ศักยภาพการใช้ทุนธรรมชาติในการบริหารจัดการเมือง กรณีศึกษา เทศบาลนครตรัง

นายเดชอัศม์ กางอิ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

POTENTIAL USE OF NATURAL CAPITAL IN TOWN MANAGEMENT, A CASE STUDY IN TRANG CITY

Mr. Datat Kang-im

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศักยภาพการใช้ทุนธรรมชาติในการบริหารจัดการเมือง (กรณีศึกษาเทศบาลนครตรัง)
โดย	นาย เดชอัศม์ กางอิ่ม
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ยุวรี อินนา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดชอัศม์ กางอิ่ม : ศักยภาพการใช้ทุนธรรมชาติในการบริหารจัดการเมือง กรณีศึกษา เทศบาลนครตรัง. (POTENTIAL USE OF NATURAL CAPITAL IN TOWN MANAGEMENT, A CASE STUDY IN TRANG CITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 118 หน้า.

เนื่องจากปัจจุบันแนวคิดในเรื่องการอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนนั้นเป็นเรื่องใหม่สำหรับเมืองต่างๆและเทศบาลส่วนใหญ่ในประเทศไทย ในขณะเดียวกันที่สภาพอากาศก็มีความผันแปรไม่คงที่เหมือนที่เคยเป็นมาทำให้เกิดความกังวลเป็นอันมาก คนส่วนใหญ่จึงมีความอ่อนไหวและหวาดกลัวที่จะทำกิจกรรมใดๆ ดังนั้นจึงได้เกิดมีแนวคิดใหม่ในการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นต้นทุน หรือทุนธรรมชาติสำหรับการดำเนินงานของเมือง ซึ่งแนวคิดนี้เป็นความคิดชั้นยอดสำหรับนายกเทศมนตรี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยรองรับกับการนำทุนดังกล่าวมาใช้ แต่ต้องขึ้นอยู่กับวิสัยทัศน์ด้วย เทศบาลนครตรังจะเป็นตัวอย่างที่ดีในการทดลองนำเอาแนวคิดล้ำยุคนี้มาใช้ ซึ่งอาจจะช่วยพลิกโฉมหน้าของการบริหารเมืองไปสู่ยุคอนาคต

ตามแนวคิดนี้จะต้องมีการเปลี่ยนการจัดองค์กรใหม่ โดยมีรองนายกเทศมนตรีรับผิดชอบในด้านการวางแผนและดำเนินการเกี่ยวการใช้ทุนธรรมชาติ โดยที่เทศบาลนครตรังมีลักษณะเฉพาะด้านภูมิอากาศ คือมีฝนแปดเดือนและแดดอีกสี่เดือน ส่วนด้านภูมิศาสตร์ก็เป็นเนินเขา มีลมทะเลพัดผ่าน และมีขยะของเศษอาหารเป็นจำนวนมากที่มาจากประเพณีของคนตรัง จากการศึกษาได้พบว่า 1) เทศบาลนครตรังมีฝนตกในปริมาณค่าเฉลี่ยที่ 1,900 มิลลิเมตรต่อปี หรือ 29 ล้านลบม.ต่อปี 2) กังหันลมและกังหันวิดน้ำจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 57,600 กิโลวัตต์ต่อปีต่อกังหันลมสูง 24 เมตรหนึ่งชุดขนาดกำลังผลิต 20 กิโลวัตต์ (คิด 3 ชุด เท่ากับ 172,800 กิโลวัตต์ต่อปี หรือมูลค่า 604,800 บาทต่อปี) หรือใช้เดินเครื่องปั๊มน้ำสำหรับสูบน้ำจากผิวพื้นดินเพื่อระบายเข้าสู่ท่อระบายน้ำ 3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งบนหลังคาจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 1,843 กิโลวัตต์ต่อปีต่อพื้นที่ 1 ตรม. (หากคิดพื้นที่หลังคา 50,000 ตรม. จะได้ไฟฟ้าประมาณ 92 ล้านกิโลวัตต์ต่อปี หรือมีมูลค่า 322 ล้านบาทต่อปี) 4) ปริมาณขยะที่มาจากเศษอาหารผลิตก๊าซชีวภาพได้จำนวน 981,120 ลบม. เพื่อใช้ทดแทนก๊าซที่มาจากน้ำมัน (LPG) เมื่อคิดคำนวณเป็นหน่วยพลังงานแล้วจะมีค่าเท่ากับ 15,680 กิโลวัตต์ต่อวัน หรือ 5.7 ล้านกิโลวัตต์ต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินเท่ากับ 19.95 ล้านบาทต่อปี หากรวมมูลค่าพลังงานที่ผลิตต่อปีจากทุนธรรมชาติจะได้เท่ากับ 342.554 ล้านบาท ต่อปี (3.5 บาทต่อกิโลวัตต์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

ปีการศึกษา 2553

5074182125 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : NATURL CAPITALISM, CIPY, RENEWABLE ENEGY

DATAT KANG-IN : POTENTIAL USE OF NATURAL CAPITAL IN TOWN MANAGEMENT, A CASE STUDY IN TRANG CITY. THESIS ADVISOR: ASSOC PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., 118 pp.

Most Municipal cities in Thailand are very new to the sustainable concept. As climate change is become very much concern, ways to lead people and their activities are very sensitive. The new idea to introduce natural resources as a natural capital for community is pretty much to be state of the art for community president. All technologies now are available but ways and how to apply is depending on vision. Trang municipal city is a good sample as cutting edge of the new paradigm in natural capitalism approach.

City organization chart has changed. Vice president has a responsibility to pursue natural capital resource plan. Trang has special characters as 8-month rain and 4-month sunshine. Hilly topography, sea shore wind, and a lot of food waste are Trang's special opportunity. It is found that 1) rain water harvesting is about 29 million cu.m./yr using check dam and reservoir, 2) wind turbine and wind mill can produce electricity about 57,600 kw/yr and pump surface runoff circulate in pipe system, 3) photo voltaic system on roofs can produce about 1,843 kw/yr/sqm. At 50,000 sqm.of roof area = 92 mil. kw/yr or 322 mil. Baht and 4) about 981,120 cu.m. of food waste biogas or 5.7 mil.kw/yr annually could replace LPG gas. Those natural resources has energy value as as 342.554 mil.Baht/yr (3.5 Baht/kW).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Architecture Student's Signature

Field of Study : Architecture Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร .สุนทร บุญญาธิการ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการทำโครงการมาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร .สุนทร บุญญาธิการ และ รองศาสตราจารย์ ดร .วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์เป็นอย่างยิ่ง ท้ายนี้ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฏ
บทที่ 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย 5
1.5 คำจำกัดที่ใช้ในการวิจัย 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย 5
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัย 7
2.1 ทุนธรรมชาติ (Natural Capital) 7
2.2 ทุนธรรมชาติ – ลม (wind) 9
2.3 ทุนธรรมชาติ – แสงอาทิตย์ (Solar energy) 19
2.4 ทุนธรรมชาติ – ก๊าซชีวภาพ (Biogas) 32
2.5 ทุนธรรมชาติ – ลมน้ำฝน (Rain Water) 37
2.6 ทุนธรรมชาติ – น้ำเสียที่ได้จากการบำบัด (Treated waste water) 39
2.4 ทุนธรรมชาติ – ก๊าซชีวภาพ (Biogas) 40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 43
3.1 ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัย 43
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 43
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 43

สารบัญ (ต่อ)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 44
3.5 การสังเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลและข้อเสนอแนะ 44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 45
4.1 ข้อมูลทางกายภาพด้านทุนธรรมชาติของเทศบาลนครตรัง 45
4.2 ผลการวิเคราะห์ 57
4.3 ผลการเปรียบเทียบ 69
4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย 72
4.5 ข้อสรุป 73
4.6 ข้อเสนอตัวอย่างในการนำทุนธรรมชาติไปใช้กับการบริหารจัดการของเทศบาลนครตรัง 74
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
5.1 สรุปผลการวิจัย 77
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 82
5.3 ข้อเสนอแนะ 83
รายการอ้างอิง 84
ภาคผนวก 91
ภาคผนวก ก แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลม ปี พ.ศ.2549 92
ภาคผนวก ข ข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเทศบาลนครตรัง 100
ภาคผนวก ค ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด 109
ภาคผนวก ง วิธีการสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ 113
ภาคผนวก จ ตารางแสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ 116
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 118

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พลังงานแสงอาทิตย์และการใช้พลังงานของมนุษย์ต่อปี	21
4.1	ตารางข้อมูลความเข้มรังสีรวม (global radiation) รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ณ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง	47
4.3	แสดงมาตรฐานการวัดคุณภาพน้ำเสีย	54
4.4	ตารางปริมาณน้ำฝนที่ตกและจำนวนวันที่ฝนตก	56
4.5	แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเทศบาลนครตรัง	68
4.6	แสดงการเปรียบเทียบของการนำทุนธรรมชาติมาใช้งาน	70
5.1	แสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเขตเมืองทั่วไป	79
5.2	แสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเทศบาลนครตรัง	80
	ค.1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด	110
	ค.2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน	111
	ค.3 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล	112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างระบบนิเวศน์ของการหมุนเวียนของธาตุไนโตรเจนในธรรมชาติ	9
2.2	วินด์เวน	12
2.3	อะนิโมมิเตอร์แบบรูปถ้วย	13
2.4	แอโรเวน	13
2.5	รูปตัดองค์ประกอบของกังหันลม (wind turbine) ที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า	19
2.6	แผนที่ Solar radiation ของประเทศไทย	22
2.7	แสดงถึงวงจรการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการกำเนิดกระแสไฟฟ้า	24
2.8	ตัวอย่างการใช้งาน Solar car park ขนาด 28 kw ที่โรงงานในจังหวัดระยอง (2008)	25
2.9	ชุดเสาไฟดวงโคมส่องสว่างสาธารณะ Solar Powered street light (2009)	26
2.10	ชุดเครื่องเติมอากาศในน้ำ Solar Powered Aerator ขนาด 120 w และ 500 w (2008)	27
2.11	ชุดป้ายแสดง Solar Powered LED displays ขนาด 125w และ 200w (2009)	27
2.12	ระบบปั๊มน้ำที่ขับด้วยกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Powered Water pumping systems ขนาด 0.35-1.75 kw	28
2.13	ฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	29
2.14	แสดงตารางของราคาค่าก่อสร้างฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์ที่มีขนาด1-10 เมกะวัตต์	30
2.15	ตัวอย่างการใช้งาน Solar Home ของครัวเรือนทีอยู่พื้นที่ห่างไกลหรือชนบท	31
2.16	ตัวอย่างอาคารบ้านพักอาศัยที่ติดตั้ง Solar roof ขนาด 7kw จังหวัดปทุมธานี (2005)	32
2.17	แสดงขอบเขตพื้นที่ของเขตเทศบาลนครตรัง	40
2.18	แสดงถึงสภาพทั่วไปบนถนนพระราม 6 มุ่งไปหอนาฬิกากลางเมืองเทศบาลนครตรัง	41
2.19	แสดงถึงสภาพทั่วไปบริเวณหอนาฬิกากลางเมืองของเทศบาลนครตรัง	42
4.1	แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของบ่อฝังกลบขยะทุ่งแจ้ง	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	ภาพถ่ายทางอากาศแสดงลักษณะพื้นที่ฝังกลบขยะและพื้นที่โดยรอบ	49
4.3	แสดงสัดส่วนองค์ประกอบของขยะชุมชน	50
4.4	แสดงตำแหน่งที่ตั้งของโรงปรับปรุงปรุงคุณภาพน้ำหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย เทศบาลนครตรัง	52
4.5	แสดงภาพขยายของพื้นที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ขนาด 165 ไร่เทศบาล นครตรัง	53
4.6	แผนผังแสดงอาคารและสิ่งปลูกสร้างในเขตเทศบาลนครตรัง	55
4.7	ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแหน่งที่จะใช้ตั้งเสากังหันลมบริเวณใจกลางเมือง	60
4.8	ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแหน่งที่จะใช้ตั้งเสากังหันลมบริเวณที่กลบฝังขยะ ทุ่งแจ้ง	61
4.9	แผนที่แสดงตำแหน่งของเสาไฟฟ้าในเขตเทศบาลนครตรัง	64
4.10	แสดงผลสรุปของการนำทุนธรรมชาติมาใช้งานในการจัดการบริหาร พัฒนาเมือง	74
4.11	แสดงถึง Road map ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาเมือง	76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
2.1	แสดงถึงขีดความสามารถในป้อนแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก	23
4.1	แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตก ปี 2542-2549	56
	ก.1 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2549	93
	ก.2 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2549	94
	ก.3 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2549	95
	ก.4 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2549	95
	ก.5 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนพฤษภาคมคม ปี พ.ศ. 2549	96
	ก.6 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2549	96
	ก.7 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2549	97
	ก.8 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2549	97
	ก.9 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2549	98
	ก.10 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2549	98
	ก.11 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2549	99
	ก.12 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2549	99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบริหารจัดการงานที่ผ่านมาไม่ว่าจะเป็นระดับประเทศหรือระดับท้องถิ่นเป็นการบริหารจัดการที่ใช้ทุนในการบริหารเพียง 3 ด้านคือ

1. ทุนเงิน (งบประมาณต่างๆ)
2. ทุนมนุษย์ (รูปแรงงาน ความรู้)
3. ทุนที่มนุษย์ผลิต (เครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์)

ทุนทั้ง 3 ที่กล่าวมานี้เป็นทุนที่ใช้ในการบริหารประเทศและเมืองที่ใช้แล้วมีวันหมดสิ้นหรือเสื่อมสภาพได้และมีมูลค่าที่เป็นตัวเงิน กล่าวคือการที่จะใช้ทุนทั้ง 3 ต้องมีการแลกเปลี่ยนด้วยทุนที่เป็นเงิน เพื่อที่จะสามารถนำทุนดังกล่าวมาใช้ได้ ฉะนั้นที่ผ่านมาการบริหารประเทศและเมืองไม่ว่าจะเป็นการบริหารเมืองแบบใดหรือทิศทางใดก็ตาม จะมีการลงทุนที่เป็นมูลค่าที่เสมอ (งบประมาณหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนเป็นตัวเงินที่สูง) เพราะต้องใช้ทุนที่เป็นเงินไปแลกเปลี่ยนให้ได้มาซึ่งทุนมนุษย์ และทุนที่มนุษย์ผลิตขึ้นทั้งนั้น

ทุนอีกประเภทหนึ่งที่สามารถนำเข้าใช้ในการบริหารจัดการประเทศหรือเมือง คือ “ต้นทุนจากธรรมชาติ หรือ ทุนธรรมชาติ” ทุนธรรมชาติเป็นทุนที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด เพราะมีอยู่ตามธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ได้ตลอด หรือนำกลับมาใช้ได้เรื่อยๆ และสามารถใช้สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศหรือเมืองได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยมีเงื่อนไขที่ต้องรักษาระบบวงจร (ecosystem) นี้ไม่ให้เสียหาย

เนื่องจากการบริหารจัดการเมืองมีรูปแบบและโครงสร้างผังองค์กร ที่กำหนดขึ้นโดยรัฐบาลส่วนกลาง กระทรวงมหาดไทย และมีการบริหารตามระเบียบข้อบังคับของกฎหมายราชการ การใช้เงินงบประมาณจะมีกรอบกำหนดบนสมมุติฐานของการตรวจสอบให้มีความโปร่งใส เพื่อป้องกันการจัดสรรและนำงบประมาณไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆที่มิได้กำหนด ทำให้ลักษณะการ

บริหารจัดการภายในองค์กร เกิดการระวังตัวเอง ความกลัวความผิดพลาด มากกว่าที่จะช่วยกันพัฒนาศักยภาพและประสิทธิภาพขององค์กรให้ดีขึ้น

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาการพัฒนาและแก้ปัญหาเมืองจะเป็นการแก้ปัญหาโดยการใช้ทุนหลักที่เป็นเงิน, ทุนมนุษย์ (ในรูปแรงงาน) และทุนที่มนุษย์ผลิต (โรงงาน เครื่องจักร ฯลฯ) เป็นตัวช่วยในการขับเคลื่อนการพัฒนาและแก้ปัญหาเกือบทั้งสิ้น โดยที่เราไม่เคยคำนึงหรือนึกถึงว่าเรายังมีทุนอีกประเภทหนึ่งที่เราสามารถนำมาใช้และแก้ปัญหาต่างๆได้โดยมิต้องใช้เงินในการซื้อหา นั่นก็คือ ทุนธรรมชาติ (รวมถึงสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ต่างๆ) แต่เรากลับทำลายหรือขวางกั้นทุนธรรมชาติ และไม่เคยคิดคำนึงถึงการนำประโยชน์ของทุนธรรมชาติเหล่านั้นมาใช้กับระบบการบริหารจัดการเมืองอย่างแท้จริงเลย

เทศบาลนครตรังเป็นอีกเมืองที่มีการบริหารจัดการเมืองตามระบบดังกล่าว โดยใช้ทุนทั้ง 3 คือ ทุนเงิน ทุนมนุษย์ และทุนที่มนุษย์ผลิตขึ้น (เครื่องจักร, วัสดุอุปกรณ์) เทศบาลนครตรังมีพื้นที่ในการบริหารประมาณ 14 ตารางกิโลเมตร มีทุนเงิน (งบประมาณ) ในการบริหารประมาณ 400-500 ล้านต่อปี ทุนที่เป็นตัวเงินนี้เป็นค่าใช้จ่ายในการบริหารเมืองที่หมดไปทุกปี ฉะนั้นจึงเกิดแนวคิดในการนำทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในเมือง มาสร้างมูลค่าเพิ่มในการบริหารเมืองและลดค่าใช้จ่ายในการบริหารเมืองให้ลดลงหรือเป็นศูนย์ในอนาคต ในขณะเดียวกันค่าใช้จ่ายที่ลดลงก็จะสามารถนำไปใช้พัฒนาเมืองในด้านอื่นๆเพื่อให้ประชาชนมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นไปกว่าเดิม

แนวคิดและการนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องทุนธรรมชาตินั้น ยังเป็นการริเริ่มแต่ยังไม่มีเมืองใดที่สามารถปฏิบัติได้ครบวงจร เป็นเพียงการทดลองใช้เป็นส่วนๆเท่านั้น โดยเฉพาะองค์กรรัฐบาลที่ส่งเสริมด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน เช่น

- การนำพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
- การนำพลังงานลมใช้ประโยชน์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
- การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าและผลิตความร้อน
- การนำขยะของเสียมาหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ หรือผลิตเป็นพลังงาน

- การสร้างมูลค่าเพิ่มจากทุนธรรมชาติอื่นๆ โดยวิธีการอนุรักษ์

ประเด็นต้นเหตุของปัญหาของเมืองและอุปสรรคการพัฒนาเมืองดังที่ได้เกริ่นแล้วข้างต้นเกี่ยวกับข้อจำกัดเรื่องทุน สามารถสรุปตามปัจจัยที่มีอิทธิพล และเป็นตัวแปรสำคัญที่มีต่อระบบการบริหารจัดการเมืองให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ได้แก่

- รูปแบบการบริหารจัดการ
- ปริมาณความต้องการใช้ทรัพยากรมีมากกว่าอัตราการรองรับของสภาพแวดล้อม
- วิสัยทัศน์ของผู้นำ
- ระบบเศรษฐกิจคุณภาพชีวิตทั้งมนุษย์ที่ต้องการพัฒนาให้ดีขึ้นและสวนทางกลับสิ่งแวดล้อมที่ถูกใช้งานเกินขีดความสามารถในการรองรับ

จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการที่จะค้นหาความเป็นไปได้หรือศักยภาพของการนำทุนธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นมาช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการเมืองในรูปแบบใหม่ โดยใช้ทุนธรรมชาติเป็นแนวคิดหลักเพื่อเสนอทางเลือกของปัจจัยด้านทุนที่จะใช้ในการบริหารเมืองแบบยั่งยืนต่อไปในอนาคต

ดังนั้น ความรู้ความเข้าใจในเรื่องของทุนธรรมชาติโดยทั่วไป และทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นจะเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันการบริหารจัดการเมืองให้ก้าวไปข้างหน้าพ้นจากข้อจำกัดของทุนที่มีอยู่ในปัจจุบัน งานวิจัยฉบับนี้ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์นอกเหนือจากการสร้างทางเลือกของทุน และยังต้องการที่จะใช้เป็นช่องทางหนึ่งของการเรียนรู้และเตรียมพร้อมสำหรับองค์กรการบริหารจัดการเมืองอื่นๆทั่วไปรวมทั้งเทศบาลนครตรังที่เป็นแม่แบบกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้เป็นทุนทางเลือกเพื่อสนับสนุนระบบการบริหารจัดการเมืองในรูปแบบการบูรณาการที่ใช้ต้นทุนธรรมชาติเป็นตัวขับเคลื่อน โดยมีเทศบาลนครตรังเป็นกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์แยกเป็นรายละเอียดดังนี้คือ

1. ศึกษาลักษณะของทุนธรรมชาติทั่วไปและทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น ลม แสงอาทิตย์ เป็นต้น

2. เพื่อให้มีผลงานวิจัยที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการบริหารเมืองอื่นๆทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยที่ยังสะท้อนถึงความสำคัญของแต่ละพื้นที่

3. เพื่อหาวิธีเพิ่มความยั่งยืนให้กับระบบนิเวศน์ของสิ่งแวดล้อมของเมืองโดยมีผลตอบแทนที่คุ้มค่าในลักษณะของการนำผลประโยชน์ที่ได้จากต้นทุนธรรมชาติมาลดค่าใช้จ่ายของเมืองที่มีอยู่เดิม เพื่อจะได้นำค่าใช้จ่ายที่เหลือนี้ไปใช้สร้างสรรค์ความเจริญและความอยู่ดีมีสุขของประชากรในเมืองและในขณะเดียวกันก็ทำให้มีสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น

4. นำเสนอต้นแบบของรูปแบบการบริหารจัดการเมืองโดยใช้ต้นทุนธรรมชาติเป็นองค์ประกอบและมีเทศบาลนครตรังเป็นตัวอย่างที่นำรูปแบบการบริหารมาทดลองประยุกต์ใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่องานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาทางเลือกในการใช้ทุนและเป็นพื้นฐานความรู้ทั่วไปสำหรับประชาชน ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

1. ทุนธรรมชาติที่จะศึกษาจะอยู่ในขอบเขตด้านเทคนิคเบื้องต้นเท่านั้น

2. ทุนธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ลม แสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ น้ำเสียและน้ำฝน

3. ข้อมูลจากตัวอย่างของกรณีศึกษาจะนำมาอ้างอิงเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างความเข้าใจถึงการใช้งานได้อย่างไร

4. ค่าใช้จ่ายหรือการประมาณราคาต่างๆที่อ้างอิงและกล่าวถึงจะเป็นค่าประมาณที่ใกล้เคียงเท่านั้น หากต้องนำงานวิจัยนี้ไปใช้งานต้องตรวจสอบทบทวนข้อมูลเรื่องราคาอีกครั้ง

5. พื้นที่กรณีศึกษาจะใช้เทศบาลนครตรังในขอบเขตพื้นที่ 14.77 ตารางกิโลเมตร

6. การศึกษาในเรื่องบริหารจัดการทุนธรรมชาติทั่วไปและการบริหารจัดการเมืองด้วยทุนธรรมชาติยังมิได้รวมอยู่ในงานวิจัยนี้

1.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะไม่รวมหรือกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ได้แก่เรื่องวัฒนธรรมประเพณี / เทศกาล กฎหมาย ประชากร และการทำงานของข้าราชประจำ

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้บริหาร คือ นายกเทศมนตรีเทศบาลนครตรังและผู้อื่นในคณะที่ได้รับการเลือกตั้งจากประชาชนให้เข้ามาบริหารงานองค์กรเทศบาลในระยะเวลาที่กำหนด

เมืองตรัง คือ เทศบาลนครตรังที่เป็นส่วนปกครองท้องถิ่นหนึ่งในจังหวัดตรัง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1

1.1. ศึกษาเกี่ยวกับทุนธรรมชาติโดยทั่วไป

1.2. ศึกษาเกี่ยวกับทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นของกรณีศึกษา

1.3. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเทศบาลนครตรังทางด้านกายภาพ

1.4. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทุนธรรมชาติ

ส่วนที่ 2

วิเคราะห์และกำหนดตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการนำทุนธรรมชาติมาประยุกต์ใช้โดยดูทั้งปัจจัยภายในและภายนอก

ส่วนที่ 3

นำข้อมูลจากส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2 มาสังเคราะห์และนำเสนอข้อแนะนำในการนำทุนธรรมชาติมาใช้งานและผลกระทบต่อการบริหารจัดการเมือง ความเห็นอื่นๆเกี่ยวกับการนำไปใช้เฉพาะกับกรณีศึกษาเทศบาลนครตรังและข้อเสนอแนะในการนำไปใช้กับเมืองอื่นๆและการวิจัยในอนาคต

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทางเลือกของการใช้ทุนธรรมชาติเพื่อทดแทนหรือเสริมทุนอื่นๆใช้มีใช้อยู่เดิม

2. ประยุกต์ใช้ต้นทุนธรรมชาติปัจจุบันที่สามารถนำไปใช้ในการบริหารงานได้จริง โดยใช้เทคโนโลยีที่ใช้ได้จริงในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สามารถนำทุนธรรมชาติมาใช้กับโครงสร้างการบริหารการจัดการเมืองในรูปแบบใหม่ โดยนำไปทดลองประยุกต์ใช้ได้โดยตรงกับกรณีศึกษาเทศบาลนครตรัง

4. แนวคิดและความเข้าใจของการใช้ต้นทุนธรรมชาติของผู้บริหารเมืองให้กว้างขวาง เผยแพร่เข้าสู่สาธารณะชนทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารและงานวิจัย

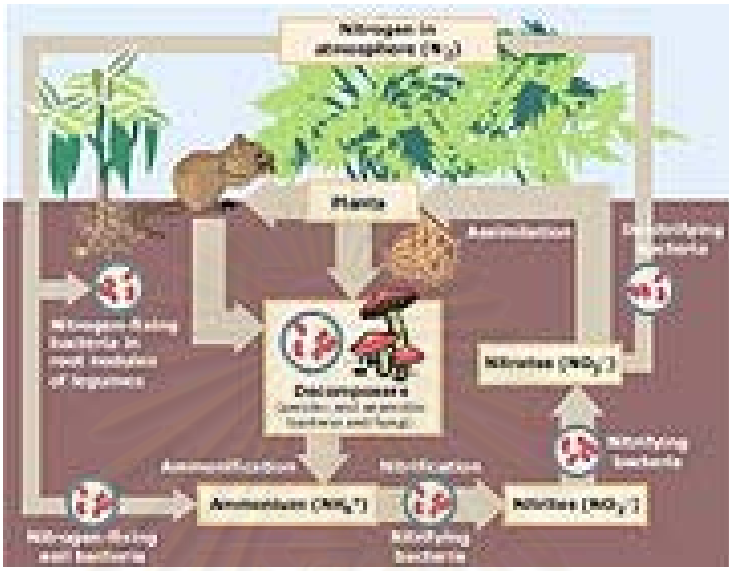
เนื่องจากในปัจจุบันยังมีการศึกษาวิจัยที่เชื่อมโยงระหว่างการนำเอาการใช้ทุนธรรมชาติมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการในระดับเมืองทั้งที่เป็นระดับนโยบายและในระดับการนำไปปฏิบัติจริง ยังมีอยู่น้อยมากโดยเฉพาะภายในประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงยึดติดกับการใช้ทุนที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เช่น ทุนที่เป็นตัวเงิน ทุนที่ใช้มนุษย์ทั้งด้านสมองและแรงงาน และทุนที่เป็นเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ช่วยให้การผลิตทำได้จำนวนมากๆ โดยมิได้คำนึงหรือละเลยถึงสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวมาตั้งแต่กำเนิด แท้จริงแล้วมันเป็นต้นกำเนิดหรือต้นทางของทุนทั้งหลายที่มนุษย์ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน นั่นคือทุนธรรมชาติ (natural capital) ซึ่งได้เริ่มเกิดเป็นกระแส แนวคิดของทุนธรรมชาตินิยมมาไม่นานนี้ ประมาณ 10 กว่าปีเท่านั้น เนื่องจากแรงบีบคั้นจากการแข่งขันและความต้องการที่จะใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ทำให้ต้องมีการหวนกลับมาคิดว่าหากทรัพยากรหมดไปทำทำอย่างไร ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดนี้ขึ้นเพื่อรักษาและใช้งานทรัพยากรอย่างมีสติและเฉลียวฉลาด ด้วยเหตุนี้งานศึกษาวิจัยนี้จะมุ่งประเด็นไปอยู่ที่ประโยชน์และการนำแนวคิดของทุนธรรมชาตินี้ ไปประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการองค์กรในระดับเมือง โดยใช้เทศบาลนครตรังเป็นแม่แบบในการเสนอแนวคิดในลักษณะของกรณีศึกษา ตามขอบเขตงานวิจัยที่จะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 3 แต่เบื้องต้นนี้จำเป็นต้องศึกษาทบทวนประสบการณ์และสิ่งที่ผู้อื่นได้ทำการศึกษาวิจัยไว้แล้ว เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานสำหรับเดินก้าวต่อไปและมิต้องเสียเวลาไปทำงานซ้ำซ้อนกับสิ่งที่มีผู้อื่นได้ทำไว้แล้ว การทบทวนประสบการและงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งเรื่องที่เกี่ยวข้องไว้ คือ การศึกษาทำความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวกับต้นทุนธรรมชาติ และการศึกษาลงรายละเอียดในเรื่องทุนธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ พลังงานลม พลังงานแสงแดด พลังงานก๊าซชีวภาพ น้ำฝน และความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียที่ได้จากการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ ในส่วนของพื้นที่กรณีศึกษานั้นจะดูในรายละเอียดของเทศบาลนครตรังเฉพาะด้านกายภาพที่เกี่ยวข้องและสามารถนำทุนธรรมชาติไปประยุกต์ใช้ได้ นอกจากนั้นจะเป็นการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศที่มีลักษณะใกล้เคียง ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

2.1 ทุนธรรมชาติ (Natural capital)

Natural capital (Hawken, 1999) หรือต้นทุนที่มาจากธรรมชาติมีความหมายเกี่ยวเนื่องและเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนทางเศรษฐกิจที่มีขึ้นเพื่อสร้างผลิตผล (production) ที่เป็นสินค้าและการให้บริการจากสิ่งที่ประกอบเป็นสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ (natural environment) หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าต้นทุนธรรมชาติเป็นคลังวัตถุดิบสะสมที่เกิดขึ้นมาจากระบบนิเวศน์ (ecosystems) ซึ่ง

สามารถนำมาผลิตสินค้าและให้บริการที่มีคุณค่าสำหรับอนาคต ตัวอย่างเช่น ต้นไม้ในป่า หรือปลาในแม่น้ำที่มีการหมุนเวียนเกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่องยั่งยืน (indefinitely sustainable) ที่เราสามารถนำมากินมาใช้ได้ไม่หยุดหย่อน นอกจากนี้ต้นทุนธรรมชาติยังหมายถึงการให้บริการในลักษณะของการหมุนเวียนและปรับเปลี่ยนสิ่งที่เป็นขยะหรือของเสียให้กลับมาใช้ใหม่ได้ (recycling wastes) หรือช่วยในการเก็บกักน้ำ (water catchment) และการควบคุมการเสื่อมหรือพังทลายของดิน (erosion control) เป็นต้น แต่การที่จะได้ผลผลิตหรือบริการจากระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติเหล่านั้นเพื่อให้มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่องนั้น สิ่งสำคัญที่ควรปฏิบัติคือต้องปล่อยให้ขบวนการทำงานของมันดำเนินไปเต็มรูปแบบและครบวงจร (whole systems) เพราะโครงสร้างและความหลากหลายที่มีอยู่ในระบบนิเวศน์คือองค์ประกอบสำคัญ (ดูภาพที่ 2.1) คำว่าต้นทุนธรรมชาติได้มาจากแนวคิดต้นทุนธรรมชาตินิยม (natural capitalism) เริ่มต้นมาจากการเสนอแนวคิดผ่านทางหนังสือที่มีชื่อว่า Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution แต่งโดย Paul Hawken, Amory Lovins และ Hunter Lovins ในปี 1999 โดยมีแนวคิดว่ายุคต่อจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่กำลังจะมาถึงนั้น จะเป็นยุคของเศรษฐกิจที่ต้องพึ่งพากับทรัพยากรที่มีอยู่ตามธรรมชาติและระบบนิเวศน์เพื่อให้มนุษย์สามารถดำรงอยู่ในโลกต่อไปได้ ดังนั้นมนุษย์ควรจะต้องให้ความสำคัญกับสติปัญญาความเฉลียวฉลาดของมนุษย์ วัฒนธรรมที่มีอยู่เดิม น้ำ แร่ธาตุ ต้นไม้ และพืชชั้นต่ำหรือจุลชีว โดยมีหลักการยุทธวิธีสำคัญ 4 ประการคือ การสงวนรักษาทรัพยากรธรรมชาติจากการใช้ขบวนการผลิตที่มีประสิทธิผล การนำวัตถุใช้แล้วกลับมาใช้อีกแบบเดียวกับระบบธรรมชาติ การให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพมากกว่าปริมาณที่ผลิต และการลงทุนฟื้นฟูและรักษาแหล่งทรัพยากร นอกจากนี้ในหนังสือยังได้ให้ความสำคัญกับระบบนิเวศน์ของธรรมชาติที่สามารถสร้างออกซิเจน เป็นกรองน้ำให้สะอาด และป้องกันการพังทลายของดิน แต่การที่จะทราบว่ามีความสำเร็จได้แค่ไหนจำเป็นต้องมีตัวชี้วัดว่า วิธีการดังกล่าวจะทำให้ประชาชนดำรงชีพได้อย่างมีความสุขทั้งกายและใจได้ในระดับใด ในปัจจุบันเรายังคงยึดถือดัชนี GDP เป็นหลักซึ่งจากข้อเท็จจริงที่ปรากฏดัชนีนี้ยังมีใช่สิ่งที่สามารถชี้บอกได้อย่างชัดเจนถูกต้อง แต่ควรจะดูที่สุขภาพของระบบนิเวศน์ของธรรมชาติมากกว่า (ecological health indicators) เพราะมันจะสะท้อนให้เห็นถึงความสุขสบายของมนุษย์ที่สามารถร่วมอยู่และอาศัยพึ่งพาระบบนิเวศน์คู่กันไป นอกจากนี้การจัดนับเป็นคุณค่าของราคาค่าใช้จ่ายอาจจะใช้วิธี ดูที่การขาดดุลย์ทางนิเวศน์ (ecological deficit) หรือการขาดดุลย์ของต้นทุนธรรมชาติ (natural deficit) ควบคู่ไปกับการขาดดุลย์ทางสังคม (social deficit) และการขาดดุลย์ทางด้านการเงิน (financial deficit) แม้ว่าการวัดอาจจะยากสำหรับส่วนของต้นทุนธรรมชาติ เช่นจะวัดมูลค่าของอากาศ น้ำ และดินที่ถูกทำให้ดีขึ้นจากระบบนิเวศน์ ยิ่งไปกว่านั้นสิ่งที่ธรรมชาติกระทำมักจะต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวมากและมีผลกระทบในวงกว้าง ซึ่งไม่อาจจะวัดได้ในทันทีทันใดเช่นเดียวกับผลผลิตที่มนุษย์สร้างหรือผลิตขึ้น

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างระบบนิเวศน์ของการหมุนเวียนของธาตุไนโตรเจนในธรรมชาติ



ที่มา: http://www.scienceprogress.org

2.2 ทุนธรรมชาติ-ลม (Wind)

ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลม

ลม เป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม กล่าวคือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในภาคตัดขวางของโลกประมาณ 178,000 ล้านล้านวัตต์ มีเพียง 0.2% เท่านั้นที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศที่เรียกว่าพลังงานลม และส่วนนี้ก็ยังเป็นผลให้เกิดคลื่นในมหาสมุทรด้วย ลม เป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีอยู่อย่างมหาศาลและสามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้นและสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ลมได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์กันเป็นเวลานานแล้วตั้งแต่โบราณ ด้วยการประกอบใช้กับเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น เครื่องสีข้าว ระหัดวิดน้ำ ฯลฯ เครื่องมือสำคัญในการดักจับพลังงานลมมาใช้งานได้คือ กังหันลม (Wind Mill) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ของลมมาเป็นพลังงานกลโดยตรง การ ใช้ประโยชน์จากกังหันลมในระยะแรก ๆ จะเป็นการประยุกต์ใช้กับงานกลเป็นส่วนใหญ่ และในเวลาต่อมามีการพัฒนาใช้ประโยชน์ในลักษณะของกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine Generator) มากขึ้นเพื่อทดแทนการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานฟอสซิลหรือน้ำมัน ก๊าซะรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งพลังงานเชื้อเพลิงเหล่านี้เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปไม่อาจสร้างทดแทนขึ้นมาใหม่ได้ ทำให้มีราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ลม (wind) มีความหมายทั่วไปว่า (JetStream, 2008) คือการเคลื่อนไหวของมวลกลุ่มก๊าซขนาดใหญ่หรืออากาศ (air) บนพื้นผิวโลกในแนวราบ ในทางอุตุนิยมวิทยา (meteorology) ลมจะอ้างอิงตามขนาดและทิศทางของการพัดที่เรียกว่า กระแสลม ซึ่งมีลักษณะของการเรียกขานการเกิดลม ได้แก่ การเรียกตามความรุนแรงของการพัด เช่น ลมที่พัดแรงแต่เกิดในช่วงสั้นจะเรียกว่า ลมกันโชก (gust) ลมที่พัดแรงขนาดปานกลางระยะเวลา 1 นาที จะเรียกว่า ลมพายุกันโชก (squall) ส่วนลมที่เกิดในระยะเวลานานกว่านั้นจะเรียกแตกต่างกันตามความรุนแรง ได้แก่ ลมอ่อน (breeze) ลมแรง (gale) ลมพายุ (storm) พายุเฮอร์ริเคน (hurricane) และไต้ฝุ่น (typhoon) เป็นต้น นอกจากนี้ลมยังถูกเรียกตามเวลาหรือ สถานที่เกิด เช่น ลมตามฤดูกาล ลมตะวันออกเฉียงใต้ที่เป็นลมมรสุมจะเกิดในช่วงหน้าร้อน ลมภูเขาและลมหุบเขา (valley breeze) ลมบกลมทะเล ลมพัดลงลาดเขา (katabatic wind)ลมชินุก (chinook) ลมตะเภาและลมว่าว เป็นต้น (ลม, 2011)

