



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

Design and Development of Water Hyacinth Collecting Machine at Floodgate

นามผู้วิจัย นายฉัตรชัย ทิพย์รัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภรต กุณฺชร ณ อยุธยา, M.Eng. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

Design and Development of Water Hyacinth Collecting Machine at Floodgate

โดย

นายฉัตรชัย ทิพย์รัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉัตรชัย ทิพย์รัตน์ 2557: การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตู  
ระบายน้ำ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร  
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, Ph.D. 119 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาบริเวณ  
หน้าประตูระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ส่วนตัวเครื่องและฐาน ส่วนปากคีบทำหน้าที่เก็บ  
ผักตบชวา ส่วนชุดคั่นบูมทำหน้าที่เป็นแขนให้กับปากคีบ และส่วนแขนค้ำยันทำหน้าที่สร้าง  
เสถียรภาพให้ตัวเครื่องขณะปฏิบัติงาน ในการออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวานั้นได้ออกแบบและสร้าง  
แบบจำลองด้วย โปรแกรม Solid Works วิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ใน Solid  
Works Simulation ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงถูกนำมาประกอบการพิจารณาสร้าง  
เครื่องเก็บผักตบชวา มีขนาดความกว้าง 2 เมตร ความยาว 7.7 เมตร และความสูง 3 เมตร ชุดคั่นบูม  
ยาว 12.8 เมตร สามารถยกคั่นบูมสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 5.8 และ 7.5 เมตร ตามลำดับ ปากคีบมี  
ความกว้าง 1.4 เมตร เมื่อกางออก และมีความยาว 1.6 เมตร สามารถบรรจุผักตบชวาได้ครั้งละ 200  
กิโลกรัม การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ โดยการพิจารณา  
จากปริมาณการเก็บผักตบชวา พบว่าการเก็บผักตบชวา 1 ครั้งมีปริมาณของผักตบชวาโดยเฉลี่ย  
131.4 กิโลกรัม โดยมีความสามารถในการเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 5,036.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตรา  
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.55 ลิตรต่อชั่วโมง

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



## กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณท่านวีระ วงศ์แสงนาค รองอธิบดีฝ่ายบำรุงรักษา กรมชลประทาน ที่ริเริ่มโครงการเครื่องเก็บผักตบชวา ขอขอบพระคุณโครงการชลประทานนครปฐม กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนวิจัย และอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบ ขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการจัดสร้างงานวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วง ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณประเสริฐศักดิ์ ภัคดีวงษ์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ทุกท่าน เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจชี้แนะและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

ฉัตรชัย ทิพย์รัตน์

กรกฎาคม 2557

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	61
สรุปและข้อเสนอแนะ	69
สรุป	69
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก แบบเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ	75
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์	84
ภาคผนวก ค การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ	88
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัย	96
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	119

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าความปลอดภัย (factor of safety)	22
2 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นฝักตบขวา	61
3 ปริมาณฝักตบขวาที่เก็บได้ใน 1 ครั้ง	63
4 จำนวนรอบในการเก็บฝักตบขวา ที่ระยะเวลาปฏิบัติงาน 10 นาที และ 1 ชั่วโมง	63
5 ประสิทธิภาพของเครื่องเก็บฝักตบขวาแบบหน้าประตูละบายน้ำ	65
6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องเก็บฝักตบขวาแบบหน้าประตูละบายน้ำ	66
7 การคิดระยะการคืนทุนของเครื่องเก็บฝักตบขวาแบบหน้าประตูละบายน้ำ	68
<b>ตารางผนวกที่</b>	
ข1 คุณสมบัติของวัสดุ AISI 1020	85
ข2 คุณสมบัติของรถแบคโฮ	85
ค1 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นของฝักตบขวา	92
ค2 ผลการทดสอบหาปริมาณฝักตบขวาที่เก็บได้ 1 ครั้ง	93
ค3 ผลการทดสอบหาจำนวนรอบการเก็บฝักตบขวาในเวลา 10 นาที และ 1 ชั่วโมง	94
ค4 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในเวลา 5 นาที	95

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของฝักตบขวาโดยทั่วไป	5
2 การสะสมตัวของฝักตบขวาหน้าประตูระบายน้ำกำแพงแสน	7
3 เรือเก็บฝักตบขวา	15
4 เครื่องเก็บฝักตบขวาแบบติดตั้งริมฝั่งระบบสายพานลำเลียง	16
5 เครื่องเก็บฝักตบขวาแบบปั่นจั่น	16
6 รถแบคโฮเก็บฝักตบขวา	17
7 การแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Solidworks	19
8 กระบวนการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	19
9 คานยื่น (Cantilever Beam)	20
10 โครงข้อหมุน (Truss)	21
11 แบบจำลองเครื่องเก็บฝักตบขวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ	26
12 แบบปากคีบ	27
13 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของปากคีบ	28
14 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของปากคีบ	28
15 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของปากคีบ	29
16 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของปากคีบ	29
17 ปากคีบฝักตบขวาที่สร้างขึ้น	30
18 แบบคันบูมท่อนที่ 1	31
19 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคันบูมท่อนที่ 1	31
20 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของคันบูมท่อนที่ 1	32
21 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของคันบูมท่อนที่ 1	32
22 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันบูมท่อนที่ 1	33
23 คันบูมท่อนที่ 1 ที่สร้างขึ้น	33
24 แบบคันบูมท่อนที่ 2	34
25 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันบูมท่อนที่ 1 และ 2	34
26 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคันบูมท่อนที่ 2	35
27 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของคันบูมท่อนที่ 2	35
28 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของคันบูมท่อนที่ 2	36
29 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันบูมท่อนที่ 2	36
30 คันบูมท่อนที่ 2 ที่สร้างขึ้น	37
31 แบบคันบูมท่อนที่ 3	37
32 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันบูมท่อนที่ 2 และ 3	38

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

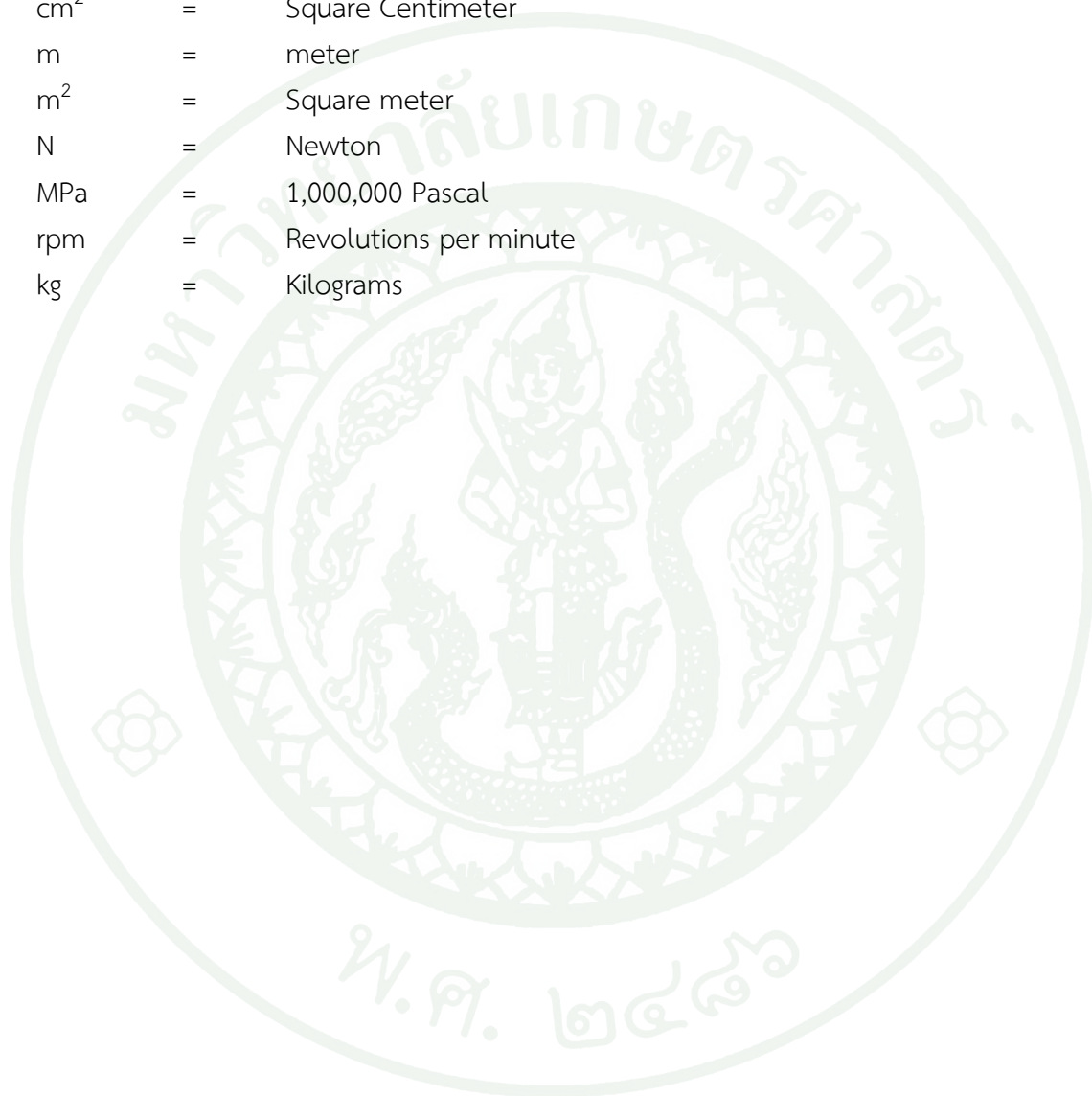
ภาพที่	หน้า
33 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคันท่อตอนที่ 3	39
34 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของคันท่อตอนที่ 3	39
35 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของคันท่อตอนที่ 3	40
36 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันท่อตอนที่ 3	40
37 แบบโครงสร้างข้อหมุน	41
38 แผนภาพแรงที่กระทำต่อโครงสร้างข้อหมุน	41
39 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของโครงสร้างข้อหมุน	42
40 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของโครงสร้างข้อหมุน	43
41 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างข้อหมุน	43
42 การเชื่อมต่อนันท่อนที่ 3 กับคันท่อเดิมของรถแบคโฮพร้อมกับโครงสร้าง	44
43 แบบแผนค้ำยัน	44
44 แผนภาพแรงที่กระทำต่อแผนค้ำยัน	45
45 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของแผนค้ำยัน	46
46 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของแผนค้ำยัน	46
47 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของแผนค้ำยัน	47
48 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของแผนค้ำยัน	47
49 แผนค้ำยันที่สร้างขึ้น	48
50 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของสลัก	48
51 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของสลัก	49
52 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของสลัก	49
53 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของสลัก	50
54 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันท่อ	50
55 เหล็กถ่วงน้ำหนัก	51
56 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อปากคืบ 1 ด้าน	52
57 แผนภาพแรงที่กระทำต่อปากคืบ	53
58 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันท่อตอนที่ 1	54
59 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันท่อตอนที่ 2	55
60 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันท่อตอนที่ 3	56
61 เครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำที่สร้างขึ้น	57
62 กราฟแสดงปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆกัน	64

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 แบบปากคืบ	76
ก2 แบบคันบวมท่อนที่ 1	77
ก3 แบบคันบวมท่อนที่ 2	78
ก4 แบบคันบวมท่อนที่ 3	79
ก5 แบบโครงถัก	80
ก6 แบบแขนค้ำยัน	81
ก7 ขนาดเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ	82
ก8 คันบวมยกสูงสุด	83
ก9 คันบวมยกต่ำสุด	83
ข1 ตารางเหล็กทรงน้ำ (Channls)	86
ข2 ตารางเหล็กทรงพับ (light channels)	87
ค1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ	89
ค2 การเคลื่อนย้ายเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ	90
ค3 การสะสมของผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ	90
ค4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ	91
ค5 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	92

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

mm	=	Millimeter
cm	=	Centimeter
cm <sup>2</sup>	=	Square Centimeter
m	=	meter
m <sup>2</sup>	=	Square meter
N	=	Newton
MPa	=	1,000,000 Pascal
rpm	=	Revolutions per minute
kg	=	Kilograms



# การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

## Design and Development of Water Hyacinth Collecting Machine at Floodgate

### บทนำ

ผักตบชวา *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms - Laubach เป็นวัชพืชที่มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ใน แถบอบอุ่นและแถบร้อนในทวีปอเมริกาใต้ (Julien, et al., 1999) และได้เข้ามาแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางในแม่น้ำและแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดต่างๆทั่วประเทศ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งในด้านการเกษตร การชลประทาน และสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจในการควบคุมวัชพืชดังกล่าว เป็นอย่างมาก (Pieterse and Murphy, 1990) จึงจัดอันดับได้ว่าเป็นวัชพืชร้ายแรง 1 ใน 10 ของโลก (พรชัย, 2540; สุชาติ, 2542)

วิธีการอันหนึ่งที่สามารถจะนำมาใช้กำจัดวัชผักตบชวาที่มีความสะดวกและรวดเร็วคือ การใช้เครื่องจักรกล (Machine-operated Device) วิธีนี้อาจจะใช้เครื่องจักรกลแบบง่ายๆ ราคาถูก เช่น ใช้แทรกเตอร์ช่วยในการลาก ใช้ปั้นจั่นช่วยในการยก ใช้เรือยนต์ช่วยในการดูดลาก ฯลฯ หรือโดยใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รถขุดแบบสะเทินน้ำสะเทินบก (Marsh Dragline) ของกรมชลประทานซึ่งมีราคาค้นละประมาณสองล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการไร่ละสองพันบาท (โดยยังไม่ได้คิดค่าเสื่อมราคาของเครื่องซึ่งมีอายุใช้งานประมาณ 10 ปี) แต่เครื่องจักรกลแบบนี้เหมาะสำหรับวัชพืชน้ำประเภทยืดขึ้นมาเหนือน้ำเช่นพวก พง อ้อ ลำเจียก หรือพวกวัชพืชใต้น้ำ เช่น พวกสาหร่ายมากกว่า ทั้งนี้เพราะผักตบชวาเป็นวัชพืชประเภทลอยน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าวัชพืชประเภทใต้น้ำ ดังนั้น การใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพง มากำจัดผักตบชวา จึงให้ผลไม่คุ้มค่า โดยเฉพาะในขณะที่น้ำมันมีราคาแพง (นิรนาม, 2547)

โดยทั่วไป ตามแม่น้ำลำคลองต่างๆ ผักตบชวามักจะเกาะกันเป็นแพและลอยตามกระแสน้ำ ผักตบชวาจะลอยตามกระแสน้ำจนถึงประตูน้ำที่จะกั้นไม่ให้ผักตบชวาลอยต่อไปได้ ทำให้เกิดการสะสมอย่างหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ จึงเป็นอุปสรรคในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ ประกอบกับเครื่องจักรกลที่ใช้ในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำในปัจจุบัน เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือเป็นเครื่องจักรกลที่ไม่มีความคล่องตัวในการทำงาน เช่น รถแบคโฮ ซึ่งสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมาก และเครื่องเก็บผักตบชวาแบบปั้นจั่น ที่ทำงาน

ได้ไม่คล่องตัวและซ้ำ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและดำเนินการออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ต่อการจัดเก็บผักตบชวาระยะหน้าประตูน้ำ และลดปัญหาการกีดขวางทางระบายน้ำ ที่อาจก่อให้เกิดอุทกภัยขึ้นได้



## วัตถุประสงค

ออกแบบ สราง ทดสอบ และประเมินผลเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหนาประตูละบายน้ำ



## ตรวจเอกสาร

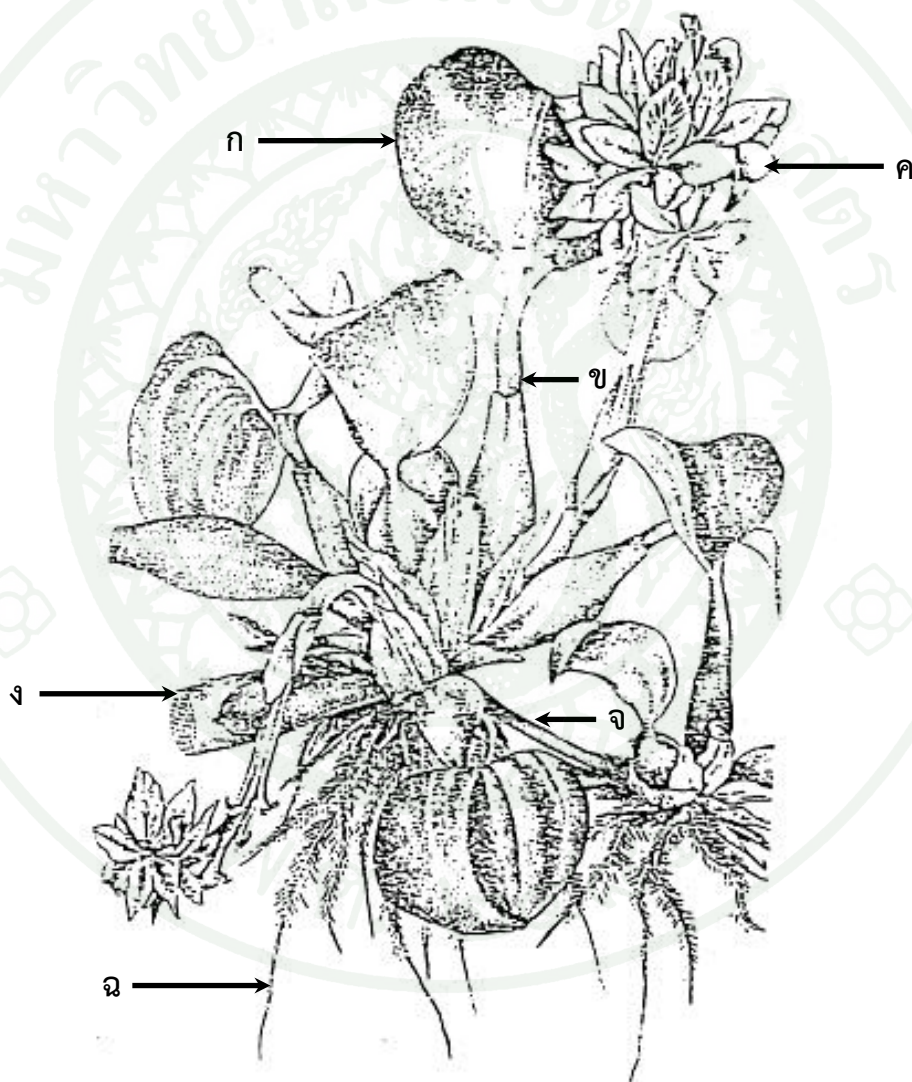
### ความเป็นมาของผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อสามัญว่า Water hyacinth มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms. เป็นพืชในตระกูล Pontederiaceae สกุล Eichorner และมีชื่อเรียกตามท้องถิ่นแตกต่างกันออกไป เช่น ในรัฐเบงกอล ประเทศอินเดียเรียก Blue Devil ในรัฐอื่นๆ ของประเทศอินเดียเรียก Bengal Terror ในแอฟริกาใต้เรียก Florida Devil และในศรีลังกาเรียก Japanese Trouble เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ บริเวณประเทศบราซิล และเปอร์โตริโก จัดเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อปัญหามากที่สุด ต่อมาพืชลอยน้ำชนิดนี้ได้แพร่กระจายไปทั่วแหล่งน้ำของประเทศในเขตอบอุ่นทั่วโลก โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2424 ชาวดัตช์ ที่ปกครองประเทศอินโดนีเซียได้นำเข้ามาปลูกในประเทศอินโดนีเซียเพื่อเป็นไม้ประดับเนื่องจากมีดอกที่สวยงาม ได้ปลูกเลี้ยงไว้อย่างดีในสวนพฤกษชาติที่เมืองโบกอร์ ต่อจากนั้นไม่นานก็แพร่กระจายไปตามแหล่งน้ำต่างๆ อย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ.2444 ได้มีการนำผักตบชวาจากประเทศอินโดนีเซียเข้ามาปลูกในวังสระปทุม แต่ภายหลังเกิดน้ำท่วมวังสระปทุม ผักตบชวาจึงหลุดลอยไปตามลำน้ำสู่แม่น้ำลำคลองและแพร่กระจายไปทั่วประเทศอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งปี พ.ศ. 2456 จึงได้มีพระราชบัญญัติกำจัดผักตบชวาออกมา (ประมุข เพ็ญสุต และสุนันทา เพ็ญสุต, 2537)

### ลักษณะโดยทั่วไปของผักตบชวา

ผักตบชวา เป็นพืชน้ำใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุยืนนาน ประกอบด้วยหัวราก (Rhizomes) ที่จะแตกออกเป็นรากอยู่ใต้น้ำ และลำต้น (Stolon) ก้านใบ (Petiole) และแผ่นใบ (Blade) อยู่เหนือน้ำ ในต้นหนึ่งๆ จะมีตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โดยก้านใบจะมีกาบใบ (Sheath) เป็นห่อย่อยๆ สีเขียวอ่อนๆ และเมื่อมีอายุมากขึ้น จะมีสีน้ำตาลหรือสีแดง รากของผักตบชวาจะเป็นรากฝอย (Fibrous Root) คือมีรากย่อยๆเป็นกระจุก รากที่แทงออกจะมีลักษณะอวบ สีขาว เมื่ออายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน (Root Hair) ที่มีสีน้ำตาลอ่อน ผักตบชวาจะมีดอกสีม่วงจุดเหลือง ออกดอกเป็นช่อ และในช่อหนึ่งๆ จะมีจำนวนดอกแตกต่างกันออกไป ถ้าช่อดอกเล็ก จะมีดอกประมาณ 4 – 5 ดอก ถ้าช่อดอกใหญ่อาจมีจำนวนถึง 60 ดอก ใบของผักตบชวาเป็นใบเดี่ยว ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ แผ่นใบมีลักษณะคล้ายรูปไต (Reniform) หรือคล้ายรูปหัวใจ (Cordate) มักมีความกว้างมากกว่าความยาวหรือเกือบๆ จะเท่ากัน เมื่อยังอ่อนปลายมักจะมน แต่เมื่ออายุมากขึ้นปลายใบจะแหลม มีสีเขียวเข้มขึ้น ขอบใบเรียบ ส่วนประกอบของผักตบชวาโดยทั่วไปดังแสดงในภาพที่ 1

ในกรณีที่ผักตบชวาเจริญในน้ำลึกผักตบชวาจะล่องลอยอย่างอิสระ โดยมีฟูนลอย (Floating Structure) ที่เกิดจากการเจริญของเนื้อเยื่อที่ฐานใบพองออกเป็นกระเปาะ ภายในมีลักษณะพรุนคล้ายฟองน้ำ ลำต้นจะสูงถึงประมาณ 5-10 เซนติเมตร และถ้าในน้ำมีสารอาหารอยู่น้อย รากจะยาว แต่ถ้าผักตบชวาเจริญอยู่ในที่มีสารอาหารมาก ผักตบชวาจะเจริญได้รวดเร็วและอยู่กันอย่างหนาแน่น ลำต้นจะยัดสูงและไม่สร้างฟูนลอย บางครั้งอาจพบว่าต้นสูงถึง 1.2 เมตร และรากจะหดสั้นลง ความยาวรากไม่เกิน 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของผักตบชวาโดยทั่วไป (ก) ใบ,(ข) ก้านใบ,(ค) ดอก (ง) ฟูนลอย,(จ) ลำต้น และ(ฉ) ราก

ที่มา: วิธาน หนูเกื้อ (2548)

## การแพร่พันธุ์ของผักตบชวา

ผักตบชวาถือได้ว่าเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้เร็วที่สุด (Wolverton, 1979) โดยขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ (Vegetative Propagation) โดยการแตกหน่อ (Stolon) เป็นต้นใหม่ และขยายพันธุ์แบบใช้เพศ (Sexual Reproduction) โดยการสร้างเมล็ด แต่ในประเทศไทยจะพบเฉพาะการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ซึ่งเกิดขึ้นได้ทุกฤดูกาล การแตกหน่อจะแตกทางลำต้น ถ้าพื้นที่ในน้ำกว้าง ผักตบชวาจะแตกออกจากต้นเดิมยาวประมาณ 30 เซนติเมตร แต่ถ้าพื้นที่แคบ ผักตบชวาจะแตกออกจากต้นเดิมสั้นกว่า แต่จะไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร สำหรับการสืบพันธุ์แบบโดยอาศัยเมล็ดนั้นเกิดได้น้อย เพราะผักตบชวาจะออกดอกเฉพาะในฤดูออกดอกเท่านั้น และจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 26 วัน ดอกสามารถให้เมล็ดที่จะเจริญงอกงามเป็นต้นใหม่ได้เช่นเดียวกัน โดยเมล็ดจะอยู่ใน Capsule ตลอดแนวก้านดอก แต่ละ Capsule จะมีเมล็ดประมาณ 3 – 450 เมล็ด เมล็ดจะมีระยะพักตัวระยะหนึ่ง โดยปกติเมื่อเมล็ดจมน้ำได้ประมาณ 20 วัน จะโตเต็มที่และจะเกิดเป็นต้นใหม่ โดยทั่วไปผักตบชวาสามารถเพิ่มจำนวนครอบคลุมพื้นที่ได้ถึงร้อยละ 8 ต่อวัน (Wolverton and McDonald, 1975) และมีรายงานว่าผักตบชวาสามารถเพิ่มปริมาณครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นสองเท่าทุกๆ ระยะเวลา 6.2 วัน หากสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวย หรือเพิ่มจำนวนจาก 10 ต้นเป็น 600,000 ต้น ภายใน ระยะเวลาเพียง 8 เดือน และจะเจริญเติบโตได้มากขึ้นถ้าขึ้นอยู่ในน้ำเสีย (Wolverton and McDonald, 1982)

## ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา

ผักตบชวา ก่อให้เกิดปัญหาแก่งการที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำ เช่น การชลประทานการไฟฟ้าพลังน้ำ การประมง การกสิกรรม การสาธารณสุข ฯลฯ ดังต่อไปนี้

1. การชลประทาน จุดมุ่งหมายสำคัญของงานชลประทานในประเทศไทย คือ การพัฒนาแหล่งน้ำ โดยการจัดสรรน้ำ เพื่อใช้ประโยชน์หลายๆ อย่างโดยวิธีการต่างๆ กัน ผักตบชวาทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมายเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1.1 ลดการไหลของน้ำ ลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

1.2 ส่วนต่างๆ ของผักตบชวาที่จมลงใต้น้ำ ก่อให้เกิดอุปสรรคกับการระบายน้ำของฝายประตูระบายและอื่นๆ (ภาพที่ 2) ทำให้ทางเดินของน้ำ เกิดการตื้นเขินเร็วกว่าปกติ และทำให้เกิดน้ำท่วมในหน้าน้ำ

1.3 การระเหยของน้ำ ในที่ซึ่งมีผักตบชวาจะสูงกว่าในที่ซึ่งไม่มีผักตบชวา ประมาณ 3 – 8 เท่า



ภาพที่ 2 การสะสมของผักตบชวาหน้าประตูระบายน้ำกำแพงแสน

ที่มา: โครงการชลประทานนครปฐม (2555)

2. การไฟฟ้าพลังน้ำ ผักตบชวาก่อให้เกิดปัญหาสำคัญในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำดังต่อไปนี้
  - 2.1 ลดปริมาณน้ำ จากการที่ผักตบชวาทายทับถมกัน ทำให้อ่างเก็บน้ำ ตื้นเขิน
  - 2.2 เพิ่มอัตราการระเหยน้ำ ทา ให้น้ำ หมตไปโดยเปล่าประโยชน์อย่างรวดเร็ว
  - 2.3 แย่งเนื้อที่การเก็บกักน้ำ ของอ่างเก็บน้ำ ทำให้เก็บรักษาน้ำ ได้น้อยลง
3. การกสิกรรม ปัญหาที่เกิดกับการกสิกรรม คือ
  - 3.1 แย่งน้ำและอาหารจากพืชปลูก ซึ่งควรจะได้รับมากขึ้นจากการชลประทานหากไม่มีผักตบชวาอยู่ในแหล่งน้ำ

3.2 ผักตบชวาที่ลอยมากับกระแสน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาแก่นาข้าวขึ้นน้ำ เพราะผักตบชวาจะลอยมาทับต้นข้าว ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ต้นข้าว

3.3 แพผักตบชวาที่ไหลมาตามน้ำ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ศัตรูพืชนานาชนิด เช่น หนูซึ่งมีปริมาณมาก เมื่อแพผักตบชวาไปติดที่ใด หนูและศัตรูอื่นๆ ก็ทำความเสียหายแก่พืชผลของเกษตรกร

