วอเตอร์ฟุตพริ้นของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. วิศวกรรมสาร มก. 75(24). 41-52
- รมณี วังเมือง และปุ่นณมี สัจจกมล, 2554. ร่องรอยการใช้น้ำอุตสาหกรรมแป้งข้าว, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 หน้า 722-726
- ลักขณา เจริญสุข ,รัตชยุดา กองบุญ ,เศรษฐ์ สัมภิตตะกุล, การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นของปาล์ม น้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน.(2555) ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.1-11
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ถนน พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
- องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ. Single crop coefficient (K_c), ระบบออนไลน์, <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm>, วันที่ 27/09/2556
- เดชรัด สุขกำเนิด (2558), สถานการณ์และศักยภาพการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทย. Applied Economics Journal. ระบบออนไลน์ <http://www.tcithaijo.org/index.php/AEJ/article/view/10498>
- Bosch and Hewlett ,2525. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology., 55: 3--23.
- Costa et al. (2546), Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia, Philos Trans R Soc lond B Biol sci. 2013 jun 5; 368(1619): 20120155, ระบบออนไลน์ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3638426/>
- Hard jono, 1980; Nooteboom, 1987. (DE)Forestation and dry season flow in the tropics: A closer look, Journal of Tropical Forest Science, 229-243
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2009. Water Footprint Manual:State of the Art 2009. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands.

- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Water footprint Network, The Netherlands
- Mekonnen, M. M. and Hoektra, A. Y., 2011 The green, blue and grey water footprint of crop and derived crop product. Hydrology and Earth system Sciences, 15, 1577-1600.
- Prasertsri and Kunasirirat, 2009; Agricultural Water Management, An International Journal., Volume 101, issue1, 1December 2001.
- Siriwardena et al., 2009. A state-wide assessment of optimal groundwater hydrograph time series models. 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 12–16 December 2011
- Thanapakpawin et al ,2543. Effects of landuse change on the hydrologic regime of the Mae Chaem river basin, NW Thailand,Journal of Hydrology (334:1-2), 2007, pp. 215-230.
- Uhlenbrook (2007), How Biofuel Could Starve the Poor.ระบบออนไลน์ , <https://www.foreignaffairs.com/articles/2007-05-01/how-biofuels-could-starve-poor>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ปริมาณฝนใช้การภาคตะวันออก
ปริมาณการใช้น้ำอ่างอ่างของพืช
อัตราการใช้ปุ๋ยในพื้นที่

ตารางที่ ก.1 ปริมาณฝนใช้การภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัด	Jan	Feb	Mar	Apr	Total	avg	Jul	Aug	Sep	Oct	Total	avg
จันทบุรี	12	32	39	69	151	38	66	119	107	61	354	88
ฉะเชิงเทรา	7	12	19	47	84	21	73	123	119	68	383	96
ชลบุรี	11	13	24	49	96	24	84	113	137	78	412	103
ตราด	16	34	55	83	188	47	73	133	119	68	393	98
นครนายก	6	15	17	48	87	22	68	123	110	63	363	91
ปราจีนบุรี	9	17	40	74	140	35	79	143	128	73	422	106
ระยอง	11	31	48	42	132	33	86	89	140	80	395	99

ตารางที่ ก.2 ปริมาณการใช้น้ำอ้อยของพืช

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ฉะเชิงเทรา	3.85	3.83	4.19	4.31	3.86	3.52	3.46	3.46	3.26	3.33	3.47	3.51
ปราจีนบุรี	3.87	4.04	4.3	4.62	3.98	3.5	3.45	3.43	3.27	3.79	4.1	4.07
สระแก้ว	3.96	4.46	4.67	4.66	3.96	3.88	3.45	3.4	3.24	3.64	3.92	3.78
ชลบุรี	4.09	4.55	4.83	5.14	4.48	4.13	4.12	3.74	3.43	3.49	4.09	4.16
จันทบุรี	3.72	3.71	4.08	4.35	3.44	2.85	2.85	2.84	2.69	3.34	3.83	3.95
ตราด	3.8	3.83	4.17	4.28	3.89	3.35	3.32	2.87	3.22	3.35	3.68	3.84
ระยอง	3.75	4.34	4.54	4.83	4.33	4.15	4.08	4.03	3.55	3.51	3.77	3.78