ประโยชน์ที่ได้จากลม ได้แก่ การขนส่งทางเรือที่ใช้ใบในอดีต การใช้พลังงานลมในการหมุนกันหันลมในการวิดน้ำ สีข้าว หีบอ้อย เพิ่มความร้อนในเตาเผาขนาดใหญ่ในศรีลังกา ใช้ในด้านสันทนาการ เล่นว่าว hang gliding บอลลูนลมร้อน snowkiting kite surfing paragliding การเล่นเรือใบ windsurfing แต่ลมก็มีผลเสียเช่นกันนอกเหนือจากลมพายุต่างๆที่สร้างความเสียหายได้อย่างชัดเจน เช่น การสร้างการพังทลายของผิวดิน (erosion) การย้ายฝุ่นทรายในทะเลทราย และมีผลต่อพืชและในสัตว์ในกรณีที่เป็นลมหนาวหรือลมเยือกแข็ง

การวัดลมมี 2 วิธี คือ

1. โดยวิธีการสังเกต ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษยกเว้นเข็มทิศเท่านั้น วิธีสังเกตนี้จะแบ่งการวัดเป็นสองส่วน คือการสังเกตทิศทางของลมที่เคลื่อนไหวแล้วจึงกำหนดวัดทิศทางลม โดยใช้เข็มทิศเรียกตามทิศของเข็มทิศหรือองศาจากทิศจริง และการวัดความเร็วของลมจากการสังเกตสภาพแวดล้อมโดยรอบตามตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค จากนั้นจึงนำมาคำนวณตามสูตรที่กำหนดไว้หาแรงกระทำของลม ซึ่งสูตรการคำนวณจะมาจากการหาแรงที่ทำให้อากาศเคลื่อนไหว หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก แล้วใช้ค่าของแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม ในรูปของสมการ P = kv2 โดยที่ P เท่ากับ ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม V เท่ากับความเร็วลม และ K เท่ากับค่าคงที่ของหน่วยที่ใช้ เช่น ถ้าความกดอากาศมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต ความเร็วลมเป็นนอต (1 นอต หมายถึง 1 ไมล์ทะเล (6,080.20 ฟุต) ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานความเร็วลมที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา) สมการจะเป็น P = 0.0053 V2 โดยประมาณสำหรับผิวพื้นที่ราบเรียบ แต่ถ้าความเร็วลมมีหน่วยเป็นไมล์ต่อชั่วโมง ค่า P ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็น P = 0.004 V2 ด้วยเหตุนี้แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของลม

ทำให้สามารถหาความเร็วลมได้ โดยที่ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือใด ๆ แต่จะสังเกตได้จากปรากฏการณ์ของวัตถุที่อยู่รอบๆ ดังนั้น เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดมาตราความเร็วลมขึ้น เรียกว่ามาตราโบฟอร์ด(Beaufort Scale) พลเรือเอก เซอร์ฟรานวิส โบฟอร์ต (Admiral Sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดขึ้นใช้ในปี พ.ศ. 2548 สำหรับตรวจลมในทะเล ต่อมาได้ถูกดัดแปลงนำมาใช้ทั้งบนบกและในทะเล มาตราโบฟอร์ด จะใช้เปรียบเทียบกับสิ่งที่กีดขวางไม่ว่าบนบกและในทะเล โดยสิ่งทีกีดขวางต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ สายโทรเลข สายโทรศัพท์ ธง สิ่งปรักหักพังต่างๆ และคลื่นในทะเล เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเร็วลม ได้มาจากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล มาตราโบฟอร์ด เริ่มต้นจากมาตราที่ 0 ไปจนถึงมาตราที่ 17 ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นคือ ที่มาตรา 0 จะเป็นเขตลมสงบ ไปจนถึงมาตราที่ 17 ลมมีกำลังแรงจัดกลายเป็นพายุเฮอร์ริเคน ปัจจุบันมาตราโบฟอร์ดถูกนำมาใช้น้อยลง โดยเฉพาะสถานีบนบก ดูตารางที่ 1 ภาคผนวก ค เป็นตารางเทียบความเร็วลม และชนิดลมของมาตราโบฟอร์ด ดูตารางที่ 2 ภาคผนวก ค เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน และตารางที่ 3 ภาคผนวก ค เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นน้ำ

2. การวัดความเร็วลมอีกวิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยใช้เครื่องวัดลม ประกอบด้วย เครื่องวัดทิศทางลม ที่เรียกว่า วินด์เวน (wind vane) ดูรูปที่ 2.2 ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นลูกศรยาว ซึ่งมีความยาวเป็นแผ่น ทางตั้งเห็นตัวบังคับให้ปลายศรลมชี้ในทิศทางที่ลมพัดเข้ามา โดยมีแกนของศรลมหมุนไปโดยรอบ และต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า อ่านทิศทางลมตามที่ปลายศรลมชี้ไปที่หน้าปัดของเครื่อง และเครื่องวัดความเร็วลม เรียกว่า อะนิโมมิเตอร์ (anemometer) ซึ่งอะนิโมมิเตอร์แบบเก่าแก่ที่สุดคือแบบแผ่นกระดก (Pressure Plate Anemometer) ประดิษฐ์โดย โรเบิร์ต ฮุค (Robert Hook) เมื่อปี พ.ศ. 2210 ประกอบด้วยแผ่นโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแขวนติดอยู่กับแกน และแกนนี้ติดอยู่กับเสาในแนวตั้ง แผ่นโลหะนี้หมุนรอบแกนได้อย่างอิสระ และตั้งฉากกับทิศทางลมเสมอ เมื่อมีลมพัดปะทะกับแผ่นโลหะ ปลายด้านหนึ่งของแผ่นโลหะจะกระดกขึ้น มุมที่แผ่นโลหะทำกับแนวตั้งนั้น จะขึ้นอยู่กับความแรงของลม ถ้าลมนั้นแรงมากมุมที่ทำจะใหญ่ขึ้น ความเร็วลมอ่านได้จากสเกลที่ทำไว้บนโลหะโค้งที่ติดอยู่กับแขนของแผ่นโลหะ ปัจจุบันแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบบลูกถ้วย (Cup Anemometer) ประกอบด้วยลูกถ้วยรูปครึ่งทรงกลม 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่กับเพลาในแนวตั้ง ความกดที่แตกต่างกันจากด้านหนึ่งของลูกถ้วยใบหนึ่ง ไปยังลูกถ้วยอีกใบหนึ่ง เป็นเหตุให้ลูกถ้วนหมุนรอบๆ เพลา ดูภาพที่ 2.3 อัตราที่ลูกถ้วยหมุนจะเป็นสัดส่วนตรงต่อความเร็วลม การหมุนของลูกถ้วยปกติจะถูกเปลี่ยนกลับเป็นความเร็วลมผ่านระบบเกียร์ และสามารถอ่านความเร็วลมได้จากหน้าปัด หรือส่งไปยังเครื่องบันทึกเวลา นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดลมที่ทำหน้าที่ได้ทั้งสองอย่าง เรียกว่า แอโรเวน (aerovane) โดยรวมอะนิโมมิเตอร์และวินด์เวนเข้าด้วยกัน เครื่องมือนี้ใช้ใบมีดที่เป็นใบจักร 3 ใบ วัดความเร็วลม ใบจักรหมุนเป็นอัตราส่วนต่อ

ความเร็วลม จากรูปร่างของเครื่องที่เพียว และมีปีกอยู่ในแนวตั้งช่วยให้ใบมีดหันเข้าหาลม ดูภาพที่ 2.4 วินต์เวนจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ บอกทิศทางลม และช่วยให้แกนของใบจักรชี้เข้าหาทิศทางลม ทั้งอะนิโมมิเตอร์และวินต์เวน เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือที่ทำการบันทึก

เครื่องวัดลมที่กล่าวมานี้เป็นการวัดลมที่พื้นดิน และบอกทิศทาง หรือความเร็วลมในตำแหน่งคงที่โดยเฉพาะสิ่งกีดขวางอื่นๆ ก็มีอิทธิพลต่อลม เช่น อาคารต้นไม้ และอื่นๆ ความเร็วลมจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดลมควรตั้งอยู่ในที่โล่งที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก และควรอยู่สูงกว่าหลังอาคาร แต่ในทางปฏิบัติอะนิโมมิเตอร์จะถูกวางไว้ในระดับความสูงต่างๆ ไม่แน่นอน ทำให้การวัดลมมีความผิดพลาดอยู่เสมอ

ภาพที่ 2.2 วินต์เวน

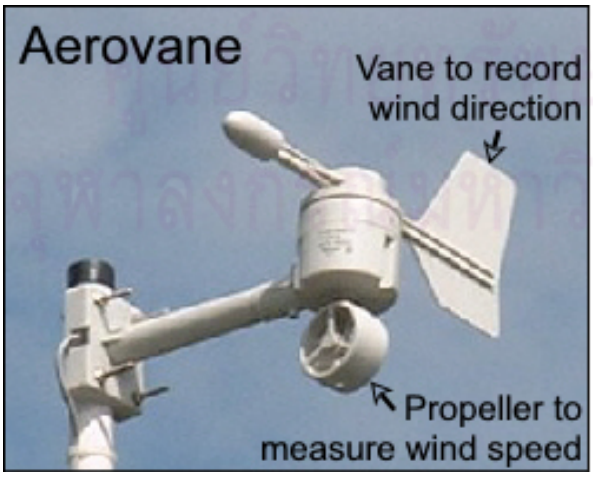
ที่มา: http://www.ehow.com

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.3 อะนิโมมิเตอร์แบบรูปถ้วย

ที่มา: http://www.rinynovianty.wordpress.com

ภาพที่ 2.4 แอโรเวน



ที่มา: http://www.leafline.net

พลังงานลม (wind energy) (Burton, 2001) พลังงานลมเป็นพลังในรูปแบบพลังงานจลน์ (kinetic energy) ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของอากาศ โดยคำนวณจากพลังงานลมทั้งหมดที่กระทำต่อพื้นที่ที่กำหนดในช่วงระยะเวลาที่กำหนด และมีสูตรการคำนวณพลังงานลมคือ P = E/t = A*p*1/2v3 หน่วยที่ได้คือวัตต์ โดยที่ v จะเท่ากับความเร็วลม (wind velocity) p เท่ากับ ความหนาแน่นของลม (air density) A เท่ากับพื้นที่ที่กำหนด E เท่ากับพลังงานลมที่เกิดขึ้น และ t เท่ากับเวลาที่กำหนดหรือคิดอย่างหยาบได้ว่า พลังงานลมจะมีสัดส่วนกับความเร็วลมยกกำลังสาม การใช้กันหันลม (wind turbine) เพื่อสร้างพลังงานสำหรับนำไปผลิตกระแสไฟฟ้านั้น แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว ไม่อาจจะนำไปใช้ได้เต็มจำนวนตามที่ได้คำนวณจากทฤษฎีดังกล่าวแล้ว เนื่องจากในสภาพความเป็นจริงยังมีตัวแปรอื่น เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ผ่านเข้าและออกจากกังหันลม คือตอนที่ลมออกต้องมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงได้มีการใช้แนวคิดในการคำนวณแบบ stream tube เพื่อที่จะรีดพลังให้ได้มากที่สุด ซึ่งผลที่ได้อยู่ที่ตัวเลขประมาณ 59 % ของการคำนวณตามทฤษฎี นอกจากนั้นในทางปฏิบัติจริง กันหันลมยังมีปัญหาในเรื่องอื่นๆ เช่น ความฝืดของแกนของใบกันหันและความหน่วงของใบกังหัน ความสูญเสียพลังงานไปกับเกียร์ ความสูญเสียไปกับการแปลงเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามหลักการพื้นฐานของการคำนวณพลังงานโดยประมาณเบื้องต้นยังคงใช้ได้ นั่นคือ พลังงานลมจะได้เท่ากับความเร็วลมยกกำลังสาม เนื่องจากลมบนพื้นโลกมิได้มีการกระจายอย่างทั่วถึงเท่าเทียมกัน ดังนั้นความเร็วของลมจะแตกต่างกันลักษณะของท้องถิ่นและมีความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในระดับความสูงบรรยากาศที่สูงขึ้นไป (altitude) ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันมาตรวัดที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะที่สุดสำหรับการพัฒนาแหล่งกำเนิดพลังงานจากลม จะเรียกว่า กำลังความหนาแน่นของลม (wind power density or WPD) ซึ่งได้มาจากการคำนวณแรงลมที่มีประสิทธิผล ณ สถานที่หนึ่งๆ (effective force of wind) โดยปกติค่าของแรงลมนี้จะวัดที่ระดับความสูงเหนือพื้นดินที่กำหนด ในช่วงระยะเวลาหนึ่งที่กำหนด รวมทั้งความเร็วลม และมวลของลม จะมีการสร้างเป็นแผนที่โดยใช้รหัสสี (color coded map) สำหรับพื้นที่แต่แห่ง ตัวอย่างเช่น ค่าตัวกลางประจำปีของความหนาแน่นของพลังลมที่ความสูง 50 เมตร (mean power density at 50 meters) นอกจากนี้เมื่อได้มีการเก็บรวบรวมผลการสำรวจและคำนวณจากสถานที่ต่างๆแล้วจึงได้มีการทำเป็นดัชนี (index) โดยองค์กรที่ทำงานด้านการส่งการพลังงานหมุนเวียนที่เรียกว่า National Renewable Energy Lab หรือดัชนี NREL CLASS ค่า WPD ที่สูงจะหมายถึงพื้นที่นั้นจะถูกจัดอยู่ในอันดับความสามารถในการผลิตพลังงานลมได้ดีกว่า จากสถิติข้อมูลเมื่อปลายปี 2008 ได้ให้ไว้ว่ามีปริมาณความสามารถในการผลิตพลังงานจากลมได้ที่ 120.8 gigawatts ถึงแม้ว่าพลังงานลมจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับประเทศทั่วโลกได้เพียง 1.5 % ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ แต่ความต้องการและการพัฒนายังมีสูงและรวดเร็ว ทำให้มีขนาดการใช้งานเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในช่วงสามปีระหว่างปี 2005-2008 โดยเฉพาะประเทศในเขตยุโรป เช่น

เดนมาร์ค ที่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมถึง 19 % สเปนและโปรตุเกส 10 % เยอรมันและสาธารณะไอร์แลนด์ 7 % ยิ่งไปกว่านั้นจากงานศึกษาวิจัยหนึ่งได้แสดงให้เห็นว่าพลังงานหมุนเวียนทั้งหมดในโลก แยกเป็นส่วนที่ใช้พลังงานลมถึง 70 % สามารถที่จะสร้างด้วยต้นทุนเท่ากับการผลิตพลังงานอื่นๆในปัจจุบัน โดยเฉพาะการทำในลักษณะของฟาร์มกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า (wind farm) และต่อเชื่อมกับเครือข่ายระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก (supergrid) จะมีศักยภาพและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อมูลพื้นฐานในการคิดคำนวณพลังงานที่ได้จากกังหันลม (Thaiwind turbine.com, 2011)

1. ความเร็วลมจากธรรมชาติจะแรงหรืออ่อนเราใช้หน่วยวัดความเร็วหลายอย่าง เช่นวัดเป็น ไมล์ต่อชั่วโมง (Mile/Hour mph) และ สามารถคำนวณลงมาเป็น ฟุตต่อนาที (Foot/Minute ft/min) หรือ วัดเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (Kilometer/Hour km/h) และ สามารถคำนวณลงมาเป็น เมตรต่อวินาที (Meter/Second m/s) โดยการคำนวณดังนี้ ความเร็วลม กิโลเมตรต่อชั่วโมง คูณด้วย 1000 ให้กลายเป็นเมตรต่อชั่วโมง เมื่อหารด้วย 60 จะได้เป็นเมตรต่อนาที และ หารด้วย 60 อีกครั้งเพื่อให้เป็นเมตรต่อวินาที (Kilometer/Hour km/h x 1000 / (60 x 60) = Meter/Second)

<u>ตัวอย่าง</u> ความเร็วลม 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อคิดเป็นเมตรต่อวินาทีจะได้ 18 x 1000 / (60 x 60) = 5 เมตรต่อวินาที

ข้อมูลที่ควรจำ 1 เมตรต่อวินาที = 3.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง = 2.24 ไมล์ต่อชั่วโมง

2. ความเร็วลมระดับที่กังหันลมเริ่มหมุนออกตัวเรียกว่า ความเร็วลมเริ่มต้น (Starting Wind Speed) เนื่องจากระบบมีความฝืด (Friction) และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรอาจมีแรงหนืด (Cogging Force) บางครั้งอาจทำให้ระบบสตาร์ทได้ยากขึ้น (ความเร็วลมประมาณ 3-3.5 เมตรต่อวินาที)

3. ความเร็วลมระดับที่กังหันลมสามารถเริ่มต้นทำงานและผลิตไฟฟ้าได้เรียกว่า ความเร็วลมเข้าระบบ (Cut-in Wind Speed) แต่ในขณะนี้อาจได้กำลังน้อยหรือยังไม่ได้กำลังเลย (ความเร็วลมประมาณ 3.5-4 เมตรต่อวินาที)

4. ความเร็วลมระดับที่จ่ายกำลังได้เต็มพิกัดอย่างต่อเนื่องเรียกว่า ความเร็วลมเต็มพิกัด (Rated Wind Speed) นี่คือจุดที่กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ถูกออกแบบและทดสอบมา (ความเร็วลมประมาณ 10-12 เมตรต่อวินาที)

5. ความเร็วลมระดับสูงที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายได้จำเป็นต้องหยุดการทำงาน เรียกว่า ความเร็วลมตัดออก (Cut-out Wind Speed) การทำเช่นนี้เพื่อความปลอดภัยของระบบ (ความเร็วลมประมาณ 15 เมตรต่อวินาที)

6. ความเร็วลมระดับสูงสุดเท่าที่กังกันลมสามารถทนอยู่ได้ เรียกว่า ความเร็วลมสูงสุด (Maximum Wind Speed) ที่ความเร็วลมระดับนี้ ใบพัดกังหันลมต้องออกแบบให้หลบลม เพื่อป้องกันความเสียหาย (ความเร็วลมประมาณ 20 เมตรต่อวินาที)

<u>หมายเหตุ</u> กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปจะทำงานผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มพิกัดที่ความเร็วลมประมาณ 10-12 เมตรต่อวินาที และถ้าความเร็วลมลดลงครึ่งหนึ่งเหลือประมาณ 5-6 เมตรต่อวินาที กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงเหลือเพียง 1/8 (1 ใน 8) เท่านั้น (ดูรายละเอียดจากหัวข้อ การคำนวณกำลังที่ได้รับจากลม)

7. ขนาดของใบพัดกังหันลม นิยมพูดกันด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แทนที่จะบอกด้วยความยาวของใบพัด หรือรัศมีของใบพัด การวัดรัศมี คือวัดความยาวเริ่มตั้งแต่จุดศูนย์กลางของการหมุน (เพลา) จนถึงปลายของใบพัด เมื่อคูณด้วย 2 ก็จะเป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง หน่วยความยาวที่วัดอาจเป็น ฟุต (Foot) หรือเป็นเมตร (Meter)

<u>ตัวอย่าง</u> ใบพัดกังหันลมที่มีขนาดความยาวรัศมีวัดจากจุดศูนย์กลางของเพลาจนถึงปลายใบพัดเท่ากับ 1.0 เมตร เราเรียกใบพัดนี้ว่าขนาด 2.0 เมตร (เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ รัศมี 1.0 ม x 2 = 2.0 ม)

8. ความเร็วในการหมุนของกังหันลมนับเป็นจำนวนรอบต่อนาที ถ้าเราไปยืนดูกังหันลมขนาดใหญ่ซึ่งกำลังหมุนอยู่ แล้วอยากรู้ว่าความเร็วรอบเท่าไร ให้ใช้นาฬิกาจับเวลาว่าภายในเวลา 1 นาที ใบพัดของกังหันลมหมุนผ่านเสากี่ครั้งแล้วหารด้วยจำนวนใบพัด ก็จะได้เป็นความเร็วรอบต่อนาที (ดูรายละเอียดจากหัวข้อ การคำนวณความเร็วรอบของใบพัด)

9. กำลังของกังหันลมผลิตไฟฟ้า คือปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องสามารถผลิตขึ้นมาได้ ขนาดเล็กจะบอกหน่วยกำลังเป็น วัตต์ (Watt) ถ้ากำลังสูงขึ้นเป็นขนาดใหญ่จะบอกเป็นกิโลวัตต์ (Kilowatt) 1 กิโลวัตต์มีค่าเท่ากับ 1000 วัตต์ การบอกกำลังนี้จะต้องกำกับด้วยว่า ณ.ความเร็วลมเท่าไร เวลานำไปใช้งานจริงกำลังที่จะได้รับจริงๆขึ้นอยู่กับความเร็วลม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากกราฟแสดงกำลัง ณ.ความเร็วลมต่างๆ ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าตัวนั้น

10. พลังงาน คือผลคูณระหว่างกำลัง คูณกับเวลาที่กังหันลมสามารถผลิตกำลังได้ ตัวอย่างเช่น ผลิตกำลังได้ 250 วัตต์เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถคำนวณเป็นพลังงานได้ = 250 วัตต์ x 4 ชั่วโมง = 1000 วัตต์-ชั่วโมง หรือเท่ากับ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือที่เรียกว่าพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย

การจำหน่ายหรือขายไฟฟ้า จะพูดถึงพลังงานเท่านั้น และจะซื้อขายกันเป็นจำนวนหน่วย (1 หน่วย = 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

ปัจจุบัน การไฟฟ้ารับซื้อพลังงานไฟฟ้าผลิตจากลมในราคาหน่วยละ 2.60 บาท + เงินเพิ่มให้เป็นพิเศษอีก 4.50 บาท รวมเป็น 7.10 บาท

11. การคำนวณกำลังที่ได้รับจากลม

กำลังที่ได้รับจากลม มีหน่วยเป็นวัตต์ (Power, Watt) สามารถคำนวณได้จากสูตร

Power (Watt) = 1/2 X Air density X Swept area X Wind velocity3

เมื่อ Air density คือ ความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.23 กิโลกรัมต่อลูกบาตรเมตร ที่ระดับน้ำทะเล

Swept area คือ พื้นที่วงกลมของใบพัด มีหน่วยเป็นตารางเมตร คำนวณได้จาก 22 / 7 X รัศมี2

Wind velocity คือความเร็วลม มีหน่วยวัดเป็น เมตรต่อวินาที (นำมายกกำลัง 3)

<u>ตัวอย่าง</u> การหากำลังสำหรับกังหันลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เมตร (r = 7.5) ที่ความเร็วลม 8 เมตรต่อวินาที

กำลังลม = 1/2 X 1.23 X (22 / 7 X 7.52) X 83

= 0.5 X 1.23 X 176.78 X 512

= 55,664 วัตต์ หรือ 55.664 กิโลวัตต์

<u>หมายเหตุ</u> กำลังที่ได้รับนี้เป็นกำลังที่ได้รับจากลม (ไม่ใช่กำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้) ซึ่งต่อไปจะต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของใบพัด (ประมาณ 45%) มีการสูญเสียกำลังในเกียร์ทดรอบ ประมาณ 5% (ประสิทธิภาพ 95%) และรวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ประมาณ 85%) ซึ่งการสูญเสียทั้งหมดจะต้องถูกหักออกไปอีก จึงจะเหลือเป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ จาก

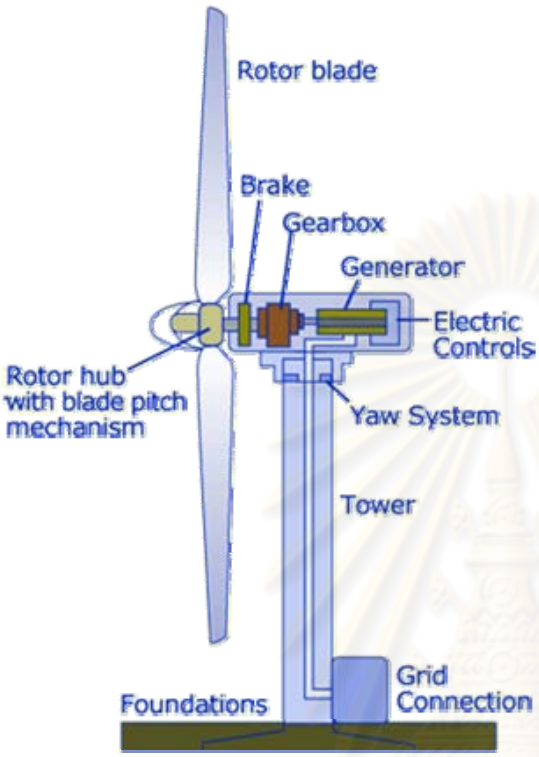
ตัวอย่างข้างบน กำลังไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ = 55,664 X 0.45 X 0.95 X 0.85 = 20,226 วัตต์ หรือ 20.226 กิโลวัตต์

2.2 กังหันลม (wind turbine) (Spera, 2009) คือ เครื่องมือชนิดหนึ่ง ใช้ในการแปลงพลังงานจลน์ (kinetic energy) จากลมไปเป็นพลังงานกล (mechanical energy) เพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง เครื่องมือนี้อาจจะเรียกว่า เครื่องกำเนิดลม (wind generator) หรือ เครื่องปั่นลม (wind charger) ถ้าหากพลังงานลมที่ได้ถูกนำไปใช้ในการสีเมล็ดธัญพืชหรือสูบน้ำ จะถูกเรียกว่า กังหันโรงสี (windmill) หรือกังหันวิดน้ำ (wind pump) กังหันลมได้ถูกคิดค้นมาใช้งานนานหลายพันปีมาแล้ว ปัจจุบันกังหันลมได้ถูกออกแบบมาทั้งในแบบแกนตั้งและแกนนอน (vertical and horizontal axis) กังหันขนาดเล็กมีไว้เพื่อชาร์ทแบตตารี่ หรือเป็นแหล่งไฟสำรองของเรือที่แล่นด้วยใบ ส่วนกังหันลมขนาดใหญ่จะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการพาณิชย์ให้กับระบบสายส่งขนาดใหญ่ ในลักษณะที่จัดตั้งเป็นฟาร์ม

- กังหันลมสมัยใหม่ (modern wind turbines) ที่ใช้ในระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อการพาณิชย์นั้นมักจะออกแบบเป็นใบพัด 3 ใบ ควบคุมการหันตามทิศทางลมด้วยคอมพิวเตอร์ มีความเร็วและประสิทธิภาพสูงมาก ใบพัดมีสีเทาเพื่อให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม มีความยาวประมาณ 20-40 เมตร หรือยาวกว่านั้น ความสูงของเสารับกังหันซึ่งมักจะทำด้วยเหล็กจะอยู่ที่ 60-90 เมตร ใบพัดจะหมุนด้วยความเร็ว 10-20 รอบต่อนาที กังหันลมเหล่านี้จะมีกล่องเกียร์ที่ช่วยเพิ่มความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) กังหันเหล่านี้จะมีระบบเบรคหากความเร็วลมเกินกำหนดที่ตั้งไว้ องค์ประกอบของกังหันลม แบ่งเป็นสามส่วน ได้แก่ ส่วนแรก หัวแกนและใบพัด (rotor and blades) จะมีมูลค่าประมาณ 20 % ของราคากังหันลม ส่วนที่สอง อุปกรณ์การกำเนิดหรือผลิตกระแสไฟฟ้า (generator) และส่วนประกอบ จะมีมูลค่าประมาณ 34 % ของราคากังหันลม ส่วนที่สามคือส่วนโครงสร้างที่รองรับสองส่วนแรก มีมูลค่าประมาณ 15 % ของราคากังหันลม ซึ่งรวมทั้งเสาและฐานราก และส่วนการติดตั้งอีกประมาณ 30 % ของราคากังหัน ดูตัวอย่างภาพที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.5 รูปตัดองค์ประกอบของกังหันลม (wind turbine) ที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า



ที่มา: http://www.energyeducation.tx.gov

ระยะห่างของการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (wind turbine spacing) ระยะห่างระหว่างกังหันลมควรจะอยู่ที่ประมาณ 15-25 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางกังหันลม แต่โดยส่วนใหญ่ของการสร้างฟาร์มกังหันลมจะมีระยะห่างระหว่างกันเพียง 7 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางกังหันลมเท่านั้น

2.3 ทุนธรรมชาติ-พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy)

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ คือแสง รังสีและความร้อนที่ส่งแผ่มาจากดวงอาทิตย์ พลังงานรังสีและความร้อนนี้เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน รวมถึงแหล่งพลังงานทางอ้อมที่เกิดจากการดูดซับรังสีของแสงอาทิตย์ ได้แก่ ลม พลังคลื่น พลังน้ำตก และสารอินทรีย์มวลที่ให้พลังงานเช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด แต่

ถูกนำไปใช้โดยตรงได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในปัจจุบัน ส่วนแสงอาทิตย์ช่วยในเรื่องแสงสว่างของการมองเห็น (James, 1977)

รูปแบบการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน ได้แก่

- พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (solar power) เป็นการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell or photovoltaic) ที่ใช้ธาตุซิลิกอน หรือใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์ผ่าน heat engines แต่ในปัจจุบันยังคงมีราคาแพงทำให้มีความพยายามที่จะทำวิจัยเพื่อค้นหาวัสดุอื่นทดแทน ความนิยมของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เกิดขึ้นเมื่อมีปัญหาเรื่องน้ำมันแพงในปี 1973 และปี 1979 ปัจจุบันมีการใช้งานเซลล์แสงอาทิตยเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปีประมาณปีละ 10-20 %
- พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เช่น เตาแสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์
- พลังงานความร้อนสูงจากแสงอาทิตย์ เป็นรวมพลังแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

วิธีการนำเทคโนโลยี่การใช้งานแสงอาทิตย์มาใช้มี 2 วิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการรับ แปลงเปลี่ยนและส่งถ่ายออกไป ได้แก่ แบบพาสซีพ (passive solar) เป็นวิธีการปรับตัวอาคารให้หันรับกับแสงอาทิตย์ที่ส่องมา (orienting) ส่วนใหญ่เพื่อรับแสงสว่างและความร้อนโดยเฉพาะอาคารในประเทศหนาว หรือหันหลบเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยเฉพาะอาคารในเขตร้อน การเลือกวัสดุป้องกันความร้อนและรังสี และแบบเอ็คทีพ (active solar) คือการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (photovoltaic panels) หรือแผงทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ (solar thermal or heat collector) เพื่อรับแสงอาทิตย์มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนเพื่อทำน้ำร้อน

โดยปกติโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) ประมาณ 174 petawatts (PW) ที่ระดับชั้นบรรยากาศบน และถูกกรองเหลือประมาณ 70 % แล้วถูกดูดซับโดย เมฆ พื้นผิวน้ำของมหาสมุทร และพื้นดิน หรือคิดเป็นประมาณ 3,850,000 exajoules (EJ) ต่อปี ส่วนที่ถูกกรองอีก 30 % จะถูกสะท้อนกลับไปนอกโลก ดังนั้นเมื่อเทียบกับพลังงานที่มนุษย์ใช้รวมทั้งพลังงานไฟฟ้าจำนวนรวม 543.7 EJ ต่อปีแล้ว จะเท่ากับจำนวนเพียงหนึ่งชั่วโมงของพลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งปีเท่านั้น ดูตารางที่ 2.1 ซึ่งทำให้ทราบว่าพลังงานแสงอาทิตย์รวมกับพลังงานลมและพลังงานชีวมวลมีความเพียงพอต่อการใช้งานของมนุษย์ในแต่ละปี แต่การใช้ชีวมวลมากขึ้นได้ส่งผลในทางลบให้โลกร้อนขึ้น (global warming) รวมทั้งทำให้ราคาอาหารพุ่งสูงขึ้นเนื่องจากการนำเอาพืชที่ใช้เป็นอาหารไปทำเชื้อเพลิง (biofuel)

ตารางที่ 2.1 พลังงานแสงอาทิตย์และการใช้พลังงานของมนุษย์ต่อปี

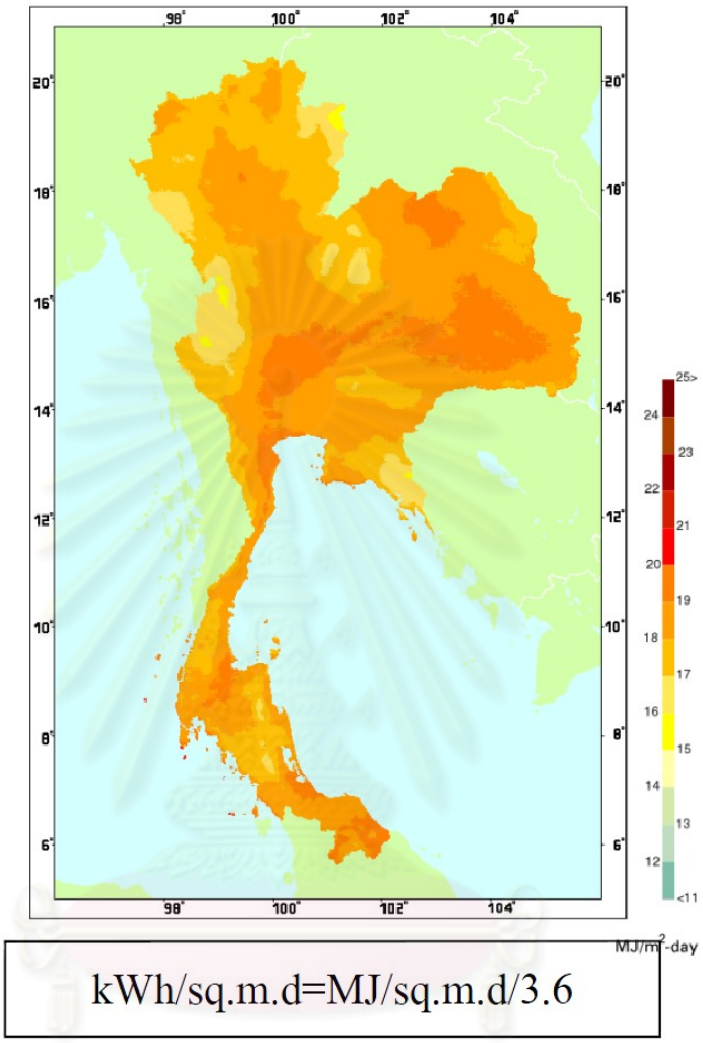
Solar	3,850,000 EJ
Wind	2,250 EJ
Biomass	3,000 EJ
Primary energy use (2005)	487 EJ
Electricity (2005)	56.7 EJ

โดยทั่วไป การนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์มีหลายระดับด้วยกันตามพื้นที่ต่างๆของโลก ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์ ความใกล้ไกลจากเส้นศูนย์สูตร (equator) สำหรับในงานวิจัยนี้จะเน้นในเรื่องการใช้แบบ active เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่านั้นโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell panel) และส่งเสริมการทำน้ำร้อนที่ใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมด้วยแสงอาทิตย์

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

มาตรฐานความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จากข้อมูล Proposal of Turnkey construction of MW Solar Farm in Thailand (EPC: Engineering design, Procurement & Construction) โดย บริษัท Thai Solar Future (Thai Solar Future, 2011) ได้ให้ไว้เกี่ยวกับความสามารถของประเทศไทยในการใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอยู่ค่าเฉลี่ย 18.2 MJ/m2per day หรือ 5.05 kwh/m2 per day (โดยที่มีขีดความสามารถสูงสุดในบางพื้นที่ประมาณ 20-24 MJ/m2 per day) ดูภาพที่ 2.6 และเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ตามภาพที่ 2.7 จะพบว่าประเทศไทยอยู่ในอันดับต้นๆที่มีขีดความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

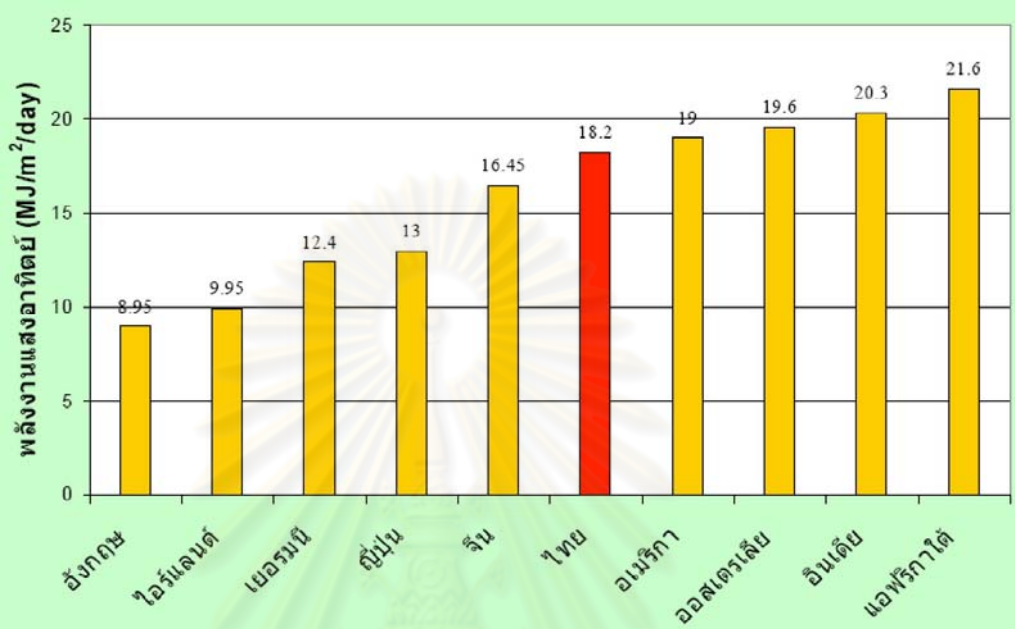
ภาพที่ 2.6 แผนที่ Solar radiation ของประเทศไทย