3.4 ทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำ ได้ผลไม่เต็มตามเป้าหมาย เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อการกสิกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกสิกรปลูกพืชลงไปแล้ว และหวังว่าจะได้รับน้ำ จากการชลประทาน แต่ผักตบชวาเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้กสิกรไม่ได้รับน้ำตามที่คาดไว้เป็นเหตุให้พืชผลเสียหาย

#### 4. การประมง ปัญหาของผักตบชวาที่มีต่อการประมง คือ

4.1 ผักตบชวาที่ขึ้นหนาแน่นเป็นอุปสรรคแก่การเจริญเติบโตของปลาและการจับปลา ผักตบชวาไม่เพียงแต่ลดผลผลิตของปลาเท่านั้น แต่ปลาที่จับได้ยังมีขนาดเล็กลงด้วย

4.2 ปริมาณผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำ จะทำให้แสงสว่างในน้ำ ลดลงเป็นผลให้พืชอาหารปลาขนาดเล็ก (ไฟโตแพลงตอน – Phytoplankton) มีปริมาณน้อยลง ไฟโตแพลงตอนนี้ เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจำเป็นแก่การหายใจของปลาและสัตว์น้ำ ทุกชนิด

4.3 ทำให้แหล่งน้ำ ตื้นเขิน จึงไปลดที่อยู่อาศัยของปลา

4.4 พื้นน้ำ ที่มีผักตบชวาขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและน้ำ ไม่มีการไหล จะมีปลาหรือสัตว์น้ำอาศัยอยู่น้อยกว่าปกติ

#### 5. การสาธารณสุข ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุข ดังนี้

5.1 เป็นที่อาศัยของสัตว์น้ำ ซึ่งบางชนิดเป็นพาหะนา โรค เช่น หอยชนิดหนึ่ง (หอยไบธินีย – Bithynia) ซึ่งเป็นพาหะนา โรคพยาธิใบไม้ในตับ

5.2 เป็นที่อาศัยของลูกน้ำ ของยุงนำโรคเท้าช้าง ลูกน้ำของยุงชนิดนี้สามารถปากเจาะไชรากผักตบชวาเพื่อใช้เป็นที่พักใจนอกจากนั้น น้ำที่ค้ำตามซอกใบก็เป็นที่อยู่อาศัยของยุงอื่นๆ

5.3 เมื่อขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ผักตบชวาเป็นตัวการทำให้การกำจัดหอย (ซึ่งเป็นพาหะสำคัญในการนำโรค) โดยการใช้ยากำจัดเป็นไปไม่ได้โดยยากและสิ้นเปลืองมาก เนื่องจากผักตบชวาจะคลุมยว้ส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือมีน้อยจนไม่สามารถจะทำอันตรายกับหอยได้ นอกจากนี้ ผักตบชวาก็เป็นตัวกั้นไม่ให้ยาถูกพ่นลงในน้ำ ได้สะดวก ดังนั้น การใช้ยาในการกำจัดหอยจึงต้องเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะอันตรายแก่คนและสัตว์อื่นๆ

5.4 เป็นที่อาศัยสัตว์ร้าย เช่น งูพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อราษฎร เมื่อแพผักตบชวาลอยไปติดเรือนแพ หรือทำน้ำ หรือในการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยการใช้แรงงานดึงขึ้นจากน้ำ นอกจากนี้ หนูที่อาศัยอยู่บนแพผักตบชวา ก็อาจแพร่เชื้อโรคกาฬโรคได้

6. การคมนาคมทางน้ำ ผักตบชวาเป็นอุปสรรคสำคัญที่กีดขวางการสัญจรทางน้ำ ในคลองบางแห่ง เช่น คลองรังสิตเขตที่ติดต่อกับแม่น้ำในและแม่น้ำนอก จังหวัดนครนายกการสัญจรทางน้ำในหน้าน้ำเป็นไปได้อย่างไม่ว่าจะเป็นเรือที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ก็ตาม คลองธรรมชาติบางแห่ง เช่น คลองสามจุ่น ในเขตโครงการสามชุก จังหวัดอุทัยธานี มีผักตบชวาขึ้นหนาแน่นปะปนกับต้นลาเจียก ปิดกั้นการสัญจรทางน้ำ โดยเด็ดขาด แม้แต่ในแม่น้ำ ใหญ่ๆ บางสาย เช่น แม่น้ำ สะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี ในบางฤดูก็มีผักตบชวาอยู่อย่างหนาแน่น

7. การท่องเที่ยว ในการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตั้งแต่ไหนแต่ไรมา มนุษย์มักจะเลือกทำเลใกล้แหล่งน้ำ เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากน้ำ อย่างเต็มที่ในปัจจุบันผู้ที่ไม่มีโอกาสได้พำนักอยู่ในที่ใกล้ๆ น้ำก็มักจะนิยมไปท่องเที่ยวในแหล่งที่มีน้ำ สถานที่ที่มีแหล่งน้ำ ใหญ่ เช่น บึงบอระเพ็ด กว๊านพะเยา ทะเลสาบสงขลาและอ่างเก็บน้ำ ต่างๆ เป็นสถานที่ที่มีประชาชนมักจะไปเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ ถ้าสถานที่เหล่านั้นมีผักตบชวาขึ้นอยู่หนาแน่นแล้ว การที่จะพัฒนาให้สถานที่นั้นๆ เป็นแหล่งท่องเที่ยวก็เป็นไปได้อย่าง เพราะผักตบชวามีส่วนทำลายความสวยงามของแหล่งน้ำนั้นๆ นอกเหนือไปจากการรบกวนกิจกรรมอื่นๆ ในขณะพักผ่อนหย่อนใจแหล่งน้ำ นั้นๆ เช่น การลงเรือ ท่องเที่ยว การว่ายน้ำ ตกปลา ฯลฯ

8. เศรษฐกิจและสังคม ผักตบชวามีส่วนก่อให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ซึ่งเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น เมื่อการพัฒนาแหล่งน้ำ ไม่ได้ผลเต็มตามเป้าหมาย การเพาะปลูกซึ่งอาศัยน้ำก็ย่อมจะได้ผลผลิตน้อยกว่าที่ควร รายได้ลดลง ซึ่งเป็นปัญหา

สำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้แผนพัฒนาประเทศไม่ได้ผลตามความมุ่งหมาย สำหรับความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการคำนวณออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต กรมประมง และเทศบาลท้องถิ่นต่างๆ ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากงบประมาณแผ่นดินปีละหลายสิบล้านบาท เฉพาะกรมชลประทานเพียงหน่วยงานเดียวซึ่งได้งบประมาณสำหรับการกา จัดวัชพืชน้ำ ประมาณปีละ 4 ล้านบาท ต้องใช้จ่ายงบประมาณไปในการกำจัดผักตบชวาถึง 60 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 2.4 ล้านบาท

9. ด้านความเดือดร้อนรำคาญที่ราษฎรได้รับอันเนื่องมาจากสาเหตุของผักตบชวา ก็ไม่สามารถจะประมาณเป็นตัวเงินได้ ดังตัวอย่างเช่นในกรณีที่อยู่อาศัยอยู่ตามเรือแพในแม่น้ำ สะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี ต้องประสบกับความเดือดร้อนจากปัญหาผักตบชวาเป็นประจำ โดยเฉพาะในหน้าน้ำ ทำให้การสัญจรทางน้ำ เป็นไปโดยความยากลำบาก และบางครั้ง เมื่อแพผักตบชวาลอยมาปะทะกับเรือแพ อาจทำให้เรือแพนั้นพังเสียหายหรือถูกดันออกสู่กระแสน้ำได้ ในกรณีของโรคภัยไข้เจ็บและอันตรายจากสัตว์ร้ายอันมีสาเหตุมาจากผักตบชวาก็เช่นเดียวกันที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุขแก่ราษฎรเป็นอันมาก (นิรนาม, 2547)

### การกำจัดผักตบชวา

วัตถุประสงค์ในการกำจัดผักตบชวาที่ระบาคอยู่ทั่วไป มีอยู่ 2 ประการคือ

1. การกำจัดให้หมดไปโดยสมบูรณ์ (Eradication) การกำจัดวิธีนี้หมายถึง กำจัดผักตบชวาให้หมดไปจากสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง แบบไม่ให้เหลือซาก วิธีนี้ทำได้ไม่ยาก ถ้าการระบาดของผักตบชวาอยู่ในระยะเริ่มแรก มีจำนวนน้อย และอยู่ในบริเวณจำกัด
2. การกำจัดโดยวิธีควบคุม (Control) วิธีนี้เป็นการควบคุมผักตบชวาทางด้านปริมาณมิให้ระบาดแพร่หรือขยายปริมาณออกไปได้เองตามธรรมชาติ เป็นการควบคุมให้ผักตบชวาจำกัดตัวเองอยู่ในสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่งโดยเฉพาะ วิธีนี้ปฏิบัติกันทั่วไปในเมื่อไม่สามารถทำลายผักตบชวาให้หมดไปได้

### กรรมวิธีในการกำจัดผักตบชวาที่นิยมปฏิบัติกันทั่วไป

1. การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (Chemical Control) การกำจัดผักตบชวากับด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช (ซึ่งเรียกว่า ยาฆ่าหญ้า หรือ Herbicide) เป็นที่นิยมกันมากโดยเฉพาะในประเทศไทย

พัฒนาแล้ว เพราะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การกำจัดแบบอื่น แต่การใช้สารเคมีช่วยกำจัดวัชพืชน้ำอย่างผักตบชวา นั้น ถ้าผู้ใช้ไม่มีความรู้ใน ระดับพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องราวทางวิทยาการวัชพืชและนิเวศวิทยาแล้ว อาจทำให้เกิดอันตรายต่อ มนุษย์ สัตว์ และสภาพแวดล้อมได้โดยง่าย ดังนั้น การอบรมให้ความรู้แก่ผู้มีหน้าที่กำจัดผักตบชวาโดย วิธีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชจึงเป็นกุญแจสำคัญของความสำเร็จในการกำจัดผักตบชวากับด้วยสารเคมี ชนิดของสารเคมีกำจัดวัชพืช ที่นิยมให้เพื่อกำจัดผักตบชวา และอัตราการใช้ที่เหมาะสม มีดังต่อไปนี้

1.1 ประเภทคลอโรฟีนอกซี (Chlorophenoxy) สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทคลอโรฟีนอกซีนี้ มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทอื่นตรงที่สามารถเคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่างๆ ของพืชได้ จึงทำให้สามารถออกฤทธิ์กำจัดผักตบชวาได้ดีและมีประสิทธิภาพสูง ประกอบกับ ผักตบชวามีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเดียวกับพืชที่มีอายุหลายปี กล่าวคือ มีการเจริญเติบโตทาง ส่วนของลำต้นที่สามารถผลิตเหง้าเพื่อขยายพันธุ์ได้มากมาย ซึ่งสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทอื่นที่ไม่มี คุณสมบัติในการเคลื่อนตัวไปตามส่วนต่างๆ ของผักตบชวาได้ จะไม่สามารถออกฤทธิ์กำจัดผักตบชวา นี้ได้สมบูรณ์ หรือได้ผลเป็นที่น่าพอใจเท่าสารเคมีประเภทฟีนอกซี

1.2 ประเภทกลัยโฟเสต (Glyphosate: N-(phosphonomethyl glycine) สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดนี้เป็นสารเคมีชนิดใหม่ล่าสุดที่มีคุณสมบัติและมีแนวโน้มที่สามารถนำมากำจัดผักตบชวาได้ เหมือน ทู โฟ- ดี ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดนี้มีคุณสมบัติที่สามารถเคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่างๆ ของพืชได้เช่นเดียวกับ ทู โฟ-ดี นั่นเอง เนื่องจากสารเคมีประเภทนี้ไม่มีฤทธิ์ตกค้างแต่อย่างใด จึงทำให้การใช้ปลอดภัยมากกว่า ทู โฟ-ดี

1.3 ประเภทไบไพริดีล (Bipyridyl) สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทไบไพริดีล เป็นสารเคมีที่ทำลายผักชวาได้เช่นเดียวกับทู โฟ-ดี สารนี้จะเข้าสู่วัชพืชอย่างรวดเร็ว จากนั้นปฏิกิริยาในการทำลายวัชพืชจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และผักตบชวาจะถูกฆ่าตามภายใน 2-3 วัน ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลงในระยะเวลาอันสั้น และจะไม่พบผลตกค้างหลังจากการใช้ยาแล้ว 10 วัน อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น

### ข้อควรระวัง

แม้ว่าการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชจะเป็นวิธีการที่ง่าย ประหยัด สะดวก และมีประสิทธิภาพที่สุดในบรรดาวิธีการกำจัดผักตบชวาทั้งหลาย แต่ก็พึงสังวรในเรื่องต่อไปนี้

1. สารเคมีทุกชนิด ไม่ว่าจะมียูทิลิตี้ความปลอดภัยในการใช้ต่อผู้ใช้เอง ต่อชีวิตของสัตว์น้ำ และระบบนิเวศวิทยาสักเพียงใดก็ตาม ก็ไม่ปลอดภัยถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะหากผู้ใช้ไม่ได้ศึกษาวิธีการอย่างถูกต้องเสียก่อน

2. ก่อนใช้ ควรศึกษาปัญหาที่แท้จริง และสภาพแวดล้อมตลอดจนประสิทธิภาพของ สารเคมีกำจัดวัชพืช อัตราการใช้ วิธีการผสม วิธีการฉีดพ่น ความคงทนของสารเคมี ตลอดจนความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

3. ในการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำ ควรคิดอยู่เสมอว่า น้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ ถ้าเป็นแหล่งน้ำสำหรับใช้บริโภค อย่านำมาใช้วิธีกำจัดโดยการใส่สารเคมีเป็นอันตราย หากมีพืชปลูกอื่นๆ เช่น บัว กระจับ ข้าว ฯลฯ ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกัน ก็อย่าใช้วิธีนี้เพราะพืชเหล่านี้อาจจะพลอยถูกทำลายไปด้วย ถ้าการใช้ไม่ถูกต้อง ในการฉีดพ่น ควรระวังอย่าให้สารเคมีปลิวไปถูกวัชพืช ปลูกอื่นๆ ในบริเวณใกล้เคียง

4. ควรพิจารณาถึงความจำเป็นรีบด่วนในการจัด ปริมาณของผักตบชวาและปัจจัยอื่นๆ โดยเฉพาะในด้านค่าใช้จ่ายประกอบในการตัดสินใจเลือกวิธีทางเคมี โพรตระลึกละเอียดอยู่เสมอว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชทุกชนิด เรายังผลิตเองไม่ได้ จึงจำเป็นต้องเสียเงินตราต่างประเทศสั่งเข้ามาใช้ ยิ่งไปกว่านั้น หากของผักตบชวาที่ถูกทำลายจะจมลงใต้พื้นน้ำ และค่อยๆ สลายตัว ระหว่างการสลายตัวนั้น จะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดน้อยลง ถ้าการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเป็นไปอย่างกว้างขวาง การขาดออกซิเจนจะรุนแรงจนทำให้ปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ ตายได้ทั้งๆ ที่สารเคมีนั้นๆ ไม่ได้เป็นพิษต่อชีวิตสัตว์ทั้งหลายเลย

2. การกำจัดทางชีววิธี (Biological Control) การกำจัดวัชพืชตามวิธีนี้หมายถึงการใช้สิ่งมีชีวิต เช่น แมลง โรคพืช หรือศัตรูอื่นเข้ากัดกินหรือทำลายวัชพืชให้หมดสิ้นไป การกำจัดวัชพืชโดยวิธีนี้ถือกันว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก ถ้ามีสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสม แต่การกำจัดโดยวิธีนี้ ต้องใช้เวลาในการศึกษาวิจัยมาก และในปัจจุบัน ยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ใดค้นพบกรรมวิธีกำจัดผักตบชวาโดยชีววิธีที่ได้ผลต่ออยู่ใด สิ่งมีชีวิตที่มักจะอ้างกันในเอกสารต่างๆ ว่าช่วยควบคุมปริมาณของผักตบชวาได้ก็มีตัวมานาตี (Manatee) ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำลักษณะคล้ายตัวพญาน และปลาฉลาม สำหรับตัวมานาตีนั้นต้องการสภาพแวดล้อมที่สะอาดมาก ออกลูกปึกละตัว ไม่ยอมผสมพันธุ์หากถูกกักขัง เนื้อมีรสชาติอร่อย เป็นสัตว์ที่เชื่องและสุภาพมาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ควบคุมผักตบชวาในประเทศไทย ส่วนปลาฉลามนั้น แม้ว่าจะกินผักตบชวาบ้าง แต่ส่วนมากชอบวัชพืชมากกว่า

การที่ผักตบชวาเป็นพืชที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเกิดขึ้นอย่างเดียวยล้นๆ ทำให้ลู่ทางในการนำไปใช้ประโยชน์มีมากขึ้น เพราะมีปริมาณมาก และเกิดทดแทนส่วนที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างรวดเร็ว การลอยน้ำได้ของผักตบชวา ช่วยให้การเก็บเกี่ยวง่ายขึ้นโดยเฉพาะถ้ามีลม หรือกระแสน้ำ ช่วยพัดพามายังสถานที่ที่ตั้งอุปกรณ์การเก็บเกี่ยว หากเป็นในแม่น้ำลำคลอง การชิงลวดสลิงติดทุ่นลอยขวางลำน้ำให้เป็นมุลูมาทางที่ตั้งเครื่องเก็บเกี่ยว ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวไปได้มาก อีกทั้งยังเป็นการป้องกันมิให้ผักตบชวาลอยต่อไปยังอ่างเก็บน้ำหรือแหล่งอื่น แล้วไปขยายพันธุ์ในที่ซึ่งกว้างขวางยากแก่การกำจัด

3. การกำจัดโดยวิธีกล (Mechanical Control) การกำจัดผักตบชวาโดยวิธีนี้ หมายถึงการใช้แรงคน แรงสัตว์ เครื่องมือ หรือ เครื่องจักรช่วยในการกำจัดผักตบชวา เช่น โดยการถก ลาก ตึง ตัก หรือยก ผักตบชวาขึ้นจากแหล่งน้ำ การกำจัดผักตบชวาดังกล่าวทำได้ง่าย สะดวก และไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษแต่อย่างใด แต่การปฏิบัติต้องใช้แรงงานมากและต้องมีอุปกรณ์พร้อมเพียง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

3.1 โดยการใช้แรงงาน (Manual Device) วิธีนี้ได้แก่ การใช้แรงงานคนหรือสัตว์ ตึง คราด ลาก ขุด กวาด ตัก เก็บ ฯลฯ ผักตบชวาขึ้นจากลำน้ำไปทำลายเสียด้วยวิธีการใดวิธีหนึ่ง วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดและไม่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องจักรกลและน้ำมันเชื้อเพลิง จึงเหมาะสำหรับโครงการพัฒนาชุมชนโดยใช้แรงงาน นอกจากนี้ เราอาจเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น เชือก โซ่ คราด มีด ฯลฯ ช่วยในการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจจะไม่เหมาะสมในกรณีจำเป็นรีบด่วน หรือในท้องที่ที่ไม่สามารถจะเข้าไปปฏิบัติการได้

3.2 โดยการใช้เครื่องจักรกล (Machine-operated Device) วิธีนี้อาจจะใช้เครื่องจักรกลแบบต่างๆ ราคาถูก ทำงานร่วมกับวิธีแรก ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของวิธีแรกได้เป็นอย่างมาก เช่น ใช้แทรกเตอร์ช่วยในการลาก ใช้ปั้นจั่นช่วยในการยก ใช้เรือยนต์ช่วยในการขุดลอก ฯลฯ หรือโดยใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รถขุดแบบสะเทินน้ำสะเทินบก (Marsh Dragline) ของกรมชลประทานซึ่งมีราคาค้นละประมาณสองล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการไร่ละสองพันบาท (โดยยังไม่ได้คิดค่าเสื่อมราคาของเครื่องซึ่งมีอายุใช้งานประมาณ 10 ปี) แต่เครื่องจักรกลแบบนี้เหมาะสำหรับวัชพืชน้ำประเภทพุ่มขึ้นมาเหนือน้ำเช่นพวก พง อ้อ ลำเจียก หรือพวกวัชพืชน้ำ เช่น พวกสาหร่ายมากกว่า ทั้งนี้เพราะผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำประเภทลอยน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าวัชพืชน้ำประเภทพุ่มขึ้นมาเหนือน้ำ ดังนั้น การใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพง มากำจัดผักตบชวา จึงให้ผลไม่คุ้มค่า โดยเฉพาะในขณะนี้ที่น้ำมันมีราคาแพง ในต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกา ซึ่งขาดแคลนแรงงาน ได้มีการประดิษฐ์เครื่องจักรกลที่ใช้สำหรับกำจัดผักตบชวา

โดยตรง และสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่ง แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมากมายนานหลายปี ทั้งค่าเครื่องจักรกล (เครื่องละลายล้านบาท) และค่าปฏิบัติงาน

### คำแนะนำในการกำจัดผักตบชวาด้วยวิธีกล

การใช้แรงงานคนและสัตว์ และเครื่องจักรกลในการปราบผักตบชวาในแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีสภาพแตกต่างกันอาจได้ผลไม่เหมือนกัน หัวหน้าโครงการควรจะได้พิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมและมีอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมมูล วิธีต่อไปนี้นี้เป็นเพียงตัวอย่างของการกำจัดผักตบชวาด้วยวิธีกล แต่อาจดัดแปลงแก้ไขหรือใช้หลายๆ วิธีร่วมกันก็ได้

1. หากเป็นแหล่งน้ำที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ ก็ทำการลดระดับน้ำ เพื่อปล่อยให้ผักตบชวาเกยตื้นแห้งตาม แล้วทำลายหรือนำไปใช้ประโยชน์ ก่อนที่จะปล่อยให้ระดับน้ำเท่าเดิม อาจใช้ลวดสลิงติดทุ่นลอยกันผักตบชวาไว้ก่อนลดระดับน้ำ เพื่อไม่ให้มันลอยน้ำถอยร่นลงมา วิธีนี้นับว่าสะดวกและประหยัดที่สุด

2. หากเป็นลำน้ำเช่นคูคลองที่มีน้ำไหล ควรใช้วิธีกั้นรอ (trap) หรือลวดสลิงติดทุ่นลอยขวางกั้นผักตบชวาไว้เป็นท่มกลุ่มมาทางใดทางหนึ่ง แล้วเก็บขึ้นมากทำลาย ถ้าหากทำได้ ควรทำสายพานติดตั้งอยู่ริมตลิ่ง แล้วใช้แรงคนโกยขึ้นบนสายพาน (เพื่อช่วยผ่อนแรง) นำขึ้นไปทำลายต่อไป

3. หากเป็นแอ่งเก็บน้ำ ทะเลสาบ กว๊าน บึง ฯลฯ ควรใช้เรือติดทุ่นลอย (อาจต้องใช้ถึง 2 ลำ) ลากผักตบชวาขึ้นมาเกยตื้นแล้วปล่อยให้แห้งตาย หากไม่มีฝั่งที่ลาดเอียงพอ ควรลากไปไว้ในที่อับลม แล้วกำจัดด้วยวิธีอื่น เช่น ใช้คนดึงขึ้นหรือใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดพ่น

4. ใช้แรงคนและสัตว์ รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ เท่าที่จะหาได้ เช่น เชือก โซ่ คราด มีด ฯลฯ เข้าช่วยในการ ดึง คราด ลาก ฉุด กวาด ตัก เกี้ยว ยก แบบ ดัน ฯลฯ ผักตบชวาให้ขึ้นจากแหล่งน้ำแล้วนำไปทำลายหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

5. ใช้ไม้ไผ่กั้นเป็นคอกอยู่ในแหล่งน้ำ แล้วเก็บผักตบชวาโยนเข้าไปให้ทับถมอยู่ในคอกให้ตายไปเอง

การกำจัดโดยวิธีกลนี้ นอกจากจะไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษแต่อย่างใดแล้ว ยังมีทางที่จะนำผักตบชวาที่กำจัดแล้วไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย (นิรนาม, 2547)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(จำรูญและคณะ, 2535) เรือเก็บผักตบชวา (ภาพที่ 3) เป็นเรือท้องแบนขนาดกว้าง 1.8 เมตร ยาว 4.8 เมตร มีเครื่องยนต์ขนาด 100 แรงม้า มีอุปกรณ์สำหรับตัดแยกผักตบชวาออกจากกอใหญ่ มีระบบسابพานลำเลียง 3 ส่วน คือ ส่วนแรกลำเลียงขึ้นจากน้ำ ส่วนที่สองลำเลียงเข้าส่วนอัดและส่วนตัดย่อย และส่วนที่สามส่วนลำเลียงออกนอกตัวเรือ สามารถกำจัดได้ 16.3 ตัน/ชั่วโมง



ภาพที่ 3 เรือเก็บผักตบชวา

ที่มา: จำรูญและคณะ (2535)

(สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2543) เครื่องเก็บผักตบชวาแบบติดตั้งริมฝั่งระบบสายพานลำเลียง (ภาพที่ 4) มีระบบการทำงานแบบครบวงจร โดยมีส่วนประกอบเครื่องหลักคือ ชุดโซ่ลำเลียงเก็บเกี่ยวผักตบชวา ชุดตัดผักตบชวา ชุดโซ่พาส่งถ่ายผักตบชวา ชุดโซ่พาผักตบชวาขึ้นฝั่ง และทวนยึดแท่นเครื่อง มีประสิทธิภาพในการเก็บผักตบชวาในแม่น้ำลำคลองที่มีกระแสน้ำไหล โดยเครื่องจะติดตั้งอยู่กับที่ในบริเวณพื้นที่วิกฤต เช่น คู้่งน้ำ ซึ่งผักตบชวาจะถูกพัดพาเข้ามายังเครื่องโดยกระแสน้ำ สามารถเก็บผักตบชวาได้ไม่น้อยกว่า 20 ตัน/ชั่วโมง



ภาพที่ 4 เครื่องเก็บผักตบชวาแบบติดตั้งริมฝั่งระบบสายพานลำเลียง

ที่มา: สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี (2543)

(โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา สำนักชลประทานที่ 12 กรมชลประทาน, ม.ป.ป.)  
เครื่องเก็บผักตบชวาแบบปั่นจั่น (ภาพที่ 5) ประกอบด้วย คันบูมยาว 10 เมตร ปากคีบสำหรับเก็บผักตบชวา แทนหมุนสำหรับการเคลื่อนที่ของตัวเครื่อง แล้วฐานเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ตัวเครื่องจะถูกติดตั้งอยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ โดยมีสะพานคอนกรีตเป็นรางให้ฐานเครื่องเคลื่อนเข้าไปยังจุดที่จะเก็บผักตบชวา ทำการเก็บโดยใช้ปากคีบคีบผักตบชวาขึ้นมาบนฝั่ง ควบคุมการทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก



ภาพที่ 5 เครื่องเก็บผักตบชวาแบบปั่นจั่น

ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา สำนักชลประทานที่ 12 กรมชลประทาน (2553)

(โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา สำนักชลประทานที่ 12 กรมชลประทาน, ม.ป.ป.) นำรถตักดินหรือรถแบคโฮ (ภาพที่ 6) มาประยุกต์ใช้ในการเก็บผักตบชวา โดยการนำเอาขี้ก่ ของรถแบคโฮมาเจาะรูหรือดัดแปลงให้สามารถระบายน้ำออกได้ แล้วนำไปตักผักตบชวา รถแบคโฮที่นำมาใช้จะเป็นรถแบคโฮแขนยาว มีความยาวตั้งแต่ 12 เมตร ขึ้นไปตามขนาดของรถแบคโฮ และเป็นรถแบคโฮขนาดใหญ่ที่มีกำลังเครื่องยนต์ขนาด 95 แรงม้า ขึ้นไปตามขนาดของรถแบคโฮ



ภาพที่ 6 รถแบคโฮเก็บผักตบชวา

ที่มา: นิรนาม (2553)

### การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

โปรแกรม SolidWorks เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปโปรแกรมหนึ่ง ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3มิติ ที่มีขนาดมาตรฐานเท่ากับของจริงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Simulation โปรแกรมนี้มีขีดความสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ความแข็งแรงและการโก่งตัวของคาน ผลจากการวิเคราะห์จะสามารถนำไปพิจารณาในออกแบบและสร้าง เช่น ความเค้น ความเครียด การโก่งของคาน และค่าความปลอดภัย (ปราโมทย์และคณะ, 2554)