ตารางที่ ก.3 อัตราการใช้ปุ๋ยในพื้นที่

Crop	Nitrogen (N) Kg/rai	Phosphorus (P ₂ O ₅) Kg/rai	Potassium (K ₂ O) Kg/rai
Cassava	16	8	16
Sugarcane	12	6	12
Oil palm	16.8	5.6	27.2
Rubber	4.8	2.4	4
Orchard	17.6	11.2	16

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ ข.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	0.7	0	0	0.8	3.6	0.2	0.8	0	0	0
Feb	0.5	0	2.9	0.1	0	0.9	0.8	0	0	0.4
Mar	4.2	1.6	2.7	0	1.6	0	1.8	0	4.3	0.3
Apr	3.8	1.3	4.1	5	4.7	1.1	6.4	7.7	7.7	6.9
May	6.7	9.2	13.9	6.5	4.5	2.7	10.3	9.4	6.3	0
Jun	7.6	10.4	6.9	14	9.5	2.7	8.7	6	7.3	0
Jul	11.9	8.4	5.2	8.5	9.1	4.9	11.5	0	10.1	0
Aug	7.4	4.3	4.8	7.2	8.7	4.4	7.4	4	14.6	0
Sep	6.2	10.8	1.6	0	8.8	0	12.4	15.1	16.8	1.6
Oct	9.9	12.4	3.1	6	3.5	0	5.4	2.1	4.3	0
Nov	1.4	2.9	1	0	0	2.3	0.9	0	0.3	0
Dec	0	1.2	0	0	0	1.4	0	0	0	0

ตารางที่ ข.2 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	0	1.07	0.09	0.03	0	0	0	0	0	0
Feb	0	0.49	0.04	0.01	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0.23	0.01	0	0	0	0	0	0	0
Apr	10.2	5.61	0	0	0	0.01	0.56	0	1.02	0.61
May	7.7	4.67	0.56	0.07	0.04	0	4.81	1.01	2.34	1.31
Jun	7.6	3.84	2.43	3.68	4.75	0	3.17	1.4	3.75	1.89
Jul	12.3	4.7	2.72	3.83	1.93	0.07	4.84	7.75	5.64	2.53
Aug	10.1	3.48	2.63	5.51	5.2	0.32	4.97	2.2	9.37	1.97
Sep	10.6	4.64	3.68	10.3	6.86	8.71	8.62	7.17	13.5	9.95
Oct	8.5	5.2	1.66	7.36	1.5	6.32	10.6	5.33	5.33	11.32
Nov	2.4	5.19	0.65	0.92	0.09	5.53	0.33	0.39	1.2	1.35
Dec	0.1	2.42	0.25	0.18	0	0.26	0.01	0	0	0.28

ตารางที่ ข.3 ปริมาณการตกตะกอนเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	0	4.38	0.1	0	0	0	*	0	*	*
Feb	0	1.36	0	0	0	0	*	0	*	*
Mar	0	0.44	0	0	0	0	*	0	*	*
Apr	113.8	51.9	0	0	0	0.03	*	0	*	*
May	75.04	38.84	3.3	0.3	0.08	0	*	6.1	*	*
Jun	72.66	29.83	13.8	27.7	55.71	0	*	10.1	*	*
Jul	157.44	43.85	16.3	26.6	10.91	0.13	*	103.3	*	*
Aug	126.64	25.3	15.9	41.7	46.93	1.38	*	14.8	*	*
Sep	121.71	41.62	29.4	111	72.08	145.52	*	82.8	*	*
Oct	84.04	47.41	7.8	79.4	7.91	74.19	*	54.7	*	*
Nov	14.71	53.48	2	3.3	0.13	68.97	*	2.3	*	*
Dec	0.09	14.72	0.5	0.3	0	1	*	0	*	*