ที่มา: Thai Solar Future, 2011

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงถึงขีดความสามารถในป้อนแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก (ประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.2 MJ/m2 per day)



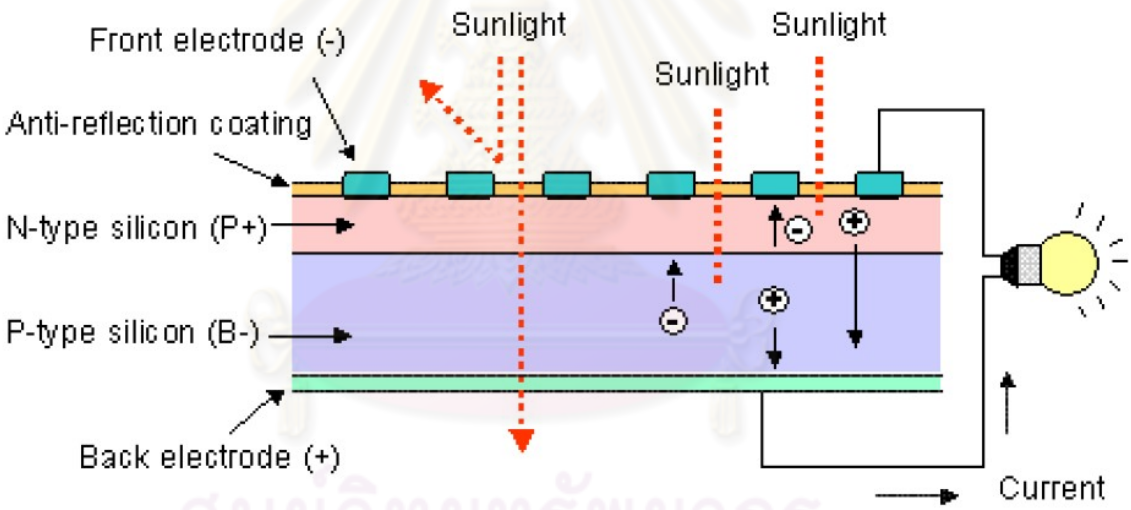
ที่มา: Thai Solar Future, 2011

ลักษณะทั่วไปของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell or photovoltaic cell) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการแปลงแสงอาทิตย์ไปเป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า photoelectric effect ซึ่งถูกคิดค้นและสร้างขึ้นสำเร็จครั้งแรกโดย Charles Fritts ในปี 1880 และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และเริ่มมีการเติบโตอย่างจริงจังในปี 1997 เมื่อมีปัญหาเรื่องน้ำมันแพง องค์กรที่ทำงานวิจัยด้านนี้ได้แก่ NREL ของอเมริกา NEDO ของญี่ปุ่น และ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE ของ เยอรมัน ตั้งแต่ปี 2000 จำนวนการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพิ่มขึ้นประมาณ 40 % ต่อปี ปัจจุบันมีฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่สุดโลกตั้งอยู่ในเยอรมัน ชื่อ Finsterwalde Solar Park มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าถึง 80.7 เมกะวัตต์ (MW) นอกจากนั้นยังมีเทคโนโลยี่การทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบรวมแสงให้มีความเข้มข้นมากยิ่งขึ้น (concentrating solar thermal power (CSP)) ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้เกือบเท่ากับวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยก๊าซธรรมชาติ ปัญหาสำคัญหนึ่งของการใช้พลังทดแทนและหมุนเวียน รวมทั้งพลังงานลม พลังงานจากก๊าซชีวมวล และพลังงานน้ำ คือเมื่อผลิตออกมาแล้วและมีส่วนเกินจำเป็นต้องหาวิธีเก็บกักเพื่อนำไปใช้ในภายหลังได้ ซึ่งปัจจุบันมีวิธีง่ายที่สุดคือการเก็บไว้ในแบตตารี่ แต่ถ้าหากเป็นการสำรองเก็บในจำนวนที่มีขนาดใหญ่มากแบตตารี่ย่อมทำไม่ได้คุ้มทุน จึงได้มีการ

คิดค้นวิธีอื่นๆ เช่น การใช้เกลือเหลว (molten salt), ใช้วิธีปั๊มน้ำขึ้นไปเก็บในที่สูงและหากต้องการใช้กระแสไฟฟ้าก็ปล่อยน้ำลงมาให้ไปหมุนเครื่องปั่นไฟ, หรือการใช้เทคโนโลยี่นาโนที่เรียกว่า artificial photosynthesis เพื่อเก็บประจุไฟฟ้าแม่เหล็กไว้ในสารเคมี เช่นไฮโดรเจน

ลักษณะการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) มีหลักการทำงาน คือ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสง ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า(อิเล็คตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ดูภาพที่ 2.7 (เทคโนโลยี่แสงอาทิตย์, 2011)

ภาพที่ 2.7 แสดงถึงวงจรการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการกำเนิดกระแสไฟฟ้า



ที่มา: http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm

นอกจากนี้การผลิตกระแสไฟฟ้ายังแบ่งวิธีการติดตั้งเป็น 3 ระบบ คือ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) สำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า, ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) ซึ่งต้องผ่านเครื่องแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับสำหรับใช้ในพื้นที่ในเขตเมืองหรือมีระบบสายส่งไฟฟ้า และระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ทำงานร่วมกับระบบการผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ เช่นจากพลังงานลม พลังน้ำ หรือเครื่องยนต์ เป็นต้น

ตัวแปรสำคัญที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ได้แก่การเลือกใช้โมเดลที่มีคุณสมบัติถูกต้องกับสภาพแวดล้อมที่จะนำไปใช้งาน โดยพิจารณาจาก ความเข้มของแสงและอุณหภูมิ

ตัวอย่างเทคโนโลยี่ที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นองค์ประกอบการใช้งานหลักที่มีการประยุกต์ใช้ภายในประเทศแล้ว ได้แก่ (ThaiSolarFuture, 2011)

1. โรงจอดรถ (solar car park) เป็นวิธีการใช้ประโยชน์ของหลังคาที่จอดรถที่ให้ร่มเงาและในขณะเดียวกันผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีมูลค่าการลงทุนโดยประมาณเริ่มต้นสำหรับที่จอดรถ 2 คันขึ้นไปที่ 539,640 บาท ถึงจำนวน 12 คันที่ 3,150,720 บาท หรือประมาณโดยเฉลี่ย 266,190 บาทต่อที่จอดรถหนึ่งคัน โดยใช้แผงเซลล์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน หรือถ้าใช้แผงเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอนจะสามารถใช้ได้กับที่จอดรถ 2คันที่ราคา 843,000 บาท ถึงขนาดที่จอดรถ 24 คันที่ 9,828,000 บาท หรือประมาณโดยเฉลี่ย 409,500 บาทต่อที่จอดรถหนึ่งคัน ซึ่งมีข้อดีคือ ให้ร่มเงากับที่จอดรถ ไม่ต้องใช้แผ่นมุงหลังคา ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะใช้เองหรือขายให้กับการไฟฟ้าได้ (11 บาท/kwh) ได้การลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคล 5 ปี จากการคิดราคาค่าเสื่อมปีละ 20 % มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 7 ปี มีอายุการใช้งานประมาณ 30 ปี ดูภาพตัวอย่างที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างการใช้งาน Solar car park ขนาด 28 kw ที่โรงงานในจังหวัดระยอง (2008)

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

2. เสาไฟส่องสว่างสำหรับถนนสาธารณะ เพื่อลดค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในพื้นที่สาธารณะให้มีความสะดวกปลอดภัยมากยิ่งขึ้น การติดตั้งอาจจะใช้เป็นชุดทั้งเสาดวงโคมและแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ หรือจะใช้วิธีสั่งทำเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์สำหรับติดตั้งกับเสาไฟฟ้าหรือเสาดวงโคมที่มีอยู่เดิม ดูตัวอย่างภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 ชุดเสาไฟดวงโคมส่องสว่างสาธารณะ Solar Powered street light (2009)

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

3. ชุดเติมอากาศลงในน้ำ เป็นวิธีการเติมอากาศหรือออกซิเจนให้กับเพื่อบำบัดน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น สำหรับสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงอยู่ได้ในลักษณะครบวงจรและไม่ทำให้เกิดการเน่าเสียจากของเสียและแบกทีเรีย เหมาะสำหรับบ่อปลา บ่อกุ้ง หรือสระในสวนสาธารณะ ชุดเติมอากาศสามารถทำงานได้ในช่วงที่มีแสงแดด ดูตัวอย่างภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 ชุดเครื่องเติมอากาศในน้ำ Solar Powered Aerator ขนาด 120 w และ 500 w (2008)

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

4. ชุดไฟป้ายวิ่ง LED เพื่อใช้ในการโฆษณาประชาสัมพันธ์และทำการตลาด สามารถเคลื่อนย้ายสถานที่ มีความยืดหยุ่นสูง ดภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ชุดป้ายแสดง Solar Powered LED displays ขนาด 125w และ 200w (2009)

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

5. ระบบสูบน้ำ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้บ้านเรือนในการสูบเพื่อเก็บกักและการฉีดรดน้ำต้นไม้ และในด้านสวนและการเกษตรกรรม ใช้ในการเก็บกัก ย้ายโอนน้ำ ฉีดน้ำต้นไม้ตามตารางเวลา วิดน้ำ เป็นต้น ดูตัวอย่างภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 ระบบปั๊มน้ำที่ขับด้วยกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ Solar Powered Water pumping systems ขนาด 0.35-1.75 kW

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

6. ฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถผลิตขึ้นใช้เองหรือขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในราคา 11 บาทต่อหน่วย (Baht/kwh) มีค่าลงทุนในปี 2553 ที่ประมาณ 120-140 ล้านบาท ต่อกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ มีผลตอบแทน 8-10 % ระยะเวลาคืนทุน 8-9 ปี สามารถขอสิทธิส่งเสริมการลงได้ ลดภาษีนิติบุคคล ไม่มีค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบยกเว้นค่าดูแลรักษา ดูตัวอย่างภาพที่ 2.13 นอกจากนี้ทางบริษัท Thai Solar Future ยังได้ให้ข้อมูลด้านราคาของการสร้างฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ดูภาพตารางที่ 2.14 แต่ราคาดังกล่าวยังไม่รวมถึงราคาที่ดินและสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ

ภาพที่ 2.13 ฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 630 กิโลวัตต์ พื้นที่ 8 ไร่ จังหวัดปราจีนบุรี ของบริษัท เอกรัฐวิศวกรรม ผลิตไฟฟ้าได้ 870, 000 หน่วยต่อปี รายได้ 9.5 ล้านบาทต่อปี (2010)

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.14 แสดงตารางของราคาค่าก่อสร้างฟาร์มแผงเซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์ที่มีขนาด1-10 เมกะวัตต์

Prices of Solar Farms Proposed by Thai Solar Future

Crystalline Si Module Case

Size of DC Side (MW)	Price (MB) (not incl. VAT)	Land (Rai)
1	110	10
2	218	20
3	324	30
4	428	40
5	530	50
6	630	60
7	728	70
8	824	80
9	918	90
10	1000	100

Amorphous Si Thin Film Module Case

Size of DC Side (MW)	Price (MB) (not incl. VAT)	Land (Rai)
1	100	25
2	196	50
3	288	75
4	376	100
5	460	125
6	540	150
7	623	175
8	704	200
9	783	225
10	860	250

The prices can be varied depending on detailed design and requirements.

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

7. Solar Home สำหรับใช้กับครัวเรือน ทั้งที่อยู่ในเขตเมืองและในพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าหลัก มีขนาดความสามารถโดยทั่วไป 120 วัตต์ การใช้งาน เช่น ดูทีวี ฟังวิทยุ ตู้เย็น ให้แสงสว่างในเวลากลางคืน ปั๊มน้ำ พัดลม และการสื่อสาร เป็นต้น ดูตัวอย่างภาพที่ 2.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้งาน Solar Home ของครัวเรือนทีอยู่พื้นที่ห่างไกลหรือชนบท

ที่มา: www.thaisolarfuture.com

8. Solar roof สำหรับติดตั้งบนหลังคาอาคารบ้านเรือน ซึ่งติดตั้งง่ายและไฟฟ้าส่วนเกินสามารถขายให้กับการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าภูมิภาคได้ ในราคา 11 บาทต่อหน่วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีค่าการลงทุนประมาณ 380,000 บาท ขนาด 2 kw ใช้พื้นที่15 ตรม. ขนาด 3.2 kw ใช้พื้นที่ 24 ตรม.ใช้เงินลงทุน 540,000 บาท และ ขนาด 3.6 kw ใช้พื้นที่ 27 ตรม. ใช้เงินลงทุน 580,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10 ปี อายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า 30 ปี ดูตัวอย่างภาพที่ 2.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างอาคารบ้านพักอาศัยที่ติดตั้ง Solar roof ขนาด 7kW

ที่มา : จังหวัดปทุมธานี (สุนทร บญญาธิการ, 2547)

2.4 ทุนธรรมชาติ-ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ข้อมูลเบื้องต้นของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (biogas) (Biogas, 2011) โดยทั่วไปจะหมายถึงก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีววิทยาของอินทรีย์วัตถุ โดยไม่มีองค์ประกอบของออกซิเจน เป็นรูปแบบหนึ่งของเชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuel) ก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นจากขบวนการการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion) หรือการหมัก (fermentation) ของวัตถุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ (biodegradable) ตัวอย่างเช่น ชีวมวลต่างๆ มูลสัตว์ สิ่งปฏิกูลโสโครก ขยะเขียว พืช และเศษเหลือจากพืชพลังงาน องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือในบางครั้งอาจจะมี ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ความชื้น และ siloxanes (ก๊าซที่มีองค์ประกอบไฮโดรเจน) เล็กน้อย

ก๊าซมีเทน ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยาสันดาปกับก๊าซออกซเจน และเกิดเป็นพลังงานความร้อน ถือว่าเป็นเชื้อเพลิงราคาถูกชนิดหนึ่ง ใช้ได้ดีกับการให้ความร้อนในการหุงอาหารตามบ้านเรือน นอกจากนี้ก๊าซชีวภาพนี้ยังใช้ในขบวนการย่อยสลายที่ไม่ใช้

ออกซิเจนของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซเพื่อเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้าและความร้อน ก๊าซชีวภาพสามารถนำไปบีบอัดได้เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ (natural gas) เพื่อใช้กับเครื่องรถยนต์ ในประเทศอังกฤษได้มีการนำก๊าซชนิดนี้ไปใช้กับรถยนต์ถึง 17 % ก๊าซชีวภาพจัดเป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนประเภทหนึ่ง (renewable fuel) เมื่อนำไปกรองให้บริสุทธิในระดับเท่ากับก๊าซธรรมชาติจะเรียกว่า biomethane และสามารถใช้ได้เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ

ที่มาของก๊าซชีวภาพ ส่วนใหญ่จะมาจากการฝังกลบขยะ (landfill gas) และการสร้างโรงงานสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas) โดยเฉพาะจากของเสียที่ย่อยสลายได้ เช่น จากเศษทรากพืชพลังงานที่ใช้แล้ว รวมทั้งตะกอนสิ่งโสโครกจากบ่อบำบัด บ่อปฏิกูลอุจจาระ สำหรับการฝังกลบขยะนั้นจะใช้วิธีการฝังขยะและบดอัดทับถมกันเป็นชั้นๆ ซึ่งทำให้ขยะที่อยู่ส่วนล่างไม่ได้รับออกซิเจน จึงเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากแบกทีเรียบางชนิด พร้อมกับปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมา หากพื้นที่ฝังกลบมิได้มีการออกแบบเครื่องมือสำหรับดักจับก๊าซที่เกิดขึ้นนี้ ก็อาจจะเป็นอันตราย เกิดการระเบิดขึ้นได้แม้จะมีจำนวนเพียง 5 % เท่านั้น หรือเมื่อเข้าไปอยู่ในบรรยากาศก๊าซมีเทนก็จะมีส่วนทำให้โลกร้อนขึ้นได้

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับขบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่โดยส่วนใหญ่จะมีก๊าซมีเทนประมาณ 50-75 % คาร์บอนไดออกไซด์ 25-50 % ไนโตรเจน 0-10 % ไฮโดรเจน 0-1 % ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0-3 % ในบางครั้งจะมี siloxanes ซึ่งเกิดจากขบวนการย่อยสลายสารประกอบในสบู่และผงซักฟอก และเมื่อนำก๊าซไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิงจะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิดเป็นคราบสีขาวหนาหลายมม. การขจัดคราบนี้ต้องใช้สารเคมีหรือการขัดสีเท่านั้น

การใช้งานก๊าซชีวภาพ ส่วนใหญ่เพื่อให้ความร้อนในการหุงต้ม การให้ความอบอุ่นกับบ้านเรือนในหน้าหนาว ทำน้ำร้อนไว้อาบ ขบวนงานที่ต้องใช้ความร้อน เช่น เครื่องกกลูกสุกร หม้อต้มไอน้ำ หรือใช้ในรถยนต์เมื่อได้บีบอัดแล้ว และสามารถใช้ทดแทนก๊าซธรรมชาติได้เมื่อมีการกรองให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการใช้น้ำซึ่งจะช่วยให้ก๊าซชีวภาพมีความบริสุทธิ์ถึง 98 % ทำให้ไม่เป็นปัญหากับการใช้กับเครื่องยนต์และรถยนต์ ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการแก้ปัญหาของมูลวัวด้วยการนำไปทำก๊าซชีวภาพ ในอังกฤษได้ใช้วิธีการทำก๊าซชีวภาพจากสิ่งปฏิกูลที่มาจากครัวเรือน รวมทั้งจากการฝังกลบขยะ ในประเทศอินเดีย ปากีสถานและเนปาล ทำก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อใช้ในครอบครัวเรียกว่า gobar gas ซึ่งมีการใช้งานประมาณถึง 2 ล้านครัวเรือน และมีผลพลอยได้ของปุ๋ยอินทรียที่มีคุณภาพด้วย ส่วนในประเทศที่กำลังพัฒนาในเอเชียและอาฟริกาจะใช้มูลสัตว์รวมกับสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนเพื่อหมักที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียสให้เกิดก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ใน

ครัวเรือน ซึ่งวิธีการนี้ถือได้ว่าเป็นภูมิปัญญาของท้องถิ่น หากสามารถผลิตก๊าซชีวมวลเป็นจำนวนมากอาจจะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยความร้อนได้

ข้อดีของก๊าซชีวภาพ คือ ช่วยลดการพึ่งพาพลังงานที่มาจากเชื้อเพลิงอื่นๆที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิล นิวเคลียร์ เชื้อเพลิงที่เป็นไม้ และช่วยประหยัดเงิน ประหยัดเวลาหุงอาหาร มีผลพลอยได้ของปุ๋ยอินทรีย์ รวมทั้งลดมลภาวะ

ขบวนการทำก๊าซชีวภาพยังมีประโยชน์ด้านการปศุสัตว์ เช่น การทำฟาร์มสุกร ฟาร์มไก่ หรือเลี้ยงโคกระบือ ซึ่งทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ศึกษาเรื่องนี้โดยเฉพาะ (Thailand energy and environment network, 2011)

หมายเหตุ: ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบเท่ากับ ก๊าซหุงต้ม LPG 0.46 กิโลกรัม หรือ น้ำมันดีเซล 0.60 ลิตร หรือ น้ำมันเตา 0.55 ลิตร หรือ ไฟฟ้า 1.20 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ประโยชน์ของบ่อก๊าซชีวภาพ

1. ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

- ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ
- ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลุกไหม้ได้ 5-6 ชั่วโมง
- ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์
- ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยการนำ เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะจากส้วม มูลสัตว์มาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ เป็นการนำของเสียมาผลิตพลังงานและปุ๋ย ที่สำคัญเป็นการลดแหล่งแพร่พันธุ์ของสัตว์และแมลงพาหะนำโรค

3. ด้านการเกษตร การ ทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในของเสีย ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ในส่วนของข้อเสียสำคัญของก๊าซชีวมวลซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ที่จัดเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีอันตรายต่อชั้นบรรยากาศของโลกที่ทำให้โลกร้อนขึ้น ดังนั้นจึงต้องหาวิธีกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์และแปลงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ไม่ทำอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

การสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ให้ดูภาคผนวก ง

การสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ ได้มีการโรงงานนำร่องสำเร็จแล้วที่ระยองมีขนาดการกำจัดขยะ ประมาณ 60 ตัน เป็นโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงานของเทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง และเป็นโครงการต้นแบบในการจัดตั้งศูนย์แปรรูปขยะ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โครงการนี้มีกำลังการผลิต 625 กิโลวัตต์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่าปีละ 5.1ล้านหน่วย และผลิตไฟฟ้าขายเข้าระบบได้ประมาณปีละ 3.8 ล้านหน่วยหรือคิดเป็นเงินได้ประมาณ5.8 ล้านบาทต่อปี รวมทั้งผลิตปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 5,562 ตันต่อปี คิดเป็นเงินได้ประมาณ 5.6ล้านบาทต่อปี รวมรายได้เฉพาะค่าไฟฟ้าและปุ๋ย 11.4 ล้านบาทต่อปี มีค่าลงทุนประมาณ 123 ล้านบาท (คำนวณโดยประมาณ) (Energy Pedia, 2011)

ชีวมวล (biomass) ถือว่าเป็นวัตถุเริ่มต้นของการทำหรือเกิดขึ้นของก๊าซชีวภาพ ดังนั้นจึงขอกล่าวเพื่อความเข้าใจเล็กน้อย ชีวมวล คือแหล่งพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง (renewable energy source) เป็นอินทรีย์วัตถุที่มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น พืช, ของเสียจากการขับถ่าย (waste) ก๊าซไฮโดรเจนและเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ โดยปกติชีวมวลจะมาจากพืชที่ปลูกขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน หรือพลังงานความร้อน ซึ่งรวมถึงชีวมวลที่มีชีวิตด้วย (living biomass) เนื่องจากพืชบางชนิดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในขณะที่มีชีวิต วิธีการปกติทั่วไปที่ใช้ชีวมวล คือการเผา (incineration) เพื่อให้ความร้อน จากเศษ ซากพืชต้นไม้ตายที่อยู่ในป่า รวมทั้งกิ่งไม้และตอไม้ มักจะถูกนำมาเผาเช่นกัน นอกจากนี้ ชีวมวลยังหมายรวมถึง ส่วนประกอบของพืชและสัตว์ที่ใช้ประโยชน์ในส่วนของเส้นใยและทางเคมี ชีวมวลยังครอบคลุมถึงของเสียต่างๆที่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ (biodegradable) และสามารถเผาเป็นเชื้อเพลิงได้ แต่ไม่รวมถึงอินทรีย์วัตถุประเภท เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) พวกถ่านหินและน้ำมัน ซึ่งถูกแปรเปลี่ยนโดยขบวนการทางธรณีวิทยาในระยะเวลานานๆ ชีวมวลทางอุตสาหกรรม (industrial biomass) เป็นพืชที่โตเร็วและให้พลังงานสูง เช่น miscanthus, switchgrass, hemp, ข้าวโพด, ไม้ poplar, willow, sorghum, และอ้อย หรือต้นไม้ ได้แก่ ต้นยูคาลิปตัส, ต้นปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการเลือกใช้พืชมาผลิตพลังงานต้องพิจารณาในส่วนของขบวนการทำงานกับวัตถุดิบเป็นหลัก ส่วนเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลนั้นไม่ได้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของชีวมวลเนื่องจากส่วนประกอบที่เป็นคาร์บอนได้หายไปจากวงจรชีวิตปกติเป็นเวลานาน แต่เมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้จึงทำให้ปริมาณของคาร์บอนกลับเพิ่มขึ้นและรบกวนต่อจำนวนคาร์บอนที่มีอยู่ในบรรยกาศ ลดความสมดุลย์ของระบบนิเวศน์ องค์ประกอบทางเคมีหลักของชีวมวล คือคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และมีธาตุอื่นๆผสมอยู่เล็กน้อยได้แก่ ไนโตรเจน อัลคาไลน์ และธาตุโลหะหนักบางตัว เช่น porphyrins, chlorophyll และ แมกนีเซียม โดยเฉพาะพืชจะมีส่วนผสมของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลัก แหล่งของชีวมวล (biomass sources) ส่วนใหญ่จะได้มาจากแหล่งสำคัญ 5 แหล่ง คือ ขยะ, ไม้, ของเสียหรือหมด

ประโยชน์แล้ว (waste), ก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบ (landfill gas), และเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ พลังงานจากไม้จะได้มาโดยตรงจากการตัดต้นไม้ซึ่งรวมถึงเศษไม้ด้วย แล้วนำมาทำเป็นเชื้อเพลิง แหล่งเชื้อเพลิงที่มาจากไม้ที่ใหญ่ที่สุด มาจากของเสียจากการผลิตกระดาษ ดังนั้นพลังงานที่ได้จากของเสียจึงเป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดของพลังงานจากชีวมวล ส่วนชีวมวลที่มาจากเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ หรือ ethanol จะได้มาจากอ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดนั้น สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรงหรือผสมกับน้ำมันเบนซิน ชีวมวลยังสามารถที่จะแปลงเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่นๆ เช่น ก๊าซมีเทน (methane) หรือเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ เช่น เอ็ททานอล (ethanol and biodiesel) การฝังกลบ (landfill) ขยะต่างๆ ของเสียจากกิจกรรมทางเกษตร จากมนุษย์ จะเกิดการหมักหมมเกิดเป็นก๊าซมีเทน (methane) หรือก๊าซฝังกลบ (landfill gas) หรือก๊าซชีวภาพ (biogas) ข้อเสียส่วนใหญ่ของชีวมวลคือเมื่อถูกใช้แล้วจะปลดปล่อย คาร์บอนโมโนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เข้าสู่บรรยากาศซึ่งเป็นมลพิษ

ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบขยะ (landfill gas or LFG) เป็นก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบขยะอย่างถูกสุขลักษณะ จะเกิดการย่อยสลายภายใต้กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Decomposition) และก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย (Landfill Gas) ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) และก๊าซอื่นๆ ก๊าซมีเทนจะมีปริมาณ 45-60% โดยปริมาตร ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย ถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนปานกลาง (Medium BTU fuel) โดยมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 400-550 BTU/ft3 (14,893-20,478 kJ/m3) ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของมีเทน ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอยที่เกิดในแหล่งฝังกลบมูลฝอยที่ฝังกลบอย่างถูกหลักสุขลักษณะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนได้หลายรูปแบบ เช่น นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง นำไปใช้รวมกับท่อส่งก๊าซ และอาจจะสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์และเซลเชื้อเพลิง (Fuel cell) การพิจารณาการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ดูดขึ้นมาใช้ได้ การนำก๊าซชีวภาพไปผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากจะได้พลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์โดยตรงแล้ว ยังมีประโยชน์ทางอ้อมคือช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ซึ่งจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) เนื่องจากก๊าซมีเทนที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในก๊าซชีวภาพจะก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างน้อยใน 2 ลักษณะ คือ

1. ลดปัญหาด้านกลิ่นรบกวน และลดปัญหาการปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศ เพราะก๊าซนี้จะถูกใช้ในการเผาไหม้โดยตรง

2. ลดการแพร่กระจายในทางราบของก๊าซจากกองขยะ เพราะการดูดก๊าซขึ้นมาใช้ทำให้ความดันภายในกองขยะลดลง และก๊าซส่วนใหญ่จะถูกเก็บเข้าในระบบรวบรวมก๊าซ การแพร่กระจายก๊าซในทิศทางต่างๆ จะลดลง เป็นผลต่อการลดความเสี่ยงต่อการลุกไหม้และการระเบิด (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2011)

2.5 ทุนธรรมชาติ-น้ำฝน (Rain water)

ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำฝน

น้ำฝน (rain) คือไอน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำหรือเป็นน้ำเม็ดเล็กๆตกลงมาบนพื้นโลก (precipitation) ซึ่งแตกต่างจากหิมะ ลูกเห็บ (hail) หรือฝนลูกเห็บ (sleet) ฝนจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมของบรรยากาศที่อุณหภูมิเหนือจุดละลายของน้ำแข็งและอยู่ใกล้กับผิวโลก ซึ่งทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำเมื่อจับตัวกันจนมาหนักมาก ก็จะตกลงมาบนพื้นโลกตามแรงโน้มถ่วง ฝนที่ตกลงมาจะมีขนาดแตกต่างกัน เช่นเป็นรูปไข่ มีขนาดใหญ่เป็นรูปแพนเค็ก หรือเป็นเม็ดกลมเล็กๆ ขบวนการ 2 อย่างที่เกิดพร้อมกันจึงทำให้เกิดฝนได้ คืออากาศเย็นและมีความชื้นสูง ฝนเป็นแหล่งของน้ำจืดที่สำคัญ ช่วยสร้างสภาพที่เหมาะสมสำหรับระบบนิเวศน์มากมาย การวัดปริมาณน้ำฝนทำได้โดยการใช้อุปกรณ์วัดที่เรียกว่า rain gauges การพยากรณ์ปริมาณฝนที่จะตกใช้ 2 วิธี คือ สถานีเรดาร์ตรวจอากาศ และจากดาวเทียมตรวจอากาศ (weather satellites) ภายในเมืองใหญ่ที่เกิดปรากฏการณ์เกาะร้อน (heat island effect) มักจะทำให้เกิดฝนตกเพิ่มขึ้น การเกิดโลกร้อนก็ผลให้รูปแบบของฝนที่ตกเปลี่ยนไป ทำให้บางครั้งมีฝนมากขึ้น หรือบางครั้งแล้งจัด ฝนเป็นส่วนสำคัญของวงจรน้ำ (water cycle) ซึ่งทำให้น้ำถูกเก็บไปตามที่ต่างๆของพื้นโลก ฝนตกโยเฉลี่ยในโลกประมาณ 990 มิลิเมตร (39 นิ้ว) ทวีปแอนตาร์กติกาจัดเป็นพื้นที่ที่แห้งที่สุด การจำแนกความหนาแน่นของฝนจะแยกตามอัตราการตกของฝน คือ ฝนพรำ (light rain) เมื่อมีปริมาณฝน น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ฝนปานกลาง (moderate rain) เมื่อมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วงระหว่าง 2.5-7.6 มิลลิเมตร หรือ10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ฝนตกหนัก (heavy rain) เมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 7.6 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง หรือในช่วงระหว่าง 10-50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ฝนตกอย่างรุนแรง (violent rain) เมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 50 มิลลิเมตรขึ้นไป ปริมาณน้ำฝนที่ตกบนโลกทุกปี มีประมาณ 505,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร ส่วนใหญ่ประมาณ 398,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร ตกในมหาสมุทร ดังนั้นบนพื้นโลกจะมีฝนตกโดยประมาณ 990 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีฝนกรด (acid rain) ที่เกิดจากกรดซัลฟูริค ซึ่งมาจากแหล่งธรรมชาติอื่นๆ เช่น ภูเขาไฟ และพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) หรือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และกรดไนตริคก็จะมาจากการเกิดฟ้าผ่า แบกทีเรียในดิน และการเผาไหม้ของป่า ส่วนค่า ความเป็นกรดด่าง PH โดยทั่วไปของน้ำฝนจะแตกต่างตามแหล่งกำเนิดของฝน เช่นฝนจากมหาสมุทรแอตแลนติกจะมีค่า PH ประมาณ 3.8-4.8 เป็นต้น (คลังปัญญาไทย, 2011)

การดักและกักเก็บน้ำฝนมาเพื่อการอุปโภคและบริโภค (rain harvesting) คือการกักเก็บน้ำฝนก่อนที่จะไหลกลับสู่ธรรมชาติ (aquifer) (Pacey, 1986) เป็นวิธีการจัดหาน้ำ เพื่อสำหรับดื่ม สัตว์เลี้ยง การเกษตรชลประทาน และประโยชน์อื่นๆ การกักเก็บน้ำฝนที่มาจากหลังคาของอาคารมักจะใช้เป็นน้ำดื่ม แต่ในบางครั้งอาจจะดักเก็บได้จากผิวดินเท่านั้นจะเรียกว่า stormwater เครื่องมือในการดักเก็บน้ำฝนสามารถสร้างอย่างง่ายๆจากวัสดุท้องถิ่นราคาถูก น้ำจากหลังคาในบางสถานที่อาจจะต้องมีการกรองก่อนนำไปใช้งานเนื่องจากการปะปนกับมลพิษ เช่น สารปรอทที่มาจากการเผาถ่านหิน หรือมูลนก หรือน้ำดังกล่าวอาจจะนำไปใช้ในส้วม ซักเสื้อผ้า รดน้ำต้นไม้ ล้างรถ ซึ่งนับเป็นปริมาณได้กว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ใช้ในครัวเรือน พื้นที่ที่เหมาะสมในการกักเก็บน้ำเพื่อใช้ในครัวเรือนที่เป็นระบบควรจะมีอัตราค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกมากกว่า 200 มิลิเมตรต่อปี ในกรณีที่ไม่มีแหล่งน้ำอื่นๆที่ใช้งานได้ น้ำฝนล้นจากการถังเก็บยังสามารถนำไปเติมให้กับชั้นเก็บใต้ดิน (aquifer) ซึ่งเป็นขบวนการหนึ่งของการเติมกลับให้กับน้ำใต้ดิน มีระบบการดักและกักเก็บน้ำฝนมากมายตั้งแต่วิธีการง่ายๆไปจนถึงระบบที่ซับซ้อนทางอุตสาหกรรม อัตราการดักเก็บน้ำฝนของระบบต่างๆก็จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่วางแผนไว้สำหรับการรับน้ำฝน ประสิทธิภาพของระบบ และปริมาณของฝนที่ตก โดยการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ได้อย่างง่ายๆจากสูตร อัตราน้ำฝนที่ตกต่อปี (หน่วย มิลลิเมตร) คูณด้วย พื้นที่รับน้ำ (หน่วย ตรม.) จะเท่ากับปริมาณน้ำฝน (หน่วย ลิตร ต่อปี) การดักเก็บน้ำฝนด้วยรางรับน้ำฝนควรจะปล่อยน้ำทิ้งไปก่อนสักพักเพื่อให้สิ่งสกปรกที่ค้างบนหลังคาหมดไปก่อน ถังเก็บน้ำฝนควรจะมีฝาปิดเพื่อกันยุงมาไข่และลดการสูญเสียจากการระเหยหรือสิ่งสกปรกและตะไคร่ ระบบการดักเก็บน้ำฝนต้องได้รับการหมั่นดูแลเป็นประจำเพื่อรักษาให้ถูกสุขลักษณะอนามัย การดักเก็บน้ำฝนจะช่วยให้มีน้ำให้ใช้ในยามที่ขาดแคลนได้ มีคุณภาพในระดับที่ใช้ได้กับครัวเรือนทั่วไป สามารถสำรองไว้ใช้ในยามที่การคาดการณ์ของสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยน ช่วยลดปริมาณการระบายน้ำของท่อระบายน้ำในขณะที่ฝนตกหนักซึ่งอาจจะทำให้น้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสียเอ่อล้นไหลออกมาปะปนกับแหล่งน้ำภายนอกได้ การสร้างระบบดักเก็บน้ำฝนทำได้ง่าย เสียค่าดำเนินงานน้อยมาก และสามารถใช้สำหรับความจำเป็นพื้นฐานได้ ในสหรัฐบางรัฐมีกฎหมายเกี่ยวกับการดักเก็บน้ำฝน เช่นการขออนุญาตในการดักเก็บน้ำฝน เป็นต้น คุณภาพของน้ำฝนส่วนใหญ่ไม่เหมาะสำหรับการดื่มทันทีแต่ควรจะมีการกรองหรือต้มก่อนซึ่งอาจจะใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็ได้ การคำนวณขนาดของถังเก็บน้ำฝนควรจะคำนึงถึง ปริมาณที่ต้องการใช้และขนาดของพื้นที่รับน้ำ ตัวอย่างสำคัญของการดักเก็บน้ำฝน ได้แก่ ในเขตกึ่งร้อนของจีนและบราซิลมีการสร้างหลังไว้โดยเฉพาะสำหรับดักเก็บน้ำฝน ในเขตทะเลทรายในอินเดียมีการดักเก็บน้ำฝนมาแต่โบราณ บนเกาะเบอร์มิวดา และเกาะบางเกาะในอเมริกามีกฎหมายบังคับให้อาคารต้องสร้างที่เก็บน้ำฝน เป็นต้น (Frasier, 1983)

2.6 ทุนธรรมชาติ-น้ำเสียที่ได้จากการบำบัด (Treated waste water)