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กระบวนการดังนี้

1. กระบวนการขั้นต้น (Pre - Processing) เป็นการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และกำหนดข้อมูลทางกายภาพให้กับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล ในกระบวนการนี้จัดว่าเป็น กระบวนการที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลหลายส่วนคือ

1.1 การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks

1.2 การกำหนดประเภทและชนิดของวัสดุที่จะวิเคราะห์ ซึ่งจะกำหนดวัสดุเป็นวัสดุที่มีเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ในทุกๆ ตำแหน่งของเนื้อวัสดุและเป็นวัสดุยืดหยุ่นเชิงเส้นมีคุณสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง

1.3 การกำหนดค่าคุณสมบัติของวัสดุ (Properties of material) ซึ่งเป็นค่าจำเพาะของวัสดุนั้นๆ ประกอบด้วยโมดูลัสความยืดหยุ่น อัตราส่วนปัวซอง โมดูลัสความแข็งแรงความหนาแน่นทางมวลความเค้นที่จุดคราก ความแข็งแรงทางแรงดึง ความแข็งแรงทางแรงอัด สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน ค่าการนำความร้อน และค่าความร้อนจำเพาะ ในการกำหนดค่าต่างๆ เหล่านี้เราจะกำหนดค่าตามลักษณะของปัญหาที่จะวิเคราะห์

1.4 การแบ่งแบบจำลอง (Mesh) โดยโปรแกรมจะสร้างเอลิเมนต์และกำหนดจุดต่อ (Node) พร้อมกับการกำหนดหมายเลขเอลิเมนต์และหมายเลขจุดต่อในการเลือกชนิดเอลิเมนต์นั้นว่ามีความสำคัญมากต้องเลือกชนิดเอลิเมนต์ที่เหมาะสมกับรูปร่างของแบบจำลอง

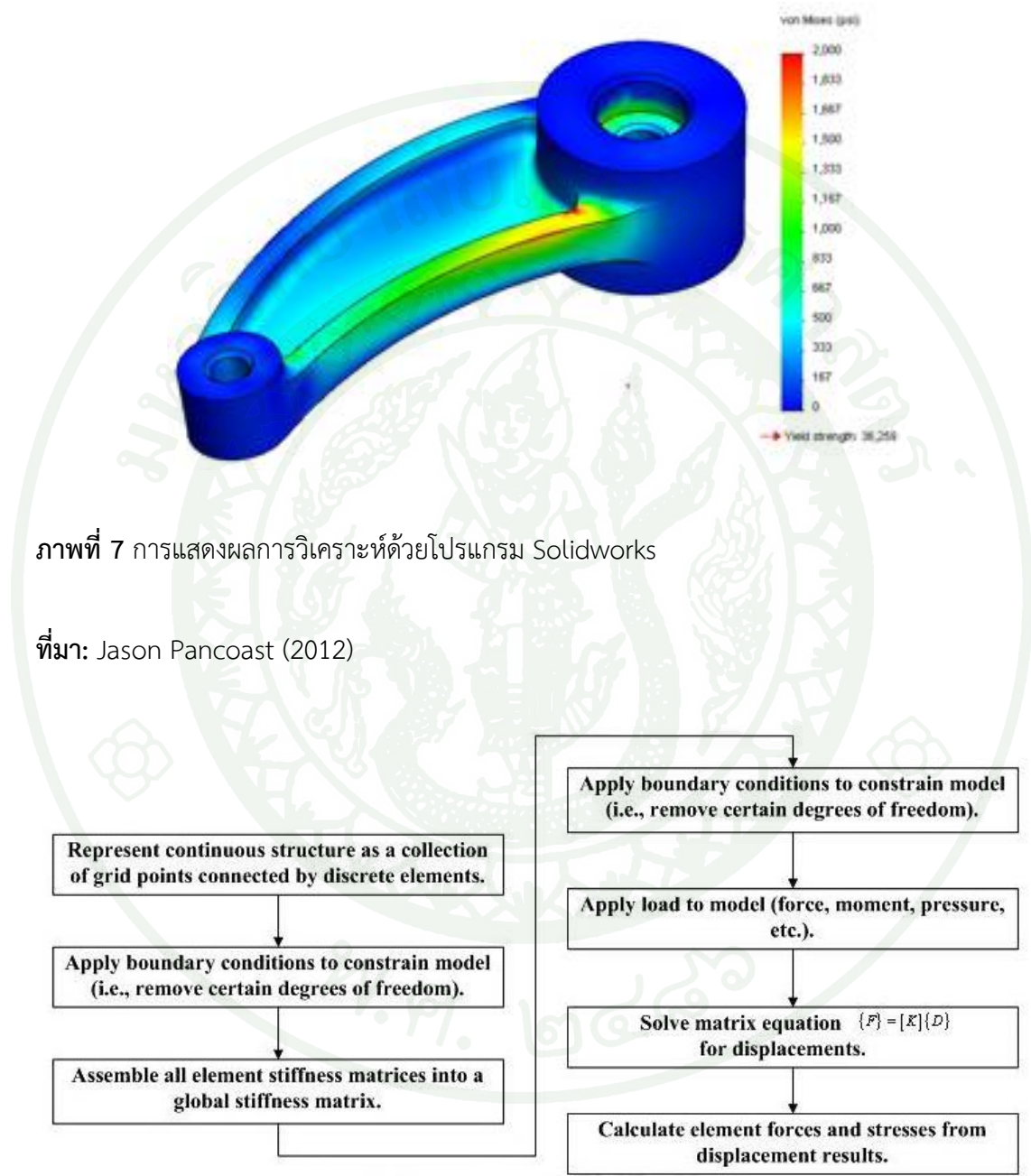
1.5 การกำหนดเงื่อนไขขอบ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการจับยึดทางกายภาพ

1.6 การกำหนดภาระที่กระทำกับแบบจำลองโดยมีหลายลักษณะเช่น แรงกระทำเป็นจุด แรงกระจายสม่ำเสมอ แรงกระจายไม่สม่ำเสมอและอื่นๆ

2. กระบวนการวิเคราะห์ (analysis) เป็นส่วนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาผลลัพธ์ ซึ่งปกติแล้วเราไม่สามารถแก้ไขกระบวนการส่วนนี้ได้ แต่สามารถกำหนดรูปแบบและการวิเคราะห์ให้มีความเหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

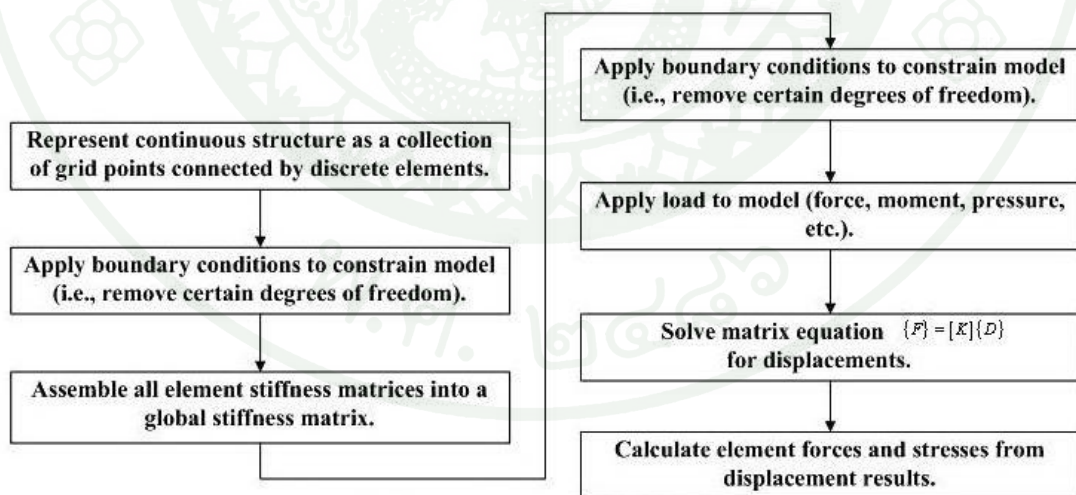
3. กระบวนการขั้นสุดท้าย (Post-Processing) เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาในลักษณะของภาพกราฟิก (ภาพที่ 7) โดยสามารถแสดงการเสียรูป (Deformation) ได้โดยตรง รวมถึงสามารถแสดงค่าความเค้นและความเครียดในเอลิเมนต์ต่างๆ

โดยรายละเอียดของการดำเนินการวิเคราะห์ที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถแสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Solidworks

ที่มา: Jason Pancoast (2012)



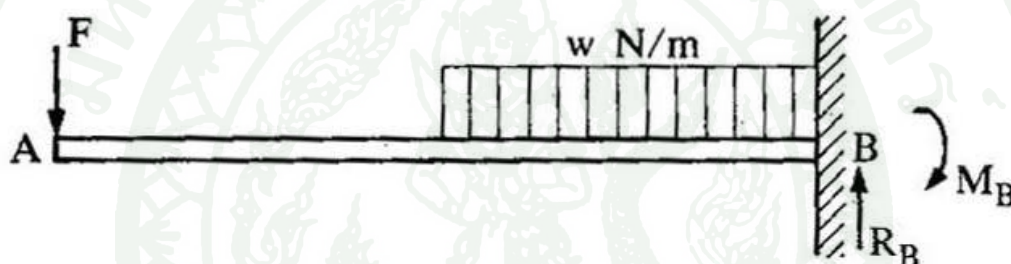
ภาพที่ 8 กระบวนการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ที่มา: พลรัชต์ และคณะ (2555)

## โครงสร้าง

1. คาน (Beam) คือ โครงสร้างที่มีขนาดความยาว ความกว้าง และความลึกน้อยเมื่อเทียบกับความยาว คานอาจมีลักษณะตรงหรือโค้งก็ได้ แต่โดยปกติจะมีลักษณะตรงและอยู่ในแนวระดับราบ และมีแรงกระทำตั้งฉากกับแนวแกน (วิชัย, 2539)

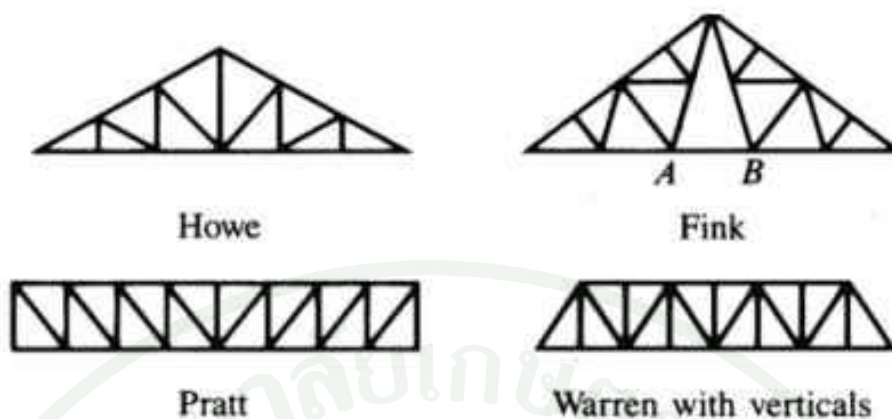
คานยื่น (Cantilever Beam) คือคานที่มีปลายด้านหนึ่งเป็นอิสระ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งมีจุดรองรับแบบฝังแน่นหรือยึดแน่นจนกระทั่งไม่สามารถจะหมุนได้ ซึ่งปลายที่ถูกยึดแน่นจะเกิดทั้งแรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ขึ้น



ภาพที่ 9 คานยื่น (Cantilever Beam)

ที่มา: วิชัย (2539)

2. โครงข้อหมุน (Truss) คือ โครงสร้างที่มีข้อต่อยึด ชนิดหมุนได้และไม่มีความฝืด (frictionless hinges or pins) ประกอบด้วยชิ้นส่วนตรงต่อยึดเป็นรูปสามเหลี่ยมหลายๆ รูป น้ำหนักที่กระทำบนโครงข้อหมุนถูกสมมติว่ากระทำที่จุดข้อต่อแต่ละชิ้นส่วน ที่ประกอบเป็นโครงจะถูกพิจารณาว่าเป็นชิ้นส่วนที่มีแรงกระทำเพียงสองแรง ดังนั้นแรงภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนเป็นชนิดแรงตามแนวแกน คือ เป็นแรงดึงหรือแรงอัดเท่านั้น (วิชัย, 2539)



ภาพที่ 10 โครงข้อหมุน (Truss)

ที่มา: วิชัย (2539)

#### ค่าความปลอดภัย (safety factor)

ค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นในงาน (working stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ ซึ่งเรียกสั้นๆ ว่า ความเค้นออกแบบ (design stress) หรือความเค้นใช้งาน (วริทธิ และชาญ, 2522)

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

1. ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่ง หรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับงานที่อาจจะสูญเสียชีวิต หรือทรัพย์สินจำนวนมากหรือไม่
3. น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ
4. จำนวนของชิ้นงานที่จะผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมากๆ ควรระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด

5. เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 1 เป็นแนวทางในการออกแบบ

ตารางที่ 1 ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	แรงดึง	แรงดึงคราก	แรงดึง
แรงอยู่นิ่ง	1.5 – 2	3 – 4	5 – 6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรง กระแทกเล็กน้อย	3	6	7 – 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรง กระแทกเล็กน้อย	4	8	10 – 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 – 7	10 – 15	15 – 20

#### การออกแบบระบบไฮดรอลิก

##### การคำนวณหาแรงลูกสูบ

แรงที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบและแรงที่ส่งมายังก้านสูบนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ ความดันน้ำมันและแรงต้านทานจากความเสียดทานของอุปกรณ์ต่างๆ (มนตรี และคณะ, 2531)

การคำนวณหาแรงลูกสูบทางทฤษฎี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_{th} = A \cdot P \quad (1)$$

$F_{th}$  คือ แรงลูกสูบทางทฤษฎี (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ (ตารางเซนติเมตร)

P คือ ความดันใช้งาน (นิวตัน/ตารางเซนติเมตร)

ในทางปฏิบัติ ผลของแรงลูกสูบที่ได้ต้องคำนึงถึงแรงเสียดทานจากซีลลูกสูบซึ่งมีค่าประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของแรงลูกสูบที่คำนวณในทางทฤษฎี โดยคำนวณได้จากสมการ

$$F_n = (A \cdot P) - F_r \quad (2)$$

$F_n$  คือ แรงลูกสูบที่ได้จริง (นิวตัน)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ (ตารางเซนติเมตร) =  $\left[ \frac{D^2 \times \pi}{4} \right]$

$P$  คือ ความดันใช้งาน (นิวตัน/ตารางเซนติเมตร)

$F_r$  คือ แรงเสียดทานจากซีลลูกสูบมีค่าประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของแรงลูกสูบ (นิวตัน)

$D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ (เซนติเมตร)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีรายการดังนี้

1. เครื่องเก็บผักตบชวา
2. เครื่องชั่งมวล
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ (Digital Tachometer)
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ตลับเมตร
6. กระจกตวงของเหลว
7. ตะกร้าสำหรับใส่ผักตบชวา
8. กรอบไม้สี่เหลี่ยมขนาด 1 X 1 เมตร

### วิธีการ

ประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินงานได้แก่ การศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ การออกแบบ การสร้าง การทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ การทดสอบภาคสนาม และประเมินผลเชิงวิศวกรรม และเศรษฐศาสตร์

#### 1. การศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่อยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ

การศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่อยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความหนาแน่นผักตบชวาและสิ่งปะปนที่ติดมากับแพผักตบชวา บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ

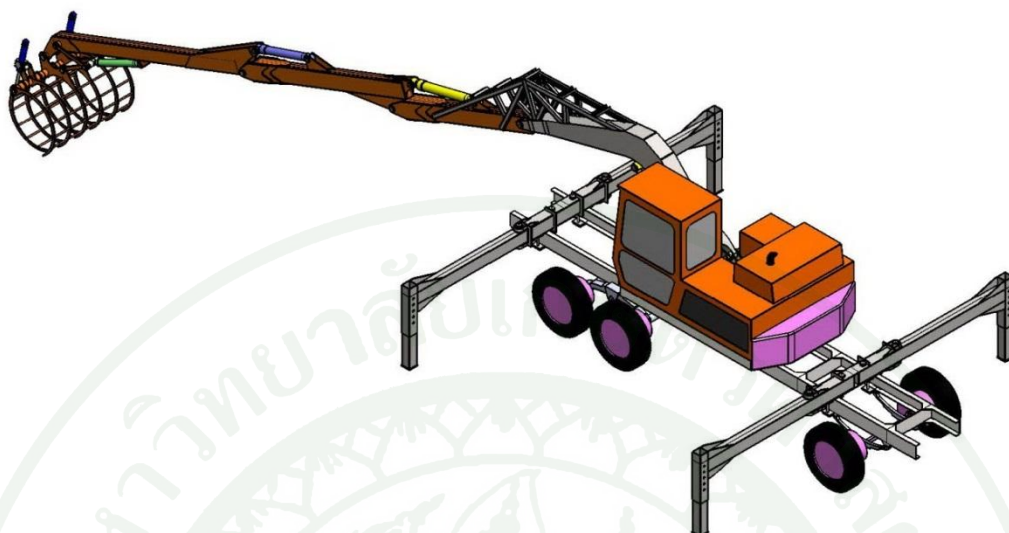
โดยได้ทำการศึกษาที่ประจวบคณาณน้ำกำแพงแสน คลองท่าสาร – บางปลา ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม โดยจะศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวา ด้วยวิธีการวัดในรูปของน้ำหนักของผักตบชวาต่อพื้นที่ (สร้อยดาว, 2534) ทำการวางแปลงแบบสี่เหลี่ยมขนาด 1 X 1 เมตร จำนวน 10 แปลง เพื่อวัดน้ำหนักของผักตบชวาและสิ่งทีปะปนอยู่กับผักตบชวา (น้ำหนักเปียก) เพื่อหาความหนาแน่นของผักตบชวา บริเวณหน้าประจวบคณาณน้ำ

## 2. การออกแบบ

ข้อกำหนดในการออกแบบ

- 2.1 เครื่องเก็บผักตบชวาต้องสามารถติดตั้งบริเวณหน้าประจวบคณาณน้ำได้
- 2.2 เครื่องสามารถเก็บผักตบชวาที่อยู่นอกตลิ่งออกไป ไม่ต่ำกว่า 12 เมตร
- 2.3 เครื่องสามารถเก็บผักตบชวาและวัชพืชน้ำต่างๆ ได้ครั้งละไม่ต่ำกว่า 100 กิโลกรัม
- 2.4 ตัวเครื่องต้องมีความคล่องตัวในการเก็บและเคลื่อนย้ายผักตบชวา
- 2.5 มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานต่อผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

เครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประจวบคณาณน้ำที่ออกแบบจะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดข้างต้น เครื่องที่ออกแบบมีความกว้างประมาณ 2 เมตร ความยาวประมาณ 7.7 เมตร ความสูง 3 เมตร ตัวเครื่องนำรถแบคโฮมาดัดแปลง ติดตั้งชุดคาน (Beam) หรือ คันบูม (Boom) ยาวประมาณ 12.8 เมตร ปลายคันบูมติดตั้งชุดเก็บผักตบชวามีลักษณะเป็นแบบปากคีบ (Grapple) ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิก ฐานเครื่องนำชุดซีรต 10 ล้อมาต่อเชื่อมเข้ากับชุดซีรตแบคโฮ ให้สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องไปปฏิบัติงานได้ ชุดแขนค้ำยันกว้าง 6 เมตร เสริมเสถียรภาพเครื่องขณะปฏิบัติงาน ดังภาพที่



ภาพที่ 11 แบบจำลองเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

### 3. ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

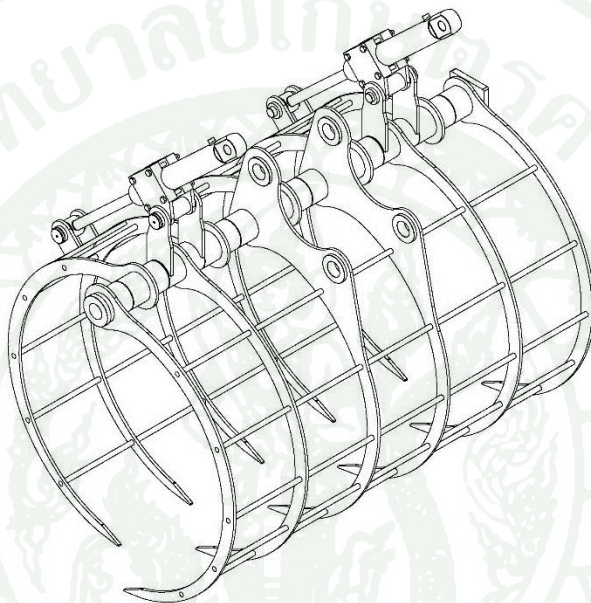
ออกแบบและสร้างแบบจำลองชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเก็บผักตบชวา ด้วยโปรแกรม Solid works ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Solid Works สามารถนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ใน Solid Works Simulation (ปราโมทย์และคณะ, 2554) ผลจากการวิเคราะห์ เช่น ความเค้น (Stress), ค่าความเครียด (Strain), ค่าการโก่งตัวของคาน (Displacement) และค่าความปลอดภัย Factor of Safety จะนำมาประกอบการพิจารณาในการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บผักตบชวา

ในการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรง เลือกวัสดุเป็นเหล็กเหนียวเกรด AISI 1020 มีคุณสมบัติวัสดุตั้งตารางผนวกที่ ข1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรม พิจารณาค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) ตามตารางที่ 1 ที่แรงอยู่นิ่ง

#### 3.1 การออกแบบปากคีบ

จากลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการศึกษาผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ จึงออกแบบอุปกรณ์สำหรับเก็บผักตบชวา ให้มีลักษณะเป็นแบบปากคีบ (Grapple) เพื่อที่จะเก็บ

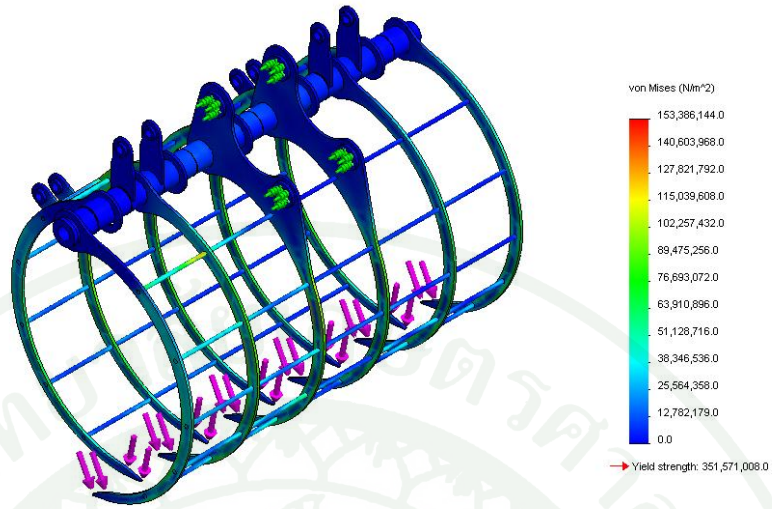
ผักตบชวาแล้วรวบรวมกันให้แน่นแล้วจึงยกขึ้นจากน้ำ ซึ่งจะสามารถเก็บทั้งผักตบชวา วัชพีชน้ำ และ เศษกิ่งไม้ ได้แม้แต่จะมีขนาดที่แตกต่างกัน ปากคีบที่ออกแบบมีลักษณะเป็นส่วนโค้งปลายแหลม อีก ด้านหนึ่งติดกับเพลลาและยึดติดกับปลายคันบวม ควบคุมด้วยระบบไฮดรอลิก ปากคีบจะทำจากเหล็ก แผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ตัดขึ้นรูปตามแบบ แล้วเชื่อมประกอบเป็นปากคีบที่มีขนาดความยาว 1.6 เมตร ความกว้างเมื่อกางออก 1.4 เมตร และมีความสูง 1 เมตร (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ปากคีบ

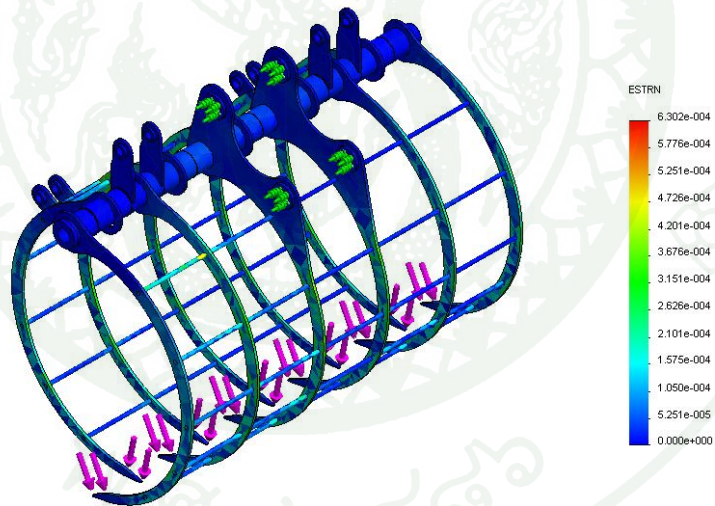
วิเคราะห์ความแข็งแรงของปากคีบที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรับภาระ 500 กิโลกรัม  $\approx 5,000$  N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $1.534 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> (ภาพที่ 13) ค่าความเครียด เท่ากับ 0.00063 (ภาพที่ 14) ค่าการโก่งตัวที่ปลายฟันของปากคีบเท่ากับ 16.18 mm (ภาพที่ 15) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.2 (ภาพที่ 16)

Model name: Grapper - 2-T  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Static nodal stress Stress1  
 Deformation scale: 1



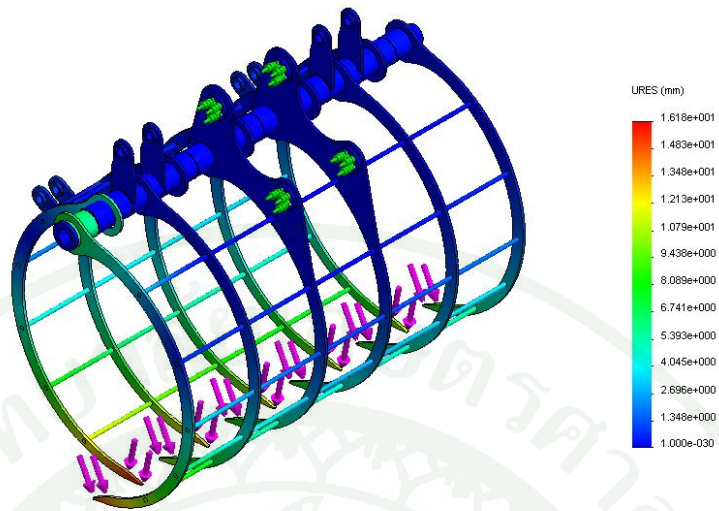
ภาพที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของปากคียบ

Model name: Grapper - 2-T  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Static strain Strain1  
 Deformation scale: 1



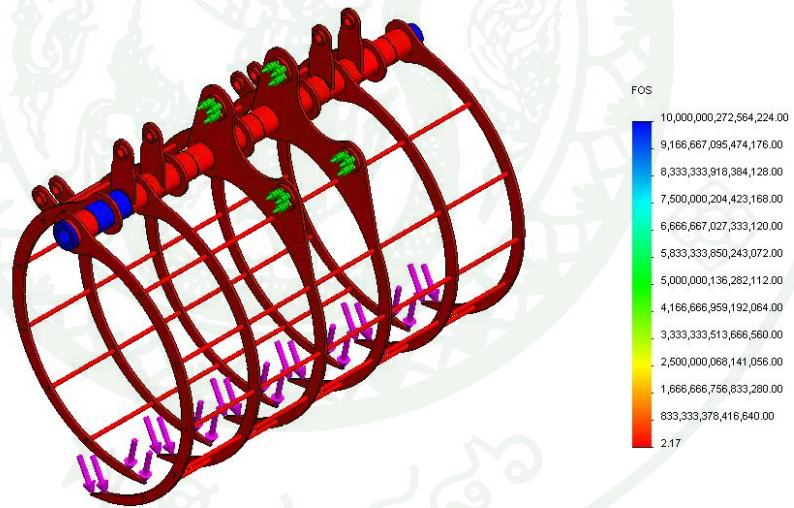
ภาพที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของปากคียบ

Model name: Grapper - 2-T  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Static displacement Displacement1  
 Deformation scale: 1



ภาพที่ 15 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของปากคียบ

Model name: Grapper - 2-T  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion: Max Shear Stress  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 2.2