หมายเหตุ * : ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	33.58	34.76	33.26	32.39	31.16	31.04	32.05	32.77	30.71	29.93
Feb	34.16	35.53	34.17	32.01	31.32	32.64	32.79	33.05	30.86	31.17
Mar	35.45	34.17	35.48	31.96	32.48	32.43	33.39	35.46	31.33	31.73
Apr	35.01	37.82	36.98	33.97	33.93	33.78	34.20	34.94	32.93	32.78
May	35.90	35.22	35.17	33.05	32.56	32.98	32.95	32.90	31.43	32.03
Jun	33.72	34.78	34.77	32.07	31.23	32.09	31.88	33.29	31.12	31.25
Jul	33.78	35.33	34.45	31.22	31.51	31.22	31.73	32.32	30.85	30.90
Aug	33.73	33.75	32.46	31.40	31.03	31.39	31.16	32.20	31.42	31.63
Sep	34.12	35.34	32.96	30.78	31.22	31.27	31.60	31.00	30.99	30.98
Oct	33.66	34.20	35.06	31.89	32.87	32.65	32.80	31.40	32.14	30.73
Nov	34.02	32.85	34.17	33.01	33.85	32.36	34.25	31.61	31.08	32.09
Dec	35.08	33.99	34.93	31.49	32.58	30.60	32.95	31.75	31.12	31.53

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	22.83	23.95	21.59	21.63	22.42	21.86	22.08	22.47	22.69	20.51
Feb	22.81	24.82	24.58	25.10	24.57	26.66	24.35	24.00	24.00	24.45
Mar	25.88	25.13	26.29	25.66	27.05	25.82	26.38	27.05	25.67	25.95
Apr	26.42	27.58	26.76	27.75	28.38	26.81	26.84	26.32	26.78	26.57
May	26.69	26.39	26.50	27.23	27.20	28.15	26.57	26.65	27.77	26.40
Jun	25.82	26.52	27.22	26.67	26.60	27.38	26.24	26.98	27.13	27.99
Jul	26.01	27.37	26.95	25.86	26.63	27.09	27.45	26.64	26.50	26.90
Aug	26.38	26.94	26.15	27.42	27.07	26.87	26.94	26.83	26.69	26.95
Sep	25.14	25.69	26.27	25.74	24.85	25.79	25.59	26.20	26.05	25.95
Oct	24.68	24.50	24.55	25.03	24.26	24.69	25.20	25.40	24.87	24.95
Nov	22.56	22.00	24.24	23.64	24.22	24.21	24.03	23.04	23.91	23.23
Dec	23.14	22.24	23.96	20.87	20.70	22.09	21.89	22.28	21.27	22.57

ตารางที่ ข.6 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	74.35	75.90	76.81	68.77	76.71	80.52	79.42	4.29	70.61	68.42
Feb	74.45	74.00	81.96	73.82	77.69	79.79	83.50	4.25	74.62	78.79
Mar	76.32	80.39	76.68	79.42	77.77	81.19	77.32	5.10	75.77	80.77
Apr	78.90	75.23	74.33	75.60	76.83	78.30	75.47	5.03	76.57	77.07
May	77.10	78.90	79.03	80.97	80.77	80.74	78.19	4.64	76.97	81.13
Jun	81.67	77.60	77.03	77.97	80.90	83.17	80.97	4.34	78.70	77.33
Jul	81.52	76.39	78.32	83.26	78.29	81.10	79.10	4.48	78.19	79.13
Aug	81.13	76.97	81.06	81.39	78.90	81.10	79.06	4.91	78.42	81.16
Sep	82.57	79.90	81.33	81.80	82.77	82.73	82.20	4.59	79.83	81.97
Oct	84.74	84.35	77.87	80.23	77.61	81.13	81.23	4.44	82.74	85.45
Nov	69.17	70.10	74.33	73.17	70.17	76.87	73.67	5.00	70.93	72.70
Dec	70.74	68.84	75.26	68.26	68.84	70.71	64.97	4.39	67.94	75.81