น้ำเสีย (waste water) มีความหมายถึง (Tchobanoglous, 2003) น้ำใดๆที่ถูกทำให้สูญเสียคุณภาพปกติในความเหมาะสมสำหรับมนุษย์ในการใช้เพื่ออุปโภคและบริโภค ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic) ได้แก่ ของเสียที่เป็นของเหลวที่ทิ้งออกมาจากครัวเรือน สถานประกอบการพาณิชย์ อุตสาหกรรม หรือการทำเกษตร ทำให้มีสิ่งสกปรกเจือปนอย่างเข้มข้น คำว่าน้ำเสียโดยทั่วไปจะหมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากชุมชนที่มีสิ่งสกปรกเจือปนและปนเปื้อนอยู่มากมายหลายชนิดเนื่องจากเกิดมาจากแหล่งต่างๆกัน คำว่า น้ำโสโครก (sewage) ก็คือน้ำเสียชนิดหนึ่งที่ปนเปื้อนด้วยอุจจาระและปัสสาวะ แต่ก็มักจะใช้กับน้ำเสียอื่นๆด้วย น้ำโสโครก จะได้แก่ น้ำที่ทิ้งออกมาจากครัวเรือน ชุมชน และสถานประกอบการอุสาหกรรม โดยปกติผ่านทางท่อ หรือท่อน้ำโสโครกลงไปพักไว้ในบ่อปฏิกูลหรือบ่อส้วม (cesspool) โครงสร้างสาธารณูปโภคทางกายภาพจะประกอบด้วย เครือข่ายของท่อ ปั๊ม ตัวกรอง และร่องน้ำ เพื่อใช้ในการนำน้ำโสโครกจากแหล่งกำเนิดไปสถานที่บำบัด องค์ประกอบของน้ำได้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย น้ำมากกว่า 95 % เชื้อโรค (pathogens) เช่น แบคทีเรีย ไวรัส prions พยาธิ แบคทีเรียที่ไม่ใช่เชื้อโรค วัตถุอินทรีย์ เช่น อุจจาระ เส้นผม อาหาร เส้ยใยกระดาษ พืช ซากพืช วัตถุที่ละลายน้ำได้ เช่น ปัสสาวะ น้ำตาลจากพืช โปรตีนที่ละลายน้ำได้ ยา อนินทรีย์วัตถุ เช่น ทราย หิน โลหะ เซรามิค อนินทรีย์วัตถุที่ละลายน้ำได้ เช่น แอมโมเนีย เกลือ ไซยาไนด์ ไฮโดรซัลไฟด์ สัตว์ เช่น โปโตซัว แมลง สัตว์ที่มีเปลือก ปลาเล็กๆ วัตถุขนาดใหญ่ เช่น ผ้าอนามัย ผ้าอนามัยเด็ก ถุงยางอนามัย เข็ม ของเล่น สัตว์หรือพืชตาย ก๊าซ เช่น ไฮโรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน สารตัวทำละลาย เช่น สำหรับสี กาว น้ำราดสลัด น้ำยาเปลี่ยนสีผม สารพิษ เช่นยาฆ่าแมลง ยาพิษ ยาปราบศัตรูพืช ยาต่างๆ การวัดคุณภาพน้ำเสียโดยใช้ ค่า BOD (Biochemical oxygen demand) และค่า COD (Chemical oxygen demand) คือขบวนการวัดปริมาณของออกซิเจนในห้องทดลองของน้ำเสียตัวอย่างที่เก็บมา มีวิธีต่างๆ ได้แก่ 5-day BOD, 4-hour COD และ Ultimate BOD (Standardmethods, 2011)

การบำบัดน้ำเสีย มีหลายวิธีซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของสารปนเปื้อน การบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ (waste water treatment plants) จะประกอบด้วย การใช้สถานที่บำบัด ขบวนการทางเคมีและขบวนการทางชีววิทยา แต่ถ้าเป็นพื้นที่ชนบทห่างไกลจะใช้วิธีบำบัดในจุดที่กำเนิดด้วย ถังบำบัด (septic tanks) วิธีการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ 2 แบบ คือ การบำบัดโดยใช้อากาศ (aerobic treatment system) เช่น การวิธีเลียนแบบระบบนิเวศน์ (ecological approaches) และการบำบัดโดยไม่ใช้อากาศ (anaerobic process) ซึ่งมักจะใช้กับน้ำเสียจากกิจกรรมอุตสาหกรรม การกำจัดน้ำเสียจากงานอุตสาหกรรมเป็นเรื่องยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง เช่นอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันและเปโตรเคมีส่วนใหญ่จะระบบบำบัดของตนเอง การน้ำเสียที่บำบัดแล้วสามารถนำกลับไปใช้ เช่น เพื่อบริโภค ในการหล่อ

เย็นของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ เติมน้ำใต้ดิน งานเกษตรกรรม และในการฟื้นฟูสมรรถภาพของระบบนิเวศน์(Tchobanoglous, 2003) นอกจากนี้ในบางระบบที่ใช้สาหร่ายในการช่วยบำบัดยังสามารถนำสาหร่ายที่ได้ไปทำเชื้อเพลิง (biofuel) ได้ (E-Wire, 2011)

2.7 ข้อมูลทางกายภาพโดยทั่วไปของเทศบาลนครตรัง

เทศบาลนครตรังเริ่มต้นก่อตั้งมาจากการจัดตั้งเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในรูปแบบสุขาภิบาล ในปี พ.ศ. 2474 สมัยรัชกาลที่ 7 และได้มีการเปลี่ยนแปลงอำนาจและขอบเขตการปกครองมาหลายครั้ง จนถึงปี พ.ศ. 2511 จึงได้จัดตั้งเป็นเทศบาลนคร มีพื้นที่ที่ดูแลทั้งหมด 14.77 ตารางกิโลเมตร ดูภาพที่ 2.17 มีประชากรประมาณ 58,631 คน ไม่มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ มีเพียงประเพณีท้องถิ่นสำหรับดึงดูดนักท่องเที่ยว และถูกใช้เป็นจุดพักสำหรับการท่องเที่ยวแหล่งอื่นๆที่อยู่รอบนอกของเมือง (เทศบาลนครตรัง, 2011) ดูภาพบรรยากาศทั่วไปของถนนในเมืองเทศบาลนครตรัง ภาพที่ 2.18 และ 2.19

ภาพที่ 2.17 แสดงขอบเขตพื้นที่ของเขตเทศบาลนครตรัง

ที่มา: http://www.travel-thai-hotel.com

ลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์ เทศบาลนครตรัง มีพื้นที่และลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา บริเวณใจกลางเมืองจะเป็นพื้นที่เนินสูงลักษณะคล้ายหลังเต่า เทลาดลงไปโดยรอบ การจัดวางถนนจะเป็นไปตามลักษณะการบังคับของภูมิประเทศที่เป็นเนินเขา โดยมีแนวถนนสายหลักได้แก่ ถนนวิเศษกุล ถนนรัษฎา ถนนสังข์วิทย์ ถนนเพลินพิทักษ์ ถนนควนขนุน ถนนท่ากลาง ถนนบางรัก ถนนห้วยยอด เป็นต้น มีคลองไหลผ่าน 2 สาย คือคลองน้ำเจ็ดพาดผ่านทางตะวันออกลงไปทางใต้บรรจบกับแม่น้ำตรังที่อยู่ด้านใต้ของเขตเทศบาล และคลองห้วยยางไหลผ่านด้านตะวันตก พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกและด้านตะวันออก มีพื้นที่สวนสาธารณะที่เป็นที่โล่งสีเขียวประมาณ 344.5 ไร่ หรือคิดเป็นอัตราส่วนต่อประชากร 9.4 ตารางเมตรต่อคน สำหรับข้อมูลอื่นๆที่เป็นรายละเอียดให้ดูในภาคผนวก ข

ภาพที่ 2.18 แสดงถึงสภาพทั่วไปบนถนนพระราม 6 มุ่งไปหอนาฬิกากลางเมืองเทศบาลนครตรัง

ที่มา: http://muukatha.blog.so-net.ne.jp/archive/c2300136860-4

ภาพที่ 2.19 แสดงถึงสภาพทั่วไปบริเวณหอนาฬิกากลางเมืองของเทศบาลนครตรัง

ที่มา: http://muukatha.blog.so-net.ne.jp/archive/c2300136860-4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ จะเน้นในด้านการหาข้อมูลและนำมาศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบ จากนั้นจึงสรุปผล เพื่อเสนอทางเลือกและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ มิได้เป็นการศึกษาผลกระทบต่อประชากรโดยตรง ดังนั้นขั้นตอนในการศึกษาวิจัยจะเป็นการดำเนินการโดยผู้วิจัยเป็นส่วนใหญ่ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นข้อมูลแบบทุติยภูมิทั้งหมด ได้แก่ จากเว็บไซท์ หนังสือ เอกสารงานวิจัย และจากหน่วยงานของเทศบาลนครตรัง โดยเนื้อหาส่วนใหญ่จะเป็นสถิติต่างๆ และทำการสรุปประเด็นที่น่าสนใจเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการนำข้อมูลจากการรวบรวมแบบทุติยภูมิในขั้นตอนที่ 1มา วิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์และผลกระทบ แยกประเด็นเป็นปัจจัยเชิงบวก และปัจจัยเชิงลบ และสรุปผลการวิเคราะห์ ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 4

ขั้นตอนที่3 จะเป็นการสรุปผลของงานวิจัยและนำเสนอข้อเสนอแนะ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับในงานศึกษาวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลทุติยภูมิโดยเฉพาะข้อมูลด้านสถิติมาใช้งานโดยการจัดเรียงและหาความสัมพันธ์ จากนั้นจึงเป็นการเสนอประเด็นแนวคิดจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะมาจากแหล่งข้อมูลโดยตรง เช่น จากหน่วยงานของเทศบาล หรือจากแหล่งข้อมูลที่เผยแพร่ทางเว็บไซท์ ทั้งที่เป็นเอกสารงานวิจัยและหนังสือทางด้านเทคนิควิธีการในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้จะเน้นในการรวบรวมข้อมูลที่ผู้อื่นได้ทำการรวบรวมหรือทำวิจัยไว้แล้ว จากนั้นจึงนำมาจำแนกเป็นข้อมูลปฐมภูมิ-ทุติยภูมิ และข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งมีการตรวจสอบเนื้อหาของข้อมูลว่ามีความสมบูรณ์และเชื่อถือได้ในระดับใด และจะมีการ

สรุปเนื้อหา ประเด็นสำคัญของข้อมูล เพื่อจะสะดวกและง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป เนื้อหาที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจะได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยการศึกษาลักษณะของข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ 2 วิธีผสมผสานกัน ได้แก่ วิธีแรก การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาที่จะกล่าวถึงข้อมูลในงานวิจัยในลักษณะของการบรรยายและอธิบาย วิธีที่สองใช้การวิเคราะห์เชิงประมาณที่จะอ้างอิงถึงข้อมูลทางด้านสถิติต่างๆ จากนั้นจึงนำเสนอข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ในรูปแบบของการบรรยายและตาราง

3.5 การสังเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลและข้อเสนอแนะ

สรุปประเด็นสำคัญที่ค้นพบ จำแนกผลสรุปในประเด็นที่ขัดแย้งและสนับสนุนกับแนวคิดของงานวิจัย และให้เหตุผลอธิบายผลที่เกิดขึ้น พร้อมกับนำเสนอข้อเสนอแนะ บทเรียนที่ได้เรียนรู้ จุดอ่อนของงานวิจัย ประเด็นที่ค้นพบในงานวิจัยที่คิดว่าสามารถนำไปต่อยอดได้ รวมทั้งแนวทางในการขยายผลการวิจัยการบริหารจัดการเมืองโดยใช้ทุนธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลทางกายภาพด้านทุนธรรมชาติของเทศบาลนครตรัง

ข้อมูลทางกายภาพด้านทุนธรรมชาติของเทศบาลนครตรังที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ จะประกอบด้วยข้อมูลด้าน ลม แสงอาทิตย์ ขยะที่เกิดขึ้นจากเทศบาลและพื้นที่รอบๆ น้ำที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของเทศบาล และน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เขตเทศบาล โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ข้อมูลด้านลมของเทศบาลนครตรัง

ลักษณะเฉพาะทางด้านกระแสลมของเมืองตรัง ที่ได้มาจากการศึกษางานวิจัยเรื่องโครงการวิจัยศึกษาลักษณะเฉพาะสิ่งแวดล้อมจังหวัดตรัง ปี 2551 ซึ่งได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระแสลมในพื้นที่เทศบาลนครตรังไว้โดยสรุป คือจะมีกระแสลมที่พัดอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลากลางวัน ระหว่างเวลา 10.00-22.00 น.ตลอดทั้งปี ยกเว้นจะมีกระแสลมบ้างในช่วง 23.00-9.00 น. ในบางช่วงของปี ได้แก่ เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น ดูภาพแผนภูมิที่ 1-12 ในภาคผนวก ก (ในแผนภูมิได้แบ่งเวลาออกเป็น สี่คาบ: 23.00-06.00 มี 8 ชั่วโมง, 07.00-10.00 มี 4 ชั่วโมง, 11.00-17.00 มี 7 ชั่วโมง, 18.00-22.00 มี 5 ชั่วโมง)

และการหาค่าเฉลี่ยของความเร็วลมต่อวันนั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการบวกค่าสูงสุดและต่ำสุดและหารสองสำหรับในแต่ละคาบ จากนั้นจึงนำความเร็วเฉลี่ยของแต่ละคาบไปคูณกับจำนวนชั่วโมงต่อคาบ เมื่อค่าแล้วจึงนำมารวมกันและหารด้วย 24 ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงต่อวัน หากช่วงเวลาใดที่ไม่มีลมจะคิดค่าเป็นศูนย์

รายละเอียดของความเร็วของกระแสลมที่เกิดขึ้นแบ่งตามรายเดือนมีดังนี้

1. เดือนมกราคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 12 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 14 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 4 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 23.00-06.00 น.จะมีความเร็วลมต่ำผสมกับลมสงบนิ่ง

2. เดือนกุมภาพันธ์ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 16.15 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 33.5 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 4 กม.ต่อชั่วโมง

3. เดือนมีนาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 9 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 26 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 3.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 23.00-06.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

4. เดือนเมษายน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 6.6 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 24 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 3.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

5. เดือนพฤษภาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 6.38 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 24 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 5.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 19.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

6. เดือนมิถุนายน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 5.8 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 22.5 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 4 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

7. เดือนกรกฎาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 5.82 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 26 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 5.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

8. เดือนสิงหาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 8.18 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 33.5 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 5.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

9. เดือนกันยายน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 6.03 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 22 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 3.5 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

10. เดือนตุลาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 6.8 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 24.5 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 3 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

11. เดือนพฤศจิกายน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 5.47 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 18.5 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 4 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 22.30-07.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

12. เดือนธันวาคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 13.77 กม.ต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดที่ 28 กม.ต่อชั่วโมงและต่ำสุดที่ 4 กม.ต่อชั่วโมง ช่วงเวลา 02.00-06.00 น. ลมจะสงบนิ่ง

จากข้อมูลของความเร็วกระแสลมดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำไปวิเคราะห์เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานชนิดนี้ไปสร้างผลผลิตในรูปแบบของกระแสไฟฟ้า

4.1.2 ข้อมูลด้านแสงอาทิตย์ของเทศบาลนครตรัง

ความสามารถในการป้อนวัตถุดิบด้านพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่เขตเทศบาลนครตรัง ในการพิจารณาหาความสามารถในการป้อนพลังงานแสงอาทิตย์เฉพาะในเขตพื้นที่เทศบาลนครตรังนั้น ผู้วิจัยได้ตรวจดูจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่งคือ จากแผนที่ Solar radiation ของประเทศไทย ตามภาพที่ 2.6 และจากข้อมูลความเข้มรังสีรวม (global radiation) ที่จัดทำเป็นคู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และได้นำมาดัดแปลงตามความเหมาะสมให้อ้างอิงได้ง่ายขึ้นตาม ตารางภาพที่ 4.1 ซึ่งจากข้อมูลทั้ง 2 แหล่งจึงสามารถสรุปได้ว่า เทศบาลนครตรังเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีขีดความสามารถและศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดจากแผนที่ Solar radiation (ภาพที่ 2.6) เมื่อพิจารณาเฉพาะในพื้นที่เทศบาลนครตรังพบว่าจะมี

สีเหลืองเข้มปานกลางในระดับ 17-18 MJ/m2 per day และจากตารางภาพที่ 4.1 จะพบว่า ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงระหว่างวัน 12 ชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.07-5.84 kwh/m2 per day ซึ่งเพียงพอสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลความเข้มรังสีรวม (global radiation) รายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน ณ อำเภอเมืองจังหวัดตรัง

Latitude: 7-34'-02" Longitude: 99-36'-38"

Month	Global radiation (MJ/m2-hr												Total radiation per day
	6.00-7.00น.	7.00-8.00น.	8.00-9.00น.	9.00-10.00น.	10.00-11.00น.	11.00-12.00น.	12.00-13.00น.	13.00-14.00น.	14.00-15.00น.	15.00-16.00น.	16.00-17.00น.	17.00-18.00น.	kwh/m2 per day
Jan	0.00	0.44	1.00	1.72	2.32	2.69	2.85	2.78	2.41	1.84	1.18	0.53	5.49
w/sqm	0.00	122.22	277.78	477.78	644.44	747.22	791.67	772.22	669.44	511.11	327.78	147.22	
Feb	0.00	0.46	1.04	1.76	2.37	2.75	2.94	2.89	2.52	1.91	1.27	0.62	5.70
w/sqm	0.00	127.78	288.89	488.89	658.33	763.89	816.67	802.78	700.00	530.56	352.78	172.22	
Mar	0.00	0.54	1.09	1.79	2.42	2.82	2.97	2.90	2.51	1.88	1.25	0.62	5.78
w/sqm	0.00	150.00	302.78	497.22	672.22	783.33	825.00	805.56	697.22	522.22	347.22	172.22	
Apr	0.12	0.64	1.16	1.88	2.49	2.86	2.99	2.89	2.44	1.80	1.19	0.58	5.84
w/sqm	33.33	177.78	322.22	522.22	691.67	794.44	830.56	802.78	677.78	500.00	330.56	161.11	
May	0.19	0.69	1.20	1.89	2.46	2.81	2.94	2.82	2.38	1.73	1.15	0.57	5.79
w/sqm	52.78	191.67	333.33	525.00	683.33	780.56	816.67	783.33	661.11	480.56	319.44	158.33	
Jun	0.18	0.69	1.20	1.87	2.41	2.74	2.87	2.74	2.31	1.68	1.13	0.59	5.67
w/sqm	50.00	191.67	333.33	519.44	669.44	761.11	797.22	761.11	641.67	466.67	313.89	163.89	
Jul	0.13	0.66	1.19	1.84	2.37	2.71	2.82	2.70	2.27	1.64	1.12	0.60	5.57
w/sqm	36.11	183.33	330.56	511.11	658.33	752.78	783.33	750.00	630.56	455.56	311.11	166.67	
Aug	0.10	0.64	1.18	1.82	2.37	2.67	2.79	2.66	2.24	1.62	1.09	0.56	5.48
w/sqm	27.78	177.78	327.78	505.56	658.33	741.67	775.00	738.89	622.22	450.00	302.78	155.56	
Sep	0.13	0.65	1.18	1.81	2.36	2.65	2.76	2.62	2.20	1.58	1.02	0.45	5.39
w/sqm	36.11	180.56	327.78	502.78	655.56	736.11	766.67	727.78	611.11	438.89	283.33	125.00	
Oct	0.15	0.66	1.17	1.81	2.34	2.63	2.73	2.57	2.14	1.53	0.93	0.33	5.28
w/sqm	41.67	183.33	325.00	502.78	650.00	730.56	758.33	713.89	594.44	425.00	258.33	91.67	
Nov	0.11	0.64	1.17	1.79	2.30	2.59	2.69	2.51	2.08	1.48	0.88	0.27	5.14
w/sqm	30.56	177.78	325.00	497.22	638.89	719.44	747.22	697.22	577.78	411.11	244.44	75.00	
Dec	0.00	0.57	1.15	1.77	2.28	2.57	2.66	2.49	2.06	1.47	0.90	0.33	5.07
w/sqm	0.00	158.33	319.44	491.67	633.33	713.89	738.89	691.67	572.22	408.33	250.00	91.67	

(ที่มา: คู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พิมพ์ที่บริษัท จิรังรัชน์ จำกัด สิงหาคม 2548)

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานและภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548

4.1.3 ข้อมูลด้านขยะที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

สภาพที่ตั้งของที่ฝังกลบขยะของเทศบาลนครตรัง

สถานที่กำจัดขยะของเทศบาลนครตรัง ตั้งอยู่ที่ทุ่งแจ้ง บริเวณทิศตะวันเฉียงใต้ของเทศบาล ริมถนนท่ากลาง (ดูภาพที่ 4.1) ถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำขัง มีพื้นที่ฝังกลบเดิม 119 ไร่ พื้นที่ที่ใช้ฝังกลบขยะนี้แต่เดิมก็เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำเช่นกันและใช้เวลาหลายสิบปีในการถมพื้นที่ส่วนใหญ่จนถึงระดับที่ใช้งานได้ ต่อมาได้มีการแบ่งพื้นที่บางส่วนไปใช้สร้างสนามกีฬาและพื้นที่

อาคารสันทนาการต่างๆ รวมทั้งเตรียมวางแผนที่จะสร้างศูนย์การเรียนรู้นานาชาติและศูนย์พุทธศาสนาในเวลาอนาคตอันใกล้ ดังนั้นจึงเหลือพื้นที่จริงสำหรับการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบเพียง 45 ไร่ และในปัจจุบันพื้นที่ครึ่งหนึ่งของ 45 ไร่ได้ถูกใช้งานไปแล้ว (ดูภาพที่ 4.2) และคาดว่าจะมีอายุการใช้งานเหลือเพียง 4-5 ปีเท่านั้น ซึ่งทำให้ต้องมีการบริหารจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ได้ในระยะเวลาที่นานที่สุดก่อนที่จะต้องย้ายไปหาสถานที่ใหม่

ภาพที่ 4.1 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของบ่อฝังกลบขยะทุ่งแจ้ง

ที่มา: http://www.travel-thai-hotel.com

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

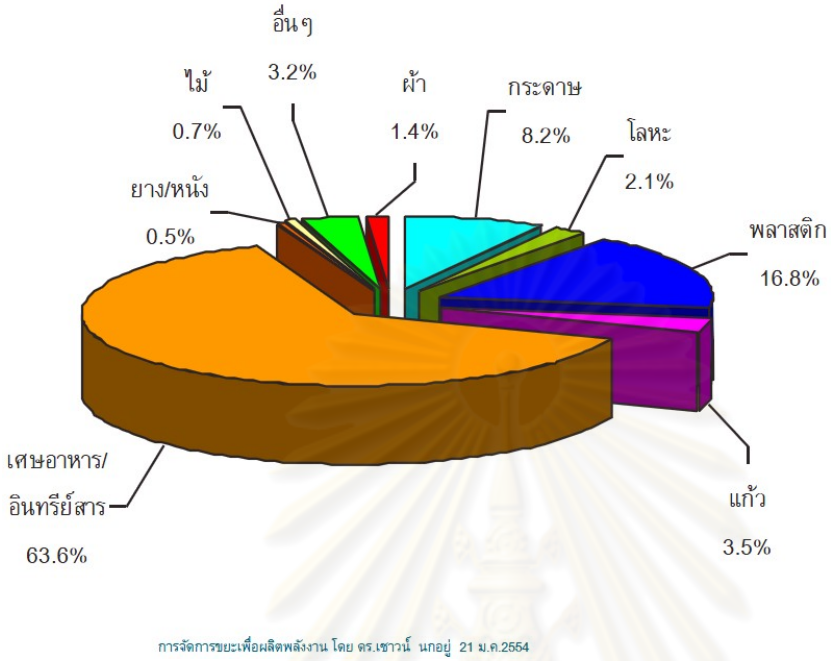
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงลักษณะพื้นที่ฝังกลบขยะและพื้นที่โดยรอบ

ที่มา : http://www.googleearth.com

ลักษณะขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครตรัง

ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่วันในเขตเทศบาลมีประมาณ 56 ตัน โดยเหตุที่เทศบาลนครตรังเป็นเมืองท่องเที่ยวจึงทำให้มีขยะด้านอาหารมากเป็นพิเศษ แยกเป็นขยะเปียกถึง 80 % หรือเท่ากับประมาณ 45 ตัน ที่สามารถนำไปทำก๊าซชีวภาพ ส่วนขยะที่เหลืออีก 11 ตัน เป็นขยะที่สามารถนำไปหมุนเวียนกลับมาใช้ได้ (recycle) เช่นพลาสติก แก้ว โลหะ เป็นต้น โดยขายให้กับเอกชนภายนอก องค์ประกอบของขยะชุมชน (เชาว์ นกอยู่, 2554) โดยทั่วไปจะมีอยู่ 9 ชนิด (ภาพที่ 4.3)

ภาพที่ 4.3 แสดงสัดส่วนองค์ประกอบของขยะชุมชน



ที่มา : เชาว์ นกอยู่, 2554

วิธีจัดการขยะของเทศบาลในปัจจุบัน

วิธีกำจัดขยะของเทศบาลนครตรัง ใช้วิธีการฝังกลบ โดยมีเนื้อที่ ในการฝังกลบประมาณ 45 ไร่ และใช้รถขนขยะจำนวน 15 คัน วิธีการกำจัดขยะในพื้นที่ฝังกลบกระทำโดยการขุดหลุมและปูแผ่นพลาสติก PE เพื่อกันน้ำเสียจากขยะไหลซึมปะปนกับแหล่งน้ำภายนอก จากนั้นจึงทะยอยนำขยะที่คัดแยกแล้วมาฝังเป็นชั้นๆ โดยใช้รถแทรกเตอร์บดอัดเพิ่มความแน่น ภายในชั้นของขยะจะมีท่อดักจับก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการย่อยสลายขยะ เพื่อนำไปเก็บและจัดแยกเก็บใส่ถังขนาดเล็กเพื่อส่งขาย

วิธีการและขบวนการการผลิต ก๊าซชีวภาพ (biogas)

1. รถขยะเก็บขยะจากครัวเรือนต่าง ๆ โดยแบ่ง พื้นที่การเก็บขยะเป็น 4 เขตการเลือกตั้ง

2. รถขยะขึ้นตาชั่ง วัดปริมาณขยะ

3. เทขยะในพื้นที่เป็นกอง ๆ ตามจุดที่กำหนด แล้วคัดแยกขยะ

4. รถตักจะดันขยะที่คัดแยกแล้วลงบ่อ

5. รถน้ำหมักชีวะภาพ มาฉีดน้ำบริเวณที่ที่ผังขยะ เพื่อกำจัดกลิ่น และแมลงต่างๆ ปริมาณขยะ recycle 17.044 ตันต่อวัน (ตารางที่ 4.2)

ปริมาณที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้

จากปริมาณขยะที่ยังมิได้คัดแยกได้ต่อวันประมาณ 56 ตัน คิดเป็นก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เท่ากับ 48 ลบม.ต่อตัน คูณ 56 ตัน เท่ากับ 2,688 ลบม.หรือ เท่ากับ 0.46 กิโลลิตรLPG คูณ 2,688 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 1,236.48 กิโลลิตรLPG หรือ เท่ากับ พลังงานความร้อนที่ผลิตได้ 2,688 ลูกบาศก์เมตร (ก๊าซชีวภาพ) คูณ 21 เมกกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 56,448 เมกกะจูล

รายการค่าใช้จ่ายและรายได้ปัจจุบันของระบบกำจัดขยะของเทศบาล

จากรายงานเกี่ยวกับรายได้รายจ่ายของเทศบาลในส่วนของการกำจัดขยะ (อ้างอิงจากข้อมูลปี 2553) คือ

1. รายได้ค่าเก็บขยะ 7,044,736 บาท ต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรายได้จากพื้นที่ภายนอกเขตเทศบาลที่นำขยะมาทิ้ง การเก็บค่าเก็บขยะจากครัวเรือนยังเก็บไม่ได้

2. รายได้จากวัสดุ recycle จะมีรายรายรวมต่อปี 85,110,335 บาท

4.2 มูลค่าขยะชุมชนที่มีการจัดเก็บของเทศบาลนครตรังปี 2553

ชนิดของขยะ	อัตราส่วน %	ปริมาณต่อวันจากขยะ 56 ตันต่อวัน	ราคาต่อกก.	มูลค่ารวม (บาท) ต่อวัน
ไม้	0.7	0.39	NA	-
ยาง/หนัง	0.5	0.28	NA	-
ผ้า	1.4	0.78	NA	-
กระดาษ	8.2	4.5	5.10	22,950
โลหะ	2.1	1.17	12.10	14,229
พลาสติก	16.8	9.40	20.50	192,864
แก้ว	3.5	1.96	1.6	3,136
เศษอาหาร/อินทรีย์สาร	63.6	35.61	NA	-
อื่นๆ	3.2	1.79	NA	-

ที่มา : ของราคาวัสดุ recycle: วงษ์พานิชย์, 2011

รวมรายได้ต่อปีประมาณ 96,961,577.88 บาท

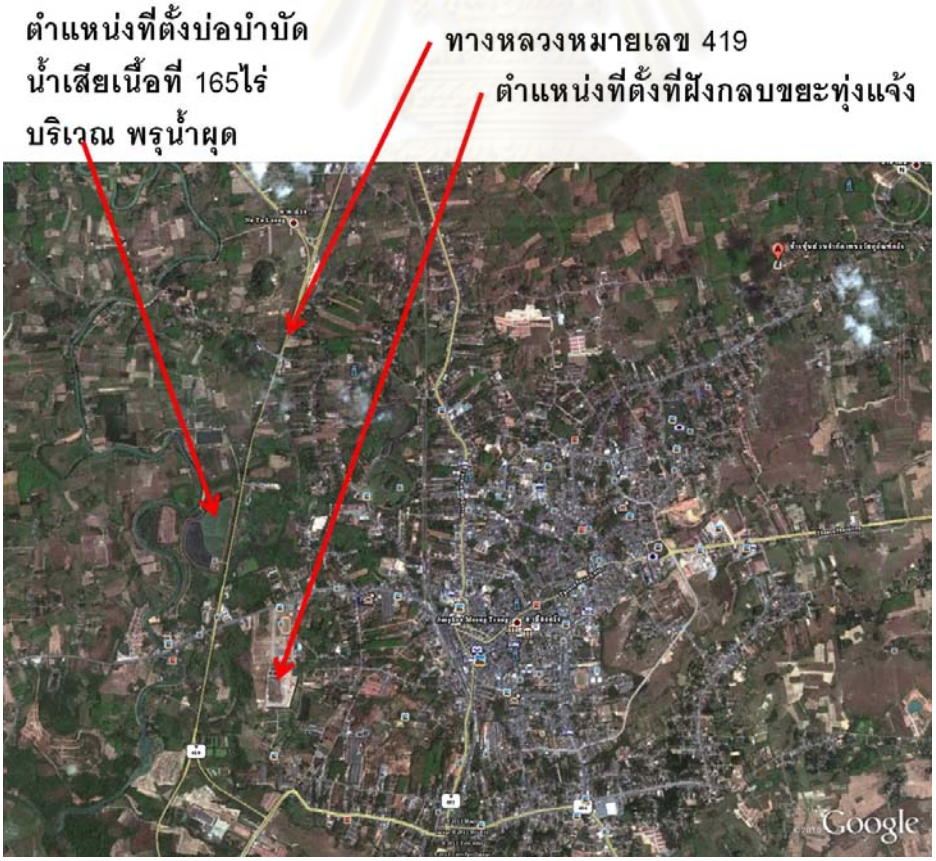
ในกรณีที่นำก๊าซไปผลิตไฟฟ้าจะต้องลงทุนประมาณ 123 ล้านบาท มีรายได้ 11.4 ล้านบาทต่อปี ซึ่งจะคืนทุนได้ในเวลาประมาณ 11ปี (คำนวณโดยประมาณ) หลังจากนั้นจึงจะสามารถเก็บเกี่ยวรายได้อย่างเต็มที่

2. รายจ่ายของที่ฝังกลบขยะทั้งหมด ในปี53 ของเทศบาลนครตรัง 23,774,300 บาทต่อปี เดือนละ 1,981,191 บาท

4.1.4 ข้อมูลด้านการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครตรัง

ตำแหน่งที่ตั้งของโรงบำบัดน้ำเสีย หรือโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตั้งอยู่ที่ กม.5 ทางหลวงหมายเลข 419 ตอนสี่แยกตลาด อตก. ถนนห้วยยอด หมู่ 4 ตำบลนาตาล่วง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ดูแผนที่ภาพภาพที่ 4.4 และ 4.5 มีขนาดพื้นที่ 165 ไร่

ภาพที่ 4.4 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงปรับปรุงปรุงคุณภาพน้ำหรือบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครตรัง



ภาพที่ 4.5 แสดงภาพขยายของพื้นที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ขนาด 165 ไร่ เทศบาลนครตรัง

ที่มา: http://www.googleearth.com

ปริมาณน้ำเสียในปัจจุบันประมาณ 5,700-6,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

องค์ประกอบหลักของโครงการระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครตรัง ประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoons) จำนวน 1 บ่อ และบ่อตกตะกอน (Stabilization Pond) จำนวน 3 บ่อ และระบบรวบรวมน้ำเสียประกอบด้วยระบบรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบน้ำเสียและรางรวบรวมน้ำเสีย

ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบรายละเอียดโครงการฯ ของกรมโยธาธิการ	
จำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2555	92,220 คน
ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย	200 ลิตร /คน /วัน
ค่า BOD ของน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบ	140 มก./ลิตร
ปริมาณน้ำเสียรวม (DWE)	17,700 ลบ.ม./วัน
ค่า BOD ของน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัด	ไม่เกิน 20 มก./ลิตร

กำลังความสามารถในการบำบัดน้ำเสียมีอัตรา 17,700 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปัจจุบันระบบได้ถูกใช้งานในระดับ 6,000-7,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (เทศบาลตรัง, 2011)

ตารางที่ 4.3 แสดงมาตรฐานการวัดคุณภาพน้ำเสีย

คุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
BOD	Mg/liter	ไม่เกิน 20
DO	Mg/liter	มากกว่า 2
PH	-	5.5-9

หมายเหตุ:

BOD หมายความว่า ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะของออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสในเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้น ๆ

DO หมายความว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

pH หมายความว่า ค่าของความเป็นกรดและด่าง ของน้ำที่เกิดจากค่าลบของล๊อคฐานสิบของความเข้มข้นเป็นมูลของอนุมูลไฮโดรเจน

รายรับของการบำบัดน้ำเสียต่อปีประมาณ 6,930,000 บาท (คิดที่อัตรา 2.75 บาทต่อลบม. ในจำนวน 7,000 ลบม.ต่อวัน) (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2546)

รายจ่ายของการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียต่อปีประมาณ 3,533,538.48 บาท (เทศบาลนครตรัง, 2011)

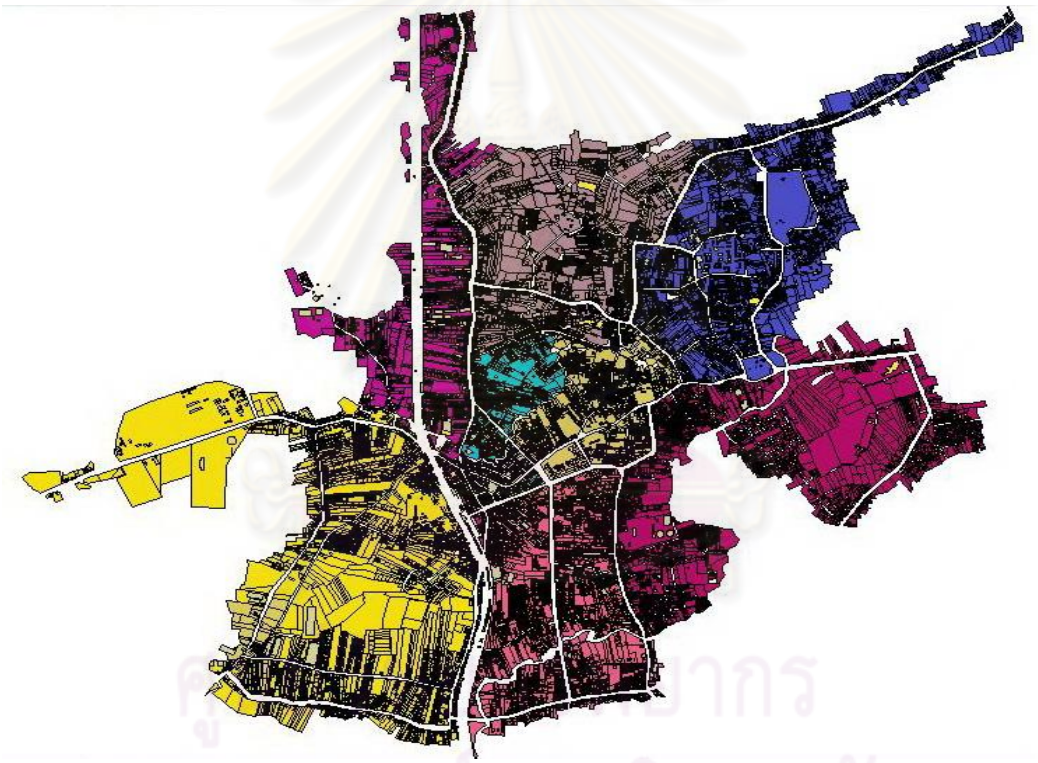
4.1.5 ข้อมูลด้านน้ำฝนของเทศบาลนครตรัง

ลักษณะเฉพาะทางด้านฝนที่ตกในเทศบาลนครตรัง จังหวัดตรังได้รับมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม และลมมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้ช่วง เดือนพฤษภาคม-กันยายนทำให้มีฝนตกตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 27.4 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงเวลาที่อากาศเย็นสบายจะอยู่ประมาณปลาย เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนธันวาคม โดยมีฤดูกาลแบ่งตามลักษณะอากาศของประเทศไทยออกเป็น 2 ฤดูคือ

1. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม
2. ฤดูฝน เริ่มตั้งเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

อุณหภูมิของอากาศปี 2549 อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.29 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดปี 35.04 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี 21.38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ปี 2549 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณ 82.63% ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยตลอดปี 98.92% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี 47.33% ปริมาณฝนปี 2549 ปริมาณฝนตกตลอดปี 1,998.6 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตกตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตรขึ้นไป มีทั้งหมด 179 วัน (ตารางที่ 4.3 และ แผนภูมิที่ 4.1)