ภาพที่ 16 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของปากคียบ

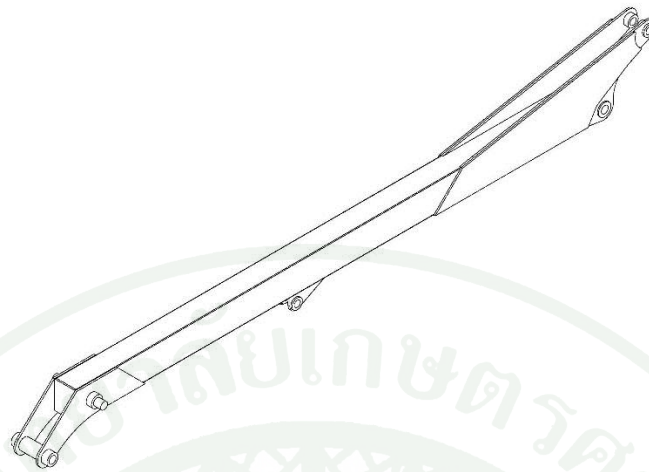


ภาพที่ 17 ปากคืบผักตบชวาที่สร้างขึ้น

### 3.2 การออกแบบคาน (Beam) หรือ คันบูม (Boom)

ชุดคันบูมทำหน้าที่เป็นคานยื่นปากคืบออกไปเก็บผักตบชวา แล้วเคลื่อนย้ายผักตบชวาที่เก็บได้ ชุดคันบูมจะออกแบบให้เป็นคานยาวเชื่อมต่อกัน 3 ท่อน แต่ละท่อนจะเป็นอิสระต่อกัน เชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อและสลัก ควบคุมการเคลื่อนที่ของคันบูมแต่ละท่อนด้วยกระบอกลูกสูบไฮดรอลิก คันบูมแต่ละท่อนทำจากเหล็กทรงพับ (light channels) และเหล็กแผ่นหนา (ภาพผนวกที่ ข2) เชื่อมประกอบเป็นจุดยึดต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

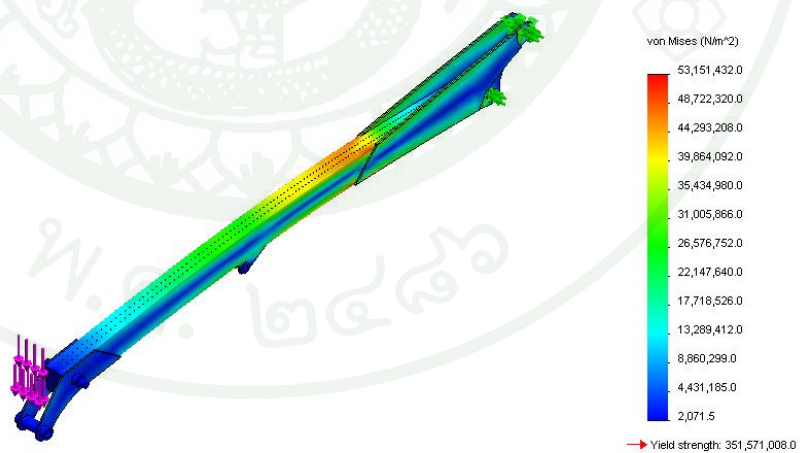
3.2.1 คันบูมท่อนที่ 1 (ภาพที่ 18) จะเป็นคันบูมท่อนปลายเชื่อมต่อกับปากคืบเก็บผักตบชวา ทำจากเหล็ก เหล็กทรงพับขนาด 200 X 75 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันเป็นคานเหล็กยาว 4 เมตร เสริมความแข็งแรงด้วยเหล็กแผ่นหนา 6 มิลลิเมตร และเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบเป็นจุดยึดต่างๆ



ภาพที่ 18 คับนวมท่อนที่ 1

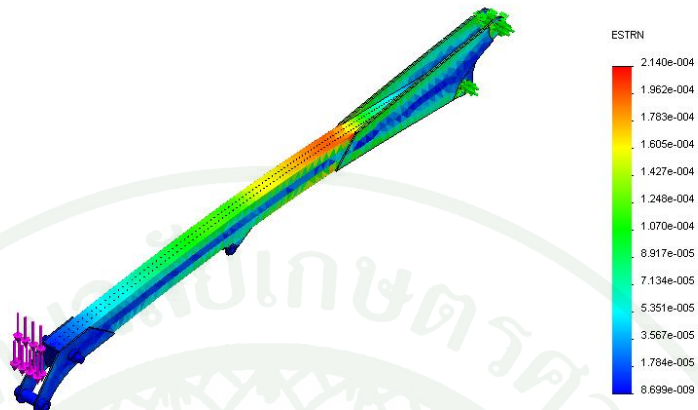
วิเคราะห์ความแข็งแรงของคับนวมท่อนที่ 1 ที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรับภาระ 500 กิโลกรัม  $\approx 5,000$  N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $5.315 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> (ภาพที่ 19) ค่าความเครียดเท่ากับ 0.000214 (ภาพที่ 20) ค่าการโก่งตัวที่ปลายคับนวมเท่ากับ 11.49 mm (ภาพที่ 21) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 4 (ภาพที่ 22)

Model name: boom4  
Study name: Study 1  
Plot type: Static nodal stress Stress1  
Deformation scale: 39.5349



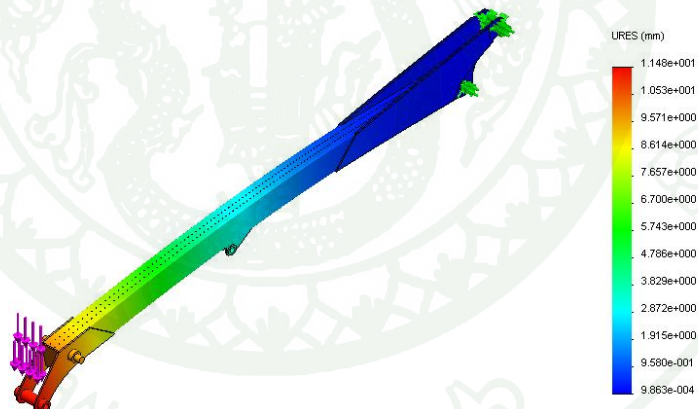
ภาพที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคับนวมท่อนที่ 1

Model name: boom4  
 Study name: Study.1  
 Plot type: Static strain Strain1  
 Deformation scale: 39.5349



ภาพที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของค้ำบูมท่อนที่ 1

Model name: boom4  
 Study name: Study.1  
 Plot type: Static displacement Displacement1  
 Deformation scale: 39.5349



ภาพที่ 21 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวที่ปลายค้ำบูมท่อนที่ 1

Model name: boom4  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion: Max Shear Stress  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 6.1

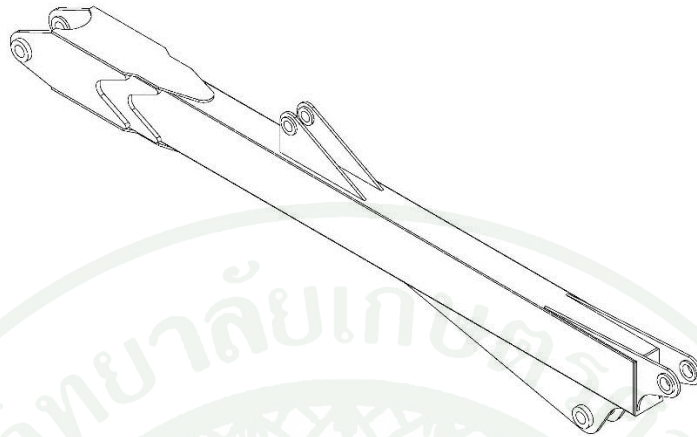


ภาพที่ 22 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันท่อนที่ 1

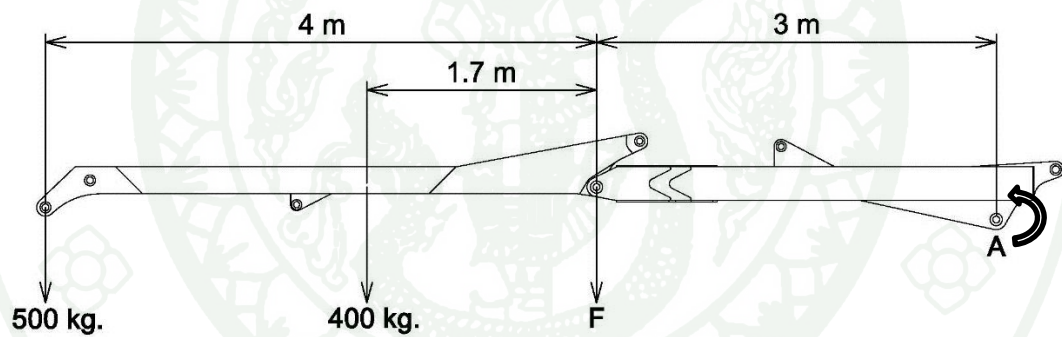


ภาพที่ 23 คันท่อนที่ 1 ที่สร้างขึ้น

3.2.2 คันท่อนที่ 2 (ภาพที่ 24) จะเป็นคันท่อนกลางเชื่อมต่อกันท่อนที่ 3 และ 1 เข้าด้วยกัน ทำจากเหล็กทรงพับขนาด 250 X 75 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันเป็นคานเหล็กยาว 3 เมตร เสริมความแข็งแรงด้วยเหล็กแผ่นหนา 6 มิลลิเมตร และเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบเป็นจุดยึดต่างๆ



ภาพที่ 24 คันบวมท่อนที่ 2



ภาพที่ 25 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันบวมท่อนที่ 1 และ 2

การคำนวณ

จากภาพที่ 25 หาโมเมนต์รอบจุด A

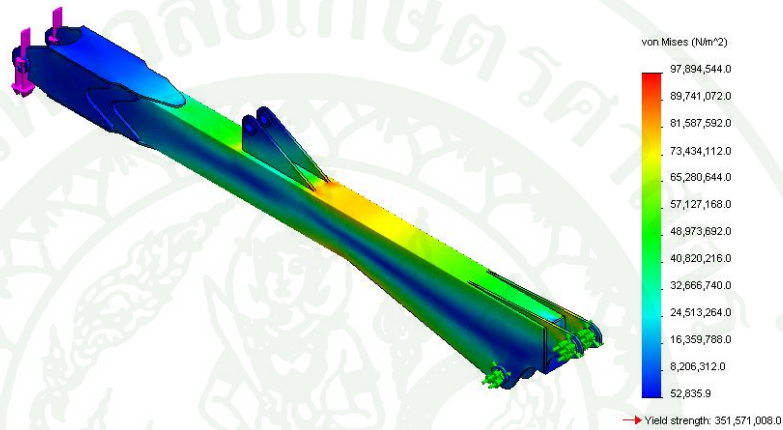
$$(500 \times 7) + (400 \times 4.7) = F \times 3$$

$$F = \frac{(500 \times 7) + (400 \times 4.7)}{3}$$

$$= 1,793.33 \text{ กิโลกรัม.}$$

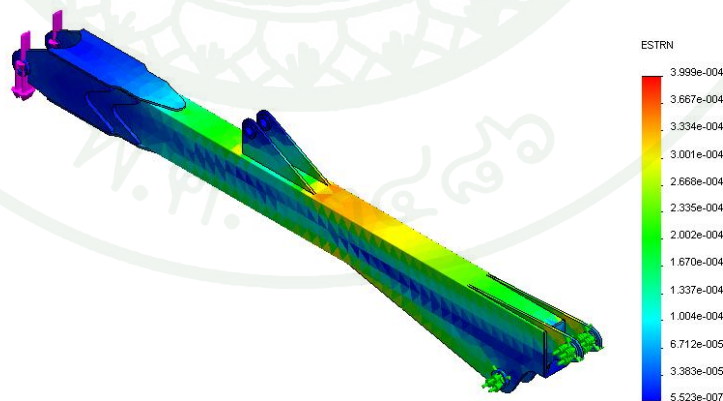
วิเคราะห์ความแข็งแรงของคันท่อนที่ 2 ที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรับภาระ 1,793.33 กิโลกรัม  $\approx 18,000$  N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $9.789 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> (ภาพที่ 26) ค่าความเครียดเท่ากับ 0.0004 (ภาพที่ 27) ค่าการโก่งตัวที่ปลายคันท่อนเท่ากับ 9.17 mm (ภาพที่ 28) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3.1 (ภาพที่ 29)

Model name: boom3  
Study name: Study 1  
Plot type: Static nodal stress Stress1



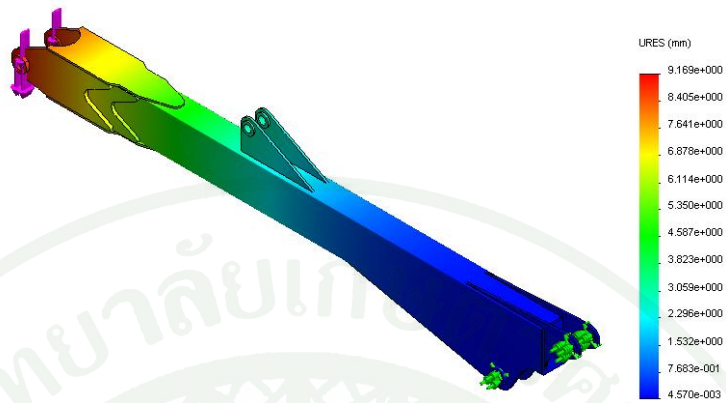
ภาพที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคันท่อนที่ 2

Model name: boom3  
Study name: Study 1  
Plot type: Static strain Strain1



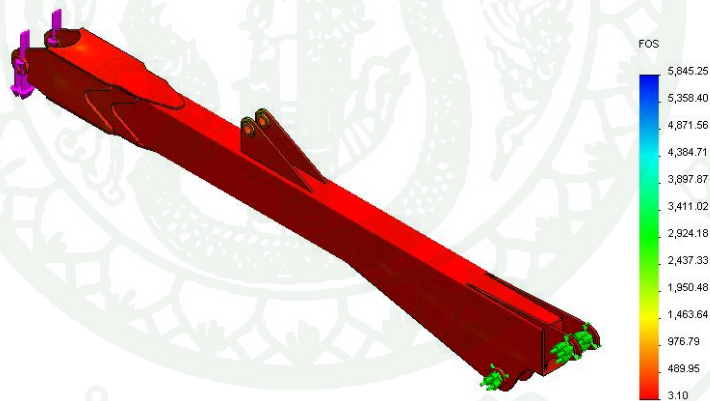
ภาพที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของคันท่อนที่ 2

Model name: boom3  
Study name: Study 1  
Plot type: Static displacement Displacement1



ภาพที่ 28 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวที่ปลายคันท่อนที่ 2

Model name: boom3  
Study name: Study 1  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion: Max Shear Stress  
Factor of safety distribution: Min FOS = 3.1

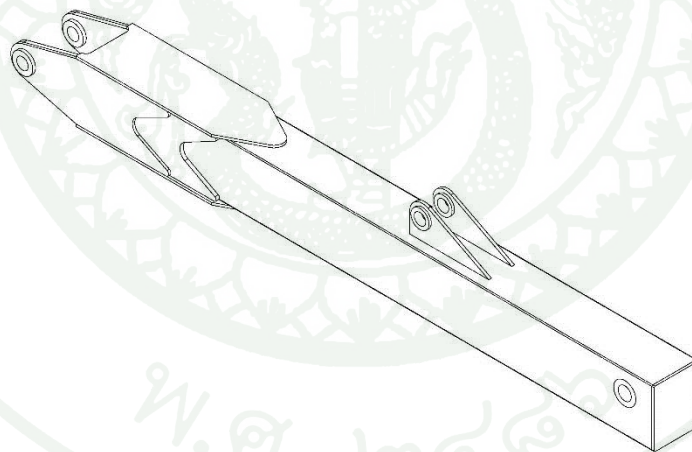


ภาพที่ 29 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันท่อนที่ 2

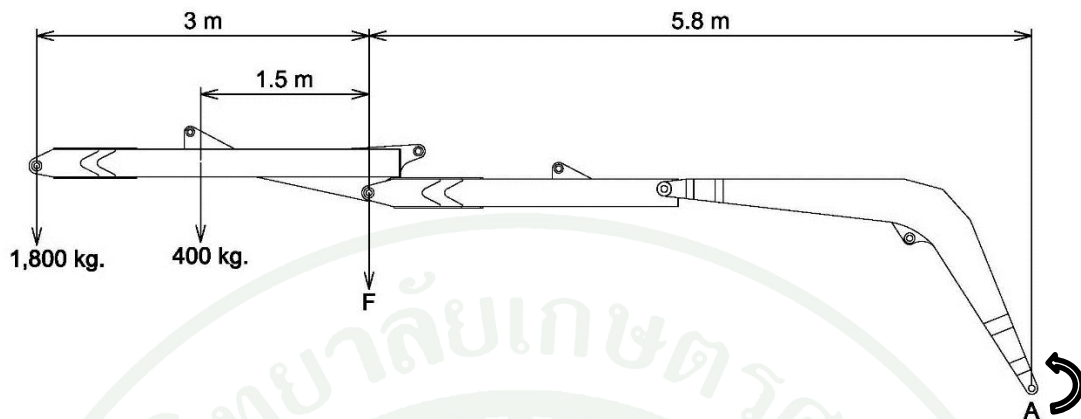


ภาพที่ 30 คับนวมท่อนที่ 2 ที่สร้างขึ้น

3.2.3 คับนวมท่อนที่ 3 (ภาพที่ 31) จะเชื่อมติดกับคับนวมรถแบคโฮ ทำจากเหล็กทรงพับ ขนาด 250 X 50 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันเป็นคานเหล็กยาว 2.6 เมตร และเหล็กแผ่นหนา 10 และ 20 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบเป็นจุดยึดต่างๆ



ภาพที่ 31 คับนวมท่อนที่ 3



ภาพที่ 32 แผนภาพแรงที่กระทำต่อคันท่อนที่ 2 และ 3

การคำนวณ

จากภาพที่ 32 หาโมเมนต์รอบจุด A

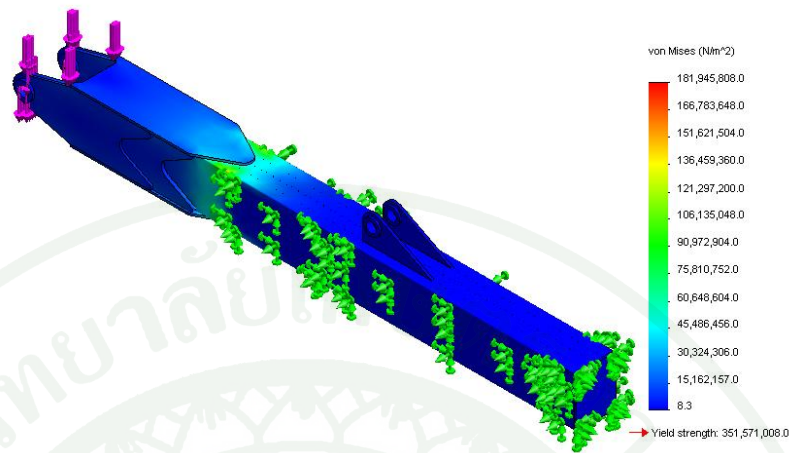
$$(1,800 \times 8.8) + (400 \times 7.3) = F \times 5.8$$

$$F = \frac{(1,800 \times 8.8) + (400 \times 7.3)}{5.8}$$

$$= 3,234.48 \text{ กิโลกรัม}$$

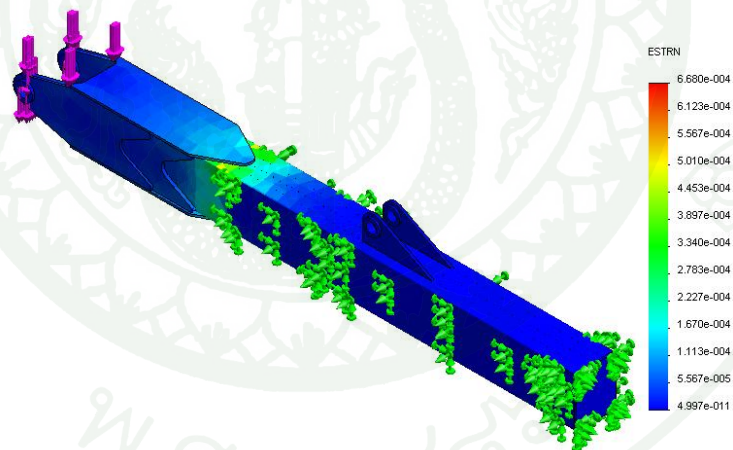
วิเคราะห์ความแข็งแรงของคันท่อนที่ 3 ที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรับภาระ 3,234.48 กิโลกรัม  $\approx 33,000 \text{ N}$  มีค่าความเค้นเท่ากับ  $1.82 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  (ภาพที่ 33) ค่าความเครียดเท่ากับ 0.00067 (ภาพที่ 34) ค่าการโก่งตัวที่ปลายคันท่อนเท่ากับ 0.76 mm (ภาพที่ 35) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.7 (ภาพที่ 36)

Model name: boom2  
Study name: Study 1  
Plot type: Static nodal stress Stress1



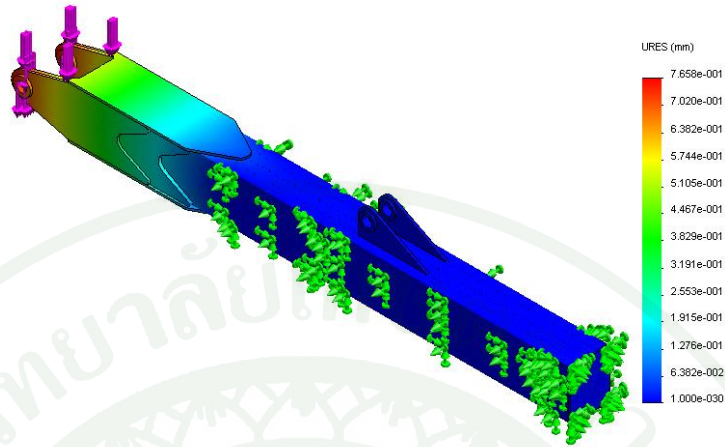
ภาพที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของคันท่อนที่ 3

Model name: boom2  
Study name: Study 1  
Plot type: Static strain Strain1



ภาพที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของคันท่อนที่ 3

Model name: boom2  
Study name: Study 1  
Plot type: Static displacement Displacement1



ภาพที่ 35 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวที่ปลายคันท่อนที่ 3

Model name: boom2  
Study name: Study 1  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion: Max Shear Stress  
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.7

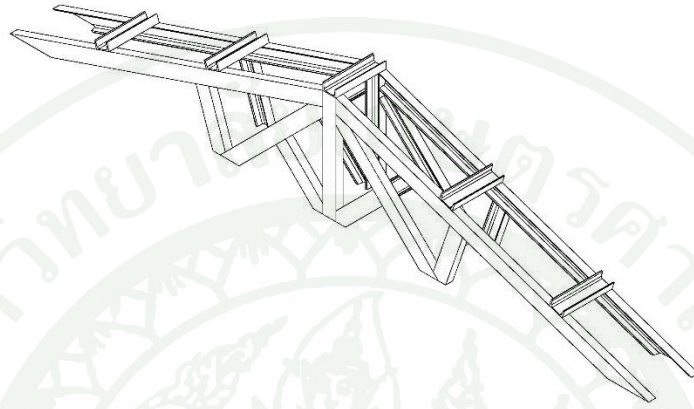


ภาพที่ 36 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของคันท่อนที่ 3

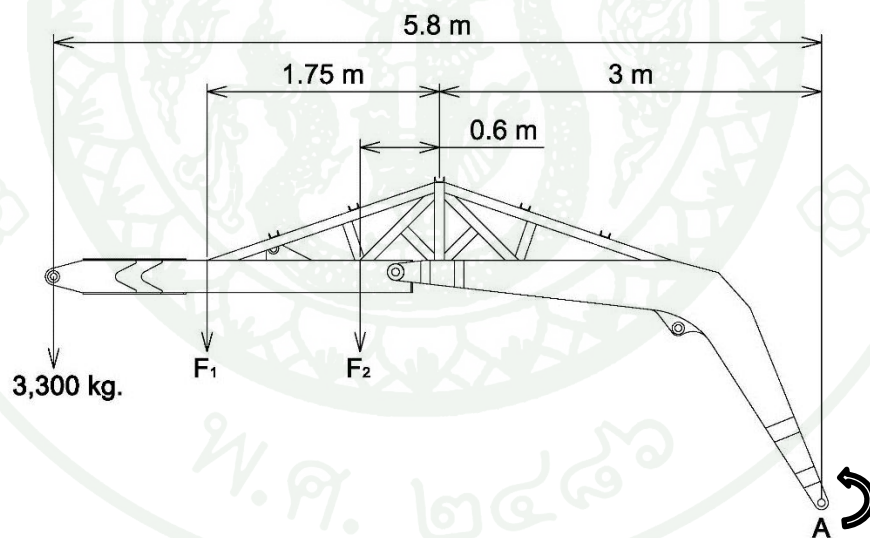
### 3.3 การออกแบบโครงข้อหมุนหรือโครงถัก

โครงถักจะทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงของรอยต่อของคันท่อนที่ 3 กับคันท่อนของรถแบคโฮ ทำจากเหล็กทรงน้ำ (channels) ขนาด 75X40 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร (ภาพผนวกที่

ข1) เชื่อมประกอบเป็นโครงถัก กว้าง 28 เซนติเมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 64 เซนติเมตร ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 โครงข้อหมุนหรือโครงถัก



ภาพที่ 38 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อโครงถักและคันทวนตอนที่ 3

การคำนวณ

จากภาพที่ 38 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(3,300 \times 5.8) = F_1 \times 4.75$$

$$F_1 = \frac{3,300 \times 5.8}{4.75}$$

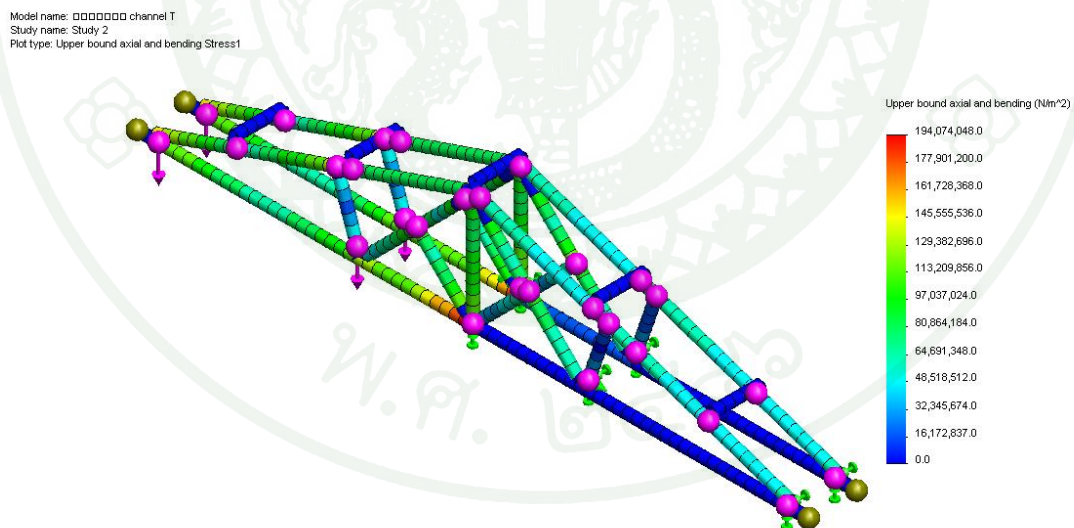
$$= 4,029.47 \text{ กิโลกรัม}$$

$$(3,300 \times 5.8) = F_2 \times 3.6$$

$$F_2 = \frac{3,300 \times 5.8}{3.6}$$

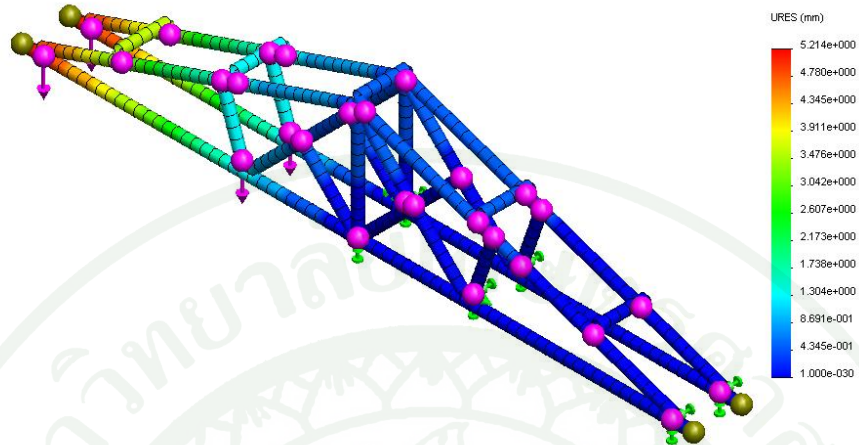
$$= 5,531.67 \text{ กิโลกรัม}$$

วิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงถักที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อ  $F_1$  รับภาระ 4,029.47 กิโลกรัม  $\approx$  40,000 N และ  $F_2$  รับภาระ 5,531.67 กิโลกรัม  $\approx$  55,000 N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $1.94 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> (ภาพที่ 39) ค่าการโก่งตัวที่ปลายโครงถักเท่ากับ 5.22 mm (ภาพที่ 40) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.8 (ภาพที่ 41)