ตารางที่ ข.7 ปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	7.68	7.17	8.61	8.57	7.97	7.90	8.85	8.01	8.52	8.79
Feb	7.66	7.64	7.94	0.00	8.23	9.55	7.94	9.10	6.50	8.83
Mar	6.46	4.51	8.08	6.63	8.31	7.97	8.10	9.14	8.25	7.44
Apr	6.11	7.37	8.06	9.18	9.11	7.99	0.00	7.41	7.59	7.71
May	6.27	5.65	5.63	6.03	5.80	5.69	5.88	5.07	5.21	5.03
Jun	3.27	4.18	5.79	5.34	4.75	5.89	4.77	5.25	5.69	6.52
Jul	3.90	5.52	6.45	5.17	4.18	0.00	4.01	4.92	5.22	4.33
Aug	5.29	3.77	3.00	5.54	5.30	0.00	4.28	4.86	5.38	5.51
Sep	0.00	5.41	5.05	4.02	0.00	0.00	4.59	4.48	4.17	3.44
Oct	4.58	4.96	6.96	6.00	7.95	0.00	6.74	5.05	6.30	5.02
Nov	7.95	7.59	7.65	8.94	8.72	0.00	9.28	7.76	6.01	8.84
Dec	7.03	8.70	7.91	8.53	9.17	5.60	9.10	8.87	8.57	9.28

ตารางที่ ข.8 ปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายเดือน

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
Jan	4.66	4.34	3.81	4.71	3.92	3.79	3.98	4.29	4.51	4.30
Feb	4.97	4.58	3.51	4.91	4.81	5.06	4.14	4.25	3.96	4.31
Mar	5.86	4.55	4.32	4.66	5.65	5.09	4.64	5.10	4.95	4.73
Apr	5.16	5.39	4.75	5.94	6.23	5.12	4.94	5.03	5.13	5.64
May	5.87	5.23	3.96	5.19	5.25	4.58	4.26	4.64	5.16	4.76
Jun	4.76	4.77	4.65	4.72	4.93	5.44	3.93	4.34	5.34	5.79
Jul	5.20	5.31	4.66	4.23	4.92	4.81	4.59	4.48	5.11	4.80
Aug	5.07	5.06	3.63	4.90	5.16	4.59	4.74	4.91	4.88	4.78
Sep	4.74	4.52	4.15	3.96	4.69	3.94	4.20	4.59	4.34	3.90
Oct	3.91	4.23	4.17	4.11	4.49	3.93	4.30	4.44	4.15	3.31
Nov	5.72	4.73	4.34	4.59	5.30	4.13	4.39	5.00	4.43	4.75
Dec	4.97	4.51	4.07	4.70	4.94	4.11	4.71	4.39	4.24	4.13

ภาคผนวก ค.
การคำนวณค่าอัตรารุทปริน

ขั้นตอนการคำนวณค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช Water footprint of crop

1.มันสำปะหลัง

วิธีการคำนวณ

1.1 ค่า Green water footprint สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} WF_{\text{green}} &= \frac{CWU_{\text{green}}}{Y} \\ CWU_{\text{green}} &= \text{Effective rainfall} \times Kc \\ WF_{\text{green}} &= \frac{65.875 \times 0.3}{4.748} \\ WF_{\text{green}} &= 4.16 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

1.2 ค่า Blue water footprint สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} WF_{\text{blue}} &= \frac{CWU_{\text{blue}}}{Y} \\ CWU_{\text{blue}} &= 1.6 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET \\ ET &= ETo \times Kc \\ &= 4.06 \times 0.3 \\ CWU_{\text{blue}} &= 1.6 \times \sum_{d=1}^{365} (4.06 \times 0.3) \\ WF_{\text{blue}} &= \frac{1.6 \times \sum_{d=1}^{365} (4.06 \times 0.3)}{4.748} \\ WF_{\text{blue}} &= 149.81 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

1.3 ค่า Blue water footprint สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} WF_{\text{gray}} &= \frac{(\alpha \times AR)/(C_{\text{max}} - C_{\text{natural}})}{Y} \\ &= \frac{(0.1 \times 16)/5}{4.748} \\ &= 0.067 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.4 \text{ } WF_{\text{total}} &= 4.16 + 149.81 + 0.067 \\ &= 154 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง.
การคำนวณการเปลี่ยนการใช้ที่ดิน

ขั้นตอนการคำนวณการใช้ที่ดิน

ตารางที่ ง.1 การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ Z18 อ.เขาชะเมา จ.ระยองในปี2552

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่	
	ไร่	%
มันสำปะหลัง	10,605	6.28
อ้อย	1,319	0.78
ปาล์มน้ำมัน	1,132	0.67
ผลไม้	16,425	9.73
ที่อยู่อาศัย	3,710	2.20
ยางพารา	123,732	73.31
ป่าไม้และอื่นๆ	11,845	7.02
รวม	168,768	100.00