ภาพที่ 4.6 แผนผังแสดงอาคารและสิ่งปลูกสร้างในเขตเทศบาลนครตรัง



ที่มา : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เทศบาลนครตรัง

จากภาพที่ 4.6 ซึ่งเป็นแผนผังที่แสดงอาคารสิ่งก่อสร้างในเขตเทศบาล ทำให้ทราบได้ว่ามีพื้นที่หลังคาและพื้นที่ผิวระดับดินที่ต้องใช้วิธีการดักเก็บน้ำฝนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ตารางปริมาณน้ำฝนที่ตกและจำนวนวันที่ฝนตก

เดือน	2550		2549		2548		2547	
	ปริมาณน้ำฝนรวม	จำนวนวันที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝนรวม	จำนวนวันที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝนรวม	จำนวนวันที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝนรวม	จำนวนวันที่ฝนตก
มกราคม	73.30	11	44.80	11	7.70	2	0.00	0
กุมภาพันธ์	3.10	1	20.70	7	10.80	1	36.10	4
มีนาคม	164.00	7	65.20	9	16.10	4	89.40	8
เมษายน	212.70	12	177.30	14	33.40	9	57.80	13
พฤษภาคม	187.50	18	365.30	19	282.20	24	81.20	13
มิถุนายน	275.10	17	279.40	21	204.70	23	428.90	20
กรกฎาคม	272.00	19	341.80	22	247.80	18	444.90	21
สิงหาคม	285.00	17	303.50	16	102.70	16	117.70	16
กันยายน	330.30	18	191.50	19	98.00	15	274.50	21
ตุลาคม	412.50	26	100.80	17	248.70	23	160.20	21
พฤศจิกายน	-	-	78.20	14	286.00	21	63.90	10
ธันวาคม	-	-	30.10	10	494.20	19	58.40	6

(ข้อมูลจาก http://61.7.153.45/main “ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดตรัง”)

แผนภูมิที่ 4.1 แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตก ปี 2542-2549

ที่มา : เทศบาลนครตรัง, 2551

จากข้อมูลเบื้องต้นทำให้ทราบว่ามีปริมาณน้ำฝนต่อปีจำนวนมากที่ไหลลงดินและไม่ได้ถูกนำไปใช้ทำประโยชน์อย่างจริงจัง ซึ่งจากสถิติปี 2549 เทศบาลนครตรังมีฝนตกประมาณ 1, 998.6 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 1.988 ลูกบาศก์เมตร คูณ 14.77 ตารางกิโลเมตร คูณ 1000 ลูกบาศก์เมตร (พื้นที่ทั้งหมดของเทศบาลนครตรัง) เท่ากับ 29,362,760 ลูกบาศก์เมตร (ประมาณ 29 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)

หมายเหตุ: การคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงจากสถิติรายปี คือ คูณด้วย $1L/m^2/mm$

4.2 ผลการวิเคราะห์

จากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาทบทวนเอกสารงานวิจัยต่างๆ รวมทั้งข้อมูลทางด้านกายภาพของตัวอย่างกรณีศึกษาเทศบาลนครตรัง สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาแนวทางและเสนอแนะทางเลือกความเป็นไปได้ในการนำเอาทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในเทศบาลนครตรังมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับการพัฒนาเมือง ตามจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ได้ตั้งเป้าไว้ โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ (ดูตารางเปรียบเทียบที่ 4.5ประกอบ) ดังนี้

1. ด้านการใช้พลังงานลม

โดยมีแนวคิดในการนำพลังงานลมมาใช้ในเขตเทศบาลนครตรัง คือ ด้วยเหตุผลที่เทศบาลนครตรังตรัง มีกระแสลมที่พัดผ่านอยู่ตลอดทั้งปี (จากความรู้สึกของผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่) และลมก็จัดเป็นทุนธรรมชาติชนิดหนึ่ง ไม่เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของวัตถุดิบในการซื้อหา แต่ต้องลงทุนในด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการดักจับและแปลงเปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า รวมถึงระบบสายไฟฟ้าหลักที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟฟ้าสาธารณะ และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆภายหลังที่ได้ใช้งานไปแล้วเท่านั้น และเมื่อเริ่มทำการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วก็จะมีวัตถุดิบที่ใช้แล้วไม่มีวันหมดตลอดไป แม้ว่าจะมีความไม่แน่นอน หรือสม่ำเสมอในบางครั้งก็ตาม แต่ก็เป็นการเพิ่มทางเลือกในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบพลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาวที่น่าสนใจ แม้ว่าอาจจะต้องลงทุนในเบื้องต้นสูงก็ตาม อีกประการวิธีการนี้จะช่วยอนุรักษ์ด้านสิ่งแวดล้อมในองค์รวมอีกทางหนึ่ง ซึ่งจากการรวบรวมและประมวลข้อมูลในเรื่องเกี่ยวกับลมที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่เทศบาลนครตรัง ผนวกกับข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม (wind turbine) ทำให้ได้ผลวิเคราะห์ดังนี้ คือ

1.1 ความต้องการของกระแสลมที่พอเพียงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งในแง่ของความเร็วและปริมาณของกระแสลมที่เกิดขึ้น ซึ่งตามมาตรฐานมีดังนี้

จากข้อคำแนะนำของ Missouri Department of Natural Resources (Environmental protection, 2011) ได้ให้ตัวเลขหยาบๆว่า ความเร็วลมที่จะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต้องไม่น้อยกว่า 15.7 ไมล์ต่อชั่วโมงหรือ 25.12 กม.ต่อชั่วโมง หรือ 7 เมตรต่อวินาที แต่ในขณะที่ผู้ผลิตภายในประเทศได้ให้คำแนะนำว่าความเร็วลมที่มีประสิทธิผลควรจะอยู่ที่ 10-12 เมตรต่อวินาที มิฉะนั้นกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจะตกลงเหลือ 1/8 หากความเร็วลดเหลือ 5-6 เมตรต่อวินาที

1.2 ความสามารถในการอุดหนุนในด้านวัตถุดิบของพลังงานลมจากในพื้นที่เทศบาลนครตรัง ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลในบทที่ 2 ทำให้ทราบได้ว่าความเร็วลมสูงสุดในพื้นที่เทศบาลนครตรังจะอยู่ที่ประมาณ 33.5 กม.ต่อชั่วโมงที่เดือนกุมภาพันธ์ หรือประมาณ 20.9 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือที่ 9.3 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมที่วัดนี้ยังเป็นการวัดที่ระดับพื้นดิน ซึ่งหากมีการวัดที่ระดับสูงขึ้นไปที่ 30-50 เมตร (ซึ่งเป็นระดับการวัดมาตรฐานทั่วไป) ความเร็วลมดังกล่าวน่าจะมีความสม่ำเสมอ ต่อเนื่องมากกว่าที่อ้างอิงจากสถิติ นอกจากนี้จำนวนของปริมาณลมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งปีก็มีมากกว่า 3,000 ชั่วโมง หรือมากกว่า 1 ใน 3 ของเวลาทั้งปี ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำกังหันลม (wind turbine) มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งในแง่ของปริมาณของลมและความเร็วที่พอเพียง อย่างไรก็ตามการประมาณดังกล่าวยังอยู่ในขั้นหยาบและจำเป็นต้องศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมในการคำนวณความเป็นไปได้ชัดเจนถูกต้อง

1.3 เทคโนโลยี่ที่เหมาะสมกับตัวแปรในข้อ 1 และ 2 ซึ่งควรจะใช้ กังหันลม (wind turbine) แบบสามใบพัด แกนนอน จากข้อมูลผู้ผลิต Bergey ของสหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าตามความเร็วลมที่ต้องการ ก็พบว่า ใบพัดควรจะใช้ที่ยาว 7-10 เมตรและ มีความสูงของเสารับกังหันลมที่ประมาณ 30 เมตร มีขนาดกำลังผลิตที่ 7.5-10 กิโลวัตต์ หรือของบริษัท Jacobs ขนาดพัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.3 เมตร มีกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 20 กิโลวัตต์ แต่จากการหาข้อมูลเปรียบเทียบจากเว็บไซท์ของคนไทย (Thaiwind turbine.com, 2011) พบว่า ราคาค่าลงทุนสำหรับกังหันขนาดความสูง 24 เมตรมีกำลังผลิต 20 กิโลวัตต์ มีมูลค่าลงทุนประมาณชุดละ 1 ล้านบาท และในกรณีที่ต้องการทำเป็นฟาร์ม ขนาด 1 เม็กกะวัตต์ (MW) หรือ 1,000 กิโลวัตต์ ต้องติดตั้งกังหัน 50 ชุด ใช้เนื้อที่ประมาณ 40 ไร่ มีค่าลงทุนเฉพาะกังหันประมาณ 50 ล้านบาท อย่างไรก็ดีข้อมูลนี้เป็นข้อมูลประมาณการเบื้องต้น ซึ่งต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อความถูกต้องหากต้องนำไปปฏิบัติจริง

1.4 มูลค่าของเทคโนโลยี่ระบบกังหันลมที่เลือกในข้อ 3 และงบประมาณที่ต้องจัดเตรียมไว้รองรับ ที่ประมาณ ดังที่ได้กล่าวแล้วในข้อ 3. และยังต้องรวมค่าใช้จ่ายในเรื่องอาคารสถานที่ ค่าติดตั้ง ค่าแลรักษา ค่าสายส่ง และอื่นๆ ซึ่งเป็นไปได้ที่จะมีค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 100 ล้านบาทเป็นอย่างต่ำ

1.5 การคำนวณมูลค่าความคุ้มทุนเบื้องต้น ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งนอกเหนือไปจากขอบเขตงานวิจัยฉบับนี้ แต่จากข้อมูลของเว็บไซท์ Thaiwind Turbine.com ได้ให้รายละเอียดของตัวอย่างคือ หากจะทำให้เกิดการคุ้มทุนเฉพาะแง่ของปัจจัยที่เป็นเงินทุนจริง การลงทุนสร้างกังหันเป็นจุดในจำนวนไม่กี่อันย่อมจะไม่ก่อให้เกิดมูลค่าใดๆจริงยกเว้นในเรื่องของการสาธิตประชาสัมพันธ์ การสร้างความเข้าใจในเทคโนโลยี่ การสร้างความคุ้นเคยและยอมรับให้กับสาธารณะ แต่หากต้องการที่จะสร้างเป็นมูลค่าที่เห็นจริงได้ต้องจัดทำในรูปแบบฟาร์มกังหันลมอย่างน้อย 50 ตัวขึ้นไป ซึ่งจากการคำนวณผลตอบแทนจะคืนทุนภายในระยะเวลา 3 ปี และสามารถใช้งานไปได้อีก ประมาณอย่างน้อย 12 ปี โดยมีรายละเอียดการคำนวณผลการตอบแทนดังนี้

1.5.1 ความต้องการคำนวณเงินลงทุน อย่างเช่นต้องการทำฟาร์มกังหันลม (Wind farm) ขนาด 1 MW หรือ 1000 kW ก็ต้องติดตั้งกังหันลมจำนวน 50 ชุด (เงินลงทุน 50 ล้านบาท) ใช้เนื้อที่ประมาณ 40 ไร่

1.5.2 การคำนวณรายรับจากการขายไฟฟ้า คำนวณพลังงานที่ผลิตได้ เฉลี่ยวันละ 8 ชั่วโมง จาก 24 ชั่วโมง ของปริมาณสูงสุดที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้

ตัวอย่าง รายรับ = 1000 kW X 8 ชั่วโมง (ประมาณต่อวัน) X 30 วัน (ต่อเดือน) X ราคาขาย 7.10 บาท (ต่อหน่วย) = 1,704,000 บาท (ต่อเดือน) หักค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประมาณ 200,000 บาท เป็นค่าจ้างคนดูแลระบบ ค่าบำรุงรักษา ค่าภาษีท้องถิ่น คงเหลือรายรับสุทธิ = 1,704,000 - 200,000 = 1,504,000 บาท (ต่อเดือน)

1.5.3 ระยะเวลาคืนทุนโดยไม่คิดดอกเบี้ย = (เงินลงทุน) 50,000,000 บาท / 1,504,000 บาท (รายรับต่อเดือน) = 33 เดือน (ประมาณ 3 ปี)

<u>หมายเหตุ</u>

โครงการใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 1 ปี การคืนทุนเสร็จสิ้นในปีที่ 4 อายุใช้งานของเครื่องจักร ประมาณ 15 ปี อาจมีค่าบำรุงรักษาสูงขึ้นหลังปีที่ 5 แต่มูลค่านี้ยังไม่รวมค่าสถานที่และอื่นๆดังที่กล่าวไว้ในเรื่องมูลค่าของเทคโนโลยี่

นอกจากนี้ โครงการยังสามารถขอรับบัตรส่งเสริมการลงทุน (BOI) เพื่อขอยกเว้นอากรนำเข้าสำหรับอุปกรณ์จากต่างประเทศ และได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้เป็นเวลา 10 ปี แต่ที่เป็นหัวใจสำคัญคือเมื่อได้ใช้วิธีนี้เพื่อสร้างแหล่งพลังทางเลือก มูลค่าคุ้มทุนอันหนึ่งที่การลงทุนทั่วไปมักจะมองข้ามไปคือ การลดค่าเสื่อมของสิ่งแวดล้อม (depreciation) ของทุนธรรมชาติ

1.6 การเลือกหาตำแหน่งพื้นที่ที่เหมาะสมภายในเทศบาลนครตรัง ในการจัดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม ซึ่งตามภาพที่ 4.7 แสดงถึงตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า จากในภาพ วงกลมสีเขียวอ่อนแสดงถึงที่ตั้งของเนินจุดเป็นเนินสูงที่สามารถตั้งกังหันลม และเป็นพื้นที่ของเมือง ส่วนการติดตั้งกังหันลมบนอาคารสูงที่มีอยู่เดิมจะไม่เหมาะสมเนื่องจากมิได้มีการจัดเตรียมโครงสร้างไว้ก่อน รวมถึงยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ที่อยู่อาศัยข้างเคียงในกรณีที่เกิดความวิบัติกับตัวเสากังหันลม

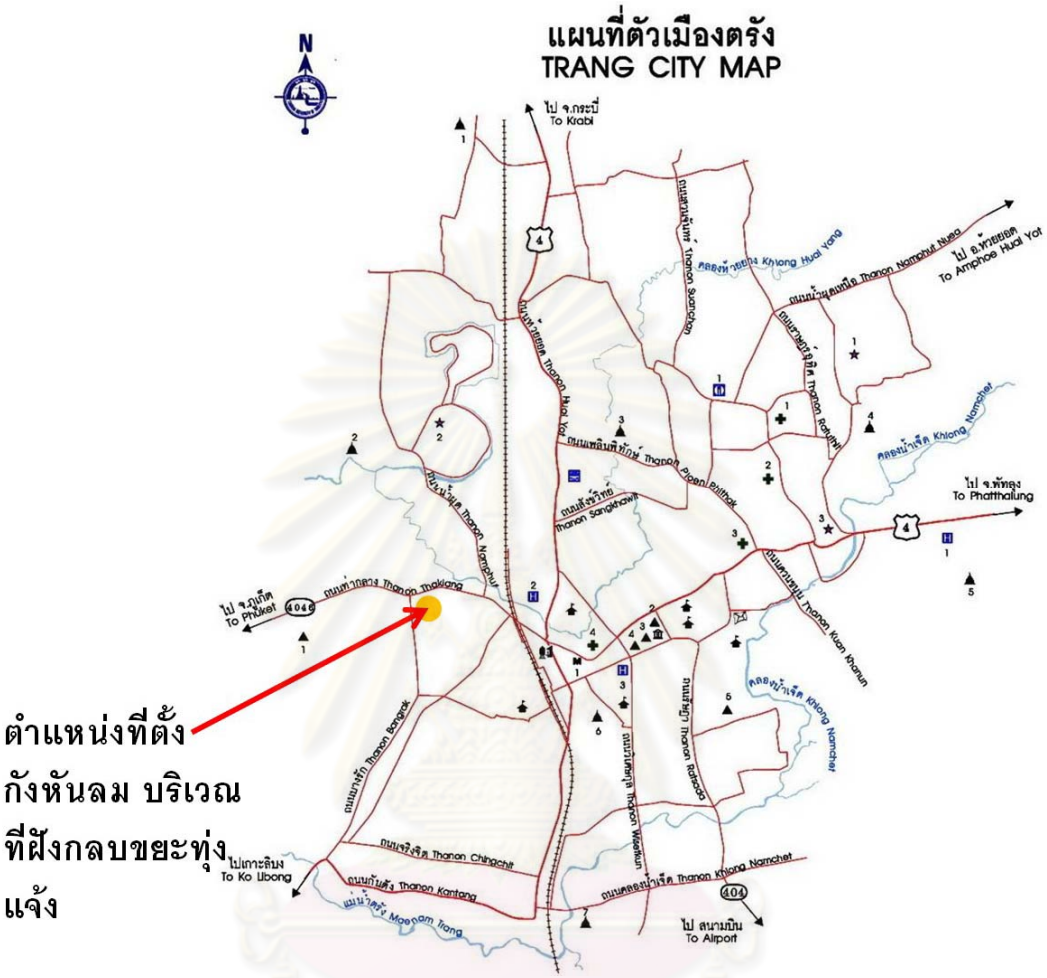
1.7 การหางบประมาณสนับสนุนทั้งจากภายในองค์กร องค์กรภายนอกและจากรัฐบาล เช่นการออกนโยบายด้านภาษีเพื่อจูง การของบสนับสนุนในลักษณะโครงการนำร่องจากองค์กรต่างประเทศ หรือภายในประเทศที่สนับสนุนการใช้พลังงานทางเลือก เป็นต้น

1.8 การเลือกสถานที่สำหรับติดตั้งกังหันลม ซึ่งจากการตรวจสอบกับเจ้าหน้าที่ของเทศบาล มีความเป็นไปได้ในการใช้พื้นที่ 3 แห่ง คือพื้นที่ของจวนผู้ว่าราชการจังหวัดตรัง พื้นที่ภายในบริเวณสำนักงานเทศบาล (ทั้งสองพื้นที่ตั้งอยู่บนเนินเขาจุดที่สูงสุดของเมือง) และพื้นที่ฝังกลบขยะทุ่งแจ้ง (เป็นที่โล่งแจ้ง) ดูภาพที่ 4.7 และ 4.8

ภาพที่ 4.7 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแหน่งที่จะใช้ตั้งเสากังหันลมบริเวณใจกลางเมือง

ที่มา : http://www.googleearth.com

ภาพที่ 4.8 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงตำแหน่งที่จะใช้ตั้งเสากังหันลมบริเวณที่กลบฝังขยะทุ่งแจ้ง



ที่มา: http://www.travel-thai-hotel.com

โดยสรุปรวมแล้ว การสร้างแหล่งกำเนิดพลังทางเลือกที่มาจากทุนธรรมชาติที่เป็นลมนั้นมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคแต่ทางด้านงบประมาณนั้นจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับนโยบายของนายกเทศมนตรี นอกจากนั้นในอนาคตทางเทศบาลอาจจะเพิ่มยุทธวิธีในด้านรุกโดยการหาซื้อพื้นที่ที่เหมาะสมภายนอกเมืองที่อยู่ในระยะใกล้เคียง แล้วจัดตั้งเป็นฟาร์มกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้ามาป้อนภายในเขตเทศบาล ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากส่วนกลาง และลดภาระต่อสิ่งแวดล้อม

2. ด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา เกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น มีผลที่ได้คือ ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงระหว่างวัน 12 ชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.07-5.84 KWh/m2 per day ซึ่งเพียงพอกับการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีความต้องการอยู่ที่ 5.05 KWh/m2 per day ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์และเสนอแนะทางเลือกในการนำเทคโนโลยีแสงอาทิตย์มาใช้งานในพื้นที่เขตเทศบาลนครตรัง เพื่อการดำเนินการใช้ประโยชน์จากทุนธรรมชาติอย่างเป็นระบบ ในขั้นแรกควรจะเริ่มด้วยการจัดตั้งองค์กรเฉพาะเพื่อดำเนินการด้านการจัดหาและดูแลในเรื่องพลังงานทางเลือกจากทุนธรรมชาติสำหรับส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีของประชากรในเขตเทศบาลและการอนุรักษ์ธรรมชาติสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการให้คำปรึกษาแก่ประชาชนทุกคนในด้านการใช้พลังงานทดแทนที่เป็นรูปธรรม และองค์กรนี้ควรประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจเพื่อรับการสนับสนุนจากประชาชนอย่างจริงจัง และต้องสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องอ้างอิงกับระบบการเมือง มีความสามารถในการเลี้ยงดูตนเองแต่อาจจะมีงบประมาณสนับสนุนเริ่มต้นเท่านั้น และสิ่งสำคัญที่สุดที่มิอาจจะละเว้นคือการประชาสัมพันธ์ให้การเรียนรู้และความเข้าใจแก่ประชาชนในข้อดี ข้อเสีย ผลที่จะได้รับในระยะยาวทั้งเพื่อตัวเองและสภาพแวดล้อมที่ดีในอนาคต สำหรับในเขตเทศบาลนครตรังนั้นทางผู้วิจัยเห็นว่า ในส่วนของทุนธรรมชาติที่เป็นพลังงานแสงอาทิตย์นั้นควรจะมีแนวทางการใช้ประโยชน์ดังนี้

2.1 เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

2.1.1 การผลิตกระแสไฟฟ้าในลักษณะการทำเป็นฟาร์ม ซึ่งควรจะมีองค์ประกอบการทำงานโดยเคร่าๆได้แก่ การกำหนดขนาดและขอบเขตความต้องการทั้งปริมาณการใช้ไฟฟ้าและความสามารถในการจัดหารวมถึงเป้าหมายของสถานที่ที่จะนำผลผลิตกระแสไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ การหาพื้นที่ที่เหมาะสมใกล้เคียงกับเขตเทศบาลมีระยะไม่ไกลเพื่อลดค่าใช้จ่ายในเรื่องระบบสายส่ง กำหนดงบประมาณค่าใช้จ่าย การหาแหล่งงบประมาณเงินทุนสนับสนุน และการประชาสัมพันธ์ให้การเรียนรู้และความเข้าใจแก่ประชาชน นอกจากนี้ยังสามารถนำมูลค่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ไปขายเป็นคาร์บอนเครดิตได้ด้วย

2.1.2 ในลักษณะที่ใช้เฉพาะอาคารหรือสถานที่หนึ่งๆ

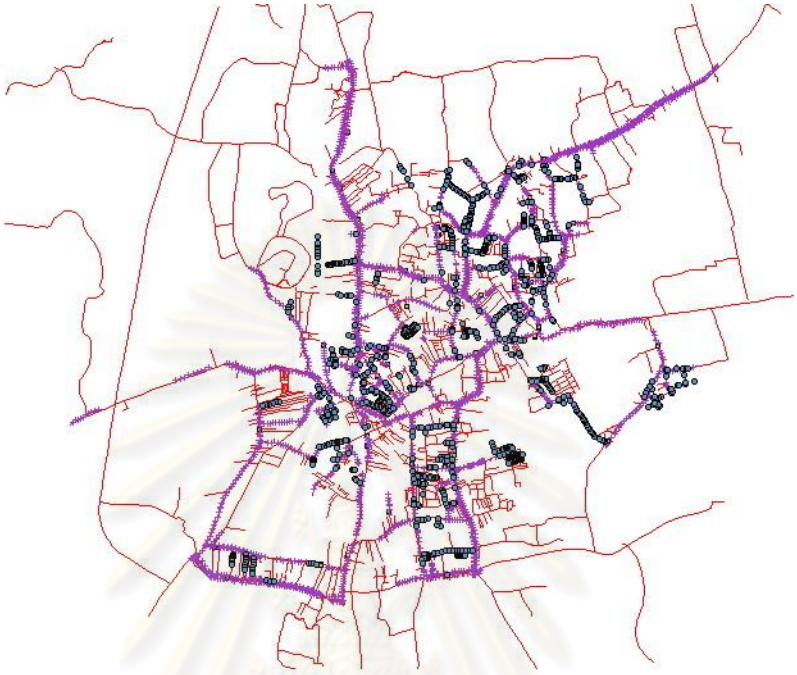
ก. สำหรับอาคารบ้านเรือนทั่วไป เพื่อส่งเสริมให้มีการลดค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ทั้งในแบบ active และ passive โดยในส่วนของการใช้งานแบบ active นั้นเมื่อพิจารณาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ทำให้มีความสะดวกและมีความยืดหยุ่นในการติดตั้ง โดยเฉพาะบนหลังคา หรือในพื้นที่โล่ง และไม่ต้องการการดูแลรักษามากนัก

จึงเหมาะแก่การใช้ในบ้านเรือนเสริมร่วมกับระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากภาครัฐ ที่ต้องหาแหล่งพลังงานตอบสนองความต้องการทั้งประเทศในอนาคต เช่นการใช้แผง Solar Home หรือ Solar roof สำหรับในส่วนของการทำงานแบบ passive นั้นองค์กรที่ดูแลในเรื่องนี้ควรเป็นผู้ให้คำปรึกษาเป็นรายกรณี เช่น ในกรณีที่บ้านได้สร้างไปแล้ว อาจแนะนำในเรื่องการเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนที่ดีขึ้นเพื่อเปลี่ยนแทนของเดิม การเพิ่มการบังแดด การเปิดหรือช่องหน้าต่าง เป็นต้น หรือในกรณีที่เป็นบ้านที่ยังไม่สร้างอาจจะเสนอแนะให้พิจารณาในเรื่องทิศทางการวางอาคาร การเลือกวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น และเพื่อทุกคนเต็มใจที่จะให้ความร่วมมือในการรณรงค์การใช้ทุนธรรมชาติ จึงควรจะมีวิธีการสร้างแรงจูงใจให้หันมาลงทุนในด้านนี้ของแต่ละครัวเรือน เช่นการใช้นโยบายด้านการภาษี การให้เงินกู้ที่มีดอกเบี้ยต่ำมาก ๆ เป็นต้น

ข. อาคารที่ดำเนินการในเชิงพาณิชย์ การดำเนินการก็ควรจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับอาคารบ้านเรือนทั่วไป เพียงแต่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ตัวอย่างการใช้งาน เช่น การใช้ในการโฆษณาประชาสัมพันธ์ (solar powered LED display) สร้างที่จอดรถ (solar car park) การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากบนหลังคาอาคารเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเสริมกับแหล่งไฟฟ้าหลัก การใช้ปั๊มน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar powered pumping system) การใช้ชุดเติมอากาศ (solar powered aerator) ในกรณีที่มีบ่อหรือสระน้ำขนาดใหญ่ และการใช้เสาโคมส่องสว่างโดยใช้ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar powered street lighting) เป็นต้น

ค. ใช้ในการให้แสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในเวลากลางคืนและลดภาระค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าของเทศบาล ซึ่งปัจจุบันมีเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งดวงโคมแสงจันทร์โดยใช้หลอดไฟฟ้าประเภทต่างๆ จำนวนประมาณ 4,600 ต้น มีค่าใช้จ่ายของกระแสไฟฟ้าประมาณเดือนละห้าแสนบาทต่อเดือน (ดูแผนที่ภาพที่ 4.9) การนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งเฉพาะกับแต่ละเสาไฟเพื่อเสริมกับระบบการจ่ายไฟฟ้าปกติจะช่วยลดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งจะมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ของการลงทุนในระยะยาว

ภาพที่ 4.9 แผนที่แสดงตำแหน่งของเสาไฟฟ้าในเขตเทศบาลนครตรัง



ที่มา : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เทศบาลนครตรัง

2.2 เพื่อผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในครัวเรือนในด้านการทำอาหารและชำระร่างกาย และใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับการซักรีด การปรุงอาหาร การทำความสะอาด และในโรงแรมที่พัก ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.3 การผลิตกระแสไฟฟ้าแบบผสมผสาน (hybrid) เป็นการทำฟาร์มผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้พลังงานลมและแสงอาทิตย์ และหรือทุนธรรมชาติอื่นๆ

3. ด้านการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

จากการคำนวณรายได้ที่ได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบันได้พบว่ามีจำนวนที่สูง ซึ่งหากมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพก็คาดว่าการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่มาจากขยะจะช่วยเสริมสถานะการเงินของเมืองได้เป็นอย่างดีทางหนึ่ง จากข้อมูลเรื่องขยะของเมืองทำให้ทราบว่า มีความเป็นไปได้สูงมากที่จะหาประโยชน์จากขยะทั้งในทางตรงและผลพลอยได้ทางอ้อม

นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะการปรับปรุงระบบเพื่อจัดการให้มีประสิทธิภาพ ได้แก่

1. หาวิธีจัดเก็บค่าเก็บขยะจากบ้านเรือน ซึ่งมีอยู่ถึง 22,368 ครัวเรือน หากเก็บในอัตราปกติ คือ 4 บาทต่อเดือน จะมีรายได้เพิ่มขึ้น 89,472 บาท และเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ในเรื่องการลดการสร้างขยะและการคัดแยกขยะ เช่น ออกเป็นนโยบายในเรื่องค่าเก็บขยะจะลดเป็นอัตราส่วนกับจำนวนของขยะที่ลดน้อยลง การเก็บขยะเป็นการเก็บขยะทั้ง 22,368 ครัวเรือน ถ้าสามารถจัดให้มีที่ทิ้งขยะตามจุดต่างๆของเมือง ในระยะไม่เกิน 300 เมตร ต่อจุด เมืองจะลดค่าใช้จ่ายในการเก็บขยะ ไม่ว่าจะเป็นค่าน้ำมันรถเก็บขยะ เงินเดือนพนักงานเก็บขยะ ค่าเสื่อมสภาพของเครื่องจักรต่าง ๆ

2. การขอ Carbon credit จากปริมาณของก๊าซมีเทนที่เกิดจากขยะเปียกจำนวน 45 ตันต่อวัน จากองค์กรนานาชาติที่เกี่ยวข้องที่ดูแลในเรื่องการลดก๊าซเรือนกจะจก

3. การลงทุนตั้งโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยก๊าซมีเทนที่มาจากก๊าซชีวมวลหรือขยะ ซึ่งปัจจุบันยังมิได้ดำเนินการ แต่มีความเป็นไปได้สูงในการลงทันที่คุ้มค่า

4. หาวิธีการกรองให้ได้ก๊าซมีเทนที่บริสุทธิ์เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับรถยนต์ได้ หากมีก๊าซเหลือวิธีนี้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากก๊าซ

5. การขยายพื้นที่และขอบเขตของการรับขยะมาแปรรูป เพื่อให้การดำเนินการมั่นคงในระยะยาวมีวัตถุดิบที่พอเพียงที่จะป้อนให้กับการผลิตก๊าซ

4. ด้านการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียที่บำบัดแล้ว

เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่บำบัดได้ในปัจจุบันมีจำนวนถึง 7,000 ลูกบาศก์เมตร หากนำมาบำบัดให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำประปาที่สามารถนำไปอุปโภคได้ เช่น ล้างรถ ใช้ในการทำความสะอาด หรือใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ปริมาณน้ำมากๆ ในราคาที่ใกล้เคียงกับน้ำประปาประมาณ 15 บาทต่อลูกบาศก์เมตร พร้อมส่งถึงที่ ด้วยบริการรถส่งน้ำ แทนที่จะส่งทางท่อซึ่งมีค่าการลงทุนเริ่มต้นสูง การใช้รถย่อมมีความยืดหยุ่นสูงกว่ามาก สามารถขยายตัวรองรับกับความต้องการได้ง่ายกว่า ซึ่งจะทำให้มีรายได้ต่อวัน 120,000 บาท คิดหักค่าดำเนินการทั้งหมดเหลือครึ่งหนึ่ง 60,000 บาท ในหนึ่งปีจะมีรายได้ประมาณ 21,000,000 บาท ดังนั้นการลงทุนเริ่มต้นจะเป็นค่าใช้จ่ายของการจัดเตรียมสถานที่เพื่อเก็บน้ำและพื้นที่และอุปกรณ์สำหรับกรองให้น้ำมีคุณภาพตามมาตรฐาน นอกเหนือไปจากนั้นวิธีการนี้ยังจะเป็นการช่วยระบบนิเวศน์อีกทางหนึ่งที่ไม่ต้องรับภาระในการบำบัดน้ำที่ปล่อยทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

5. ด้านการใช้ประโยชน์จากน้ำฝน

1. เนื่องจากพื้นที่ของเทศบาลมีความลาดสูงทำให้เหมาะสมกับการใช้น้ำฝนปั่นไฟฟ้าขนาดเล็ก

2. สะสมไว้เพื่อนำมาใช้เจือจางกับน้ำเสียที่ได้บำบัดแล้วเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการกรองให้เป็นน้ำที่มีคุณภาพในช่วงเวลาที่ฝนไม่ตก

3. ในทางอ้อมโดยการสร้างที่กักเก็บน้ำฝนเพื่อป้องกันน้ำท่วม

4. ใช้ในการดับเพลิง

5. ใช้ในการลดอุณหภูมิของเกาะร้อนในพื้นที่ขนาดใหญ่ภายในเมือง

6. เพื่อช่วยในการลดการใช้น้ำประปา ทำให้กำลังผลิตไม่ต้องขยายตัวมากและลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งช่วยให้ระบบนิเวศน์ไม่เสียสมดุลย์

จากข้อมูลที่ได้ทำให้สามารถสรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้ในเบื้องต้นที่จะนำต้นทุนธรรมชาติที่มีอยู่ในเขตพื้นที่เทศบาลนครตรัง อันได้แก่ พลังงานลม แสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ น้ำเสีย และน้ำฝน มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับการบริหารเมืองตามรายละเอียดดังนี้ (ดูตารางที่ 2.2 ประกอบ)

1. พลังงานลม จากสภาพภูมิประเทศที่เป็นเนินในเขตเทศบาลนครตรัง และอัตราความเร็วลมอยู่ที่ประมาณ 3-33.5 กม.ต่อชั่วโมงนั้น จึงเหมาะกับการตั้งเสากังหันลม (wind turbine) ขนาดใหญ่ ในพื้นที่ที่เป็นเนินเขาของเมือง เช่น บริเวณสำนักงานเทศบาล จวนผู้ว่าราชการ และพื้นที่ราบโล่ง เช่นที่บริเวณบ่อฝังกลบขยะ หรือบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย

2. พลังงานแสงอาทิตย์ จากข้อมูลทำให้ทราบว่าค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงระหว่างวัน 12 ชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.07-5.84 kwh/m2 per day ซึ่งเพียงพอสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่แสงอาทิตย์มิได้ถูกจำกัดด้วยตำแหน่งที่ตั้งและสถานที่ ดังนั้นอาคารต่างๆจึงสามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ทั้งในส่วนของเอกชนและของราชการ ในลักษณะแยกเฉพาะอาคารหรือทำเป็นฟาร์มก็ได้ ไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถที่จะเก็บไว้ใช้เองหากมีเหลือยังขายให้กับการไฟฟ้าภูมิภาคได้ นอกจากนั้นยังอาจจะใช้ความร้อนที่ได้โดยตรงเพื่อทำน้ำร้อนที่ใช้ในครัวเรือนและอุสาหกรรม หรือช่วยในงานถนอมอาหาร

3. พลังงานก๊าซชีวภาพจากขยะ ซึ่งมีความเป็นได้โดยการ 2 ทางคือ ต้องมีขบวนการคัดแยกขยะขั้นต้นก่อน จากนั้นส่วนที่เป็นขยะเปียกจึงนำไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพด้วยวิธีทางเลือก ได้แก่ ระบบขบวนการวิธีหมักแบบไร้อากาศ และแบบฝังกลบ ซึ่งจะได้ก๊าซมีเทนที่ใช้ในการให้ความร้อนได้ จำนวนปริมาณขยะเปียกที่เกิดขึ้นต่อวันในเขตเทศบาลมีจำนวน 45 ตัน จัดว่าพอเพียงในการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า

4. การบำบัดน้ำเสีย ในเขตเทศบาลปัจจุบันมีประมาณ 7,000-8,000 ลบม.ต่อวัน ซึ่งหากนำมาใช้จะเป็นประโยชน์ในการลดค่าใช้ทางอ้อมกับงบประมาณของเทศบาล เช่น การนำไปรดน้ำต้นไม้ ล้างถนน เติมน้ำใต้ดิน งานเกษตรกรรม และช่วยฟื้นฟูสมรรถนะของระบบนิเวศน์ สาหร่ายในบ่อบำบัดสามารถนำไปทำเชื้อเพลิงได้หรือทำปุ๋ย

5. น้ำฝน จากปริมาณน้ำฝนที่ตกในเขตเทศบาลเมื่อคำนวณอย่างหยาบจะได้เท่ากับประมาณ 29 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นตัวเงินในอัตรา 10 บาทต่อลูกบาศก์เมตร จะมีมูลค่าถึงเกือบ 300 ล้านบาท ดังนั้นหากมีการจัดเก็บได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากทุนธรรมชาติส่วนนี้ทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่เมืองได้ เช่น การขอความร่วมมือจากประชาชนในการสร้างที่เก็บน้ำฝนเพื่อช่วยชะลอปริมาณน้ำฝนมิให้ไหลลงสู่ช่องระบายน้ำหลักเร็วเกินไปเพื่อป้องกันน้ำท่วม การนำน้ำฝนที่กักเก็บไว้ไปใช้เพื่อลดประมาณการใช้น้ำประปา เช่นใช้ในล้างรถ รดน้ำต้นไม้ ดับเพลิง เติมสระว่ายน้ำ ใช้ในการลดอุณหภูมิเกาะร้อน (Island heat) ในพื้นที่กว้างๆในเมือง และใช้สำรองในช่วงแล้งหากน้ำประปาไม่พอใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเทศบาลนครตรัง