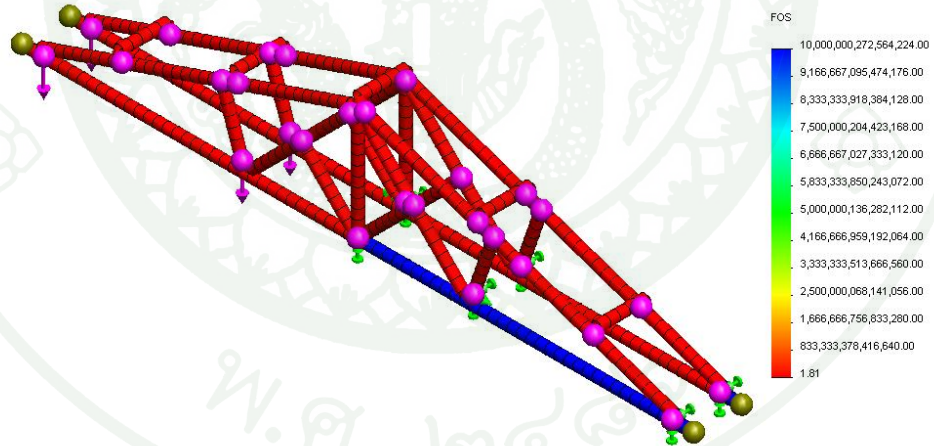
ภาพที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของโครงถัก

Model name: channel T  
 Study name: Study 2  
 Plot type: Static displacement Displacement1



ภาพที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความโก่งของโครงถัก

Model name: channel T  
 Study name: Study 2  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion : Automatic  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 1.8



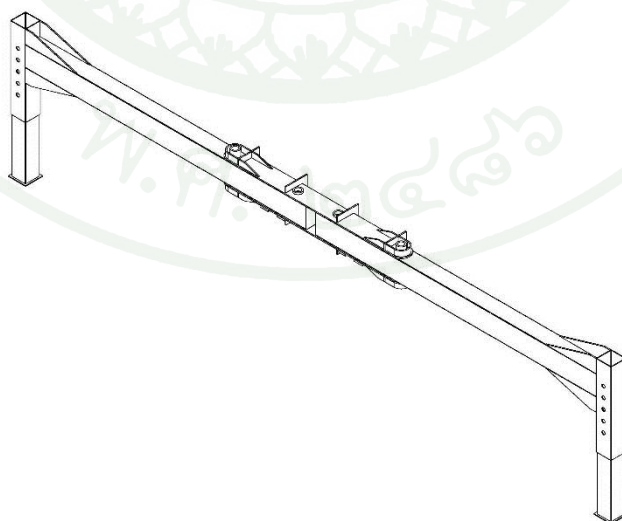
ภาพที่ 41 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของโครงถัก



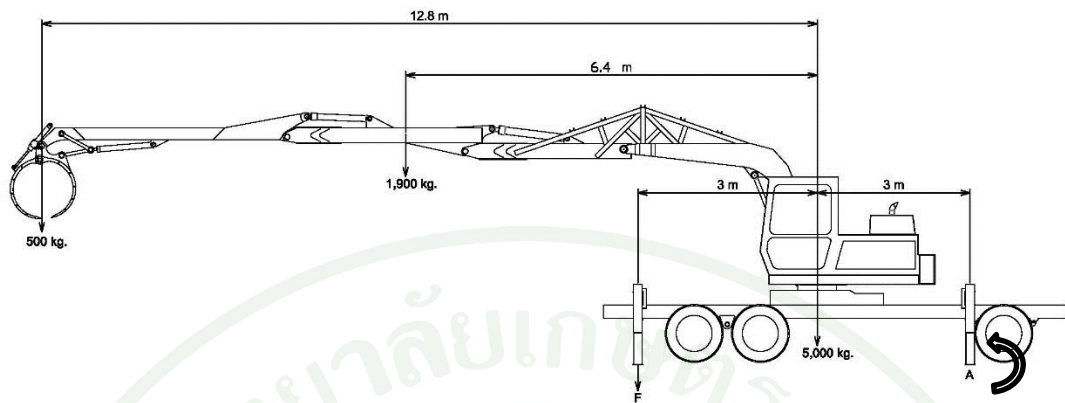
ภาพที่ 42 การเชื่อมต่อค้ำบมท่อนที่ 3 กับค้ำบมเดิมของรถแบคโฮพร้อมกับโครงถัก

### 3.4 การออกแบบแขนค้ำยัน

แขนค้ำยันจะทำหน้าที่สร้างเสถียรภาพให้กับเครื่องเก็บผักตบชวา ในขณะที่ปฏิบัติงาน ออกแบบเป็นคานเหล็กยื่นออกด้านข้างของฐานที่ปลายคานเชื่อมติดกับเสาเหล็กปรับระดับสูงต่ำได้ และสามารถพับเก็บเข้าที่ได้ แขนค้ำยันทำจากเหล็ก ขนาด 200 x 75 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร เชื่อมประกบกันเป็นคาน และเหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบเป็นคานยึดติดกับฐานเครื่อง ดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 แบบแขนค้ำยัน



ภาพที่ 44 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อแขนค้ำยัน

การคำนวณ

จากภาพที่ 44 หาโมเมนต์รอบจุด A

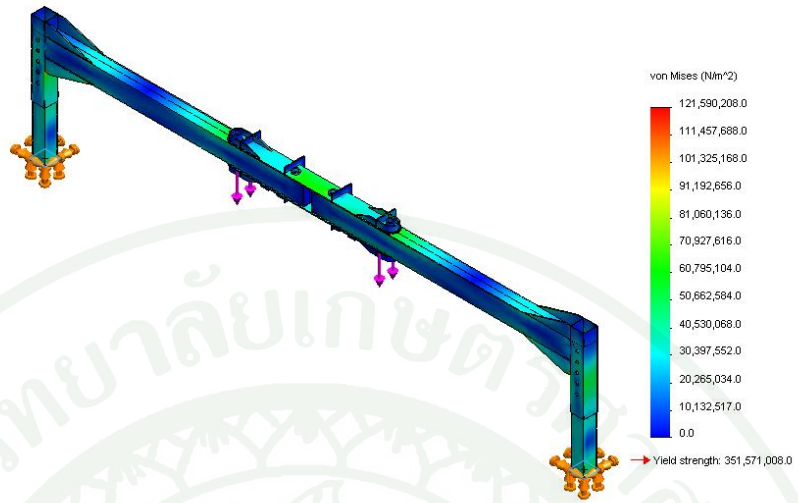
$$(500 \times 15.8) + (1,900 \times 9.4) + (5,000 \times 3) = F \times 6$$

$$F = \frac{(500 \times 15.8) + (1,900 \times 9.4) + (5,000 \times 3)}{6}$$

$$= 6,793.33 \text{ กิโลกรัม}$$

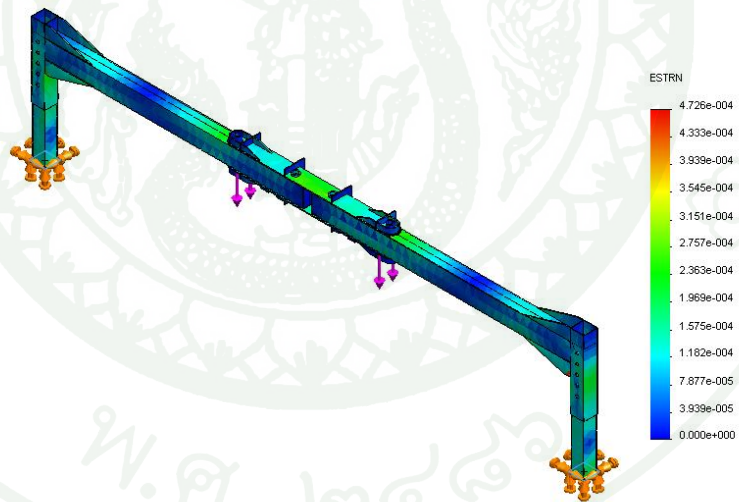
วิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนค้ำยัน ที่ออกแบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรับภาระ 6,793.33 กิโลกรัม  $\approx$  68,000 N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $1.216 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  (ภาพที่ 45) ค่าความเครียดเท่ากับ 0.00047 (ภาพที่ 46) ค่าการโก่งตัวเท่ากับ 5.37 mm (ภาพที่ 47) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.5 (ภาพที่ 48)

Model name: ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐-T  
Study name: Study 1  
Plot type: Static nodal stress Stress1



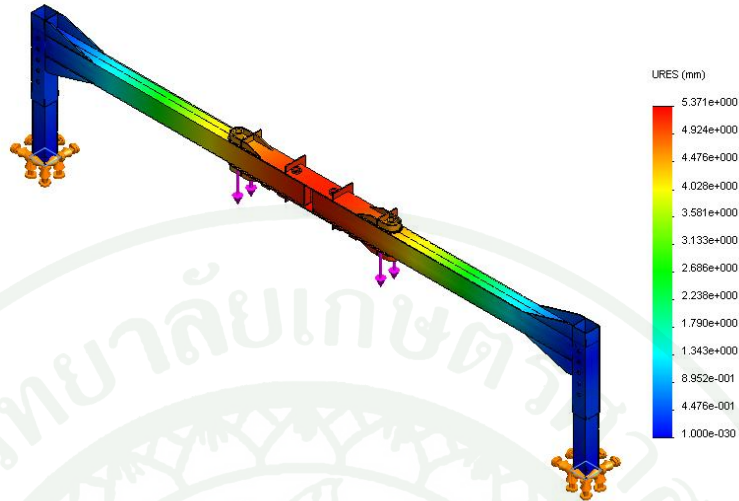
ภาพที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของแขนค้ำยัน

Model name: ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐-T  
Study name: Study 1  
Plot type: Static strain Strain1



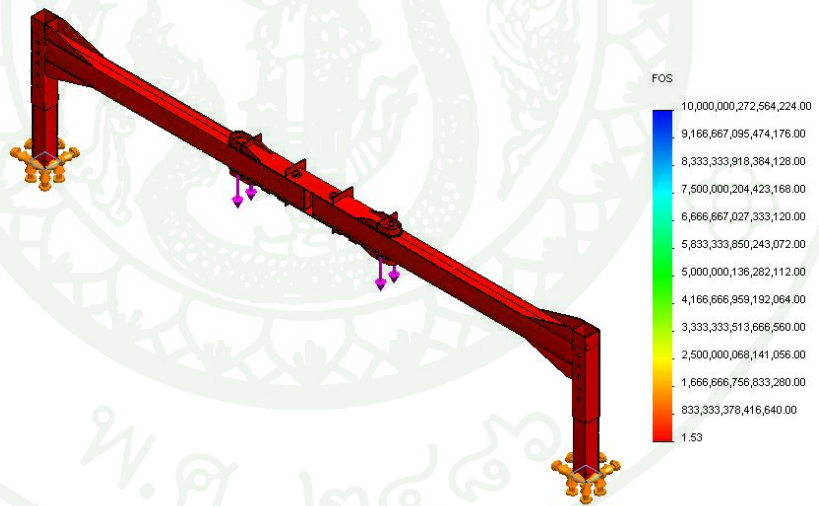
ภาพที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของแขนค้ำยัน

Model name: □□□□□□□□□□-T  
Study name: Study 1  
Plot type: Static displacement Displacement1



ภาพที่ 47 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของแขนค้ำยัน

Model name: □□□□□□□□□□-T  
Study name: Study 1  
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
Criterion: Max Shear Stress  
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.5



ภาพที่ 48 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของแขนค้ำยัน

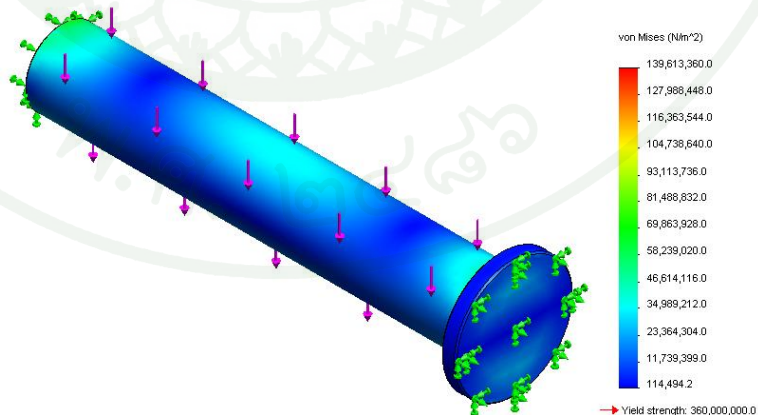


ภาพที่ 49 แขนค้ำยันที่สร้างขึ้น

### 3.5 การออกแบบจุดหมุนและสลัก

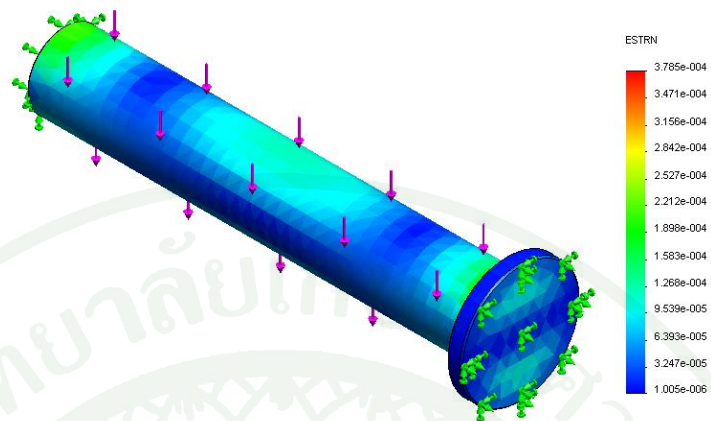
จุดหมุนและสลักเลือกใช้เหล็กเพลานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ความยาว 30 เซนติเมตร วิเคราะห์ความแข็งแรงของสลักเมื่อรับภาระ 3,300 กิโลกรัม (แรงที่กระทำมากที่สุด)  $\approx 33,000$  N มีค่าความเค้นเท่ากับ  $1.396 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> (ภาพที่ 50) ค่าความเครียดเท่ากับ 0.00038 (ภาพที่ 51) ค่าการโก่งตัวเท่ากับ 0.045 mm (ภาพที่ 52) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.5 (ภาพที่ 53)

Model name: pin 0012  
Study name: Study 1  
Plot type: Static nodal stress Stress1



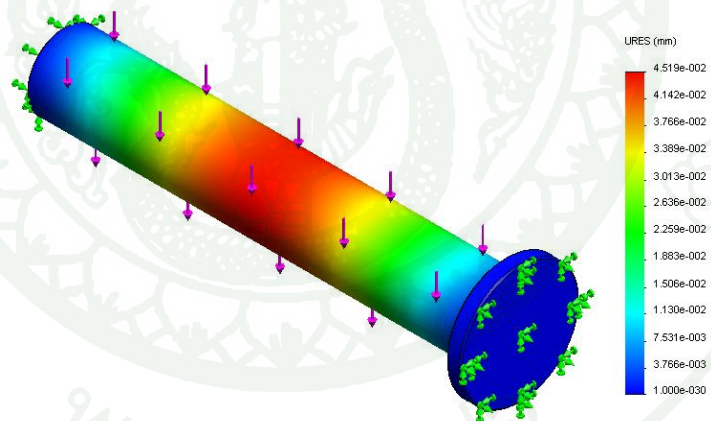
ภาพที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความเค้นของสลัก

Model name: pin 0012  
Study name: Study 1  
Plot type: Static strain Strain



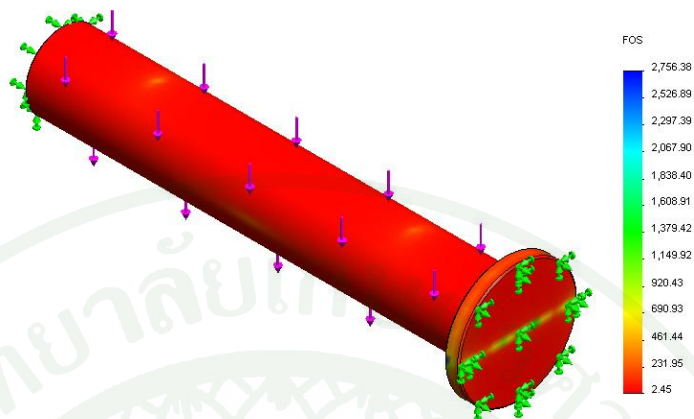
ภาพที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความเครียดของสลัก

Model name: pin 0012  
Study name: Study 1  
Plot type: Static displacement Displacement1



ภาพที่ 52 ผลการวิเคราะห์การโก่งตัวของสลัก

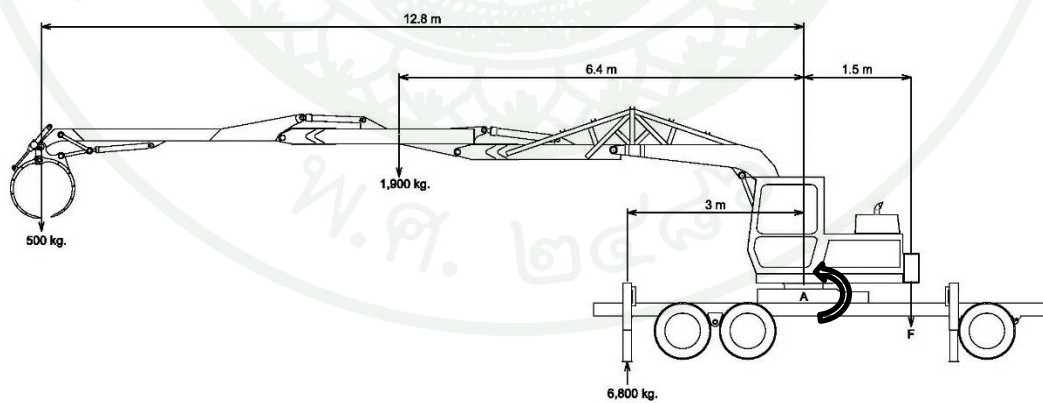
Model name: pin 0012  
 Study name: Study 1  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion : Max Shear Stress  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 2.5



ภาพที่ 53 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของสลัก

### 3.6 การออกแบบน้ำหนักถ่วง (Counterweights)

เมื่อรับภาระขณะที่คัมบูมยืดยาวสุด และทำให้เครื่องไม่มีเสถียรภาพขณะปฏิบัติงาน จึงต้องมีน้ำหนักถ่วงที่ด้านท้ายของตัวเครื่อง



ภาพที่ 54 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อคัมบูม

การคำนวณ

จากภาพที่ 54 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(500 \times 12.8) + (1,900 \times 6.4) - (6,800 \times 3) = F \times 1.5$$

$$F = \frac{(500 \times 12.8) + (1,900 \times 6.4) - (6,800 \times 3)}{1.5}$$

$$= 1,226.67 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น เลือกใช้น้ำหนักถ่วง (Counterweights) ขนาด 1.5 ตัน ติดเพิ่มที่ด้านหลังของเครื่องเก็บผักตบชวาเพื่อสร้างเสถียรภาพให้กับตัวเครื่องในขณะปฏิบัติงาน



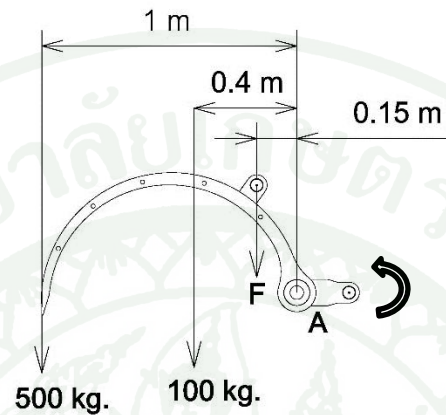
ภาพที่ 55 เหล็กถ่วงน้ำหนัก

#### 4. การออกแบบระบบไฮดรอลิก

เครื่องเก็บผักตบชวาทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก โดยนำระบบไฮดรอลิกของรถแบคโฮมาทำการแก้ไขเพิ่มเติม ดังนี้

#### 4.1 ระบบไฮดรอลิกปากคีบ

##### 4.1.1 หาขนาดกระบอกไฮดรอลิกควบคุมปากคีบทางเข้า-ออก



ภาพที่ 56 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อปากคีบ 1 ด้าน

จากภาพที่ 56 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(500 \times 1) + (100 \times 0.4) = F \times 0.15$$

$$F = \frac{(500 \times 1) + (100 \times 0.4)}{0.15}$$

$$= 3,600 \text{ กิโลกรัม} \approx 36,000 \text{ N}$$

คำนวณขนาดกระบอกไฮดรอลิก ตามสมการที่ 2 ที่ความดันจากปั๊มไฮดรอลิก  $2,450 \text{ N/cm}^2$  (ตารางผนวกที่ ข2)

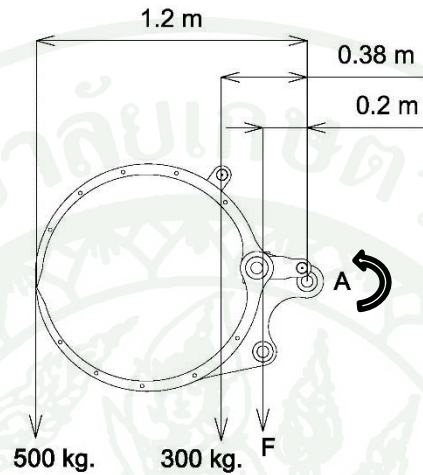
$$A = \left( \frac{36,000 + 7,200}{2,450} \right) = 17.63 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 4.74 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นใช้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกที่ลูกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขึ้นไป

#### 4.1.2 หาขนาดกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกควบคุมปากคีบขึ้น-ลง



ภาพที่ 57 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อปากคีบ

จากภาพที่ 57 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(500 \times 1.2) + (300 \times 0.38) = F \times 0.2$$

$$F = \frac{(500 \times 1.2) + (300 \times 0.38)}{0.2}$$

$$= 3,570 \text{ กิโลกรัม} \approx 35,700 \text{ N}$$

คำนวณขนาดกระบอกลูกสูบไฮดรอลิก ตามสมการที่ 2 ที่ความดันจากปั๊มไฮดรอลิก 2,450 N/cm<sup>2</sup> (ตารางผนวกที่ ข2)

$$A = \left( \frac{35,700 + 7,140}{2,450} \right) = 17.5 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

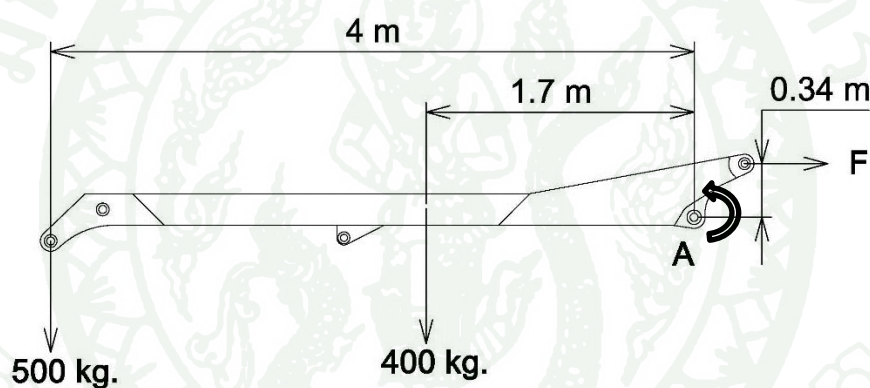
$$D = 4.72 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นใช้กระบอกไฮดรอลิกที่ลูกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขึ้นไป

#### 4.2 ระบบไฮดรอลิกควบคุมคัมบูม

จากการออกแบบคัมบูมเป็น 3 ท่อน ให้มีความเป็นอิสระต่อกัน แต่ละท่อนจะควบคุมด้วยกระบอกไฮดรอลิก ดังนี้

##### 4.2.1 กระบอกไฮดรอลิกควบคุมคัมบูมท่อนที่ 1



ภาพที่ 58 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อคัมบูมท่อนที่ 1

จากภาพที่ 58 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(500 \times 4) + (400 \times 1.7) = F \times 0.34$$

$$F = \frac{(500 \times 4) + (400 \times 1.7)}{0.34}$$

$$= 7,882.35 \text{ กิโลกรัม} \approx 78,820 \text{ N}$$

คำนวณขนาดกระบอกไฮดรอลิก ตามสมการที่ 2 ที่ความดันจากปั๊มไฮดรอลิก 2,450 N/cm<sup>2</sup> (ตารางผนวกที่ ข2)

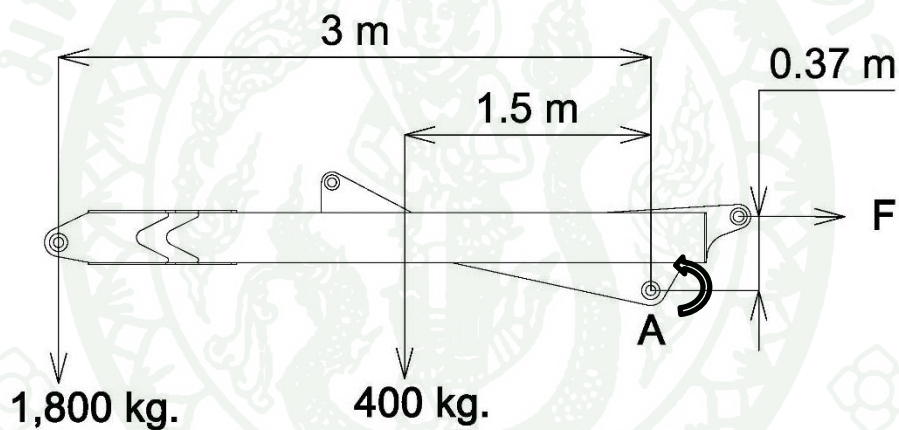
$$A = \left( \frac{78,820 + 15,764}{2,450} \right) = 38.61 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 7.013 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นใช้กระบอกไฮดรอลิกที่ลูกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ขึ้นไป

#### 4.2.2 กระบอกไฮดรอลิกควบคุมคันบูมตอนที่ 2



ภาพที่ 59 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อคันบูมตอนที่ 2

จากภาพที่ 59 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(1,800 \times 3) + (400 \times 1.5) = F \times 0.37$$

$$F = \frac{(1,800 \times 3) + (400 \times 1.5)}{0.37}$$

$$= 16,216.22 \text{ กิโลกรัม} \approx 162,162 \text{ N}$$

คำนวณขนาดกระบอกไฮดรอลิก ตามสมการที่ 2 ที่ความดันจากปั๊มไฮดรอลิก  $2,450 \text{ N/cm}^2$  (ตารางผนวกที่ ข2)

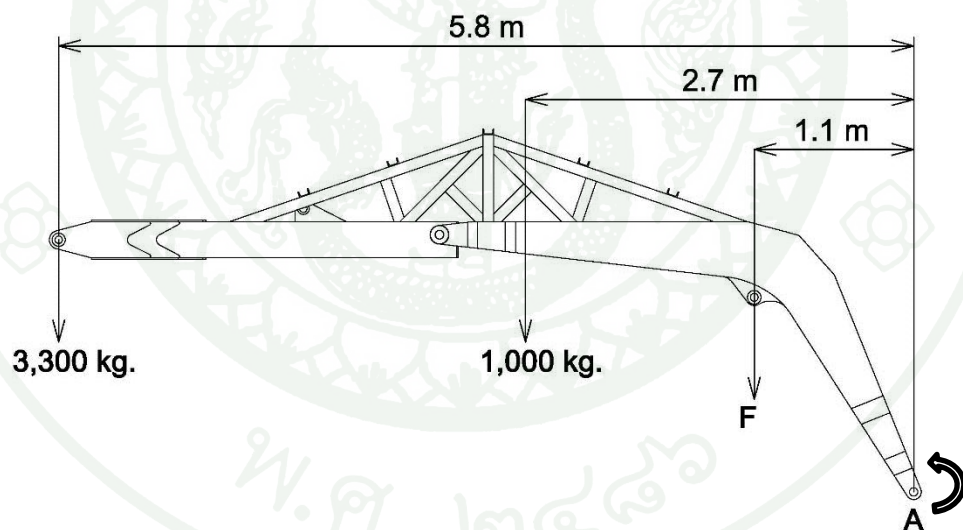
$$A = \left( \frac{162,162 + 32,432.4}{2,450} \right) = 79.43 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 10.07 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นใช้กระบอกไฮดรอลิกที่ลูกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ขึ้นไป