หาค่า ความสูงของน้ำในพื้นที่ (H)

จากสูตร การหาความสูงของน้ำในพื้นที่

$$H \text{ ของน้ำ} = Q/A$$

H = ความสูงของน้ำ

Q = การไหลของน้ำ

A = พื้นที่

ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำคลองโพล์ จังหวัดระยองมีพื้นที่รับน้ำ

$$= 167 \text{ ตารางกิโลเมตร}$$

1 กิโลเมตร

$$= 1,000,000 \text{ ตารางเมตร}$$

พื้นที่ลุ่มน้ำ (Z18) (ค่าQ)

$$167 \times 1,000,000$$

$$= 167,000,000 \text{ ตารางเมตร}$$

พื้นที่ทั้งหมด

$$= 168,768 \text{ ไร่}$$

พื้นที่ 1ไร่ เท่ากับ 1600 ตารางเมตร

$$A = 168,768 \times 1600 = 270,028,800 \text{ ตารางเมตร}$$

$$H \text{ ของน้ำ} = 167,000,000 / 270,028,800$$

$$H = 0.618 \text{ ตารางเมตร}$$

ทำหน่วยให้เป็น ตารางมิลลิเมตร

$$1 \text{ ตารางเมตร} = 1,000,000 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$H \text{ ของน้ำ เป็น มิลลิเมตร } 0.618 \times 1,000,000 = 618,452.55 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\text{ทำให้เป็นมิลลิลิตร } 618,452.55 / 1000 = 618.45 \text{ มิลลิลิตร}$$

คำนวณ Base line ของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ 3 ชนิด

พื้นที่ ไร่ ปาล์ม อ้อย รวม 13,056 ไร่

ทำให้เป็น ตารางเมตร 1 ไร่เท่ากับ 1,600 ตารางเมตร

$$\begin{aligned}
 &= 13,056 \times 1,600 = 20,889,600 \text{ ตารางเมตร} \\
 \text{Surface runoff Base line} &= \frac{\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ} / \text{พื้นที่ รวมของ พื้นที่ ไร่ ปาล์ม อ้อย}}{167,000,000} \times 20,889,600 \\
 &= \frac{167,000,000}{167,000,000} \times 20,889,600 \\
 &= 1 \times 20,889,600 \\
 &= 20,889,600 \text{ ตารางเมตร} \\
 &= \frac{20,889,600}{167,000,000} \times 100 \\
 &= 125.14 \text{ มิลลิเมตร}
 \end{aligned}$$

Ans

ตัวอย่าง ขั้นตอนการการคำนวณการจำลองเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จากสวนผลไม้ ยางพารา และ ป่าไม้ มาเป็นการปลูก ไร่สำหรับหลัง (A) โดยแยกออกเป็น 3 สถานการณ์ดังนี้

สถานการณ์ที่ A1

(ตารางที่ 3.7) จำลองพื้นที่เพาะปลูกไร่สำหรับหลังจากเดิม แต่จะเพิ่มสวนผลไม้ให้มาปลูกไร่ สำหรับหลังทั้งหมด เดิมพื้นที่เพาะปลูกไร่สำหรับหลัง เท่ากับ 10,605 ไร่และผลไม้ มีพื้นที่เพาะปลูก เท่ากับ 16,425 ไร่

$$\text{พื้นที่การเพาะปลูกไร่สำหรับหลังจะเท่ากับ } 10,605 + 16,425 = 27,030 \text{ ไร่}$$

$$\text{เปลี่ยนจากไร่ ทำให้เป็น ตารางเมตรจะได้ } 27,030 \times 1,600 = 43,248,000 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่รับน้ำ } 167,000,000 \text{ ตารางเมตร}$$

Surface runoff ของสถานการณ์ A1 คือ $\frac{\text{พื้นที่รับน้ำ}}{\text{พื้นที่เพาะปลูก}}$

$$\text{ค่าความต่างของ Surface runoff } \frac{167,000,000}{43,248,000} = 3.86$$

$$\text{Surface runoff Base line } 799.44 \text{ มิลลิเมตร}$$

นำค่า Base line มารวมกับค่าความต่างของ Surface runoff ในสถานการณ์ A1

แทนค่า

$$799.44 + 3.86 = 803.30 \text{ มิลลิเมตร}$$

Ans

ภาคผนวก จ.
ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่



การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 11

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน

The 11th International KU-KPS Conference

8 - 9 ธันวาคม 2557

“ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน”