ประเภททุนธรรมชาติ	ลักษณะของทุนธรรมชาติ	ความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ประโยชน์	ปริมาณ	ของเสียที่เกิดขึ้น	ประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
ลม	ทุนบริสุทธิ์	ได้/ในทางตรง	ไม่จำกัด ไม่มีหมด	ไม่มี	ผลิตกระแสไฟฟ้า
แสงอาทิตย์	ทุนบริสุทธิ์	ได้/ในทางตรง	ไม่จำกัด ไม่มีหมด	ไม่มี	ผลิตกระแสไฟฟ้า/ความร้อน
ก๊าซชีวภาพจากขยะ	ทุนที่ได้จากการให้บริการของระบบนิเวศน์	ได้/ในทางตรง	ขึ้นอยู่กับปริมาณขยะ	ไม่มี	ผลิตความร้อน/กระแสไฟฟ้า
น้ำเสีย	ทุนที่ได้จากการให้บริการของระบบนิเวศน์	ได้/ทางอ้อม	ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำประปา	ขึ้นอยู่กับระบบการบำบัด	รดน้ำต้นไม้/ล้างถนน/เติมน้ำใต้ดิน/งานเกษตรกรรม/ฟื้นฟูสมรรถนะระบบนิเวศน์
น้ำฝน	ทุนบริสุทธิ์	ได้/ทางอ้อม	ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของโลก	ไม่มี	ป้องกันน้ำท่วม/สำรองใช้หน้าแล้ง/ดับเพลิง/รดน้ำต้นไม้/ป้องกันเกาะร้อนในเมือง

ผลที่คาดได้จากการนำทุนธรรมชาติเหล่านี้มาใช้จะช่วยทำให้เทศบาลในด้านการลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มรายได้ ส่งเสริมสิ่งแวดล้อมของเมือง ลดการพึ่งพางบประมาณจากส่วนกลางและช่วยให้ความเป็นอยู่ของประชาชนดีขึ้น

4.3 ผลการเปรียบเทียบ

จากตารางเปรียบเทียบการนำทุนธรรมชาติมาใช้งาน ในตารางที่ 4.5 ทำให้ทราบได้ว่าความยืดหยุ่นในการนำทุนธรรมชาติมาใช้งานมีสูงพอสมควร ตัวอย่างเช่น

1. ในเรื่องการใช้ประโยชน์จากลม เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเท่านั้น และจะต้องมีปัจจัยหลักในเรื่องเงื่อนไขของการเลือกและจัดหาสถานที่ตั้งที่เหมาะสม และต้องเป็นการลงทุนขนาดใหญ่จึงจะได้ผลตอบแทนที่เป็นรูปธรรม

2. ในเรื่องแสงอาทิตย์ ทุนชนิดนี้มีความยืดหยุ่นกว่าในเรื่องทางเลือกการนำไปใช้งานทั้งด้านเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิตน้ำร้อน รวมทั้งยังมีความยืดหยุ่นในเรื่องของขนาดการใช้งานที่สามารถใช้ได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือนที่เป็นหน่วยเล็กที่สุดของเมืองได้

3. ในเรื่องก๊าซชีวภาพที่ได้จากขยะนั้น ก็มีความยืดหยุ่นเช่นกันในเรื่องขนาดการนำไปใช้งานซึ่งสามารถรองรับการใช้งานในครัวเรือนได้ แต่การผลิตในเชิงพาณิชย์จากขยะนั้นเป็นไปได้สองทางคือ การนำไปผลิตไฟฟ้าโดยตรง หรือนำก๊าซที่ผลิตได้บรรจุถังขนาดเล็กเพื่อขายกับการใช้ในระดับครัวเรือน ซึ่งการลงทุนด้านเครื่องมือจะแตกต่างกันสูงพอสมควร ผลได้ทางอ้อมอีกประการคือลดก๊าซเรือนกระจก ลดกลิ่น ได้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งผลพลอยได้อีกด้วย

4. ในเรื่องน้ำเสียนั้น จุดประสงค์โดยตรงคือการลดน้ำเสียที่จะถูกปล่อยเข้าไปในระบบนิเวศน์ของสิ่งแวดล้อมและทำให้เสียสมดุลย์ ซึ่งเป็นการลงทุนที่ไม่ปรากฏผลที่เป็นรูปธรรมที่เป็นตัวเงินที่คืนกลับมาแต่จะช่วยให้ระบบนิเวศน์ทำงานได้อย่างเป็นปกติเท่านั้น ดังนั้นการหาประโยชน์จากน้ำเสียที่บำบัดในทางอ้อมก็มีความเป็นไปได้ โดยการนำน้ำที่บำบัดแล้วไปใช้ในกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับอนามัยของมนุษย์โดยตรง นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ในอนาคตที่จะนำน้ำเสียไปผลิตก๊าซชีวภาพโดยตรงหากมีการพัฒนาเทคโนโลยี่ที่เหมาะสมแล้ว

5. ในเรื่องของน้ำฝน เนื่องจากในโลกปัจจุบันมนุษย์พยายามพึ่งพาเทคโนโลยี่เป็นอย่างมากทำให้ละเลยต่อภูมิปัญญาที่ใช้ได้ผลในอดีต อย่างเช่นการกักตุนน้ำฝนในอดีตมาใช้เพื่ออุปโภคและบริโภค เปลี่ยนมาใช้น้ำประปาแทน ซึ่งโดยข้อเท็จจริงแล้วน้ำฝนก็ยังคงอยู่มิได้หายไปที่ใดเมื่อไม่ได้มีการกักเก็บก็ทำให้เกิดส่วนเกินมาก สร้างผลกระทบใหม่ที่คาดไม่ถึง เช่นในเรื่องน้ำท่วมที่เกิดจากการไหลของน้ำฝนที่ไม่มีการชะลอ ทำให้เกิดการสะสมรวดเร็วเกินกว่าระดับของการ

ระบายจะสามารถทำได้ ดังนั้นผลดีที่จะเกิดขึ้นหากมีการคิดอย่างรอบคอบในการนำน้ำฝนมาใช้ ซึ่งจะช่วยเมืองในทางอ้อม ในการลดการพึ่งพาจากน้ำประปา ป้องกันปัญหาน้ำท่วม รดน้ำต้นไม้ ลดอุณภูมิภายในเมือง ผลโดยรวมแล้วคือทำให้สิ่งแวดล้อมที่สมดุลย์ในระยะยาว

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบของการนำทุนธรรมชาติมาใช้งาน

ทุน ธรรมชาติ	ลม	แสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ จากขยะ	น้ำเสีย	น้ำฝน
รูปแบบการใช้งาน	กังหันลม เพื่อผลิต กระแสไฟฟ้า	แผงเซลล์เพื่อ ผลิต กระแสไฟฟ้า และผลิต ความร้อน	ผลิตความ ร้อนและ ผลิต กระแสไฟฟ้า	รดน้ำต้นไม้/ ล้างถนน/เติม น้ำใต้ดิน/ เกษตรกรรม	ป้องกันน้ำท่วม/ รดน้ำต้นไม้/ ดับเพลิง/ลด อุณหภูมิ
ขนาดของ การใช้ ประโยชน์	ผลิต กระแสไฟฟ้า 10 kw ขึ้นไป	ผลิต กระแสไฟฟ้า/ น้ำร้อนตั้งแต่ ระดับ ครัวเรือนขึ้น ไป	ขนาด ครัวเรือนขึ้น ไป	ไม่จำกัด	ระดับเมือง- อาคารใหญ่
ประมาณค่า ลงทุน	3 แสนบาท ขึ้นไป (15 kw ต่อ 1 ชุด)	4 แสนบาท ขึ้นไป (2 kw-15 ตรม.)	ประมาณ 5 ล้านบาท (800kw/วัน)-123 ล้าน บาท(625 kw)	เป็นผลพลอย ได้ที่จะนำไปใช้ ประโยชน์(by product)	ขึ้นอยู่กับขนาด ของการกักเก็บ และจุดประสงค์ การใช้ต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ทุนธรรมชาติ	ลม	แสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพจากขยะ	น้ำเสีย	น้ำฝน
ระยะเวลาของความคุ้มทุน	6 ปีขึ้นไป	6-8 ปี	NA	NA	ระยะยาวและให้ผลในทางอ้อม
ความต้องการพื้นฐาน	พื้นที่เนินสูง/พื้นที่โล่งกว้างที่มีลมพัดแรงและสม่ำเสมอ	พื้นที่หลังคาหรือพื้นที่โล่งไม่มีต้นไม้แสงอาทิตย์ส่องถึงตลอดเวลา	ขยะเปียกที่เป็นอินทรีย์วัตถุเท่านั้น	ระบบการจัดการเพื่อนำน้ำเสียไปใช้	ความร่วมมือของเจ้าของอาคารเตรียมที่จัดเก็บ
อุปสรรค	การจัดหาสถานที่ที่เหมาะสม/ความแปรปรวนของลม	ความไม่แน่นอนของแสงอาทิตย์	ใช้ในครัวเรือนในเขตเมืองทำได้ยาก/ควรทำที่แหล่งกำเนิด	เป็นแนวคิดใหม่ที่ต้องทำความเข้าใจ	การคืนทุนระยะยาวหรือไม่มีผลที่เป็นรูปธรรม
ข้อเสนอแนะ	ควรจะทำในระดับเชิงพาณิชย์เท่านั้น หรือบูรณาการกับทุนธรรมชาติอื่น	ควรใช้ในระดับระดับพื้นฐานที่ครัวเรือน/ระดับเชิงพาณิชย์ควรทำแบบบูรณาการกับทุนธรรมชาติอื่น	เหมาะสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงหรือแยกปริมาณก๊าซเพื่อขายให้ครัวเรือน	ประชาสัมพันธ์/สาธิตการใช้งาน/เสนอราคาที่จูงใจ	ทำประชาสัมพันธ์/นโยบายทางภาษี/ให้เงินทุนกู้ดอกเบี้ยต่ำ

4.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

สำหรับในด้านปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้การนำทุนธรรมชาติไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะได้แก่

1. สถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่เกิดของทุนธรรมชาติ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ทุนธรรมชาติอย่างเหมาะสม ทุนธรรมชาติที่เป็นทุนบริสุทธิ์ (ลม แสงอาทิตย์ และน้ำฝน) มีตัวแปรในเรื่องของปริมาณที่กำหนดตามตัวไม่ได้ แม้ว่าจะเป็นฟรีและมีอยู่อย่างไม่จำกัดก็ตาม ผิดกับก๊าซชีวภาพที่เกิดจากขยะ กลับเป็นของที่ทุกคนไม่อยากได้แต่หากมีการบริหารจัดการที่ถูกวิธีก็จะทำประโยชน์ได้มากและต่อเนื่องตราบเท่าที่มนุษย์ยังบริโภคและสร้างขยะ

2. การลงทุน อันเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่จะทำให้การนำทุนธรรมชาติเกิดเป็นรูปธรรมให้ผลประโยชน์ได้ ดังนั้นการสร้างความเชื่อมั่นกับผู้ลงทุนแลการให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องจะช่วยให้การด้านทุนธรรมชาติประสบความสำเร็จ ซึ่งปัจจุบันมีหน่วยงานราชการด้านส่งเสริมการใช้พลังงาน ก็มีนโยบายในการช่วยเหลือสนับสนุนเงินทุนในด้านนี้

3. ความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของทุนธรรมชาติบริสุทธิ์ทำให้ไม่อาจจะป้อนวัตถุดิบได้ตามความต้องการ

4. เทคโนโลยี่การนำทุนธรรมชาติมาใช้งานที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและไม่หยุดยั้ง ดังนั้นการเกาะติดกับความเคลื่อนไหวในวงการการพัฒนาเทคโนโลยี่ทางด้านนี้จะช่วยให้สามารถเลือกใช้เทคโนโลยี่ที่มีประสิทธิผลและคุ้มทุนที่สุด

5. ความเข้าใจในเรื่องทุนธรรมชาติของประชากรในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจ แม้กระทั่งเชิญชวนการร่วมลงทุนเพื่อสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้ทุนธรรมชาติ โดยมิต้องคำนึงถึงผลตอบแทนที่เป็นตัวเงินเป็นหลัก นอกเหนือไปจากการให้ความร่วมมือในระดับของปัจเจกบุคคลหรือองค์กรเอกชน

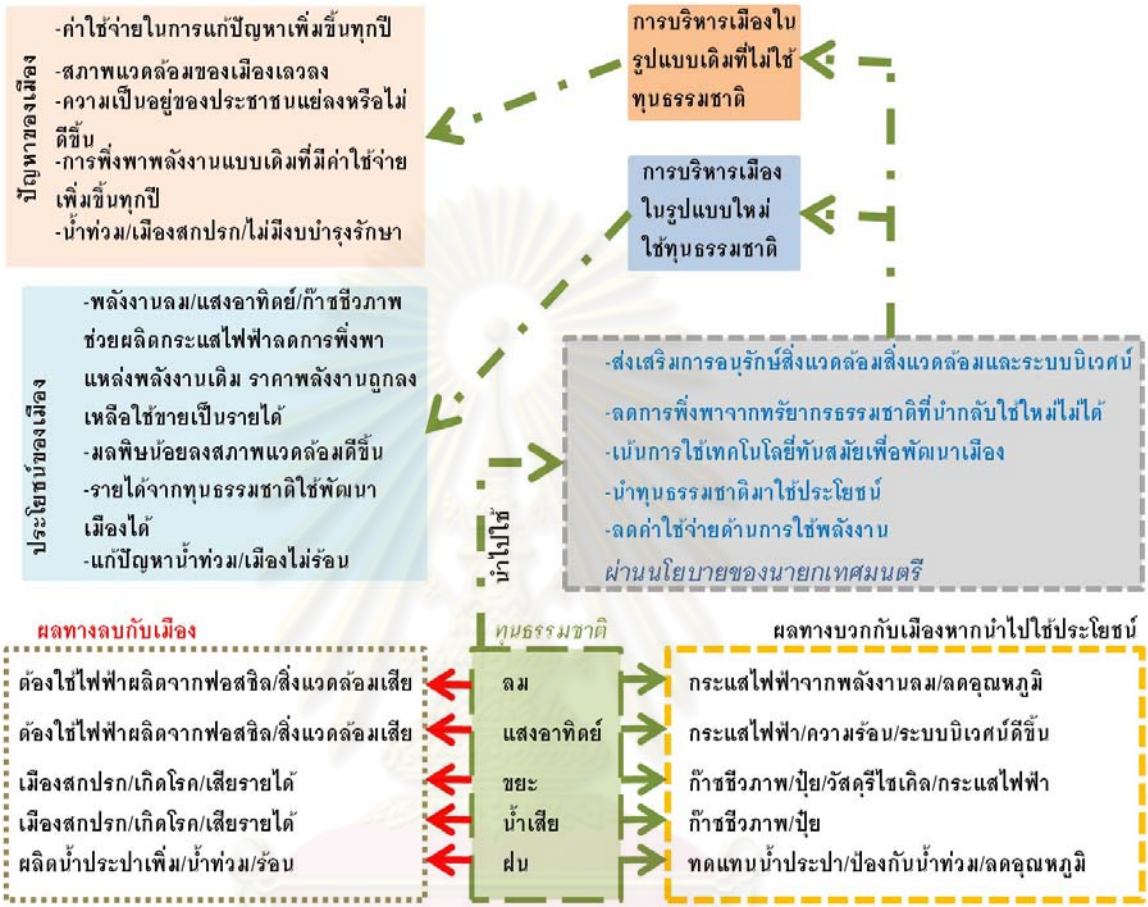
6. การริเริ่มของผู้นำท้องถิ่นในการนำทุนธรรมชาติและเทคโนโลยี่ในด้านนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์กับเมือง อาจจะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการขับเคลื่อนแนวทางการใช้ทุนธรรมชาติขนาดใหญ่ในระดับเมืองให้ประสบความสำเร็จ เนื่องจากการเข้าถึงทรัพยากรด้านการสื่อสารและเงินทุนสนับสนุนจากรัฐบาลส่วนกลาง

4.5 ข้อสรุป

ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วการนำทุนธรรมชาติมาใช้ประโยชน์จึงมีความเป็นไปได้และมีผลในทางบวกกับบวกเท่านั้น ดูภาพที่ 4.10 จะเห็นถึงข้อดีอย่างชัดเจนของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในการบริหารจัดการและพัฒนาเมืองอย่างเช่น กรณีตัวอย่างของเทศบาลนครตรัง ทุนธรรมชาติช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการพึ่งพาพลังงานของท้องถิ่นจากส่วนกลางที่ต้องพยายามจัดเตรียมและวางแผนให้พอเพียงอย่างต่อเนื่องทั้งในปัจจุบันและอนาคตทำให้มีผลต่อสภาพแวดล้อมในภาพรวม นั่นหมายถึงมลพิษที่เพิ่มขึ้น ระบบนิเวศน์เสียหายขาดความสมดุลย์ การที่มีแหล่งพลังงานของตนเองจะช่วยให้การบริหารจัดการในท้องถิ่นง่ายขึ้นเพราะสามารถตัดสินใจโดยไม่ต้องอาศัยงบประมาณของส่วนกลางโดยเน้นที่ความอยู่เย็นเป็นสุขของประชาชนเป็นหลัก แหล่งพลังงานเหล่านี้ไม่ถูกจำกัดเพียงองค์กรของฝ่ายบริหารเมืองเท่านั้นที่มีสิทธิ์ในการนำมาใช้ประโยชน์ สำหรับประชาชนทั่วไป ฝ่ายบริหารก็สามารถวางนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังของทุนธรรมชาตินี้ได้ เช่นกันคือ พลังงานลม แสงอาทิตย์และการผลิตก๊าซชีวภาพในครัวเรือน สิ่งเหล่านี้จะช่วยประชาชนลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้ ปัญหาเล็กๆ เช่นเรื่องไฟฟ้าดับจะมีน้อยลง โดยเฉพาะการส่งเสริมในปัจจุบันยังเน้นด้านการประหยัดพลังงานเชิงพาสซีพมากกว่าทำในเชิงรุกในการนำสิ่งแวดล้อมที่มีมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ทัศนคติเหล่านี้ควรจะเปลี่ยนหรือปรับใหม่ให้ตรงกับกระแสของทุนธรรมชาติที่กำลังจะมาถึงในไม่ช้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.10 แสดงผลสรุปของการนำทุนธรรมชาติมาใช้งานในการจัดการบริหารพัฒนาเมือง



4.6 ข้อเสนอตัวอย่างในการนำทุนธรรมชาติไปใช้กับการบริหารจัดการของเทศบาลนครตรัง

จากผลการวิเคราะห์แม้จะได้ข้อมูลที่ยืนยันความเป็นไปได้ของการนำเอาทุนธรรมชาติไปใช้งานจริงได้ แต่ทั้งหมดยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ยังมิได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ทำให้ไม่อาจจะทราบถึงปัญหาที่แท้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะเพิ่มความเข้าใจให้ลึกซึ้งและมองเห็นภาพของแนวทางที่จะใช้ในการนำปฏิบัติให้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งการรับฟังเสียงสะท้อนกลับของผู้เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้เลือกทุนธรรมชาติ 1 อย่าง สำหรับนำมาใช้ในการเริ่มต้นแผนการทำงาน (road map) ในลักษณะของการสร้างประโยชน์อย่างบูรณาการ ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทุนธรรมชาติที่จะเลือกใช้ตั้งต้นคือ ขยะซึ่งเป็นต้นทุนที่ได้เปล่า และมีการลงทุนต่ำกว่า เพราะปัจจุบันได้มีการลงทุนไว้แล้ว และเมื่อดำเนินการในเรื่องขยะประสบความสำเร็จแล้ว จึงขยายไปสู่การใช้ประโยชน์จากน้ำเสียที่บำบัด ต่อเนื่องไปสู่การใช้ประโยชน์ของแสงอาทิตย์และลมที่ต้องการการลงทุนที่สูงแต่

ผลตอบแทนก็มีความไม่แน่นอน ตามลำดับ ในส่วนของน้ำฝนนั้นจะเป็นส่วนสุดท้ายที่จะดำเนินการเนื่องจากผลตอบแทนจะมิใช่เป็นตัวเงินและต้องเป็นการวางแผนในระยะยาว ดูภาพแผนงานประกอบภาพที่ 4.10 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้ คือ

ระยะที่ 1. ในขบวนการของการกำจัดขยะในโรงงานจะมีผลที่ได้ที่สามารถสร้างรายได้ ได้แก่

1.1 ขยะรีไซเคิล

1.2 ขยะเปียกที่สามารถนำไปทำก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซที่ได้ยังมีทางเลือกในการหารายได้ คือ นำไปบรรจุถังย่อยเพื่อขายให้กับครัวเรือน หรือลงทุนสร้างโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ

1.3 ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการทำก๊าซชีวภาพ

1.4 รายได้ช่วงแรกจากขยะรีไซเคิลจะถูกนำมาลงทุนในเรื่องเครื่องจักรของการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อบรรจุถัง

1.5 เมื่อสะสมกำไรได้เพียงพอกขยะรีไซเคิลบวกกับก๊าซที่บรรจุขายแลปุ๋ยอินทรีย์จะนำไปลงทุนเครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพขายให้กับการไฟฟ้า

ระยะที่ 2. การลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย ซึ่งจะมีรายได้ ได้แก่

2.1 ใช้เงินกำไรจากทุนขยะมาใช้ลงทุนเครื่องจักรผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพด้วยน้ำเสีย

2.2 ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้การการทำก๊าซชีวภาพ

2.3 น้ำที่มีคุณภาพสำหรับใช้ในการอุปโภคเพื่อจำหน่ายให้กับประชาชนทั่วไป

ระยะที่ 3. การลงทุนในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งแม้ว่าจะเป็นได้เปล่าแต่ก็ต้องมีการลงทุนสูงในระดับเชิงพาณิชย์ ดังนั้นผลของรายได้จากการกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียจะสามารถนำมาสนับสนุนได้ ส่วนการประชาสัมพันธ์ใช้ประชาชนหันมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะช่วยในเรื่องการประหยัดทรัพยากรด้านพลังงานเท่านั้น

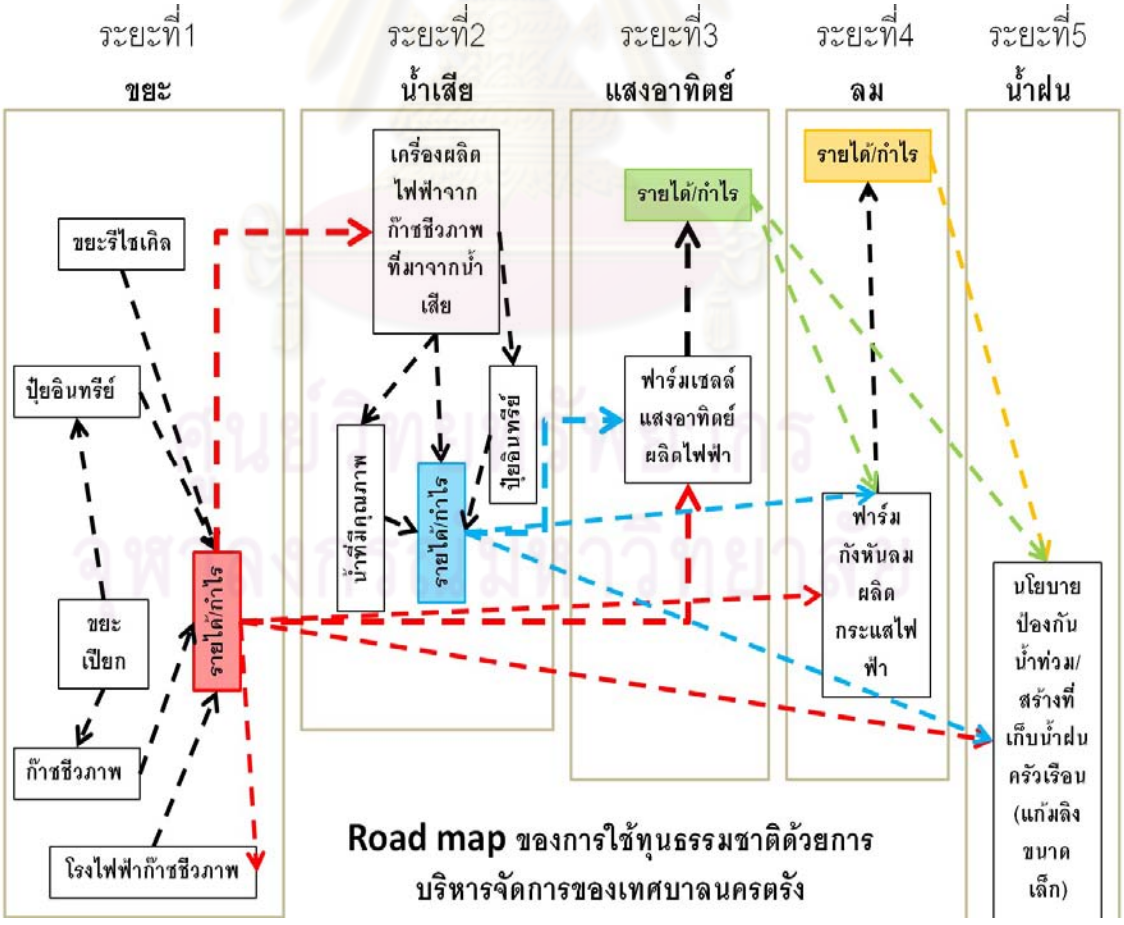
ระยะที่ 4. การลงทุนในด้านพลังงานลมจะสามารถทำได้เมื่อการลงทุนด้านการหาประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ประสบความสำเร็จเท่านั้น และควรจะการลงทุนในลักษณะ

บูรณาจากทุนอย่างน้อย 2 ประเภทขึ้นไปโดยเฉพาะแสงอาทิตย์และพลังลมเพื่อเกื้อหนุนกันหากประสบปัญหาเรื่องสภาพอากาศแปรปรวน

ระยะที่ 5. การลงทุนด้านป้องกันน้ำท่วมของเมืองโดยใช้กำไรที่ได้จากการลงทุนในทุนธรรมชาติทั้ง 4 อย่างข้างต้นมาส่งเสริมประชานชนให้ร่วมกันสร้างที่เก็บน้ำฝนของตนเองเพื่อลดภาระของระบบระบายน้ำในลักษณะของการทำแก้มลิงเล็กๆกระจายอยู่ทั่วเมืองช่วยชะลอน้ำมิให้เข้าสู่ระบบธรรมชาติเร็วเกินไป การลงทุนนี้จะไม่ได้รับผลตอบแทนเป็นตัวเงิน แต่จะช่วยรักษาความมั่นคงของเมืองในระยะยาวได้

เมื่อโครงการดำเนินไปอย่างมั่นคงแล้วรายได้ส่วนหนึ่งหรือส่วนที่เหลือก็จะสามารถนำมาใช้พัฒนาความเจริญให้แก่เมืองในส่วนอื่น ๆได้

ภาพที่ 4.11 แสดงถึง Road map ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาเมือง



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาเกี่ยวการศักยภาพหรือความเป็นไปได้ในการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาเมืองนั้น พบว่าในภาพรวมแล้วมีความเป็นไปได้สูงจากความเอื้ออำนวยของสภาพภูมิศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและขนาดความสามารถในการสร้างผลตอบแทนที่คุ้มทุนในระยะยาว โดยเฉพาะปัจจัยทุนธรรมชาติที่เหมาะสมที่สุด คือ พลังลม แสงแดด และก๊าซชีวภาพ เพราะในปัจจุบันมีเทคโนโลยี่ที่ก้าวหน้าและมีค่าการลงทุนในระดับต่ำ ทำให้มีแรงจูงใจในการนำเทคโนโลยี่ไปใช้งาน นอกจากนั้น พลังงานทั้งสามรูปแบบยังสามารถจับมารวมกันเพื่อให้ช่วยเสริมกันและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ ส่วนทุนธรรมชาติอันดับรองลงมา คือน้ำเสียที่บำบัดแล้วนั้น การนำกลับไปใช้ประโยชน์จะเป็นไปในรูปแบบของการใช้งานแบบพื้นๆใช้เทคโนโลยี่ต่ำ (low technology) แต่ต้องการบริหารการจัดการสูงจึงจะช่วยให้สามารถสร้างผลตอบแทนที่คุ้มค่าได้ในลักษณะการเสริมเท่านั้น สำหรับทุนธรรมชาติอันดับท้าย คือน้ำฝน ความเป็นไปได้ในการหาวิธีใช้ประโยชน์เพื่อสร้างผลตอบแทน ยังต้องการการศึกษาที่ลึกซึ้งมากกว่านี้และต้องเป็นการศึกษาในแบบคิดนอกกรอบด้วย ดังเช่น ตัวอย่างที่ได้มีการศึกษาวิจัยในประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น ที่ใช้ประโยชน์จากน้ำฝนในทางอ้อม เพื่อป้องกันน้ำท่วมของเมือง ในขณะเดียวกันก็นำน้ำฝนที่เก็บได้ไปใช้ประโยชน์ทางตรง คือเพื่อการบริโภค และอุปโภค เช่นการดื่มกินในครัวเรือน รดน้ำต้นไม้ สำรองดับเพลิง ลดอุณภูมิ เป็นต้น ดูตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการนำทุนธรรมชาติไปใช้งานทั่วไป

2. ในส่วนการศึกษาผลโดยรวมของการนำทุนธรรมชาติไปประยุกต์ใช้งานเพื่อทำประโยชน์ให้กับตัวอย่างกรณีศึกษาเทศบาลนครตรังนั้น พบว่าโดยเฉลี่ยจะอยู่ในระดับปานกลาง สาเหตุนั้นเนื่องจาความเอื้ออำนวยและข้อจำกัดของตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และขนาดของพื้นที่ของเทศบาล ดูตารางที่ 5.2 ประกอบ

3. นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างการบริหารของเมืองก็พบว่า แม้ว่าจะมีนโยบายบางส่วนที่ต้องการพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นนโยบายที่เป็นแบบ passive ที่เป็นเพียงการเน้นด้านการอนุรักษ์เท่านั้น ซึ่งหากจะประสบความสำเร็จในการนำเทคโนโลยี่และทุนธรรมชาติมาใช้

ต้องมีนโยบายที่ทำงานในเชิงรุก และเมื่อได้มองลึกลงไปในระดับปฏิบัติการก็จะพบว่ายังขาดข้อต่อสำคัญในการสานและผลักดันให้แนวคิดของการใช้ทุนธรรมชาติเดินไปข้างหน้าอย่างมั่นคง นั่นคือการขาดหน่วยงานเฉพาะที่ดูแลในเรื่องนี้ ซึ่งเป็นงานในหน่วยงานนี้ต้องการความเชี่ยวชาญและคุ้นเคยกับเทคโนโลยี่ พร้อมกับมีการบริหารงานที่สอดคล้องกับการนำเทคโนโลยี่ด้านการส่งเสริมด้านสิ่งแวดล้อมมาใช้

4. เมื่อมองไปในส่วนของงบประมาณก็พบว่าฝ่ายบริหารส่วนท้องถิ่นยังต้องได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่มาจากส่วนกลางทำให้ความเป็นอิสระในการนำเสนอนโยบายใหม่ที่เกินเลยไปจากแนวนโยบายของส่วนกลางจึงเป็นไปได้ยาก ซึ่งเป็นผลให้ขาดการริเริ่มโครงการใหม่ๆที่แม้จะเป็นผลดีต่อส่วนรวมแต่ก็ไม่อาจจะทำได้ ซึ่งอาจจะเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำทุนธรรมชาติมาใช้

5. แม้ว่าทุนธรรมชาติจะมีความเป็นอิสระของตัวเองในการนำไปใช้งาน แต่การนำมาใช้อย่างบูรณาการย่อมเกิดผลในทางบวกมากขึ้น ทั้งในด้านการส่งเสริมการใช้ทุนธรรมชาติอย่างเป็นระบบ และยังรักษาระบบนิเวศน์ให้สามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ทุนธรรมชาติที่ได้กล่าวถึงในงานวิจัยนี้ยังเป็นทุนธรรมชาติที่ล้วนแต่มีความชัดเจนเป็นตัวของตัวเองทำให้ง่ายต่อการหยิบจับมาใช้ แต่ยังมีทุนธรรมชาติอีกประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นคู่ขนานกัน เป็นการทำงานในลักษณะของวงจรให้บริการ (service) ที่ทำหน้าที่บำบัดและกรองคล้ายคลึงกับการบำบัดน้ำเสีย แต่มีขนาดความซับซ้อนมากกว่า เช่น ขบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนในดิน หรือที่เห็นได้ชัดและนิยมใช้คือขบวนการบำบัดน้ำเสียเลียนแบบขบวนการทางธรรมชาติ การบริการแบบนี้หากสามารถศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้ย่อมจะเกิดประโยชน์อย่างมหาศาลในวงกว้าง เพราะธรรมชาติจะเป็นผู้กรองและบำบัดผ่านขบวนการของการให้บริการระบบนิเวศน์ ซึ่งอาจจะเป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียและของเสียอื่นๆที่เกิดจากมนุษย์ และจะช่วยให้สิ่งแวดล้อมมีความสมดุลย์มากขึ้นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์

7. เนื่องจากในปัจจุบัน การดำเนินกิจกรรมใดๆเพื่อส่วนรวมในระดับเมือง มักจะมาจากการคิดริเริ่มของฝ่ายบริหารแม้ว่ามันจะเป็นหน้าที่โดยตรงก็ตาม ซึ่งทำให้มีข้อจำกัดทั้งในด้านการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาและการขอความร่วมมือ รวมทั้งฝ่ายบริหารอาจจะไม่ทราบถึงต้นตอของ

ปัญหาอย่างแท้จริง ดังนั้นการประชาสัมพันธ์และการให้ความรู้อย่างต่อเนื่องจะเป็นกุญแจสำคัญในการดึงมวลชนให้เข้ามาร่วมทำกิจกรรมอย่างจริงจัง รวมทั้งการผลักดันให้เกิดความคิดริเริ่มแก้ปัญหาในหมู่ประชาชน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งสิ่งแวดล้อมที่มีคุณภาพดีขึ้นและผู้อยู่อาศัยก็จะมีสุขภาพดีมีความสุขตามไปด้วย

ตารางที่ 5.1 แสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเขตเมืองทั่วไป

ทุนธรรมชาติ	พื้นที่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้	ศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (มาก-ปานกลาง-ต่ำ)	ประโยชน์ (ตรง-อ้อม)	ขนาดที่นำไปใช้งานที่ได้ผล (ขนาดใหญ่-ปานกลาง-เล็ก)
ลม	เนินสูง/ที่โล่งกว้างที่มีลมพัดแรงและสม่ำเสมอ	ขึ้นอยู่กับที่ตั้งภูมิประเทศ	ตรง	ปานกลาง-ใหญ่
แสงอาทิตย์	หลังคาของอาคารและสิ่งก่อสร้างที่หันรับแสงอาทิตย์	ขึ้นอยู่กับที่ตั้งภูมิประเทศ	ตรง	ทุกขนาด
ก๊าซชีวภาพ	แหล่งรวบรวมขยะ	สูง	อ้อม	ใหญ่
น้ำเสีย	แหล่งบำบัดน้ำเสีย	ต่ำ	อ้อม	ทุกขนาด
น้ำฝน	หลังคาอาคาร สิ่งก่อสร้างที่รับน้ำฝนได้	ต่ำ	อ้อม	ปานกลาง-ใหญ่

ตารางที่ 5.2 แสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้ในเทศบาลนครตรัง

ทุนธรรมชาติ	พื้นที่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้	ศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (มาก-ปานกลาง-ต่ำ)	ประโยชน์ (ตรง-อ้อม)	ขนาดที่นำไปใช้งานที่ได้ผล (ขนาดใหญ่-ปานกลาง-เล็ก)
ลม	สำนักงานเทศบาล/จวนผู้ว่า/ที่ฝังกลบขยะ/ที่บำบัดน้ำเสีย/และที่โล่งหรือเนินเขาอื่นๆ	ปานกลาง	ตรง	ปานกลาง-ใหญ่
แสงอาทิตย์	หลังคาของอาคารและสิ่งก่อสร้างเฉพาะครัวเรือน 21,344 หลังคาและอาคารอื่นๆในเขตเทศบาล	ปานกลาง	ตรง	ทุกขนาด
ก๊าซชีวภาพ	แหล่งรวบรวมขยะของเทศบาล	สูง	อ้อม	ใหญ่
น้ำเสีย	แหล่งบำบัดน้ำเสียของเทศบาล	ต่ำ	อ้อม	ทุกขนาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

ทุนธรรมชาติ	พื้นที่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้	ศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (มาก-ปานกลาง-ต่ำ)	ประโยชน์ (ตรง-อ้อม)	ขนาดที่นำไปใช้งานที่ได้ผล (ขนาดใหญ่-ปานกลาง-เล็ก)
น้ำฝน	หลังคาของอาคารและสิ่งก่อสร้างเฉพาะครัวเรือน 21,344 หลังคาและอาคารอื่นๆในเขตเทศบาล	ต่ำ	อ้อม	ปานกลาง-ใหญ่

หมายเหตุ: ความหมายของระดับที่อ้างในตารางที่ 5.1 และ 5.2

-ความหมายระดับของศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

มาก หมายถึง ไม่มีอุปสรรค และได้ผลเต็มที่

ปานกลาง หมายถึง มีอุปสรรค และได้ผลปานกลาง

ต่ำ หมายถึง มีอุปสรรคมาก และได้ประโยชน์น้อย

-ความหมายด้านประโยชน์

ตรง หมายถึง ผลผลิตที่ได้สามารถนำไปใช้ได้เลย

อ้อม หมายถึง ผลผลิตที่ได้ต้องนำไปผ่านขบวนการอื่นๆก่อน

-ความหมายของขนาดของการนำไปใช้งานที่ได้ผล

ใหญ่ หมายถึง ผลิตเพื่อการค้าได้

ปานกลาง หมายถึง ผลิตเพื่อการใช้งานหรือการค้าขนาดเล็ก

เล็ก หมายถึงการใช้งานในระดับครัวเรือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

1. การนำทุนธรรมชาติไปใช้ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของที่ตั้งทางภูมิศาสตร์โดยเฉพาะกับลม และแสงอาทิตย์ ซึ่งผลที่ได้จะไม่มีมลพิษหรือของเสีย ก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณขยะซึ่งจะแปรผันกับขนาดของเมือง น้ำเสียก็เช่นกันจะแปรผันกับขนาดของเมืองในขณะที่มีความพยายามที่จะลดปริมาณการเกิดน้ำเสียดังนั้นผลประโยชน์ที่ได้จากน้ำเสียจะมีน้อย ส่วนน้ำฝนนั้นหากนำเอาแนวคิดของการป้องกันน้ำท่วมมาใช้กับเมืองโดยเฉพาะที่ลุ่มต่ำที่เสี่ยงกับภัยธรรมชาติของน้ำน่าจะเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยบรรเทาความรุนแรงและเสียหายได้ ดังตัวอย่างที่ได้เกิดกับจังหวัดตรังเมื่อเร็วๆนี้

2. การเพิ่มหน่วยงานเฉพาะที่มีเอกเทศเพื่อดูแลในเรื่องการใช้ทุนธรรมชาติอย่างเหมาะสมจะเป็นแนวทางเริ่มต้นที่ดี เนื่องจากยังขาดในเรื่องนี้

3. ยังขาดการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการเรียนรู้รวมเปิดช่องทางให้สามารถนำไปปฏิบัติจริงก็จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในเรื่องของสิ่งแวดล้อม ซึ่งสังเกตได้จากในขณะที่ผู้วิจัยสืบค้นข้อมูลโดยเฉพาะทางอินเตอร์เน็ต

4. แม้ว่าการทำโครงการนำร่องจะเป็นผลดีในการสาธิตให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยี่ไปใช้งาน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะล้มเหลวเนื่องจากขาดการติดตามผลและการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องรวมทั้งการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องด้วย ซึ่งก็เป็นอุปสรรคหนึ่งที่มักจะทำให้โครงการดีๆประสบความล้มเหลว

5. โครงการด้านการนำทุนธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ ควรและต้องทำในลักษณะของการบูรณาการและต่อเนื่อง

6. เนื่องจากทุนธรรมชาติเป็นสิ่งที่มีอยู่ทั่วไป แต่จำนวนและปริมาณของทุนธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้นั้นยังต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหนึ่ง คือสถานที่ตั้งซึ่งเลือกไม่ได้ แต่ปัจจัยอื่นก็ยังคงสามารถปรับได้ เช่น ความริเริ่มและการค้นหาแนวคิดใหม่ในการประยุกต์สิ่งที่มีอยู่ ความร่วมมือ แลจิตสำนึกในเรื่องการอนุรักษ์รักษาสิ่งแวดล้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะทำ Road map หรือ แผนการระยะยาวของการนำทุนธรรมชาติมาใช้และผสานกับการทำงานที่มีอยู่เดิม

2. ควรจะเริ่มปรับปรุงการบริหารองค์กรบางส่วนที่เน้นในระบบการทำงานที่ส่งเสริมสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้วิธี EMS (Environment Management System) ในหน่วยงานบางแห่งเพื่อสาธิตและจุดประกาย วิธีการทำงานในรูปแบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่สามารถให้ผลเป็นรูปธรรม และส่งผลให้มีการใช้งานในหน่วยงานอื่นๆกว้างขวางยิ่งขึ้น

3. ควรจะสร้างเครือข่ายของการใช้ทุนธรรมชาติทั้งในระดับเทศบาล จังหวัด ประเทศและระหว่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และสร้างพันธมิตร รวมทั้งการหาทุนสนับสนุน

4. ควรจะสมัครเป็นสมาชิกองค์กรต่างๆทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อรับข้อมูลข่าวสาร ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี่

5. เริ่มศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งหน่วยงานเฉพาะตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

6. ควรจัดให้มีผู้เชี่ยวชาญมาให้ความรู้เพื่อความตื่นตัวแก่ประชาชน

7. เน้นวิธีการมีส่วนร่วมของการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในเรื่องขอความเห็นในการตัดสินใจ

8. พิจารณาการนำ ISO 14001 มาใช้งานเรื่องจัดการสิ่งแวดล้อม

จากผลการวิจัยนี้จึงพอจะสรุปได้ว่าการนำทุนธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในระดับเมืองนั้นมีความเป็นไปได้สูงแต่ต้องทำอย่างบูรณาการ อีกประการหนึ่งแม้ว่างานวิจัยนี้จะเป็นข้อเสนอแนะที่ใช้กับตัวอย่างกรณีศึกษาเทศบาลนครตรังก็ตาม แต่โดยเนื้อหาแล้วผู้วิจัยยังหวังว่า งานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปเป็นความรู้พื้นฐานสำหรับการคิดและจุดประกายเพื่อประยุกต์ใช้ทุนธรรมชาติกับเมืองหรือเทศบาลอื่นๆที่มีแนวคิดในการนำทุนธรรมชาติมาใช้ประโยชน์และต้องการสงวนรักษาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนสำหรับคนรุ่นใหม่ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองวิชาการและแผนงาน. แผนพัฒนาสามปี 2549-2551. เทศบาลนครตรัง : กองวิชาการและแผนงาน, 2548.