#### 4.2.2 กระบอกไฮดรอลิกควบคุมคันบวมท่อนที่ 3



ภาพที่ 60 แผนภาพของแรงที่กระทำต่อคันบวมท่อนที่ 3

จากภาพที่ 60 หาโมเมนต์รอบจุด A

$$(3,300 \times 5.8) + (1,000 \times 2.7) = F \times 1.1$$

$$F = \frac{(3,300 \times 5.8) + (1,000 \times 2.7)}{1.1}$$

$$= 19,854.54 \text{ กิโลกรัม} \approx 198,545 \text{ N}$$

คำนวณขนาดกระบอกไฮดรอลิก ตามสมการที่ 2 ที่ความดันจากปั๊มไฮดรอลิก  $2,450 \text{ N/cm}^2$  (ตารางผนวกที่ 2ข)

$$A = \left( \frac{198,545 + 39,709}{2,450} \right) = 97.25 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 11.13 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้นใช้กระบอกไฮดรอลิกที่ลูกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ขึ้นไป

#### 5. การดำเนินการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวา

ผลจากการออกแบบ ดำเนินการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ ที่ศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ดังภาพที่ 61



ภาพที่ 61 เครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำที่สร้างขึ้น

## 6. การทดสอบและประเมินผลของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

การทดสอบและประเมินผลเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำต้นแบบ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนการทดสอบคือ การทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบในภาคสนาม ดังมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การทดสอบเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลสำคัญต่างๆ ของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำต้นแบบ ที่ได้สร้างขึ้น

6.2 การทดสอบในภาคสนาม เป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บผักตบชวาในการปฏิบัติงานจริงของเครื่องบริเวณหน้าประตูน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 การทดสอบหาปริมาณผักตบชวาที่เก็บได้ การทดสอบทำโดยการนำผักตบชวา วัชพืชน้ำ และเศษวัสดุต่างๆ ที่เก็บได้ใน 1 ครั้ง มาชั่งน้ำหนัก โดยสุ่ม 20 ครั้งในการเก็บ เพื่อหาปริมาณของผักตบชวาที่เก็บได้

6.2.2 การทดสอบหาจำนวนรอบในการเก็บผักตบชวา การทดสอบทำโดยการนับจำนวนรอบ (ครั้ง) การเก็บผักตบชวา ที่ระยะเวลาปฏิบัติงาน 10 นาที โดยทำซ้ำ 20 ซ้ำ

6.2.3 การหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงขณะปฏิบัติงาน การทดสอบทำโดยวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทุกๆ 5 นาที ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900 1100 1300 และ 1500 วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบละ 5 ซ้ำ

6.2.4 ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ โดยการเทียบที่ระยะเวลาในปฏิบัติงาน 1 ชั่วโมง

## 7. การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ครอบคลุมการหาต้นทุน ค่าใช้จ่ายระยะเวลาต้นทุน และจุดคุ้มทุน ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร คำนวณได้จากต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Hunt, 1995)

## 7.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

7.1.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคา แบบ Straight-line method

$$DP = \frac{(P-S)}{L} \quad (3)$$

โดยที่ P คือ ราคาซื้อของเครื่องจักร(บาท)

S คือ ราคาขายหรือราคาคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ(บาท)

L คือ อายุการใช้งานของเครื่อง(ปี)

มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่10 เหลือ 10 % ของราคาเครื่องที่ทำการ  
ประเมิน

### 5.1.2 ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment, I)

$$I = \left(\frac{P+S}{2}\right) * \left(\frac{i}{100}\right) \quad (4)$$

โดยที่ i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี(เปอร์เซ็นต์)

## 5.2 ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

### 5.2.1 ค่าบำรุงรักษา ( Repair and Maintenance )

### 5.2.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

### 5.2.3 ค่าจ้างแรงงาน

## 5.3 ระยะเวลาการคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจะลดลง เมื่อวันทำงานต่อปีเพิ่มขึ้น

ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซม บำรุงรักษา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และ  
ค่าจ้างแรงงาน

ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ย

ผลประโยชน์ที่ได้รับ คิดจากอัตราค่าจ้างในเก็บผักตบชวาคูณกับชั่วโมงการทำงาน  
ต่อปี

ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับ กับต้นทุนรวม

ระยะเวลาดำเนินทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับผลประโยชน์สุทธิ

#### 5.4 การใช้งานคัมพูน

การใช้งานคัมพูน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง - ค่าใช้จ่ายในการทำงาน)

#### สถานที่ทำการวิจัย

ดำเนินการออกแบบ สร้าง และทดสอบเบื้องต้น ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ดำเนินการทดสอบภาคสนาม ณ ประตुरะบายน้ำกำแพงแสน คลองท่าสาร - บางปลา ต.  
กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัยตั้งแต่ 1 เมษายน 2554 - 1 เมษายน 2555

## ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่อยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำในสถานที่ทำการทดสอบเครื่องเก็บผักตบชวา ผลการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวา และผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม มีรายละเอียดดังนี้

### 1. ผลการศึกษาความหนาแน่นของผักตบชวาที่อยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ

การทดสอบหาความหนาแน่นของผักตบชวาที่อยู่บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ (ตารางผนวกที่ ค1) พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ย 97.93 กิโลกรัม/ตารางเมตร (ตารางที่ 2) ผักตบชวามีการสะสมกันอย่างหนาแน่น อีกทั้งยังมีเศษวัสดุอื่นๆปะปนอยู่ด้วย (ภาพผนวกที่ ค7)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นผักตบชวา

ค่าต่างๆ	ความหนาแน่นของผักตบชวา (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
ค่าเฉลี่ย	97.93
SD	15.62
ค่าน้อยสุด	73
ค่ามากที่สุด	117

### 2. ผลการทดสอบและประเมินผลเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำต้นแบบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบเบื้องต้น และการทดสอบในภาคสนาม มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.1 ผลการออกแบบและการทดสอบเบื้องต้น

จากการออกแบบในขั้นต้น นำมาสร้างเครื่องต้นแบบ และทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลสำคัญต่างๆ ของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ ได้แก่

2.1.1 ปากคืบ ที่สร้างมีความยาว 1.6 เมตร มีความสูง 1 เมตร มีความกว้างเมื่อกางปากออก 1.4 เมตร มีปริมาตรบรรจุผักตบชวาได้ 200 กิโลกรัม

2.1.2 ชุดคันบูม มีความยาวทั้งหมดประมาณ 12.8 เมตร

2.1.3 ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนที่ได้รอบฐานเครื่อง หรือหมุนได้ 360 องศา

2.1.4 ต้นกำลังของเครื่องเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ ขนาด 80 แรงม้า

2.1.5 แขนค้ำยันความยาว 6 เมตร 2 ชุด

2.1.6 ตัวเครื่องและฐานเครื่องมี ความยาว 7.7 เมตร ความกว้าง 2 เมตร และความสูง 3 เมตร

2.1.7 ระบบไฮดรอลิกส์เป็นปั๊มแบบลูกสูบ 2 ตัว เป็นต้นกำลังระบบไฮดรอลิก

2.1.8 สามารถยกคันบูมได้สูงสุด 5.8 เมตร และต่ำสุด 7.5 เมตร

2.1.9 ที่คันบูมยื่นออกยาวสุด สามารถยกน้ำหนักได้ 150 กิโลกรัม

## 2.2 ผลการทดสอบในภาคสนาม

การทดสอบในภาคสนามจะเป็นการทดสอบการปฏิบัติงานของเครื่องบริเวณหน้าประตูระบาย โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

### 2.2.1 การทดสอบหาปริมาณผักตบชวาที่เก็บได้

ผลการทดสอบการเก็บผักตบชวาใน 1 ครั้งการเก็บ (ตารางผนวกที่ ค2) พบว่าสามารถเก็บผักตบชวาได้เฉลี่ย 131.4 กิโลกรัม (ตารางที่ 3) ซึ่งปริมาณการเก็บในแต่ละครั้ง จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณนั้นด้วย

ตารางที่ 3 ปริมาณผักตบชวาที่เก็บได้ใน 1 ครั้ง

ค่าต่างๆ	ปริมาณผักตบชวา (กิโลกรัม)
ค่าเฉลี่ย	131.4
SD	25.35
ค่าน้อยสุด	93
ค่ามากที่สุด	168

หมายเหตุ ความหนาแน่นผักตบชวาเฉลี่ย 97.93 กิโลกรัม/ตารางเมตร

#### 2.2.2 การทดสอบหาจำนวนรอบในการเก็บผักตบชวา

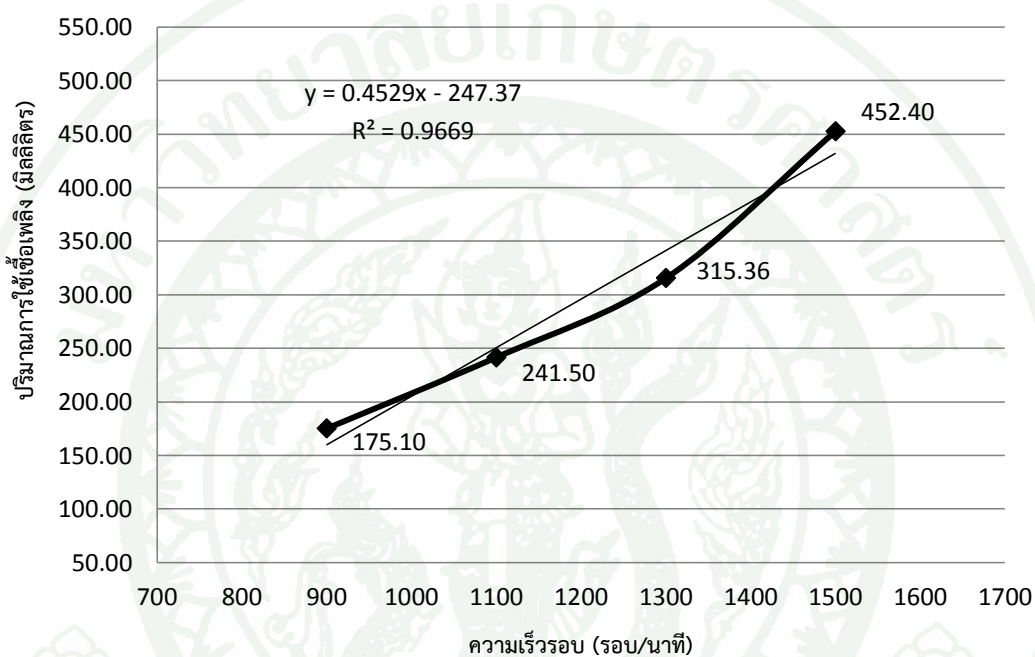
ผลการทดสอบจำนวนรอบการเก็บผักตบชวา (ตารางผนวกที่ ค3) ที่ระยะเวลาปฏิบัติงาน 10 นาที และ 1 ชั่วโมง : พบว่าในเวลา 10 นาที เครื่องเก็บผักตบชวาสามารถเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 6.35 ครั้ง เมื่อปฏิบัติงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องเก็บผักตบชวาสามารถเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 38.33 ครั้ง ทั้งนี้จำนวนครั้งในการเก็บอาจมีผลมาจาก ผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมเครื่องเก็บผักตบชวา และระยะห่างระหว่างผักตบชวากับตัวเครื่อง

ตารางที่ 4 จำนวนรอบในการเก็บผักตบชวา ที่ระยะเวลาปฏิบัติงาน 10 นาที และ 1 ชั่วโมง

ค่าต่างๆ	จำนวนรอบในการเก็บผักตบชวา (ครั้ง)	
	ระยะเวลาปฏิบัติงาน 10 นาที	ระยะเวลาปฏิบัติงาน 1 ชั่วโมง
ค่าเฉลี่ย	6.35	38.33
SD	0.81	0.58
ค่าน้อยสุด	5	38
ค่ามากที่สุด	8	39

### 2.2.3 การหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ตารางผนวกที่ ค4) ในเวลา 5 นาที ขณะปฏิบัติงาน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900 1100 1300 และ 1500 รอบ/นาที พบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ดังภาพที่ 62



ภาพที่ 62 กราฟแสดงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ กัน

### 2.2.4 ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

หาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ โดยการประเมินที่การปฏิบัติงานต่อเนื่องในระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าเครื่องเก็บผักตบชวาสามารถเก็บผักตบชวาได้เฉลี่ย 5036.56 กิโลกรัม  $\approx$  5 ตัน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.55 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 5

### ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตร)	ปริมาณผักตบชวา (กิโลกรัม)
1	3.55	5036.56

### 3. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากการทดสอบเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ เมื่อใช้กับคนงาน 1 คน จะมีความสามารถในการทำงานของเครื่องเฉลี่ย 5 ตันต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้การใช้เครื่อง 8 ชั่วโมงต่อวันทำงานปีละ 30 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อตัน) และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องเก็บผักตบชวาได้

#### 3.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักรกล คำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 3.1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method ตามสมการที่ 3

มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 % ของราคาเครื่องที่ทำการประเมินไว้ (ตารางที่ 6) เท่ากับ 1,000,000 บาท

$$\text{ดังนั้นราคาซากเครื่อง} = (10/100) \times 1,000,000 = 100,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (DP)} = (1,000,000 - 100,000)/10 = 90,000 \text{ บาท}$$

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment)

กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 0.75 % (อัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์ ธนาคารไทยพาณิชย์เมื่อวันที่ 22/10/55) คำนวณตามสมการที่ 4

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี} &= \left( \frac{1,000,000 + 100,000}{2} \right) \times \left( \frac{0.75}{100} \right) \\ &= 4,125 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost)} = 90,000 + 4,125 = 94,125 \text{ บาทต่อปี}$$

#### ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

ลำดับที่	รายการ	จำนวนเงิน
1	รถแบคโฮมือสอง ยี่ห้อ sumitomo รุ่น LS – 1400J	300,000
2	ชุดซีรต 10 ล้อ มือสอง ยี่ห้อ nissan	100,000
3	คั้นบวมท่อน	200,000
4	แขนค้ายัน 2 ชุด	100,000
5	ปากคืบ	80,000
6	อุปกรณ์ไฮดรอลิก	120,000
7	ค่าจ้างเหมาสร้างเครื่อง	100,000
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ		1,000,000

#### 3.1.2 ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ค่าบำรุงรักษา (Repair and Maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 60 บาท  
ทำงานปีละ 30 วัน ค่าบำรุงรักษา =  $60 \times 30 = 1,800$  บาทต่อปี

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 29.79 บาทต่อลิตร (อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย  
3.55 ลิตรต่อชั่วโมง ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) คิดเฉลี่ย 28.4 ลิตรต่อวัน ทำงานปีละ 30 วัน เท่ากับ  
25,381.08 บาทต่อปี

ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 30  
วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน เท่ากับ  $300 \times 30 = 9,000$  บาทต่อปี

$$\text{รวมต้นทุนผันแปร} = 1,800 + 25,381.08 + 9,000 = 36,181.08 \text{ บาทต่อปี}$$

### 3.1.3 ต้นทุนรวม (Total cost)

คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องเก็บผักตบชวา โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปรเท่ากับ  $94,125 + 36,181.08 = 130,306.08$  บาทต่อปี

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อตัน) ของเครื่องเก็บผักตบชวา ที่ทำงานใน 1 ปี เท่ากับ 30 วันหรือ 240 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเท่ากับ 5 ตันต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ  $130,306.08 / (240 \times 5) = 108.6$  บาทต่อตัน

### 3.2 ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องเก็บผักตบชวา

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจะลดลง เมื่อวันทำงานต่อปีเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 18 ถ้าใน 1 ปีสามารถทำงานได้ 30 วัน (240 ชั่วโมง) ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 5.89 ปี

ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซม บำรุงรักษา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและ ค่าจ้างแรงงาน

ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ย(หรือค่าเสียโอกาส)

ผลประโยชน์ที่ได้รับ คิดจากอัตราค่าจ้างในการเก็บผักตบชวาคูณกับชั่วโมงการทำงานต่อปี

อัตราค่าจ้างเหมาในการเก็บผักตบชวา เทียบเท่ากับรถแบคโฮ PC – 120 แขนยาว ค่าจ้างเหมา 7000 บาทต่อวัน (นิรนาม, 2555)

ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับ กับต้นทุนรวม

ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับผลประโยชน์สุทธิ

ตารางที่ 7 การคิดระยะการคืนทุนของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ

ชั่วโมงทำงาน (ชม./ปี)	ดอกเบี้ย (บาท/ปี)	ต้นทุนผันแปร (บาท/ปี)	ต้นทุนรวม (บาท/ปี)	ผลประโยชน์ที่ได้รับ (บาท/ปี)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
120	4,125	18,090.54	22,215.54	105,000.0	82,784.46	12.08
240	4,125	36,181.08	40,306.08	210,000.0	169,693.92	5.89
360	4,125	54,271.62	58,396.62	315,000.0	256,603.38	3.90
480	4,125	72,362.16	76,487.16	420,000.0	343,512.84	2.91
600	4,125	90,452.70	94,577.70	525,000.0	430,422.30	2.32
720	4,125	108,543.24	112,668.24	630,000.0	517,331.76	1.93
840	4,125	126,633.78	130,758.78	735,000.0	604,241.22	1.65

### 3.3 การใช้งานคัมทุน

การใช้งานคัมทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง - ค่าใช้จ่ายในการทำงาน)

ค่าใช้จ่ายคงที่ = 94,125 บาทต่อปี

อัตราค่าจ้างเหมาะในการเก็บผักตบชวา เทียบเท่ากับรถแบคโฮ PC - 120 แขนยาว ค่าจ้างเหมาะ 7,000 บาทต่อวัน จะได้อัตราค่าจ้างต่อชั่วโมงเท่ากับ 875 บาทต่อชั่วโมง

จากค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ 108.6 บาทต่อตัน เปรียบเทียบกับอัตราการทำงาน 5 ตันต่อชั่วโมง จะได้ค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ  $5 \times 108.6 = 543$  บาทต่อชั่วโมง

ดังนั้น การใช้งานคัมทุน =  $94,125 / (875 - 543)$

= 283.51 ชั่วโมงต่อปี

$\cong 300$  ชั่วโมงต่อปี

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการศึกษาการออกแบบและประเมินผลเครื่องต้นแบบดังกล่าวมาแล้ว สามารถสรุปผลการศึกษา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การออกแบบและการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำต้นแบบ ได้ออกแบบอุปกรณ์สำหรับเก็บผักตบชวาให้มีลักษณะแบบปากคีบ มีปริมาตรบรรจุผักตบชวาได้ 200 กิโลกรัม มีคันทันที่ยาว 12.8 เมตร สามารถยกสูงจากพื้นได้ 5.8 เมตร ยกลงต่ำสุดได้ 7.5 เมตร เพื่อย่นปากคีบออกไปเก็บผักตบชวา ตัวเครื่องให้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยรอบฐาน (360 องศา) และมีแขนค้ำยันยาว 6 เมตร เพื่อเสถียรภาพในขณะปฏิบัติงานของเครื่องเก็บผักตบชวา

2. ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวา ทดสอบการปฏิบัติงานโดยการเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำกำแพงแสน คลองท่าสาร – บางปลา ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ในรอบการเก็บผักตบชวา 1 ครั้ง สามารถเก็บผักตบชวาได้ 131.41 กิโลกรัม ในการทำงานต่อเนื่องเครื่องเก็บผักตบชวาสามารถเก็บผักตบชวาได้ 5036.56 กิโลกรัม/ชั่วโมง ขณะปฏิบัติงานความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วง 900 – 1500 รอบ/นาที และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 3.55 ลิตร/ชั่วโมง

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ระบุว่า จากราคาเครื่อง 1,000,000 บาท ใช้งานเครื่อง 30 วันต่อปี วันละ 8 ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุน 5.89 ปี

### ข้อเสนอแนะ

1. มีข้อจำกัดในการเคลื่อนย้าย ต้องอาศัยรถลากจูง ในการเคลื่อนย้าย ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเปลี่ยนสถานที่การทำงาน

2. เมื่อเคลื่อนย้ายตัวเครื่องไม่ได้ขณะทำงาน การเก็บผักตบชวาจึงอยู่ในขอบเขตที่จำกัด จึงต้องอาศัยการลากจูงผักตบชวาให้เข้ามาในขอบเขตการทำงานของเครื่อง

3. ปริมาณผักตบชวาที่เก็บได้ด้วยเครื่องเก็บผักตบชวา ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณนั้น และความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จำรูญ ตันติพิศาลกุล และคณะ .2535. เรือกำจัดผักตบชวา (Water Hyacinth Harvester)  
แหล่งที่มา: [http://www.kmutt.ac.th/rippc/mast\\_43.htm](http://www.kmutt.ac.th/rippc/mast_43.htm), 12 พฤษภาคม 2554.
- นิรนาม.2547. การผลิตกระดาษจากธูปฤๅษีและผักตบชวา แหล่งที่มา :  
<http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs085/interEx/informate/paktob/eradocat.htm>, 10 พฤษภาคม 2554.
- นิรนาม. 2555. อัตราค่าเช่า แหล่งที่มา : <http://www.backhoe4rent.com/rate.html>, 10 ตุลาคม 2555
- นิรนาม. 2549. ตารางเหล็กรูปพรรณมาตรฐานในไทย และมาตรฐานทั่วไป (Steel Table)  
แหล่งที่มา : [http://www.tumcivil.com/engfanatic/article\\_gen.php?article\\_id=350&hit=1](http://www.tumcivil.com/engfanatic/article_gen.php?article_id=350&hit=1) , 17 มีนาคม 2554.
- ประมุข เพ็ญสุด และ สุนันทา เพ็ญสุด. 2537. การระบาดของผักตบชวาในเขตที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา, น.174 – 183. ใน การประชุมวิชาการวิชาชีพแห่งชาติ 9 – 11 พฤศจิกายน, ขอนแก่น.
- ปราโมทย์ เดชะอำไพ, วิโรจน์ ลิ้มตระการ, เสฏฐวรจร สุจริตภวัตสกุล และ ยศกร ประทุมวัลย์. 2554. ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย Solid Works Simulation. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ.
- พลรัชต์ บุญมี, วรวิทย์ วรรณาวิน และ ประกอบชาติภักต์. 2555. รายงานการวิจัยการออกแบบเครื่องทดสอบการโค้งของคานยึดปลายแน่นสองข้างภายใต้แรงกระจายสมมาตร 73 หน้า.
- พรชัย เหลืองอากาศพงศ์. 2540. วิชาชีพศาสตร์. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.
- มนตรี โชติวรวิทย์, ชนินทร์ นุ่มศิริ, อัคริน สารวิถิ และ ประสิทธิ์ วิวัฒน์ชาญกิจ. 2531. หลักการทำงานและเทคนิคการประยุกต์ใช้งานไฮดรอลิกส์. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วิชัย กิจวัตรวรเวทย์. 2539. ทฤษฎีโครงสร้าง. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

- วิธาน หนูเกื้อ. 2548. การศึกษาผลของผักตบชวาต่อการลำเลียงน้ำในทางน้ำเปิดโดยใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2522. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สร้อยดาว ยวดยง. 2534. การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ผักตบชวาเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2543. คลินิกเทคโนโลยี Technology List ที่ฟังของชุมชน แหล่งที่มา: <http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000163.html>, 12 พฤษภาคม 2554.
- Hunt, D. 1995. **Power and Machinery Management**. 9<sup>th</sup> ed., Iowa State University, New York.
- Jason Pancoast. 2012. **Simulation Tech Tip: Using Color and Deflection Scale to Make Your Point**. Available Source: <http://blog.capinc.com/2012/01/simulation-tech-tip-using-color-and-deflection-scale-to-make-your-point/>, December 13, 2012.
- Julien, M.H., M. W. Griffiths and A.D. Wright. 1999. **Biological Control of Water Hyacinth**. ACIAR, Canberra.
- Pieterse, A.H. and K. J. Murphy. (eds.) 1990. **Aquatic weed: The ecological and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford Univ. Press, New York.
- Wolverton, B.C. and McDonald, R.C. .1975. **Water Hyacinth and Alligator Weed for Removal of Lead and mercury from polluted Water**, Nasa Tech. Mem.

Wolverton, B.C. .1979. **The Water Hyacinth in the World Forum for Environment and Development. No.11:59 – 65.**

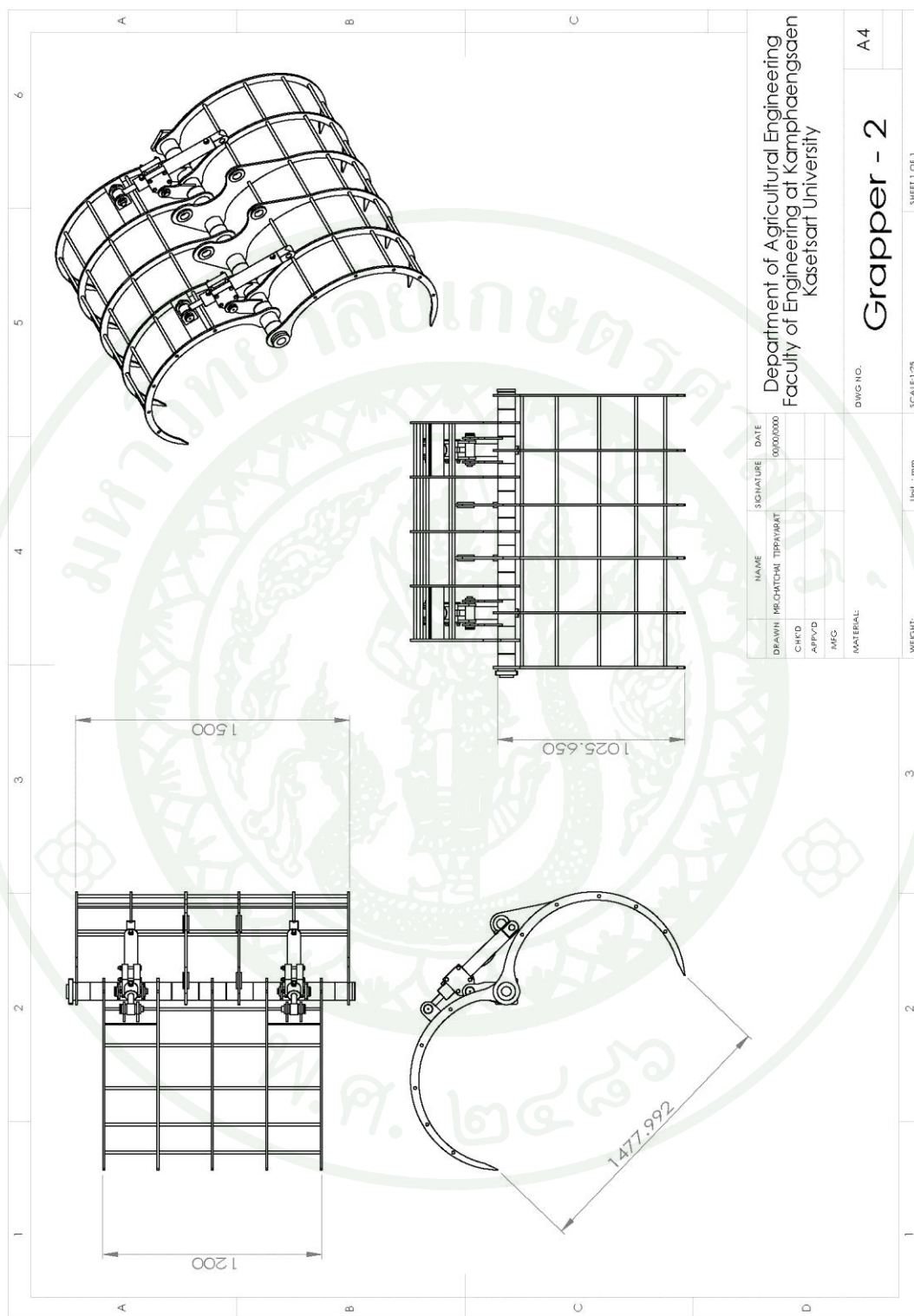
Wolverton, B.C. and McDonald, R.C. .1982. **The Role of vascular Aquatic plants in Wastewater treatment,** In The Herbarist, No.48, The Herb Society of America, Boston, Massachusetts.