บทคัดย่อ
Abstract



การประชุมวิชาการนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผลกระทบของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองโหล่ง จ. ระยอง)
 Impact of bio-fuels production on hydrology
 (A case study on KlongPhlo River Basin, Rayong Province)

เทพประสิทธิ์ มาศมาลัย¹ และทรงวุฒิ แสงจันทร์¹
 Teprasit Masmalai¹ and Songvool Sangchan¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยาโดยเลือกลุ่มน้ำคลองโหล่งจังหวัดระยองเป็นพื้นที่การศึกษาได้ทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2543-2544 ทำการศึกษาพืชที่สามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 3 ชนิดคือมันสำปะหลังอ้อยและปาล์มน้ำมันโดยใช้ลำปะหลังและอ้อยนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลและปาล์มน้ำมันนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลการศึกษาค้นคว้าหาสภาพอากาศค่าของอุณหภูมิสูงสุดลดลงปริมาณน้ำท่ามีปริมาณลดลงโดยมีผลกระทบก่อนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นและได้ทำการคำนวณหาค่าเวทเทรฟิฟุตพริ้นท์ (Water footprint) เพื่อประเมินใช้น้ำของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชทั้ง 3 ชนิดพบว่ามันสำปะหลังมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดโดยที่พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นผลิตพืชผลิตน้ำมันชีวภาพจนกระทั่งให้ค่าพลังงานโดย พบว่ามันสำปะหลังใช้น้ำในการเพาะปลูก 210.27 ลูกบาศก์เมตรต่อตันและมันสำปะหลังใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอดีเซลจำนวน 1,168.11 ลิตร-น้ำต่อลิตร-น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงเห็นว่าควรส่งเสริมให้มีการผลิตลำปะหลังเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพมากกว่าพืชชนิดอื่นเนื่องมีผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาลุ่มน้ำน้อยที่สุดและเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืน

¹หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
 Agricultural Engineering Curriculum, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

Abstract

This research was to study on the impact of biofuel production on hydrological condition from 2000 to 2009. Along the KhlongPhlo watershed in Rayong Province, the research aims to study three kinds of biofuel crops: cassavas and sugarcanes generating bio-ethanol and oil palms generating biodiesel. The result is that the weather is almost steady. The runoff becomes lower because there appears to be more sediment load along the watershed. Based on the Water Footprint principle, we are to examine on the water consumption of the crop production, including the biofuel production is in order to search for the crops with the most effective water consumption. After the examination, we found that water footprint for biofuel crop was 210.27 M³/ton and water footprint for biofuel 1,168.11 L of H₂O/L of Biofuel. We discovered that the cassavas are the most appropriate crops for the biofuel production due to the water consuming effectiveness and the least effect on the hydrological environment for water management.

Keywords: water footprint, biofuel, khlongphlo watershed

*Corresponding author: M. Teprasit (E-mail: kmittz@hotmail.com)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายเทพประสิทธิ์ มาศมาลัย
วัน เดือน ปีเกิด	6 กรกฎาคม 2527
ที่อยู่	67/11 ถ.ปากน้ำ ต.สะบารัง อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000
โทรศัพท์	084-3211123
E-mail	kmitlz@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	- ระดับปริญญาตรี ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม เกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อ 31 มีนาคม พ.ศ. 2551
ประสบการณ์และผลงานวิจัย	- ในปีพ.ศ. 2557 ส่งผลงานเข้าร่วมการประชุมวิชาการนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 11 วันที่ 8-9 ธันวาคม 2557 อาคารห้อง 205 อาคารศูนย์เรียนรวม 2 ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เรื่อง ผลกระทบของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อ สภาพทางอุทกวิทยา (กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโปล้ จ.ระยอง) Impact of bio-fuels production on hydrology (A case study on Klong Phlo River Basin, Rayong Province)