คลังปัญญาไทย. ฝน. 2554 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php/ [2554, เมษายน10].

ควบคุมมลพิษ, กรม. คู่มือการกำหนดอัตราค่าบริการบำบัดน้ำเสีย. 2554 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: Pdf.http:www.pcd.go.th/public/Publiccations/print_water. cfm?task=fees_treatwater. [2554, เมษายน11].

เชาว์ นกอยู่. ทิศทางใหม่ของการจัดการขยะมูลฝอย: ของเสียสู่พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ, 2554.

เทคโนโลยี่แสงอาทิตย์. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg5.htm. [2554 เมษายน 10].

เทศบาลนครตรัง. ประวัติความเป็นมาของเทศบาลตรัง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.trangcity.go.th/TH/index.php. [2554 เมษายน 10].

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. ค่าบำบัดน้ำเสีย...จัดเก็บอย่างไรจึงเป็นธรรม. 2546. [ออนไลน์].แหล่งที่มา : www.tei.or.th/viewpoint/viewpoint22.html. [2554, เมษายน 10].

นพรัตน์ ภาคีพร และคนอื่นๆ. การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์. กรุงเทพมหานคร, 2547.

นโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลนครตรัง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.mews.onep.go.th/wwt_detail. aspx?id=w00094. [2554 เมษายน 11].

นิศา ชูโต. การวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ปริ้นต์โฟร, 2548.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2540.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. กระทรวงพลังงานและภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. คู่มือข้อมูลมาตรฐาน ภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในพลังงานทดแทน. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.). 2548.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. คู่มือข้อมูลมาตรฐาน ภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในพลังงานทดแทน. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.), 2548.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. การฝังกลบ.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4f1&doc=jU1BXagDtCvnxk9q. [2554, เมษายน 11].

วงษ์พานิชย์. ราคากลางรับซื้อขยะรีไซเคิลวันนี้. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.wongpanit.com/wpnnew/. [2554, เมษายน 11].

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. บรรณาธิการ. รวมบทความทางวิธีวิทยาการวิจัย. เล่มที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. สนุกกับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พิณฆเณศ พริ้นท์ติ้ง เซ็นเตอร์, 2546.

สุนทร บุญญธิการ. การวิจัยการออกแบบเพื่อกายภาพบำบัดและสร้างดัชนีระบบนิเวศน์. ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยี่อาคารและสิ่งแวดล้อม : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

สุนทร บุญญาธิการ. โครงการวิจัยศึกษาลักษณะเฉพาะสิ่งแวดล้อมจังหวัดตรัง. ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยี่อาคารและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

อุตุนิยมวิทยาทะเล, ศูนย์. ลม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.marine.tmd.go.th/thai/windhtml/windhtml.html. [2554, เมษายน 10].

Energy Pedia. ของก๊าซชีวภาพ ขุมทรัพย์จากเสีย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.energyfantasia.com/ef4/pedia/pediashow.php?show=507. [2554, เมษายน10].

Thailand energy and environment network. ทฤษฎีก๊าซชีวภาพ. Chiang Mai University. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://teenet.chiangmai.ac.th/btc/introbiogas02.php#05. [2554, เมษายน10].

ภาษาอังกฤษ

Alaska Conservation Alliance. REEL in Alaska RoadMap. 2010. http://natcapsolutions.org/Alaska/COMPLETE-REELinAlaskaRoadmap.pdf. [2011, April 11].

Almack, K. The Natural Capital Approach in Decision-Making. Thesis. Lund, Sweden. 2011.

Anarow, B. Greener, C. Gupta, V. Kinsley, M. Henderson, J. Page, C. and Parront, K. Whole-Systems Framework for Sustainable Consumption and Production. Danish Ministry of the Environment, 2003.

Anielski, M. and Wilson, S. Counting Canada's natural capital: assessing the real value of Canada's boreal ecosystems. The Pembina Institute. 2009. http://www.borealcanada.ca/documents/BorealBook_CCNC_09_enFINAL.pdf. [2011, April 10].

Bagstad, K. J. Ecological economic applications for urban and regional sustainability. Thesis. The University of Vermont, 2009.

Benyus, J. M. Biomimicry Innovation inspired by nature. Perennial, New York : Perennial, 2002.

Bioenergy Association of New Zealand (BANZ). Biogas. http://www.bioenergy.org.nz/biogas.asp. [2011, April 10].

Biogas Technology Limited. Carbon credits. http://www.biogas.co.uk/carbon.htm. [2011, April 10].

Burton, T. Sharpe, D. Jenkins, N. Bossanyi, E. Wind Energy Handbook. 1st edition. John Wiley & Sons, 2001.

Cormia, R. D. and College, F. Building a sustainable world. PowerPoint. http://www.slideshare.net/rdcormia/building-a-sustainable-world-3011227/download. [2011, April 10].

De Groot, R. Van der Perk, J. Chiesura, A. Van Vliet, A. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital. http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/…/doctorado_bases_articulo2.pdf. [2011, April 11].

England, R. W. Funds Flows and Natural Capital: A conceptual reconstruction. http://holtz.org/Library/Social%20Science/Economics/Defining%20Natural%20Capital.pdf. [2011, April 11].

Environmental protection. Missouri Landfill Biogas Generates Carbon Credits. 2008. http://www.eponline.com/articles/2008/04/09/issouri-landfill-biogas-generates-carbon—credits.aspx. [2011, April 10].

European Commission. Charter of European Cities & Towns Toward Sustainability. 1994. www.ec.europa.eu/environment/urban/pdf/aalborg_charter.pdf. [2011, April 10].

E-Wire. Indiana Company to Submit Proposal to Utilize Algae to Treat Wastewater and Create Renewable Energy. http://www.ewire.com/display.cfm/Wire_ID/4808. [2011, April 10].

Fabricius, C. and Collins, S. Community-based natural resource management: governing the commons. Pdf. http://www.iwaponline.com/wp/009S2/0083/009S20083.pdf. [2011, April 10].

Filho, S. and Carlos Lazaro, J. Eco-Management System Applied in Municipal Administration: Principles to Manage the Sustainable Development. www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ds_art_04.doc+town+adminstration+by+sustainable+management+system&hl=en&gl=th&pid=bl&srcid=ADGEESh_BPY6l8qN-Dt7p1GShphh- ovHkhG7vlCowZx0LDkVbuScgII7A3AFJntO67mIP79q WL61D1PeHo_07c5CBb5 RLKmSPP_8Hlg50Sx6hL8SdBQcoKxYhldX5KZMwgnq8zo29OH&sig=AHIEtbRx nmzrImz54l0_nhIpQNhXuo3Enw. [2011, April 11].

Frasier, G. and Lloyd, M. Handbook of Water Harvesting. Washington D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, 1983.

Furumai H. Kim, J. Imbe, M. and Okui H. Recent application of rainwater storage and harvesting in Japan, 2008.

Gengyuan, Z. Y. Chen, B. and Zhang, L. Analysis of Resource and Emission Impacts: An Emergy-Based Multiple Spatial Scale Framework for Urban Ecological and Economic Evaluation. 2011. www.mdpi.com/journal/entropy. [2011, April 11].

Grimes, P. M. Urbanization and water in the northern San Joaquin valley. Thesis. University of California Davis, 2001.

Han, M. and Park, J. Rainwater management in Korea: Public involvement and policy development, 2005.

Hawken, P. Lovins, A. B. and Lovins, H. L. Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution. Little-Brown and Company, 1999.

Howard, George S. Ecological Psychology. University of Notre Dame Press : Notre Dame Indiana, 1997.

Identifying critical natural capital, Ecological Economics 44 (2003) 159_ 163. http://www.uvm.edu/~jfarley/237/Readings/cnc.pdf. [2011, April 11].

IUCN. A Gateway to PES. 2007. www.cmsdata.iucn.org/downloads/a_gateway_to_pes.pdf. [2011, April 10].

James, B. Solar Power and Fuels. Academic Press, 1977.

JetStream. Origin of Wind. National Weather Service Southern Region Headquarters. 2008. http://www.srh.noaa.gov/jetstream//synoptic/wind.htm. [2011, April 10].

Julian L. Simon. The Ultimate Resource. Princeton University Press : Princeton New Jersey, 1981.

Knight, J.D. Inspired by nature. Article. 2009. http://www.pdfhere.com/biomimicry-janine-benyus-pdf-pdf. [2011, April 10].

Loyer, D. Natural Capital and Sustainable Development in Africa. working paper. Agence Française de Développement, 2006.

Marais, C. The restoration of natural capital and the development of payments for ecosystem services in South Africa: An opportunity for sustainable natural resource management and use? PowerPoint. http://www.slideshare.net/tbliconference/the-restoration-of-natural-capital-and-the-development-of-payments-for-ecosystem-services-in-south-africa-an-opportunity-for-sustainable-natural-resource-management-and-use/download. [2011, April 11].

Millennium ecosystem assessment. Living beyond our means-Natural assets and human well-being. http://www.maweb.org/documents/document.429.aspx.pdf. [2011, April 10].

Missouri Department of Natural Resources. Wind Energy Resources. http://www.dnr.mo.gov/energy/renewables/wind-energy.htm. [2011, April 11].

Pacey, A. and Cullis, A. Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas. UK: Intermediate Technology Publications, 1986.

Ravnborg, H. M. Pilar Guerrero, M. del, and Westermann, O. Collective action for managing natural resources- A manual for identifying stakeholders. Danish International Development Agency, 2000.

Segura, O. Systems of innovation and learning from natural capital. 1999. www.druid.dk/uploads/tx_picturedb/ds1999-78.pdf. [2011, April 11].

Siracusa, G. La Rosa, A.D. Design of a constructed wetland for wastewater treatment in a Sicilian town and environmental evaluation using the emergy analysis. 2006. http://www.dmfci.unict.it/siracusa/web1/overview.../ecological%20modelling.pdf. [2011, April 11].

Spera, D. Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts in Wind Turbine Engineering. Second Edition. New York : ASME Press, 2009.

Srinivas V. Capitals. http://vijaybhaskers.tripod.com/NIRD/capitals.pdf. [2011, April 10].

Standardmethods. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. http://www.standardmethods.org. [2011, April 10].

Sunderaj, L. R. The internalization of Natural capital depreciation in a selected Macroeconomic model: implications for short-run analysis. Thesis. National University of Singapore, 2004.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., and Stensel, H.D. Wastewater Engineering (Treatment Disposal Reuse). 4th ed. Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill Book Company, 2003.

Thai Solar Future. Proposal of Turnkey Construction of MW Solar Farm in Thailand. 2011. http://www.thaisolarfuture.com. [2011, April 10].

ThaiSolarFuture. สินค้าและบริการ. http://www.thaisolarfuture.com/index.php. [2011, April 10].

Thaiwind turbine.com. ความรู้เกี่ยวกับ Wind turbine. http://www.thaiwindturbine.com/windturbine.html. [2011, April 30].

Thompson, L. M. Creating a Culturally Relevant Environmental Management System for a Métis Workplace. Thesis. University of Manitoba, 2009.

Turner, R.K. Ledoux, L. and Cave, R. THE USE OF SCENARIOS IN INTEGRATED ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF COASTAL-CATCHMENT ZONES: the case of the Humber Estuary, 2001. UK. www.iia.cnr.it/rende/big_file/EUROCAT/ EUROCAT%20WD01. pdf. [2011, April 11].

Wilson, S. J. Natural capital in BC's Lower mainland: Valuing the benefits from nature. David Suzuki Foundation, 2010. http://www.davidsuzuki.org/publications/downloads/ 2010/DSF_lower_mainland_n atural_capital.pdf. 11 April 2011.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

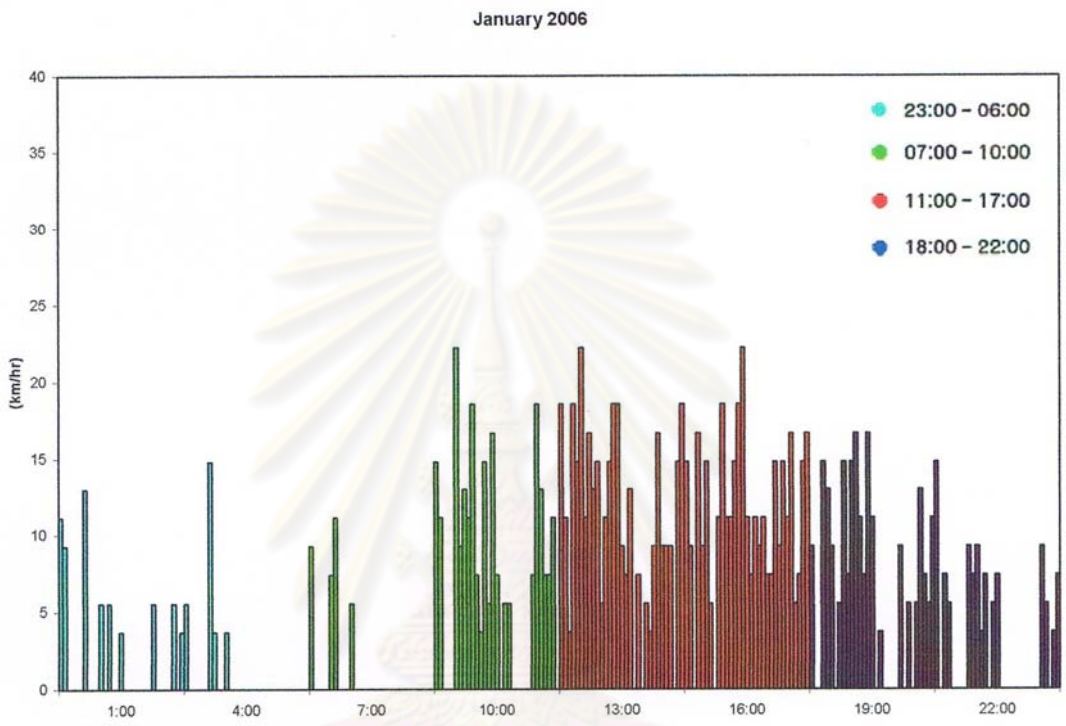
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลม ปี พ.ศ. 2549

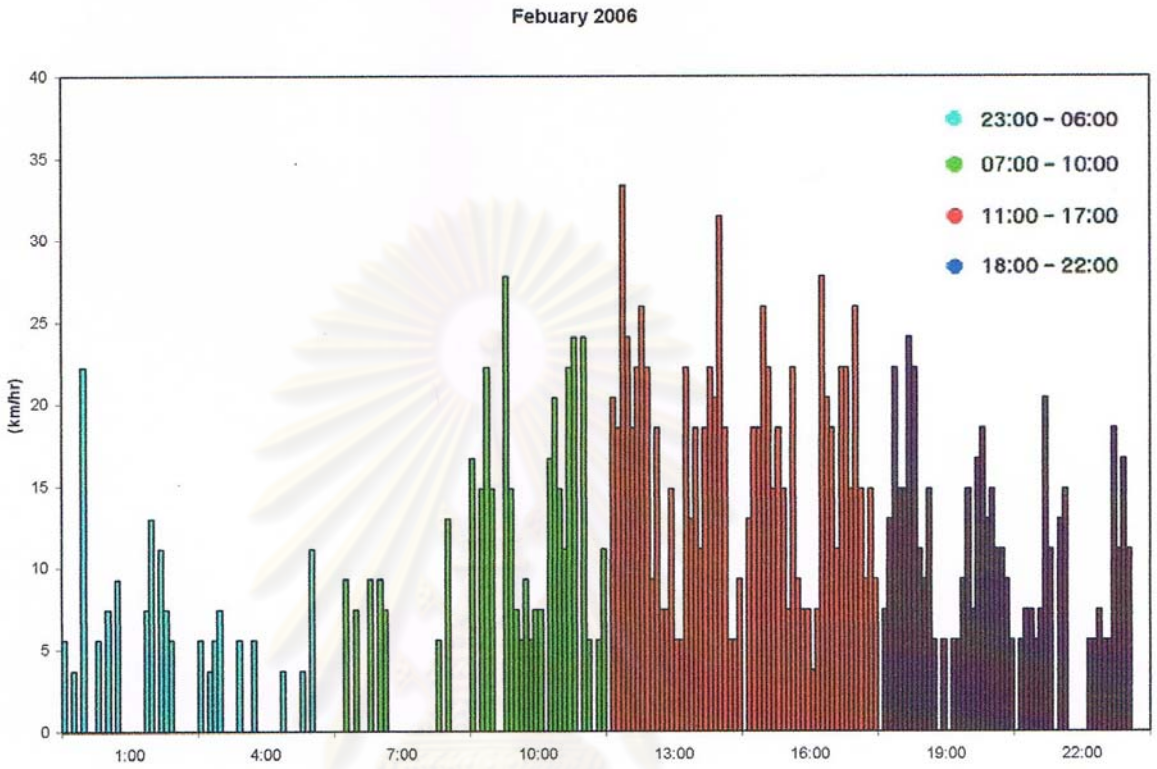
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 1 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)



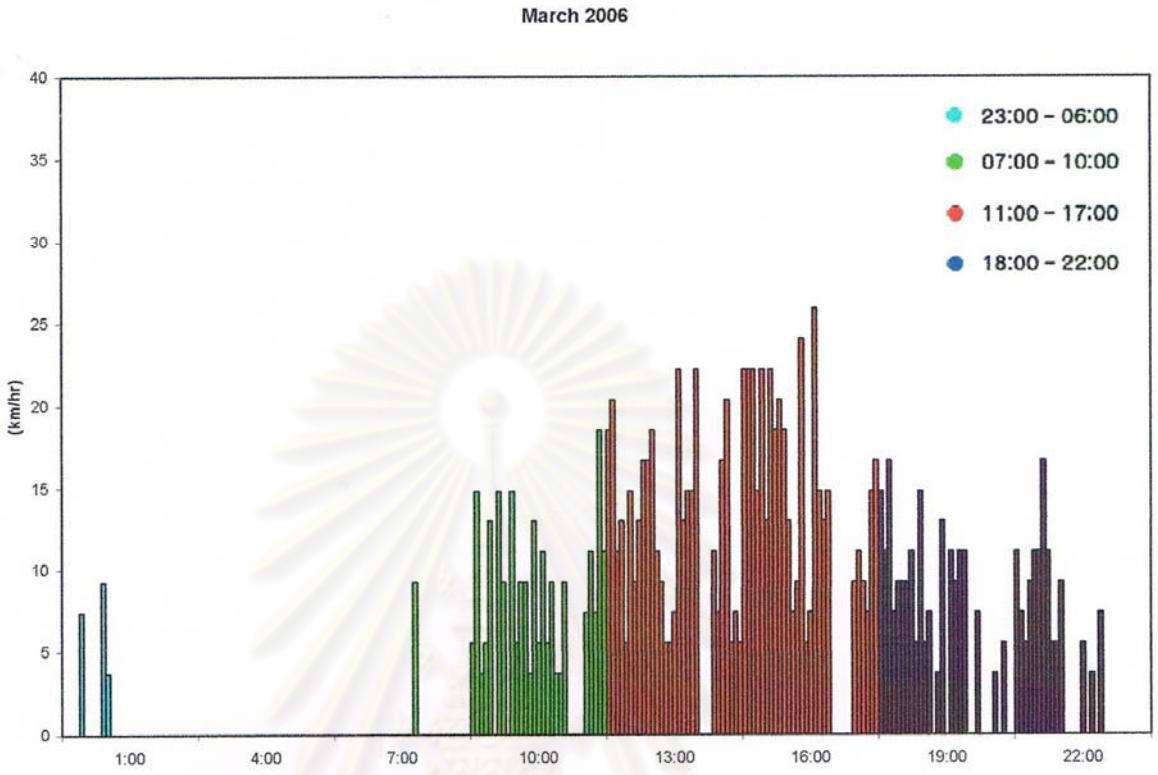
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2549 (2006)

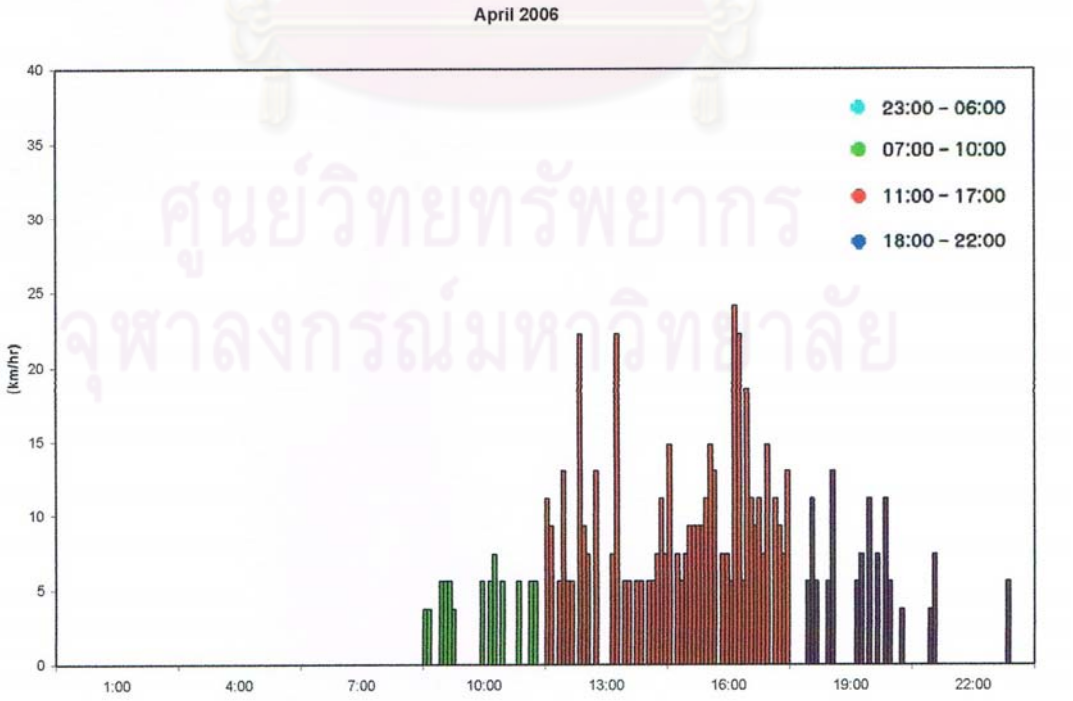


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)

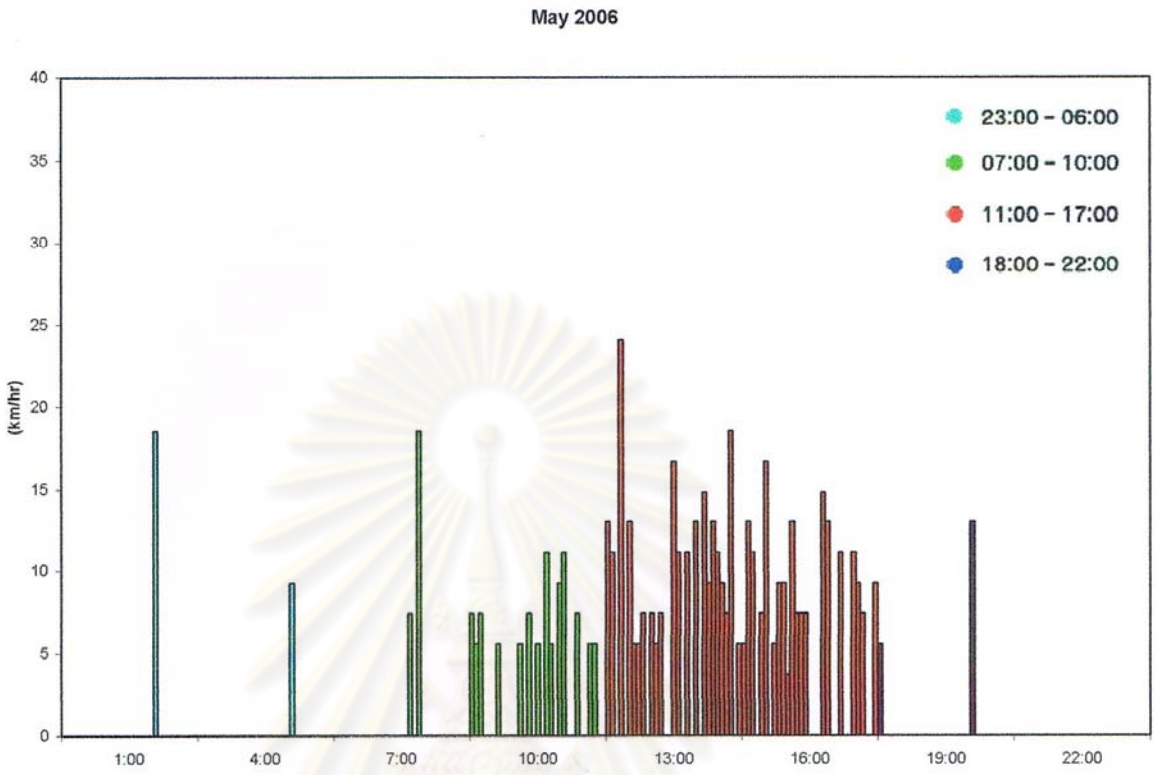


ภาพที่ 4 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2549 (2006)

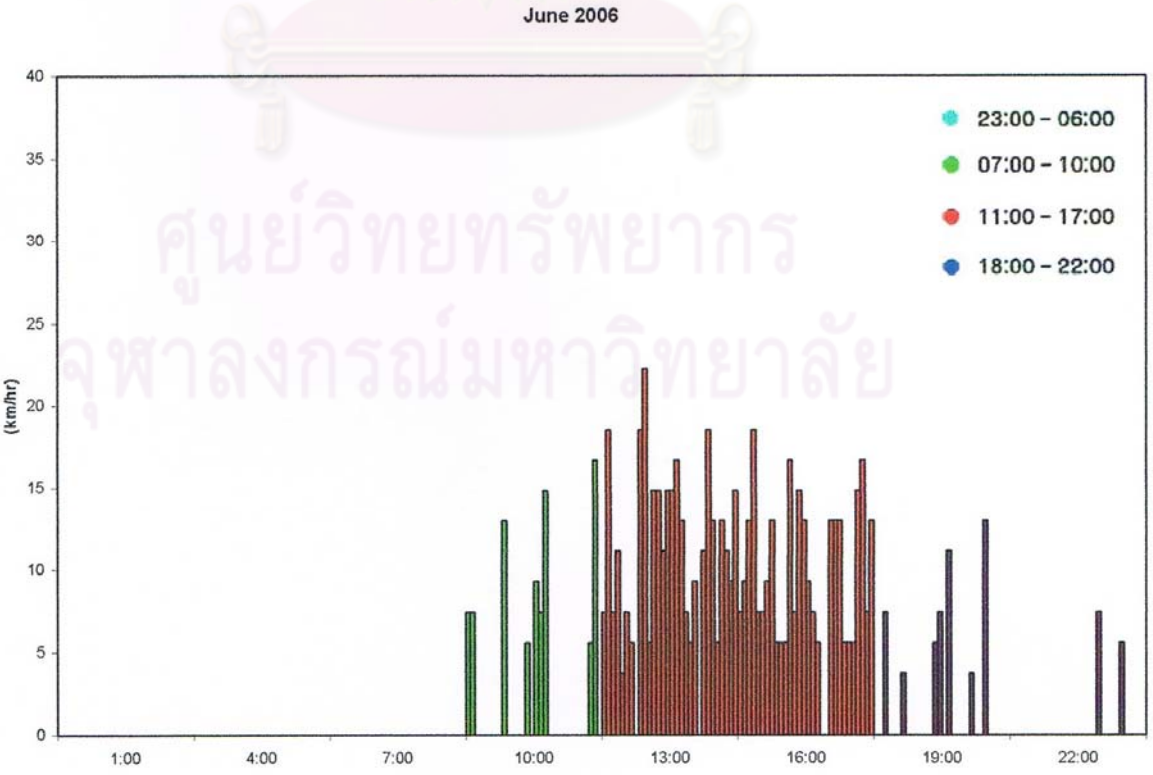


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)

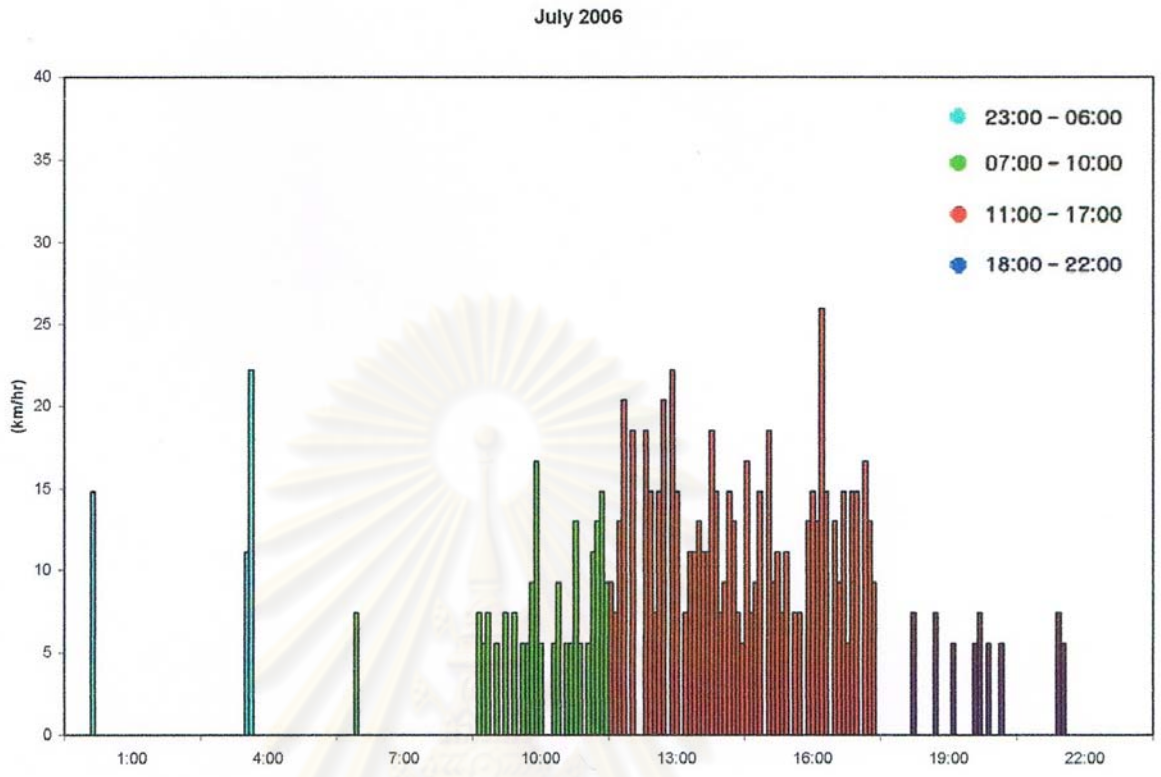


ภาพที่ 6 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2549 (2006)

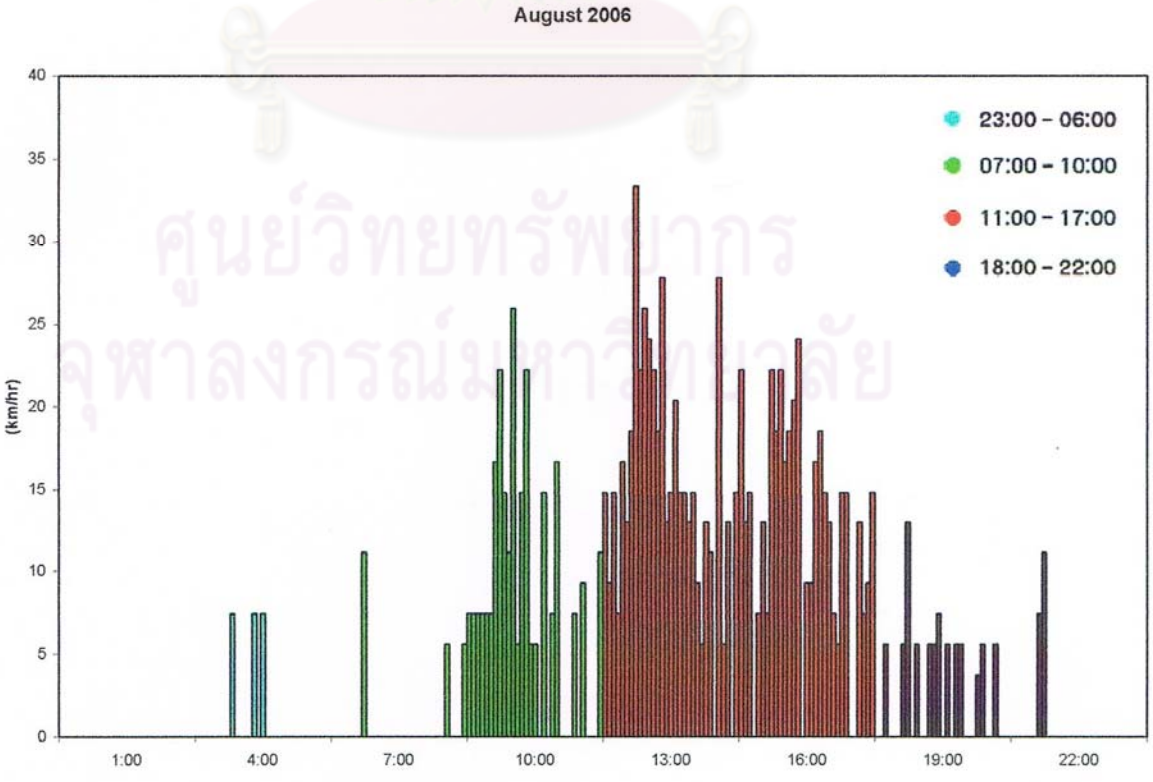


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 7 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)