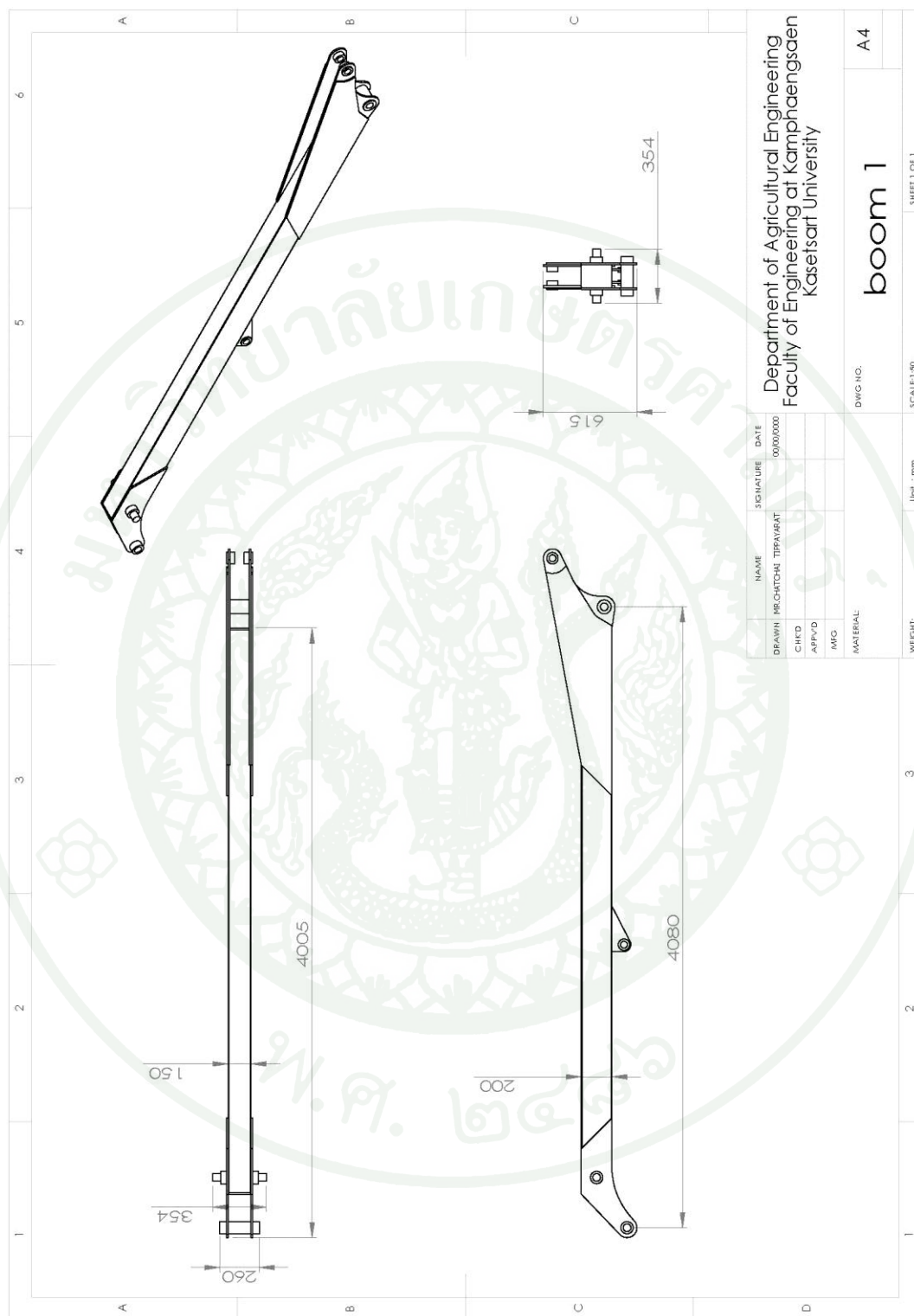


ภาคผนวก

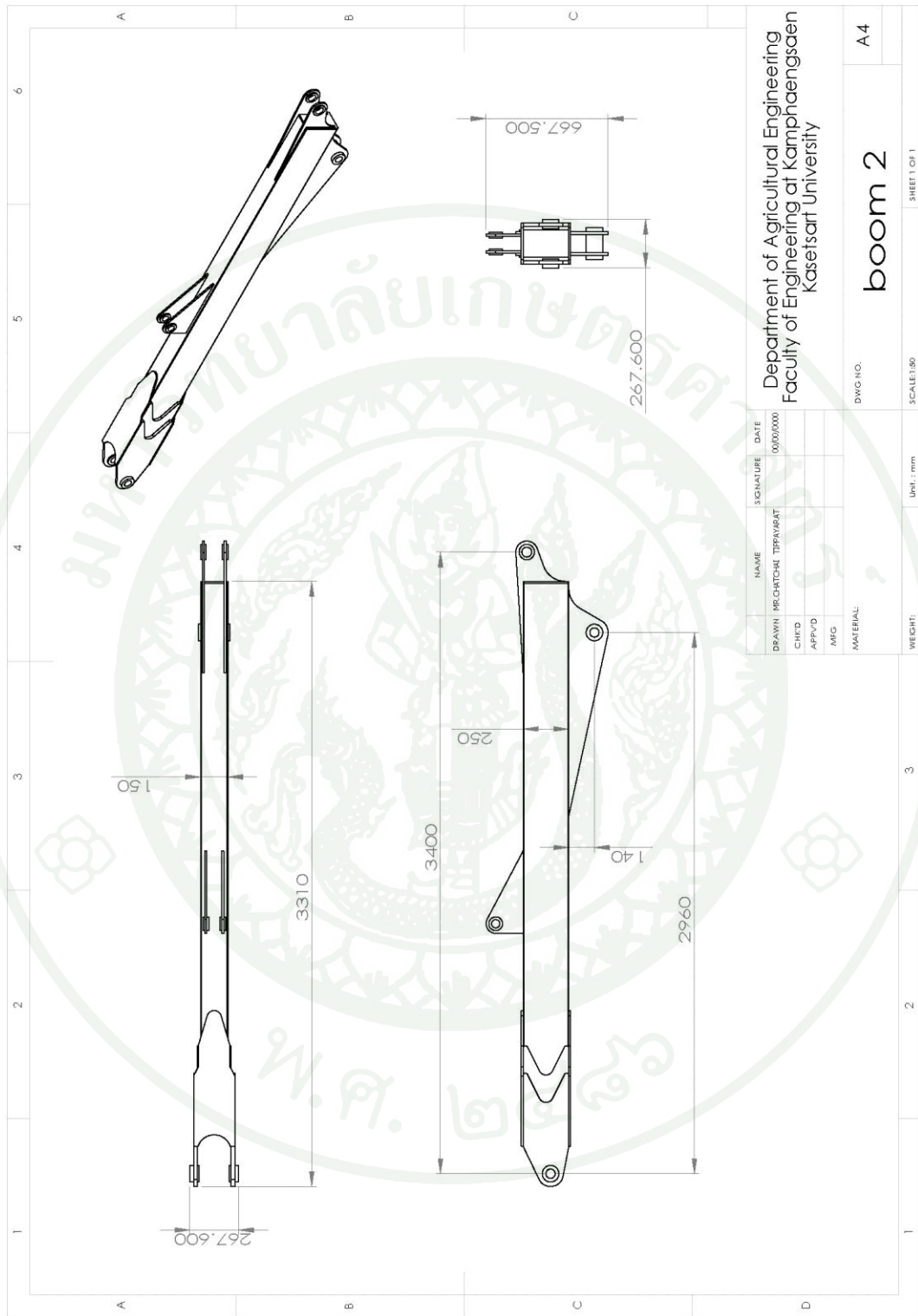




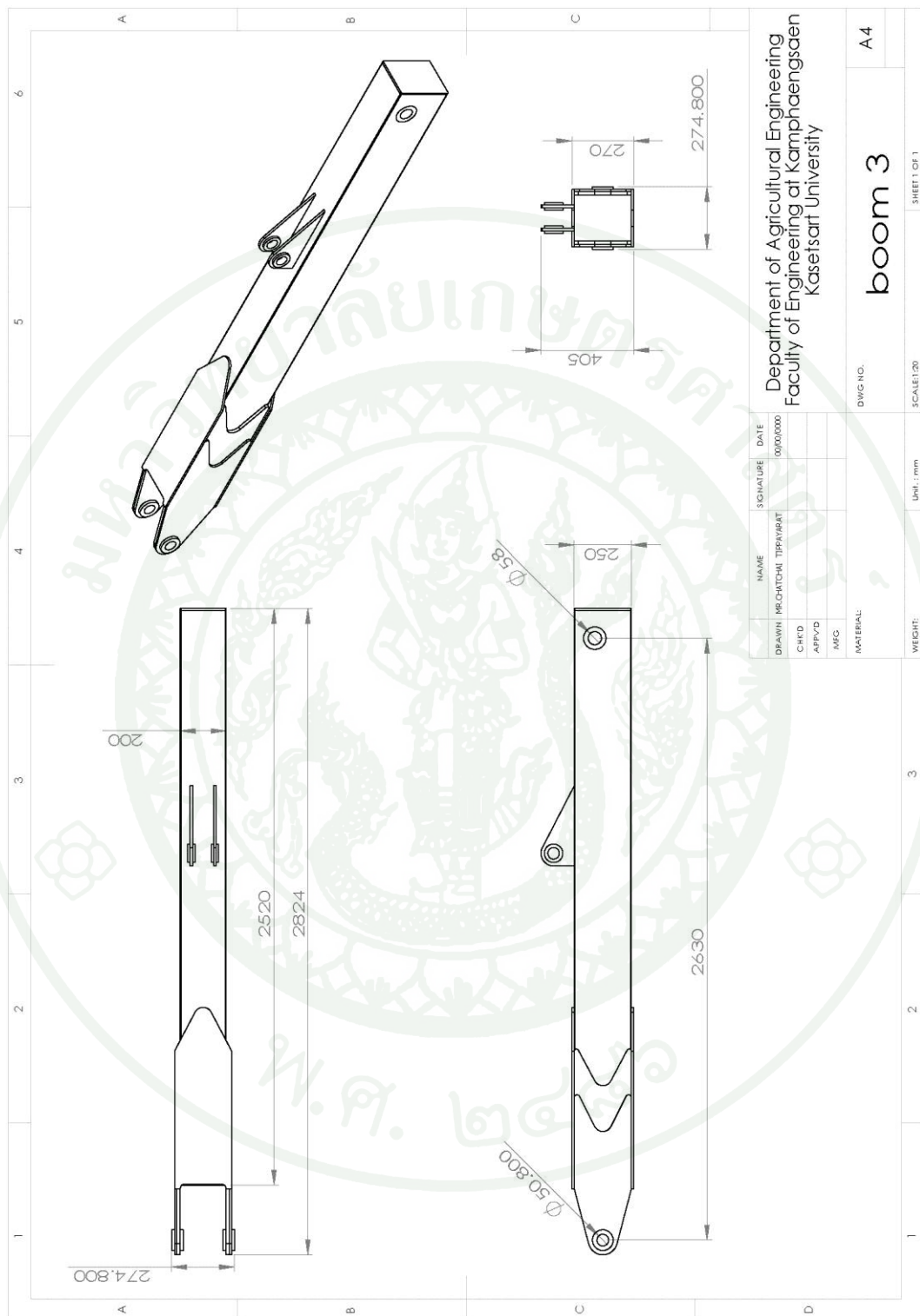
ภาพผนวกที่ ก1 แบบปากคีบ



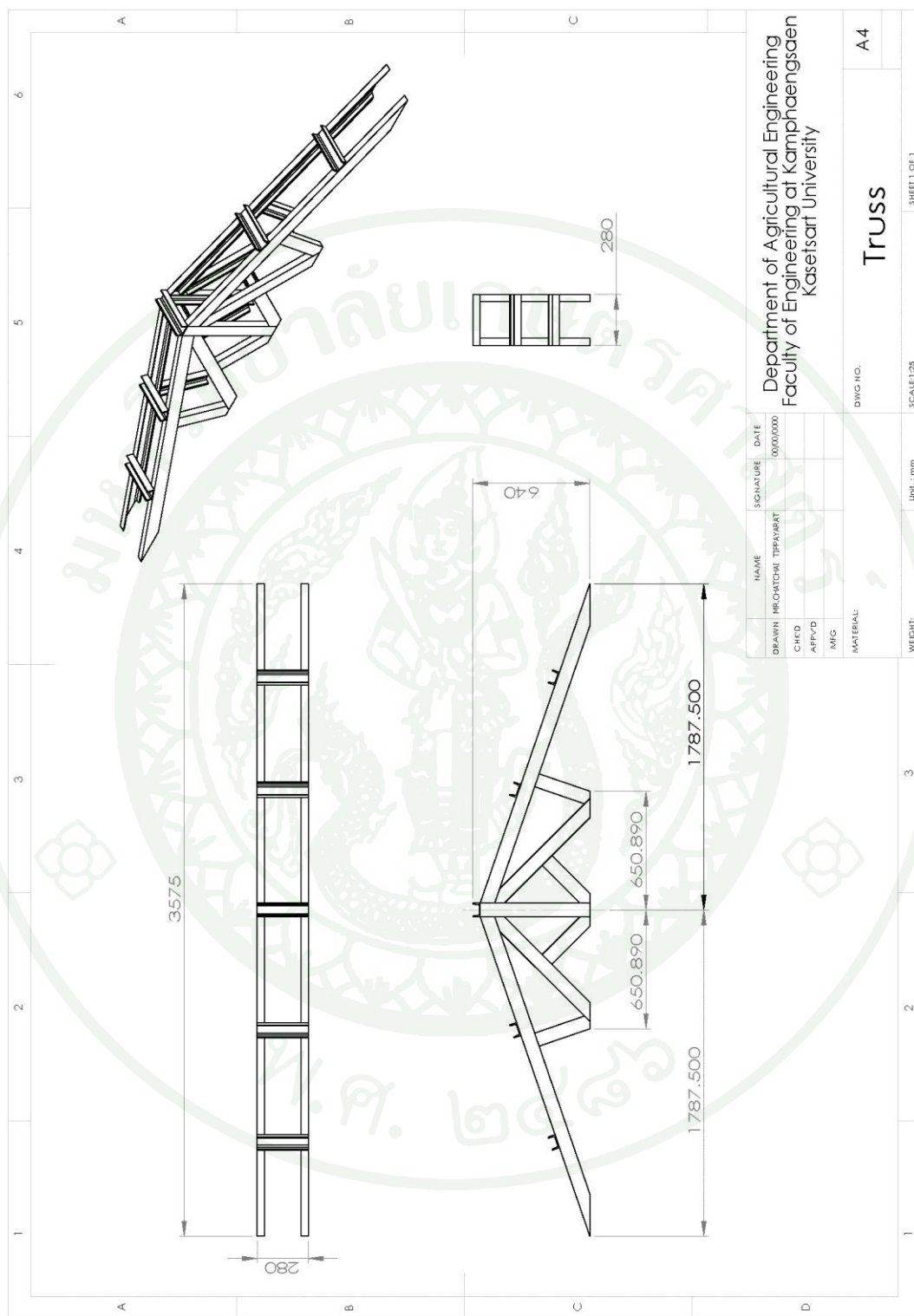
ภาพผนวกที่ ก2 แบบคัมบูมตอนที่ 1



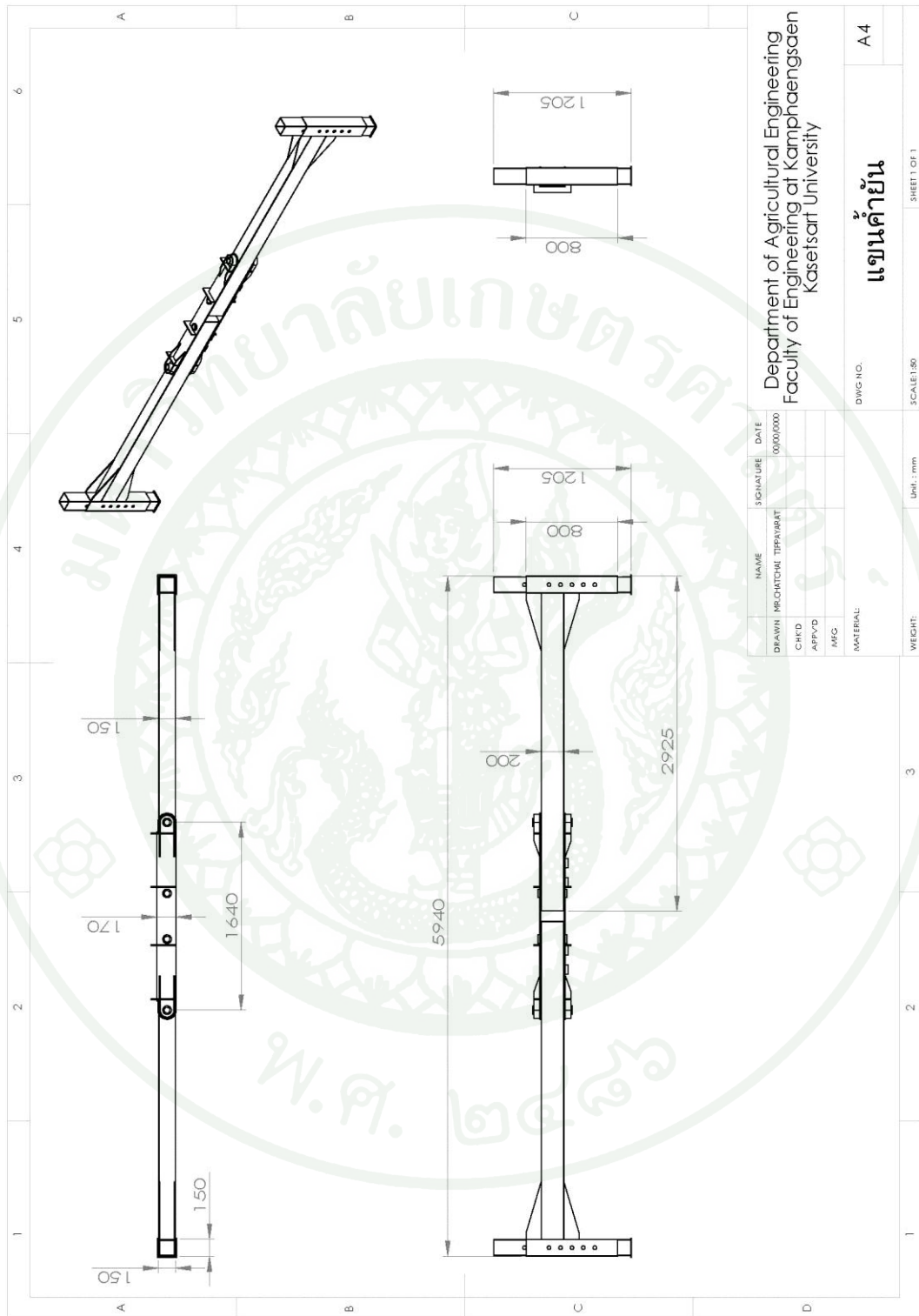
ภาพผนวกที่ ก3 แบบคัมบูมตอนที่ 2



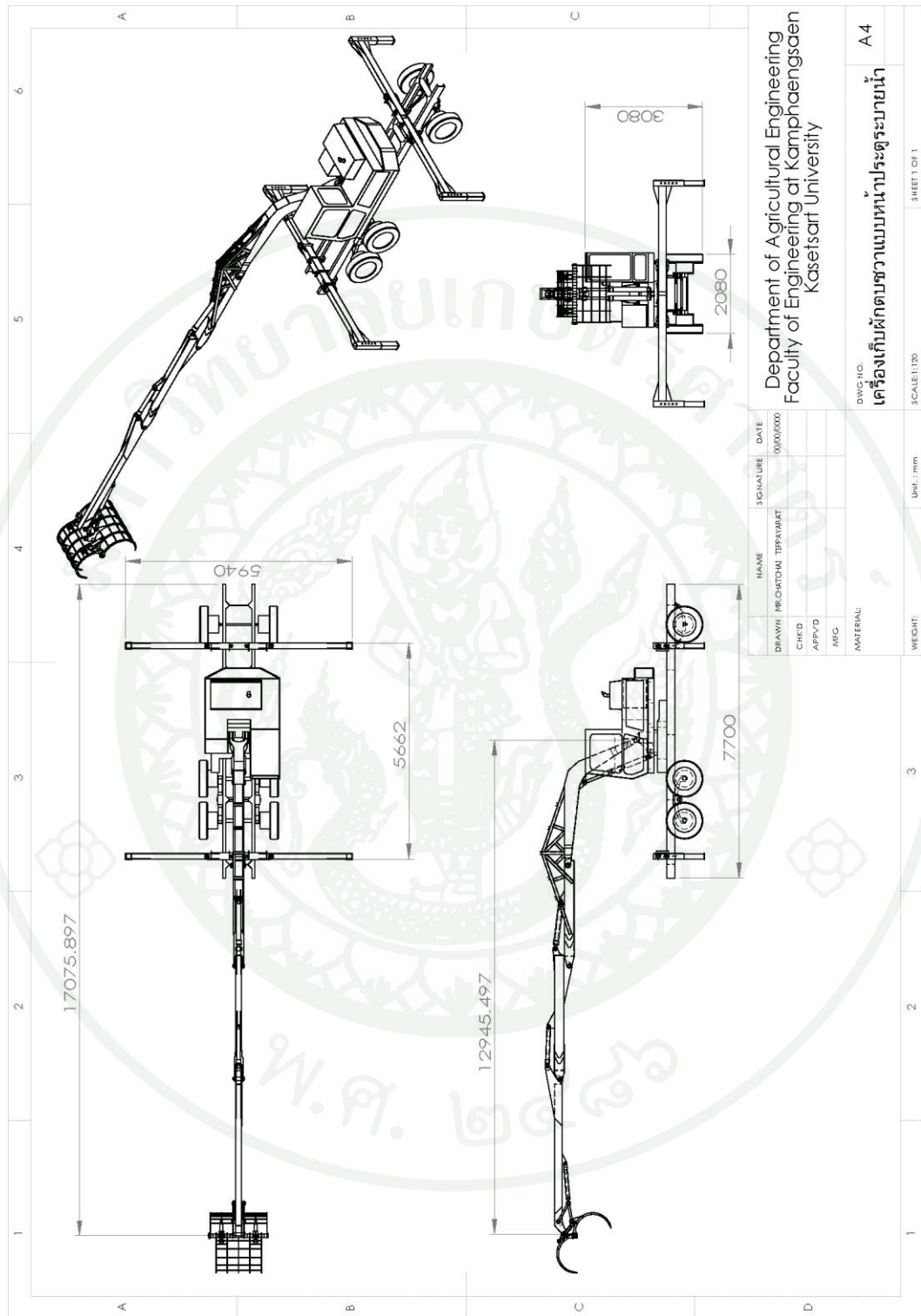
ภาพผนวกที่ ก4 แบบคัมบูมท่อนที่ 3



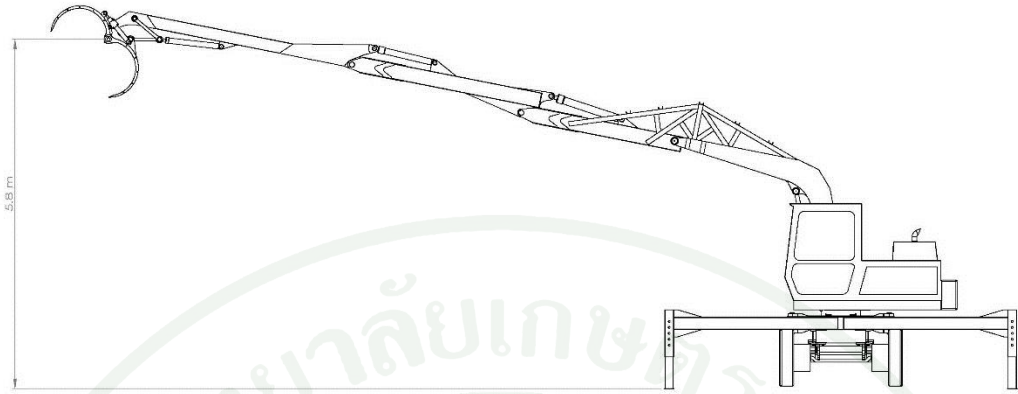
ภาพผนวกที่ ก5 แบบโครงถัก



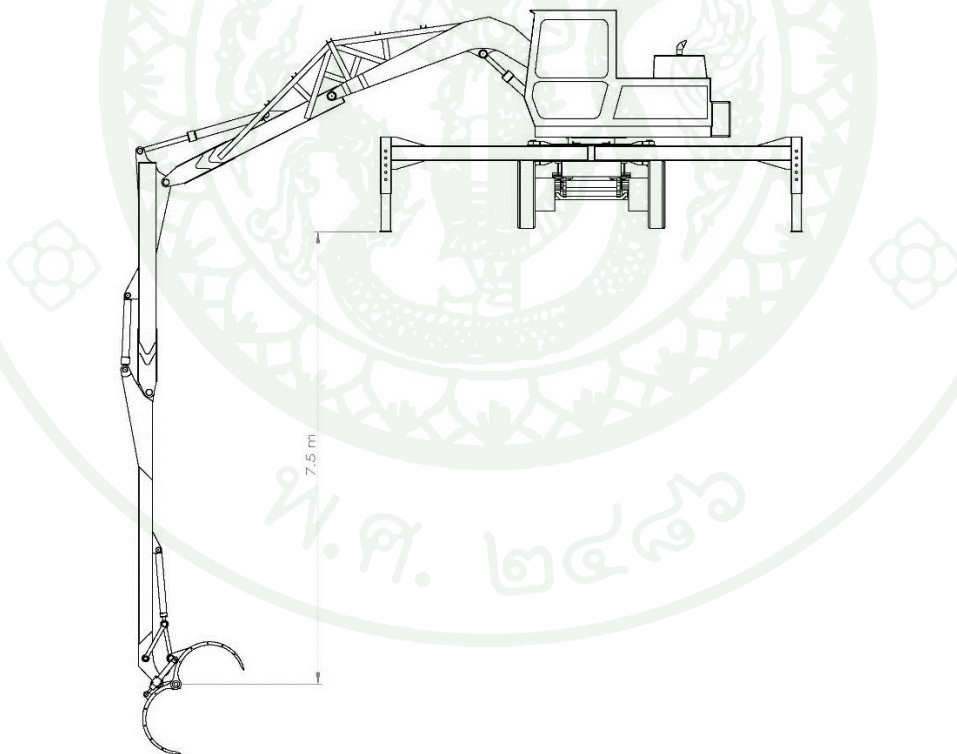
ภาพผนวกที่ ก6 แบบแขนค้ำยัน



ภาพผนวกที่ ก7 ขนาดเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตुरบายน้ำ



ภาพผนวกที่ ก8 คับนุยกสูงสุด



ภาพผนวกที่ ก9 คับนุยกลดต่ำสุด



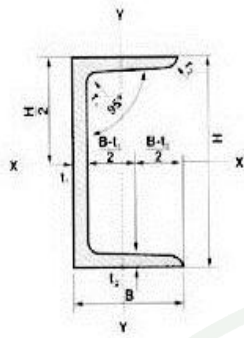
ตารางผนวกที่ ข1 คุณสมบัติของวัสดุ AISI 1020

Material Type	Tensile Strength (MPa)	Poisson's Ratio (MPa)	Yield Stress	Mass Density (kg/m <sup>3</sup> )	Elastic Modulus (GPa)
Steel AISI 1020	420.507	0.29	351.571	7,900	200

ที่มา : (พลรัชต์,2552)

ตารางผนวกที่ ข2 คุณสมบัติของรถแบคโฮ

รายการ	รายละเอียด
ยี่ห้อ	SUMITOMO
รุ่น	LS – 1400J
เครื่องยนต์	ISUZU รุ่น C330 ,4 สูบ ,ความจุกระบอกสูบ 3,300 CC ,กำลังเครื่องยนต์ 80 hp
ปั๊มไฮดรอลิก	KAYABA dowty Gear pump ,max pressure 24.5 MPa



ตารางที่ ก. 4      **Channels**      (TIS 1227 : 1996 / JIS G3192 : 1990)

(Grade SM400, SM490, SM520, SS400, SS490 or SS540)

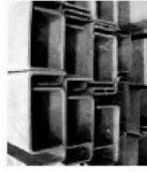
Moment of Inertia       $I$       =       $A r^2$   
 Radius of Gyration       $r$       =       $\sqrt{\frac{I}{A}}$   
 Modulus of Section       $Z$       =       $\frac{I}{C}$   
 $A$       =      Sectional Area