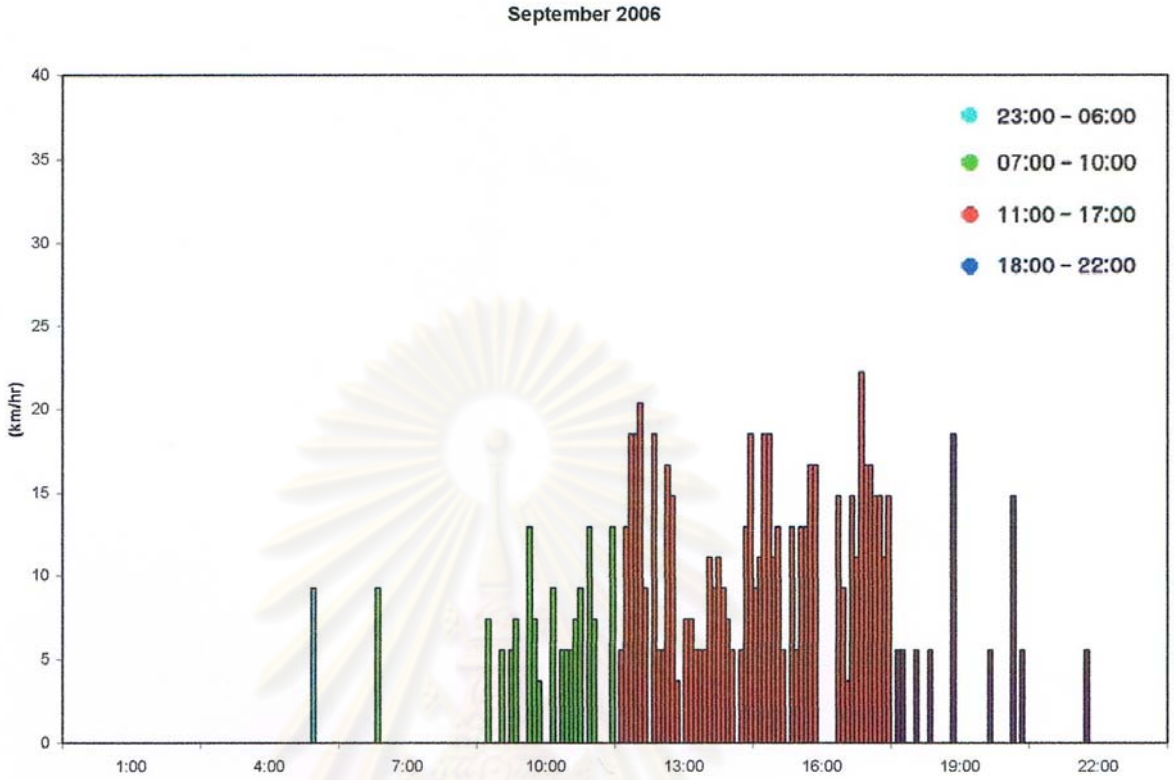


ภาพที่ 8 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)

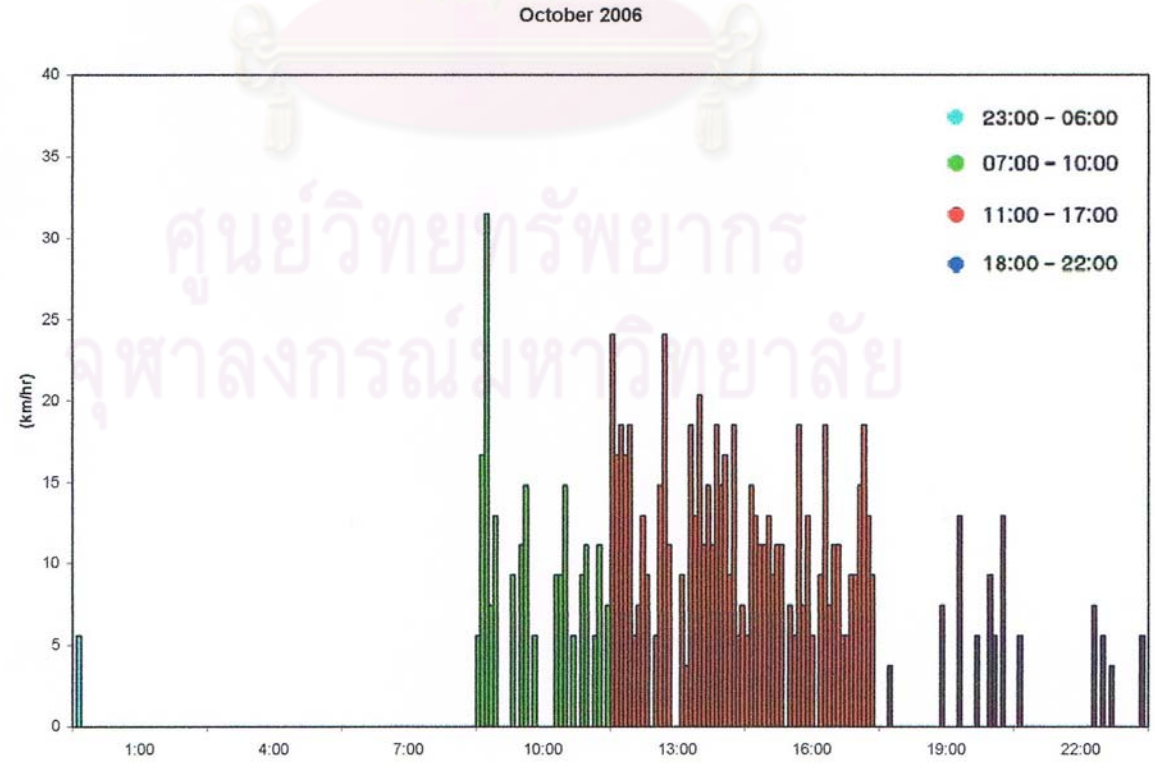


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 9 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2549 (2006)

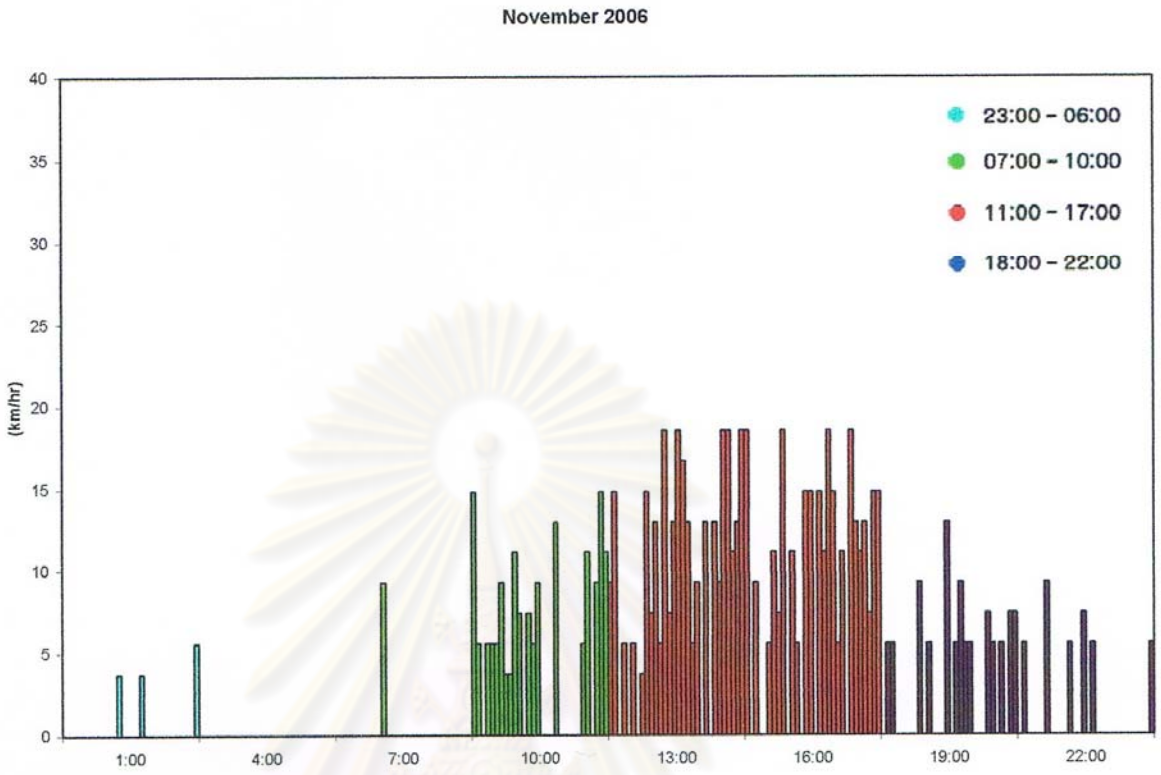


ภาพที่ 10 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)

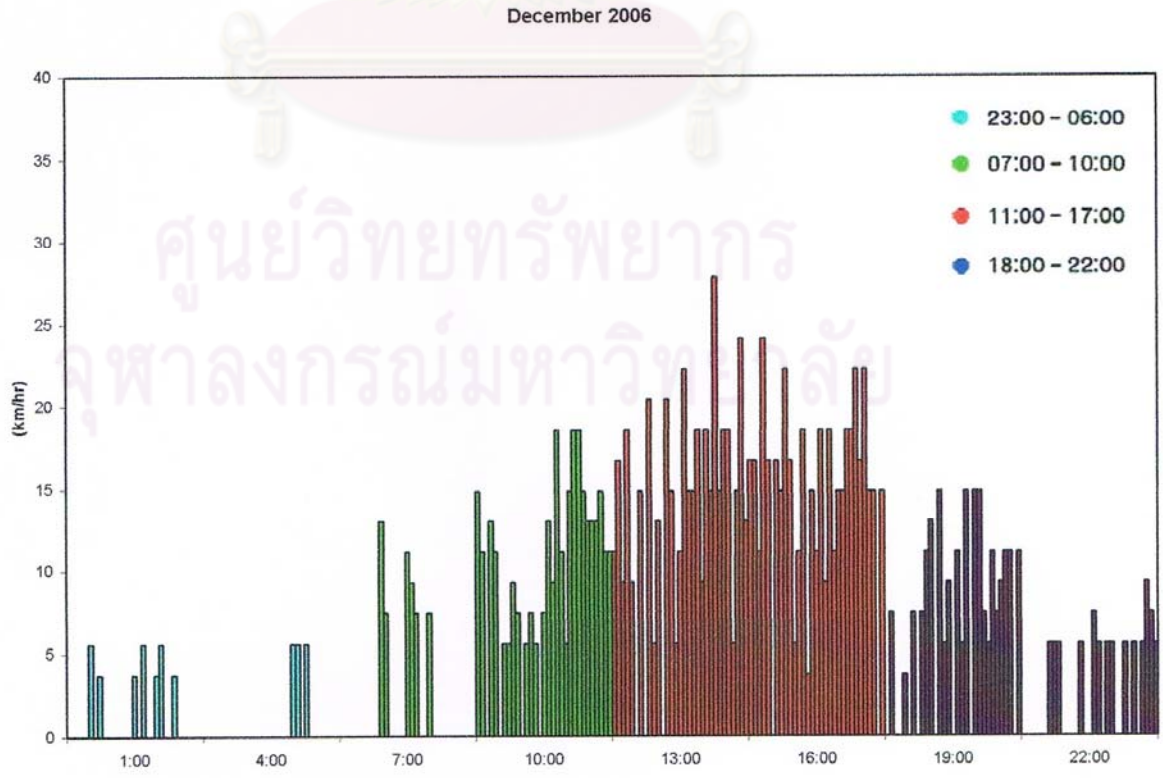


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 11 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2549 (2006)



ภาพที่ 12 แผนภูมิการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2549 (2006)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเทศบาลนครตรัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับเทศบาลนครตรัง (ที่มา: www.trang.go.th)

1. ประวัติความเป็นมาของเทศบาลนครตรัง

เทศบาลนครตรังเริ่มต้นก่อตั้งมาจากการจัดตั้งเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในรูปแบบสุขาภิบาล ในปี พ.ศ. 2474 สมัยรัชกาลที่ 7 ต่อมาเมื่อมีพระราชบัญญัติระเบียบเทศบาล พ.ศ. 2476 สุขาภิบาลจังหวัดตรังจึงได้รับการยกฐานะมาเป็นเทศบาลเมืองตรังตามพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งเทศบาลเมืองตรัง ซึ่งมีผลหลังจากการประกาศใช้ในราชกิจจานุเบกษา ลงวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ. 2478 ซึ่งเปิดดำเนินการครั้งแรกโดยใช้ที่ทำการสุขาภิบาลจังหวัดตรังเดิมเป็นสำนักงานเทศบาล ตั้งอยู่ถนนวิเศษกุล ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง มีพื้นที่รับผิดชอบทั้งสิ้น 6.86 ตารางกิโลเมตร และต่อมาปี พ.ศ. 2484 เทศบาลได้ทำการก่อสร้างอาคารสำนักงานเทศบาลเมืองตรังขึ้นมาใหม่ในที่เดิม โดยสร้างเป็นอาคารไม้ชั้นเดียวและใช้ในการดำเนินงานจนถึงปี พ.ศ. 2511 เทศบาลได้ขยายอาณาเขตเทศบาลออกไปอีก 7.91 ตารางกิโลเมตร รวมเป็นพื้นที่รับผิดชอบใหม่ทั้งสิ้น 14.77 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2522 (ดูภาพที่ 1.1) ได้มีการสร้างอาคารเทศบาลขึ้นใหม่เพื่อทดแทนอาคารเดิมที่คับแคบและทรุดโทรมลักษณะอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทรงไทยสูง 3 ชั้น และเมื่อปี พ.ศ. 2542 เทศบาลตรังก็ได้รับการเลื่อนฐานะเป็นเทศบาลนครตรัง และมีดวงตราเป็นรูปพระอาทิตย์ ทะเลและนางฟ้าถือดวงแก้ว (ดูภาพที่ 1.2) ซึ่งหมายถึงความเจริญรุ่งเรืองและสุขสมบูรณ์ของประชาชนในท้องถิ่น สอดคล้องกับคำว่าตรังที่เป็นภาษาท้องถิ่นแปลว่า รุ่งอรุณ

ภาพที่ ข.1 ดวงตราของเทศบาลนครตรัง

2. พื้นที่และอาณาเขต

ทิศเหนือ จดตำบลนาตาล่วง อำเภอเมือง

ทิศใต้ จดตำบลโคกหล่อ อำเภอเมือง

ทิศตะวันออก จดตำบลบ้านโพธิ์และบ้านควน อำเภอเมือง

ทิศตะวันตก จดตำบลบางรัก อำเภอเมือง

มีพื้นที่รวม 14.77 ตารางกิโลเมตร ดูภาพที่ ข.2

ภาพที่ ข.2 แสดงขอบเขตพื้นที่ของเขตเทศบาลนครตรัง

3. ลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์ เทศบาลนครตรัง มีพื้นที่และลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา บริเวณใจกลางเมืองจะเป็นพื้นที่เนินสูงลักษณะคล้ายหลังเต่า เทลาดลงไปโดยรอบ การจัดวางถนนจะเป็นไปตามลักษณะการบังคับของภูมิประเทศที่เป็นเนินเขา โดยมีแนวถนนสายหลักได้แก่ ถนนวิเศษกุล ถนนรัษฎา ถนนสังข์วิทย์ ถนนเพลินพิทักษ์ ถนนควนขนุน ถนนท่ากลาง ถนนบางรัก ถนนห้วยยอด เป็นต้น มีคลองไหลผ่าน 2 สาย คือคลองน้ำเจ็ดพาดผ่านทางตะวันออกลงไปทางใต้บรรจบกับแม่น้ำตรังที่อยู่ด้านใต้ของเขตเทศบาล และคลองห้วยยางไหลผ่านด้านตะวันตก พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกและด้านตะวันออก

4. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

-แหล่งน้ำ มีหนองน้ำสาธารณประโยชน์ 30 แห่ง คลอง 2 สาย

-แหล่งน้ำเสีย มีปริมาณ 5,700-6,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีระบบที่บำบัดได้ในปัจจุบันในอัตรา 6,000-7,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

-ทางระบายน้ำหลัก ใช้คลอง 2 สาย ห้วยยางและน้ำเจ็ด

-ขยะ มีปริมาณ 56 ตันต่อวัน ใช้วิธีกำจัดโดยการกลบฝังบนพื้นที่ 113 ไร่ ตั้งอยู่ที่ทุ่งแจ้ง

-สวนสาธารณะ มี 5 แห่ง รวมพื้นที่ 344.5 ไร่ หรือคิดเป็นอัตราส่วนต่อประชากร 9.4 ตารางเมตรต่อคน

5. การคมนาคมและจราจร

-การเข้าถึงพื้นที่ในเขตเทศบาลมี 3 ทาง คือทางบกโดยทางถนน และทางรถไฟ และทางอากาศโดยใช้สนามบิน

-การเดินทางภายในเขตเทศบาลจะใช้ถนนที่มีขนาดไปกลับ 4 ช่องทางจราจร

6. ระบบประปา

-ครัวเรือนที่ใช้น้ำประปา 6,013 ครัวเรือน

-น้ำประปามีกำลังการผลิตได้ 12,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อัตราใช้น้ำประปาโดยเฉลี่ย 9,000 ลูกบาศก์ต่อวัน

-แหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปาจากแม่น้ำท่าจีน 40 % และน้ำบาดาล 60 %

7. ระบบไฟฟ้า

-ครัวเรือนที่ใช้ไฟฟ้า 19,820 ครัวเรือน

-พื้นที่ให้บริการครอบคลุม 100 %

-ไฟฟ้าส่องสว่างทางสาธารณะครบเกือบทุกสาย

8. ลักษณะและจำนวนประเภทอาคารสิ่งก่อสร้าง

-บ้านเรือน 21,344 หลัง

-โรงพยาบาลรัฐขนาด 474 เตียง 1 แห่งและเอกชน 3 แห่ง รวม 300 เตียง

มีอัตราส่วนของแพทย์ต่อประชากร 1 ต่อ 720 คน

-ศูนย์บริการสาธารณสุข 3 แห่ง

-ศูนย์สุขภาพชุมชน 1 แห่ง

-คลีนิก สถานพยาบาล กายภาพบำบัด ตรวจทางห้องปฏิบัติการ แผนโบราณ ของเอกชนรวม 125 แห่ง

-ศาสนาสถานได้แก่วัด มัสยิดและโบสถ์คริสต์ รวม 11 แห่ง

-สถานที่จำหน่ายอาหาร ตลาดสด และแผงลอย รวม 506 แห่ง

-โรงงานอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่ (มากกว่า 50 ล้านบาท) 1 แห่ง ขนาดกลาง (10-50 ล้านบาท) 5 แห่ง และขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 1 ล้านบาท) 123 แห่ง โดยมีกิจกรรมได้แก่ ทำยางข้นและแผ่นยางรมควัน แปรรูปไม้ยางพารา ซ่อมเครื่องยนต์ ทำผลิตภัณฑ์คอนกรีต ทำน้ำแข็ง ทำขนม ทำขนมจีน งานกลึง ทำลูกชิ้น ทำน้ำดื่ม ทำกะปิ

-สถานบริการ โรงแรม 18 แห่ง ปั๊มน้ำมัน 16 แห่ง ร้านเสริมสวย-ตัดผม 76 แห่ง สถานีขนส่ง 3 แห่ง

-ชุมชน มีจำนวน 27 ชุมชน

-สถานีวิทยุกระจายเสียง 5 แห่ง

-สนามกีฬา-นันทนาการ มีรวม 24 แห่ง

-โรงเรียนรวม 99 แห่ง

-วิทยาลัย 5 แห่ง

-มหาวิทยาลัย 5 แห่ง

9. วัฒนธรรมประเพณีและศาสนา

-ศาสนาที่นับถือ ได้แก่ พุทธ อิสลาม และคริสต์

-ประเพณีวันสำคัญ 12 วัน ได้แก่วันขึ้นปีใหม่ มาฆบูชา สงกรานต์ บรรพชาสามเณร ชักพระควนขัน วิสาขบูชา อาสาฬหบูชา เข้าพรรษา ทอดกฐินสามัคคี ออกพรรษา สารทไทย ลอยกระทง

-เทศกาลสำคัญ 5 เทศกาล ได้แก่ กินเจ มหาเช็งเม้ง ตรุษจีน คริสต์มาส วาเลนไทน์

10. แหล่งท่องเที่ยว

-แหล่งท่องเที่ยวจะอยู่ภายนอกรอบๆเขตเทศบาล โดยใช้เทศบาลเป็นศูนย์กลางที่พัก

11. ประชากร

-จำนวนประชากรในเขตเทศบาลจากสถิติเมื่อปี 2551มีจำนวนประมาณ 58,631 คนแบ่งเป็นเพศชาย 27,475 คนและเพศหญิง 31,156 คน (ดูตารางที่ 1.1) หรือคิดเป็นอัตราส่วนประชากรต่อพื้นที่เท่ากับ 3,970 คนต่อหนึ่งตารางกิโลเมตร

-จำนวนหลังคาเรือนจากสถิติมีจำนวนประมาณ 21,344 หลังคาเรือน

12. ข้อมูลและสถิติด้านสุขภาพ

-อัตรการเกิด 8.77 ต่อ ประชากร 1,000 คน

-อัตราการตาย 3.88 ต่อ ประชากร 1,000 คน

-สาเหตุการเจ็บป่วยได้แก่ ระบบทางเดินหายใจ ความดันโลหิตสูง กระดูกและข้อ เบาหวาน ระบบทางเดินอาหารตามลำดับ ดูตารางที่ 1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนประชากรในเขตเทศบาลปี 2551

อายุ (ปี)	จำนวนประชากร/ร้อยละ			
	ชาย(คน)	หญิง(คน)	รวม(คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 1	114	116	230	0.39
1 - 6	2,837	2,524	5,361	9.14
7 - 12	3,482	3,335	6,817	11.63
13 - 17	2,846	2,950	5,796	9.89
18 - 60	15,745	18,690	34,435	58.73
60 ขึ้นไป	2,451	3,541	5,992	10.22
รวม	**27,475**	**31,156**	**58,631**	**100**

ตารางที่ 1.2 แสดงจำนวนผู้ป่วยและโรค

ลำดับที่	โรค	จำนวนผู้รับการรักษา (ครั้ง)	คิดเป็นร้อยละ
1	*ระบบทางเดินหายใจ*	2,160	17.52
2	ความดันโลหิตสูง	1,526	13.51
3	กระดูกและข้อ	1,117	13.74
4	เบาหวาน	805	9.90
5	ระบบทางเดินอาหาร	528	6.49

13. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

-เทศบัญญัติเทศบาลนครตรัง จังหวัดตรัง เรื่อง สุสานและฌาปนสถาน พ.ศ. 2544

-เทศบัญญัติเทศบาลนครตรัง เรื่อง กำหนดบริเวณห้ามก่อสร้างอาคารบางชนิด พ.ศ. 2545

-พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2546

-พระราชบัญญัติ ระเบียบข้าราชพลเรือน

-รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550

-พระราชบัญญัติ ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

-พ.ร.บ.การสาธารณสุข พ.ศ.2535

-พ.ร.บ.กำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจฯ พ.ศ.2542

-พ.ร.บ.ภาษีป้าย พ.ศ.2510

-พ.ร.บ.ภาษีโรงเรือนและที่ดิน พ.ศ.2475

-พ.ร.บ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ.2535

-พรบ.การขุดดินและถมดิน พ.ศ.2543

-พรบ.การผังเมือง พ.ศ.2518

-พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ.2535

-พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522

-พรบ.ภาษีบำรุงท้องที่ พ.ศ.2508

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

14. โครงสร้างการจัดองค์กรของเทศบาล ดูภาพที่ ข.3

ภาพที่ ข.3 ภาพแผนภูมิโครงสร้างการจัดองค์กรของเทศบาลนครตรัง

15. นโยบายของคณะผู้บริหารเทศบาลปัจจุบัน

นโยบายหลักคือ ทำงานเป็นระบบ เน้นด้านการพัฒนาเมืองให้ตอบสนองต่อความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจให้มีระดับที่ดี โดยเฉพาะการใช้แนวคิดทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก มีการพัฒนาความรู้ของประชาชนผ่านช่องทางเทคโนโลยี่ใหม่ๆและการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเน้นการค้นหาและใช้เทคโนโลยี่ที่ทันสมัยที่สามารถสนองตอบต่อความต้องการในปัจจุบันและอนาคต

16. แผนพัฒนาเทศบาล

-ยุทธศาสตร์และแนวทางการพัฒนาในช่วงปี 2554-2556 (ดูภาคผนวก 1)

-ยุทธศาสตร์การศึกษาพัฒนาคนและสังคมที่มีคุณภาพ

-ยุทธศาสตร์การอนามัยและการสาธารณสุขที่มีระดับคุณภาพ

-ยุทธศาสตร์การพัฒนาสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติควบคูกับ การส่งเสริมการท่องเที่ยว

-ยุทธศาสตร์การพัฒนากายภาพเมือง โครงสร้างพื้นฐานที่ได้มาตรฐาน

-ยุทธศาสตร์การมีส่วนร่วมทุกภาคส่วน

-ยุทธศาสตร์การศาสนา ศิลปวัฒนธรรม จารีตประเพณีและภูมิปัญญาท้องถิ่น

-ยุทธศาสตร์การพัฒนาศักยภาพขององค์กร

-ยุทธศาสตร์อยู่ดีมีสุขของประชาชน

-โครงการบำบัดน้ำเสีย เป็นโครงการที่ได้ก่อสร้างเสร็จและเปิดใช้งานแล้ว

-โครงการนำร่อง เป็นโครงการทดลองการใช้เซลล์แผงอาทิตย์ที่อาคารสำนักงานเทศบาล

17. งบประมาณรายรับรายจ่ายของเทศบาล

ปี 2553

มีรายได้รวม 519, 507, 309.29 บาท

และรายจ่ายรวม 551,134, 051.86 บาท

18. สถานะการเงินของเทศบาล

เงินสะสม 30 กันยายน 2553

1. หุ้นโรงพิมพ์ส่วนท้องถิ่น	2,000.00
2. เงินฝาก ก.ส.ท.	81, 132,622.26
3. ลูกหนี้ภาษีโรงเรือนและที่ดิน	518, 340.00
4. ลูกหนี้เงินยืมเงินงบประมาณ	1,191, 908.00
5. ลูกหนี้เงินยืมสะสม	4,294, 797.62
6. เงินสะสมที่สามารถนำไปใช้ได้	489, 998,723.67
	577,138,633.82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด

มาตราโบฟอร์ด	ความเร็วลม		ชนิดลม
	นอต	กม./ชม.	
0	1	1.6	ลมสงบ
1	1-3	1.6-4.8	ลมเบา
2	4-6	6.4-8.6	ลมอ่อน
3	7-10	12.8-19.2	ลมเฉื่อย
4	11-21	20.8-28.8	ลมปานกลาง
5	17-21	30.4-38.4	ลมกระโชก
6	22-27	40.0-48.4	ลมแรง
7	28-33	51.2-60.8	พายุปานกลาง
8	34-40	62.4-73.6	พายุกระโชก
9	41-47	75.2-86.4	พายุแรง
10	48-55	88.0-100.8	พายุจัด
11	56-63	102.4-115.2	พายุจัด
12	64-71	116.8-131.2	เฮอร์ริเคน
13	72-80	132.8-147.3	เฮอร์ริเคน
14	81-89	148.8-164.8	เฮอร์ริเคน
15	90-99	166.4-182.4	เฮอร์ริเคน
16	100-108	184.0-200.0	เฮอร์ริเคน
17	109-118	201.6-217.6	เฮอร์ริเคน

ที่มา : Don (1975, p.196) หมายเหตุ 1 ไมล์ เท่า กับ 1.609344 กิโลเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน
0	ลมสงบ ควันลอยขึ้นตรง
1	ทิศทางลมสังเกตได้จากควันที่ แต่ไม่ใช่จากศรลม
2	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคลื่ออกตามลม
4	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เช่นแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นระลอก
6	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขดังหวือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย
10	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12-17	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

ที่มา : Don (1975, p. 197)

ตารางที่ 3 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล
0	ทะเลคล้ายกระจก
1	ทะเลพริ้ว ยอดคลื่นไม่เป็นฟอง
2	คลื่นเป็นระลอกเล็กๆ ปรากฏให้เห็นชัด แต่ยังไม่แตกเป็นฟอง
3	คลื่นเป็นระลอกโตขึ้น คลื่นเริ่มแตกเป็นฟองขาว
4	คลื่นขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และเป็นฟองขาวมากขึ้น
5	คลื่นขนาดปานกลางยาวมากขึ้น โอกาสที่จะเป็นฝอยน้ำได้บ้าง
6	คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น คลื่นแตกเป็นฟองขาวมากขึ้น เป็นฝอยน้ำมากขึ้น
7	น้ำทะเลสูงขึ้น และฟองแตกเป็นทาง เริ่มพัดกระจัดกระจายไปตามคลื่น หัวแตก
8	คลื่นค่อนข้างสูง มีช่วงคลื่นขึ้น คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางเห็นได้ชัดเจน
9	คลื่นสูงยอดคลื่นเริ่มม้วนตัว คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางหนาทึบ และฝอยน้ำที่พัดอยู่สูงในอากาศ ทำให้มีทัศนวิสัยเลว
10	คลื่นสูงมากมียอดคลื่อนที่ยื่นออก ทะเลมีฟองขาวไปหมด การม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลย
11	คลื่นสูงใหญ่มาก ทะเลมีฟองขาวเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลว
12-17	แตกเป็นฝอยน้ำอยู่ในอากาศเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลวลงมาก

ที่มา : Don (1975, p. 198)

ภาคผนวก ง
วิธีการสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการสร้างบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

1. การเลือกสถานที่ การเลือกสถานที่นั้น ควรอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง เพราะจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเลือกสร้างที่ดอน น้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก

2. การเลือกแบบบ่อหมักแก๊สชีวภาพ การพัฒนาแบบการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ โดยยึดหลัก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ง่ายแก่การปฏิบัติ มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้พลังงานประจำวัน ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ คือ

ก. สถานที่ที่จะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ

ข. ขนาดของบ่อหมัก

ค. ลักษณะของแบบ หรือรูปทรงของบ่อที่เหมาะสม

ง. ปริมาณของเสีย เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะจากส้วม จำนวนสัตว์ที่เลี้ยงซึ่งจะสัมพันธ์กับมูลที่ถ่ายออกมา

จ. เงินทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง

ฉ. ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ต้องการใช้

ช. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ

ซ. หน่วยงานทางราชการที่ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับเรื่องแก๊สชีวภาพ

3. ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ

ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ เริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่และชนิดของดิน บริเวณที่จะก่อสร้างบ่อก่อน ต่อมาให้วางผังโดยใช้ปูนขาวโรยบริเวณที่เราจะขุดบ่อ บ่อที่จะขุด มีทั้งหมด 3 บ่อ คือ บ่อเติม บ่อหมัก บ่อล้น แล้วจึงขุดบ่อตามแบบที่เราต้องการ โดยเริ่มต้นก่อสร้างบริเวณก้นบ่อก่อนทุกบ่อ แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบ จากนั้นจึงเริ่มก่อผนังของแต่ละบ่อ และสร้างที่เก็บกักแก๊สที่ได้จากการหมัก

ประเภทของบ่อแก๊สชีวภาพ

1. แบบถังลอยกวนผสม ประยุกต์มาจากแบบฝาครอบลอย ลักษณะเป็นถังหมักทรงกลม มีถังทรงกลมที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นถังเก็บแก๊สคว่ำ อยู่บนถังหมัก และมีแกนกวนสำหรับกวนของเสียในถังหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น

2. แบบโดมหรือแบบฟิกซ์โดม (Fixed Dome) ลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บแก๊สมีลักษณะเป็นโดม แบบนี้เหมาะสำหรับหมักของเสียในปริมาณไม่มาก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่ ง่ายต่อการต่อรางระบายของเสียไปสู่บ่อหมัก

3. แบบรางขนานหรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug flow) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูฝังในดิน ส่วนที่ใช้เก็บแก๊สจะใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า red-mud-plastic คลุมส่วนของบ่อหมักไว้ ข้อดีของบ่อแบบนี้ คือ เนื่องจากลักษณะของบ่อเป็นแนวยาว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักของเสียมากขึ้น ซึ่งถ้ามีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นด้วย

การบำรุงดูแลรักษา

หมั่นตรวจสอบ ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ

ปัญหาและวิธีแก้ไข

1. ปัญหาเรื่องทางออกของบ่อหมักอุดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อ และขุดลอกกากตะกอนที่ตกค้างอย่างน้อย 3 ปี ต่อ 1 ครั้ง

2. ปัญหาเรื่องท่อแก๊ส ท่อแก๊สตันเกิดจากไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้น จนปิดกั้นทางเดินของแก๊ส แก้ไข โดยการทำที่ระบายน้ำออกเป็นระยะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้

ทุนธรรมชาติ	พื้นที่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้	ศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (มาก-ปานกลาง-ต่ำ)	ประโยชน์ (ตรง-อ้อม)	ขนาดที่นำไปใช้งานที่ได้ผล (ขนาดใหญ่-ปานกลาง-เล็ก)
ลม				
แสงอาทิตย์				
ก๊าซชีวภาพ				
น้ำเสีย				
น้ำฝน				

ตารางแสดงผลสรุปศักยภาพความเป็นไปได้ของการนำทุนธรรมชาติมาใช้

หมายเหตุ: ความหมายของระดับที่อ้างในตาราง

-ความหมายระดับของศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

มาก หมายถึง ไม่มีอุปสรรค และได้ผลเต็มที่

ปานกลาง หมายถึง มีอุปสรรค และได้ผลปานกลาง

ต่ำ หมายถึง มีอุปสรรคมาก และได้ประโยชน์น้อย

-ความหมายด้านประโยชน์

ตรง หมายถึง ผลผลิตที่ได้สามารถนำไปใช้ได้เลย

อ้อม หมายถึง ผลผลิตที่ได้ต้องนำไปผ่านขบวนการอื่นๆก่อน

-ความหมายของขนาดของการนำไปใช้งานที่ได้ผล

ใหญ่ หมายถึง ผลิตเพื่อการค้าได้

ปานกลาง หมายถึง ผลิตเพื่อการใช้งานหรือการค้าขนาดเล็ก

เล็ก หมายถึงการใช้งานในระดับครัวเรือน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายเดชอัศม์ กางอิ่ม **ชื่อเล่น :** หนึ่ง **เกิด :** 1 มีนาคม 2523 **อายุ :** 31 ปี

ประวัติการศึกษา : มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวิเชียรมาตุ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง
มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทร์เดชา, กรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรีมหาวิทยาลัยกรุงเทพ, คณะเศรษฐศาสตร์ สาขาธุรกิจ

ประสบการณ์ในการทำงาน :

1. ผู้ช่วยรองนายกเทศมนตรีนครตรัง (ฝ่ายการโยธา) ตุลาคม 2548 – พฤศจิกายน 2549
2. ที่ปรึกษานายกเทศมนตรีนครตรัง ตุลาคม 2549 – ตุลาคม 2550
3. สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตรัง กรกฎาคม 2551 – ปัจจุบัน
4. กรรมการบริหารบริษัท สยามไพศาล ดีเวลลอปเมนท์ (Siam Paisan Development)
5. กรรมการบริหารโรงแรมเรือรัษฎา ตรัง

<u>ผลงานที่ผ่านมา</u>

1. ที่ปรึกษางานออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรม, ทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม, งานโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ ตามแผนพัฒนา
2. ที่ปรึกษางานด้านประชาสัมพันธ์หนังสือแลหลังเมืองตรังใต้ร่มพระบารมี, งานประเพณีถือศีลกินผัก ปี 2549, 2550
3. เป็นผู้บริหารจัดการงานเทศกาลตรุษจีน, วันพระยารัษฎานุประดิษฐ์, วันมหาเช่งเม้ง และงานประเพณีถือศีลกินผัก ปี 2549
4. เป็นผู้ประสานงานและรวบรวมเอกสารข้อมูลต่างๆ รวมทั้งการจัดทำรูปแบบของหนังสือ แลหลังเมืองตรังใต้ร่มพระบารมี
5. เป็นผู้ประสานงานในเรื่องการขอพระราชานุญาตนำพระบรมฉายาลักษณ์ 6 องค์ จัดทำปฏิทินของเทศบาลนครตรัง ปี 2550
6. เป็นกรรมการบริหารและจัดการงานต่างๆ ในเทศกาลตรุษจีน ปี 2550
7. เป็นคณะกรรมการงานต้อนรับการเก็บตัวของมิสไทยแลนด์ยูนิเวร์ส ปี 2550 ระหว่างวันที่ 15 – 21 มีนาคม ที่จังหวัดตรัง
8. เป็นผู้ประสานงานในด้านการตกแต่งและออกแบบการประดับเมืองในแต่ละเทศกาลต่างๆเช่น งานประเพณีถือศีลกินผัก, งานเทศกาลตรุษจีน, งานเทศกาลปีใหม่และอื่นๆ