Dimensione (mm)				Sectional Area (cm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	Moment of Inertia (cm <sup>4</sup> )		R adius of Gyration (cm)		Modulus of Section (cm <sup>3</sup> )		
H x B	t1	t2	r1			Ix	Iy	rx	ry	Zx	Zy	
50 x 25	5	6	6	3	4.92	3.86	16.8	2.49	1.85	0.71	6.73	1.48
75 x 40	5	7	8	4	8.818	6.92	75.3	12.2	2.92	1.17	20.1	4.47
100 x 50	5	7.5	8	4	11.92	9.36	188	26	3.97	1.48	37.6	7.52
125 x 65	6	8	8	4	17.11	13.4	424	61.8	4.98	1.9	67.8	13.4
150 x 75	6.5	10	10	5	23.71	18.6	861	117	6.03	2.22	115	22.4
150 x 75	9	12.5	15	7.5	30.59	24	1050	147	5.86	2.19	140	28.3
180 x 75	7	10.5	11	5.5	27.2	21.4	1380	131	7.12	2.19	153	24.3
200 x 80	7.5	11	12	6	31.33	24.6	1,950	168	7.88	2.32	195	29.1
200 x 90	8	13.5	14	7	38.65	30.3	2,490	277	8.02	2.68	249	44.2
250 x 90	9	13	14	7	44.07	34.6	4,180	294	9.74	2.58	334	44.5
	11	14.5	17	8.5	51.17	40.2	4,680	329	9.56	2.54	374	49.9
300 x 90	9	13	14	7	48.57	38.1	6,440	309	11.5	2.52	429	45.7
	10	15.5	19	9.5	55.74	43.8	7,410	360	11.5	2.54	494	54.1
	12	16	19	9.5	61.9	48.6	7,870	379	11.3	2.48	525	56.4
380 x 100	10.5	16	18	9	69.39	54.5	14,500	535	14.5	2.78	763	70.5
	13	20	24	12	85.71	67.3	17,600	655	14.3	2.76	926	87.8

ภาพผนวกที่ ข1 ตารางเหล็กทรงน้ำ (Channels)

ที่มา : นิตนนาม (2549)

ตารางที่ ก. 13 Light Channels (TIS 1228 : 2006 / JIS G3192 : 1990)



เหล็กทรงพับ (Light Channels) เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณชนิดรูปเย็น

เหมาะสำหรับงานโครงสร้างขนาดเล็ก

Moment of Inertia  $I = \frac{A r^2}{2}$   
 Radius of Gyration  $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$   
 Modulus of Section  $Z = \frac{I}{C}$   
 A = Sectional Area

Dimensios			Thickn	Sectional	Weight	Distance from CG.		Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section		Shear Distance	
(mm)			(mm)	Area (cm <sup>2</sup> )		(cm)		(cm <sup>4</sup> )		(cm)		(cm <sup>3</sup> )		(cm)	
H	A	B	t	A	(kg/m)	C x	C y	Ix	Iy	rx	ry	Zx	Zy	Sx	Sy
60	30	30	1.6	1.836	1.44	0	0.82	10.30	1.64	2.37	0.95	3.45	0.75	1.80	0
	30	30	2.3	2.586	2.03	0	0.86	14.20	2.27	2.34	0.94	4.72	1.06	1.80	0
80	40	40	2.3	3.506	2.75	0	1.11	34.90	5.56	3.16	1.26	8.73	1.92	2.40	0
100	40	40	2.3	3.966	3.11	0	0.99	58.90	5.96	3.85	1.23	11.80	1.98	2.20	0
	40	40	3.2	5.423	4.26	0	1.03	78.60	7.99	3.81	1.21	15.70	2.69	2.20	0
	50	50	2.3	4.426	3.47	0	1.36	69.90	11.10	3.97	1.58	14.00	3.04	3.10	0
	50	50	3.2	6.063	4.76	0	1.40	93.60	14.90	3.93	1.57	18.70	4.15	3.10	0
120	40	40	3.2	6.063	4.76	0	0.94	122.00	8.43	4.48	1.18	20.30	2.75	2.10	0
150	50	50	2.3	5.576	4.36	0	1.10	181.00	12.50	5.69	1.50	24.10	3.20	2.60	0
	50	50	3.2	7.663	6.02	0	1.14	244.00	16.90	5.64	1.48	32.50	4.37	2.60	0
	50	50	4.5	10.58	8.31	0	1.20	329.00	22.60	5.58	1.47	43.90	5.99	2.60	0
	75	75	4.0	11.47	9.00	0	2.06	404.00	64.20	5.93	2.36	53.90	11.80	4.60	0
	75	75	4.5	12.83	10.10	0	2.08	448.00	71.40	5.91	2.36	59.80	13.20	4.60	0
	75	75	6.0	16.82	13.20	0	2.15	573.00	91.90	5.84	2.34	76.40	17.20	4.60	0

ตารางที่ ก. 13 (ต่อ) Light Channels (TIS 1228 : 2006 / JIS G3192 : 1990)

Dimensios			Thickn	Sectional	Weight	Distance from CG.		Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section		Shear Distance	
(mm)			(mm)	Area (cm <sup>2</sup> )		(cm)		(cm <sup>4</sup> )		(cm)		(cm <sup>3</sup> )		(cm)	
H	A	B	t	A	(kg/m)	C x	C y	Ix	Iy	rx	ry	Zx	Zy	Sx	Sy
200	50	50	3.2	9.263	7.27	0	0.97	490	18.2	7.28	1.40	49.00	4.51	2.30	0
	50	50	4.0	11.47	9.00	0	1.00	600	22.2	7.23	1.39	60.00	5.55	2.20	0
	50	50	4.5	12.83	10.10	0	1.03	666	24.6	7.20	1.38	66.60	6.19	2.20	0
	75	75	6.0	19.82	15.60	0	1.87	1130	101.0	7.56	2.25	113.00	17.90	4.10	0
250	50	50	4.0	13.47	10.60	0	0.88	1050	23.3	8.81	1.32	83.70	5.66	2.00	0
	50	50	4.5	15.08	11.80	0	0.91	1160	25.9	8.78	1.31	93.00	6.31	2.00	0
	75	75	6.0	22.82	17.90	0	1.66	1940	107.0	9.23	2.17	155.00	18.40	3.70	0

ภาพผนวกที่ ข2 ตารางเหล็กทรงพับ (light channels)

ที่มา : นีรนาม (2549)





ภาพผนวกที่ ค1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ



ภาพผนวกที่ ค2 การเคลื่อนย้ายเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตู่ระบายน้ำ



ภาพผนวกที่ ค3 การสะสมของผักตบชวาบริเวณหน้าประตู่ระบายน้ำ



ภาพผนวกที่ ค4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ



ภาพผนวกที่ ค5 การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการทดสอบหาความหนาแน่นของผักตบชวา

ลำดับที่	น้ำหนักผักตบชวา (กิโลกรัม)
1	82
2	79
3	107
4	100
5	95
6	110
7	101
8	73
9	116
10	117
เฉลี่ย	97.93

ตารางผนวกที่ ค2 ผลการทดสอบหาปริมาณผักตบชวาที่เก็บได้ 1 ครั้ง

ลำดับที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	111
2	106
3	97
4	158
5	145
6	93
7	135
8	155
9	96
10	168
11	128
12	148
13	163
14	142
15	137
16	98
17	108
18	158
19	126
20	156
เฉลี่ย	131.4

ตารางผนวกที่ ค3 ผลการทดสอบหาจำนวนรอบการเก็บผักตบชวาในเวลา 10 นาที และ 1 ชั่วโมง

เวลา (นาที)	จำนวนครั้ง
10	6
10	6
10	6
10	7
10	6
10	7
10	8
10	7
10	6
10	7
10	5
10	6
10	7
10	7
10	5
10	7
10	5
10	7
10	6
10	6
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>6.35</b>
60	38
60	39
60	38
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>38.33</b>

ตารางผนวกที่ ค4 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในเวลา 5 นาที

ลำดับที่	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (min)	อัตราการใช้น้ำมัน (ml)
1	1500	5	520
2	1500	5	460
3	1500	5	450
4	1500	5	412
5	1500	5	420
<b>เฉลี่ย</b>	1500	5	452.40
1	1300	5	360
2	1300	5	306
3	1300	5	302
4	1300	5	302
5	1300	5	306
<b>เฉลี่ย</b>	1300	5	315.36
1	1100	5	245
2	1100	5	254
3	1100	5	245
4	1100	5	228
5	1100	5	236
<b>เฉลี่ย</b>	1100	5	241.50
1	900	5	170
2	900	5	162
3	900	5	187
4	900	5	187
5	900	5	170
<b>เฉลี่ย</b>	900	5	175.10



ภาคผนวก ง  
ผลงานวิจัย

**การออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวา**  
Design of Water Hyacinth Collecting Machine

**จัตตชัย ทิพย์รัตน์<sup>1</sup>** ประเสริฐศักดิ์ ภักดิ์วงษ์<sup>1</sup> และ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์<sup>1</sup>  
**Chatchai Tippayarat<sup>1</sup>**, Prasertsak Pukdeewong<sup>1</sup> and Siwalak Pathaveerat<sup>1</sup>

**บทคัดย่อ**

การออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวา จะออกแบบให้เครื่องมีความเหมาะสมกับการเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ส่วนตัวเครื่องและฐาน ส่วนปากคีบทำหน้าที่เก็บผักตบชวา ส่วนชุดคั่นบูมจะทำหน้าที่เป็นแขนให้กับปากคีบ และส่วนชุดค้ำยันจะทำหน้าที่เสริมความมั่นคงให้กับฐานและตัวเครื่องขณะทำงาน ในการออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวาจะทำการการออกแบบและสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Solid Works เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ใน Solid Works Simulation ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความแข็งแรง จะนำมาประกอบการพิจารณาสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาขนาดจริงได้ตามแบบ ที่มีขนาดความยาวและความกว้างฐานเท่ากับ 8 m และ 2 m ตามลำดับ ความสูงของตัวเครื่องเท่ากับ 3 m ชุดคั่นบูมยาว 12.8 m สามารถยกคั่นบูมสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 5.8 และ 7.5 m ตามลำดับ ปากคีบมีความกว้าง 1.4 m เมื่อกางออก และมีความยาว 1.6 m สามารถรับน้ำหนักผักตบชวาได้ครั้งละ 200 kg  
คำสำคัญ : เก็บผักตบชวา, ปากคีบ, คั่นบูม, ไฟไนต์เอลิเมนต์

**ABSTRACT**

A design of the water hyacinth collecting machine was appropriately designed for collect the water hyacinth at front water gate area. The machine comprises the machine base, main body, arm boom, grapple and the stabilizing branch. The Finite Element Analysis in Solid Works Simulation (Solid Work) was used to analyze the strength of designed machine model. All of parameters from the analyzing were considered in the water hyacinth collecting machine prototype fabrication. Result founds the length, width and height of Prototype should be 8 m, 2 m and 3 m respectively. The length of the back hoe boom should be 12.8 m that can lift up the top and bottom 5.8 m and 7.5 m respectively. The proper dimensions of grapple are 1.4 m in wide and 1.6 m in long for carry the 200 kg of Hyacinth

Key Words: water hyacinth harvester, Grapples, Boom, Finite Element Analysis

e-mail address: chatchai.tip@gmail.com

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University Kamphaengsae Campus, Nakhonpathom 73140

### คำนำ

(กรมควบคุมมลพิษ,2547) ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหาหนักที่สุด สร้างปัญหาให้แก่ประเทศต่างๆ กว่า 50 ประเทศ ทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อนทั่วโลก ผักตบชวามีการเจริญเติบโตและแพร่ขยายได้รวดเร็วตามแม่น้ำ ลำคลอง และแหล่งน้ำทั่วไป ผักตบชวาก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ต่อแหล่งน้ำ โดยทำให้เกิดระเหยน้ำได้เร็วขึ้นกว่าปกติ 3 – 5 เท่า ทำให้ปริมาณน้ำลดลง เป็นปัญหาต่อการสัญจรทางน้ำ ชัดขวางการระบายน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อแหล่งน้ำต่างๆ ทั่วประเทศไทย การกำจัดผักตบชวาที่นิยมปฏิบัติกันทั่วไปจะมี 3 วิธีคือ การกำจัดด้วยสารเคมีกำจัดวัชพืช การกำจัดด้วยชีววิธี และการกำจัดโดยวิธีกล ซึ่งการกำจัดโดยวิธีกลจะทำได้ง่าย สะดวก และไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษแต่อย่างใด โดยใช้เครื่องจักรกล เช่น ใช้แทรกเตอร์ช่วยในการลาก ใช้ปั้นจั่นช่วยในการยก ใช้เรือเก็บผักตบชวา ใช้รถตักดิน ฯลฯ ผักตบชวามักจะเกาะกันเป็นแพและลอยตามกระแสน้ำ ผักตบชวาจะลอยตามกระแสน้ำจนถึงประตูน้ำที่จะกั้นไม่ให้ผักตบชวาลอยต่อไปได้ ทำให้เกิดการสะสมอย่างหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ จึงเป็นอุปสรรคในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ ประกอบกับเครื่องจักรกลที่ใช้ในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น รถแบคโฮ ซึ่งสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมาก

จากปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวาที่เหมาะสมกับการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ โดยการออกแบบครั้งนี้จะทำการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องเก็บผักตบชวา ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำค่าจากการวิเคราะห์มาประกอบพิจารณาในการสร้างเครื่องต้นแบบ

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### ข้อกำหนดในการออกแบบ

1. เครื่องเก็บผักตบชวาสามารถติดตั้งบริเวณหน้าประตูน้ำได้
2. เครื่องเก็บผักตบชวาที่ออกแบบต้องมีต้นกำลังไม่เกิน 90 Hp
3. สามารถเก็บผักตบชวาและวัชพืชน้ำต่างๆ ได้ครั้งละไม่ต่ำกว่า 100 kg
4. เครื่องเก็บผักตบชวา สามารถเก็บผักตบชวาที่อยู่นอกตลิ่งออกไป ไม่ต่ำกว่า 12 m
5. เครื่องเก็บผักตบชวาสามารถสร้างได้จากวัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด
6. มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานต่อผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

#### การออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวา

ในการออกแบบจะออกแบบด้วยโปรแกรม Solid Works จากข้อกำหนดในการออกแบบ สามารถออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวา ดังภาพที่ 1 ซึ่งประกอบขึ้นส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

1. การออกแบบส่วนตัวเครื่องและฐาน ส่วนของตัวเครื่องนำรถตักดินขนาดกลาง มีกำลังเครื่องยนต์ 80 Hp มีต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์เป็นแบบปั๊มลูกสูบชนิดบีบคู่ มาเป็นโครงสร้างหลักของเครื่อง และส่วนฐานนำช่วงล่างของรถบรรทุก 10 ล้อ มาทำเป็นฐาน เชื่อมต่อช่วงล่างรถตักดินและช่วงล่างรถบรรทุกเข้าด้วยกัน และเสริมความมั่นคงของฐานด้วยชุดค้ำยัน

2. การออกแบบส่วนเก็บผักตบชวา ออกแบบให้ที่เก็บผักตบชวา มีลักษณะแบบปากคีบ (Grapple) ปากคีบจะประกอบด้วย ปากคีบส่วนบนและปากคีบล่าง ควบคุมการทำงานของปากคีบด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ปากคีบจะทำจากเหล็กแผ่นหนา 10 mm ตัดขึ้นรูปตามแบบ

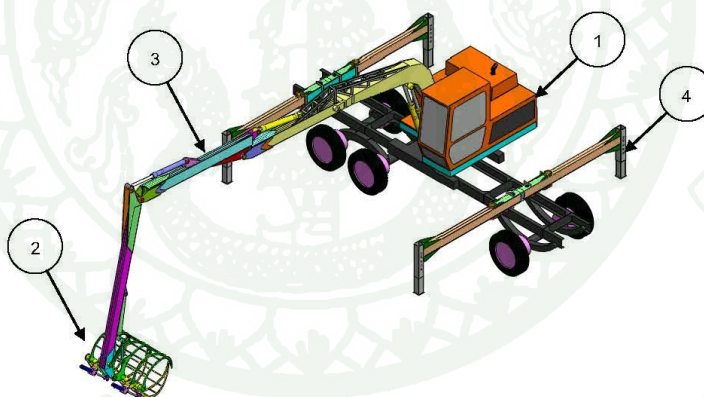
3. การออกแบบชุดคั่นบูม ออกแบบเป็นคานเหล็ก 3 ท่อน ต่อกันเป็นชุดคั่นบูม โดยคั่นบูมแต่ละท่อนจะสร้างขึ้นจากเหล็ก light channels เชื่อมประกอบกัน และเสริมความแข็งแรงของคั่นบูมด้วยเหล็กแผ่น

คั่นบูมท่อนที่ 1 จะเชื่อมต่อตายตัวกับคั่นบูมเดิมของรถแบคโฮ ทำจากเหล็ก light channels ขนาด 250 x 50 mm หนา 4 mm เชื่อมประกอบกัน 4 ชั้น และเสริมความแข็งแรงด้วยโครงถักรับแรงดึง ระหว่างจุดเชื่อมต่อ

คั่นบูมท่อนที่ 2 จะเชื่อมต่อกับคั่นบูมท่อนที่ 1 ด้วยข้อต่อและสลัก ทำจากเหล็ก light channels ขนาด 250 x 75 mm หนา 6 mm เชื่อมประกอบกัน 2 ชั้น เสริมความแข็งแรงคั่นบูมด้วยเหล็กแผ่นหนา 6 mm ภายในคั่นบูม

คั่นบูมท่อนที่ 3 เป็นคั่นบูมท่อนปลายสุดของชุดคั่นบูม จะเชื่อมต่อกับปากคีบและคั่นบูมท่อนที่ 2 ด้วยข้อต่อและสลัก ทำจากเหล็ก light channels ขนาด 200 x 75 mm หนา 6 mm เชื่อมประกอบกัน 2 ชั้น เสริมความแข็งแรงคั่นบูมด้วยเหล็กแผ่นหนา 6 mm ภายในคั่นบูม

4. ชุดค้ำยัน ออกแบบเป็นคานเหล็กยื่นออกด้านข้างของฐานที่ปลายคานเชื่อมติดกับเสาเหล็กปรับระดับสูงต่ำได้ ชุดค้ำยันทำจากเหล็ก light channels ขนาด 200 x 75 mm หนา 5 mm เชื่อมประกอบกันเป็นคานและเหล็กแผ่นหนา 10 mm เชื่อมประกอบเป็นคานยึดติดกับฐาน



ภาพที่ 1 : ส่วนประกอบเครื่องเก็บผักตบชวา (1) ตัวเครื่องและฐาน, (2) ปากคีบ, (3) ชุดคั่นบูม, (4) ชุดค้ำยัน

### วิเคราะห์ความแข็งแรงส่วนประกอบเครื่องเก็บผักตบชวาที่ออกแบบ

สร้างแบบจำลองของชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยโปรแกรม Solid works (ปราโมทย์และคณะ,2554) ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Solid Works สามารถวิเคราะห์หาค่าของชิ้นส่วนได้ และวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ใน Solid Works Simulation โดยผ่านโปรแกรม Solid works นำค่า Stress, ค่า Strain, ค่า Displacement และค่า Factor of Safety จากการวิเคราะห์ความแข็งแรง มาพิจารณาในการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวา โดยเลือกวัสดุเป็น steel AISI 1020 และออกแบบให้ส่วนประกอบมีค่า Factor of Safety มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5

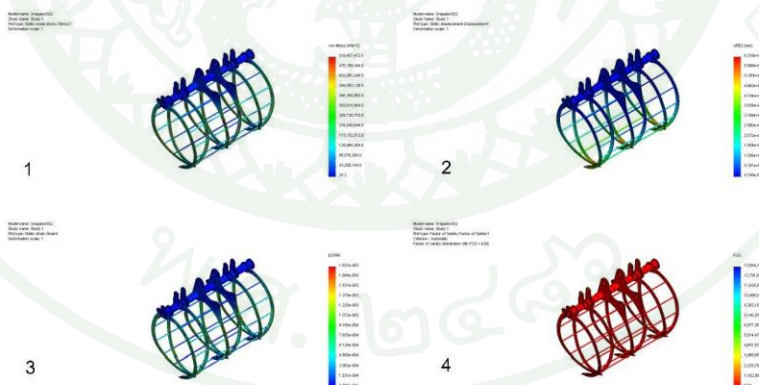
### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### ผลการออกแบบ

1. ผลการออกแบบปากคีบสำหรับเก็บผักตบชวา มีความยาว 1.6 m และความสูง 1 m ความกว้างของปากคีบเมื่อกางออก 1.4 m มีน้ำหนัก 190 kg
2. ผลการออกแบบชุดคันทันบูม คันทันบูมตอนที่ 1, 2 และ 3 ที่ออกแบบมีความยาวเท่ากับ 2.6, 3.0 และ 4.08 m มีความกว้างเท่ากับ 20, 15 และ 15 cm ตามลำดับ และมีน้ำหนักเท่ากับ 250, 337 และ 377 kg ตามลำดับ
3. ผลการออกแบบชุดค้ำยัน คานชุดค้ำยันมีความยาวเท่ากับ 6 m มีความกว้าง 15 cm

#### ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรง

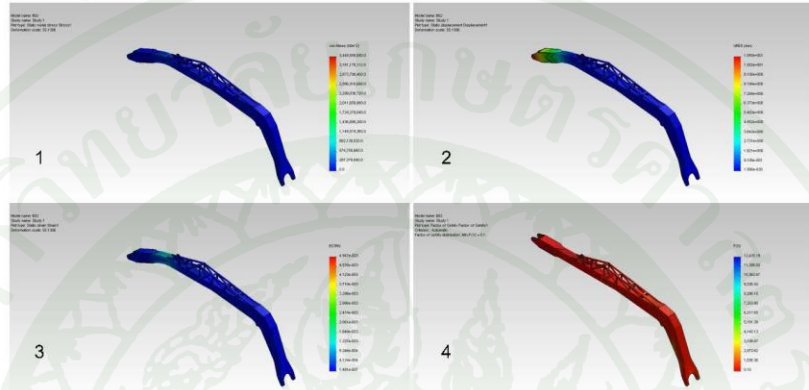
จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ใน Solid Works Simulation โดยผ่านโปรแกรม Solid works โดยการกำหนดภาระที่ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นต้องรับ จากการคำนวณโมเมนต์ของแต่ละชิ้นส่วน พบว่าปากคีบเมื่อรับภาระ 5000 N ที่พื้นของปากคีบ มีค่า Stress มากสุดเท่ากับ  $5.195 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  น้อยสุดเท่ากับ  $25.194 \text{ N/m}^2$  ค่า Strain มากสุดเท่ากับ 0.0018 น้อยสุดเท่ากับ  $6.693 \times 10^{-11}$  ค่า Displacement ที่ปลายพื้นของปากคีบเท่ากับ 0.0005 mm และค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.5 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 : การวิเคราะห์ความแข็งแรงของปากคีบ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า (1) Stress, (2) Displacement

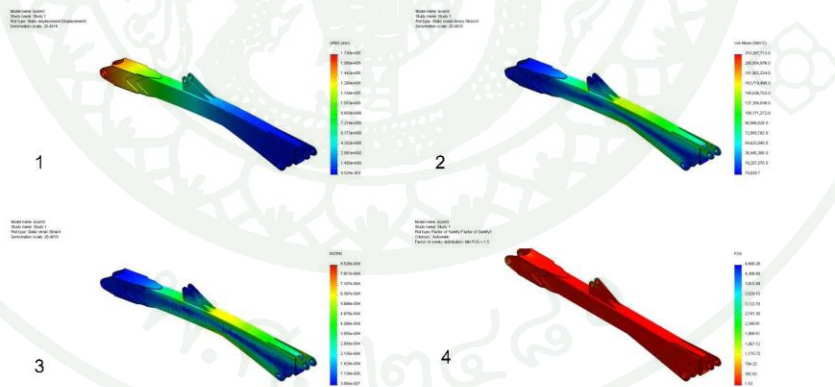
(3) Strain และ (4) Factor of Safety

คันทันบูมท่อนที่ 1 เมื่อรับภาระ 48,000 N ที่ปลายคันทันบูม มีค่า Stress มากสุดเท่ากับ  $3.054 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  น้อยสุดเท่ากับ  $1.226 \text{ N/m}^2$ , ค่า Strain มากสุดเท่ากับ 0.0009 น้อยสุดเท่ากับ  $4.0816 \times 10^{-12}$ , ค่า Displacement ที่ปลายคันทันบูมเท่ากับ 0.005 mm และค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.6 ดังภาพที่ 3



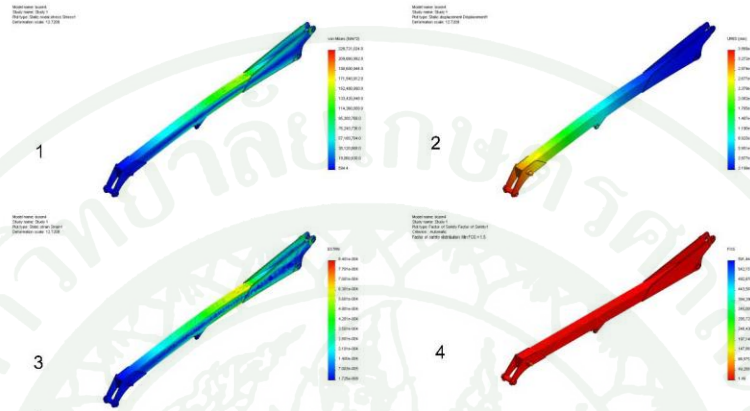
ภาพที่ 3 : การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคันทันบูมท่อนที่ 1 ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า (1) Stress, (2) Displacement, (3) Strain และ (4) Factor of Safety

คันทันบูมท่อนที่ 2 เมื่อรับภาระ 27,000 N ที่ปลายคันทันบูม มีค่า Stress มากสุดเท่ากับ  $2.183 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  น้อยสุดเท่ากับ  $74,829.7 \text{ N/m}^2$ , ค่า Strain มากสุดเท่ากับ 0.0085 น้อยสุดเท่ากับ  $3.565 \times 10^{-7}$ , ค่า Displacement ที่ปลายคันทันบูมเท่ากับ 0.009 mm และค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.5 ดังภาพที่ 4



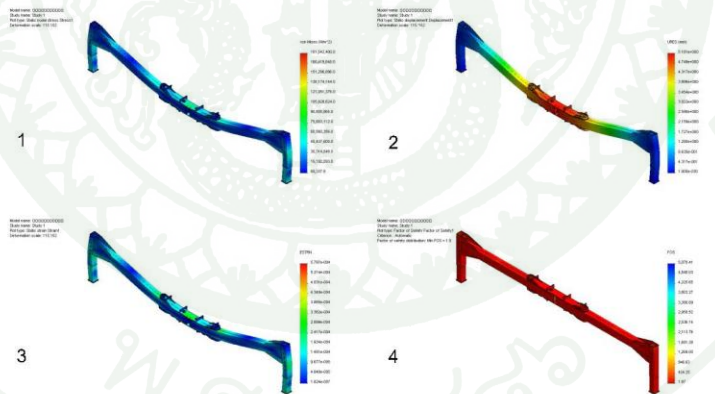
ภาพที่ 4 : การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคันทันบูมท่อนที่ 2 ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า (1) Stress, (2) Displacement, (3) Strain และ (4) Factor of Safety

คันทันตอนต้นที่ 3 เมื่อรับภาระ 5,000 N ที่ปลายคันทันมีค่า Stress มากสุดเท่ากับ  $2.287 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  น้อยสุดเท่ากับ  $594.428 \text{ N/m}^2$ , ค่า Strain มากสุดเท่ากับ 0.0008 น้อยสุดเท่ากับ  $1.725 \times 10^{-6}$ , ค่า Displacement ที่ปลายคันทันมีค่าเท่ากับ 0.003 mm และค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.5 ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 : การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคันทันตอนต้นที่ 3 ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า (1) Stress, (2) Displacement, (3) Strain และ (4) Factor of Safety

ชุดค้ำยัน เมื่อรับภาระ 35,000 N ที่ปลายคันทันมีค่า Stress มากสุดเท่ากับ  $1.815 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  น้อยสุดเท่ากับ  $69,337.8 \text{ N/m}^2$ , ค่า Strain มากสุดเท่ากับ 0.0006 น้อยสุดเท่ากับ  $1.824 \times 10^{-6}$ , ค่า Displacement ที่ปลายคันทันมีค่าเท่ากับ 0.0001 mm และค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.9 ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 : การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดค้ำยัน ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า (1) Stress, (2) Displacement, (3) Strain และ (4) Factor of Safety

จากการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของส่วนประกอบ พบว่าค่า Displacement ของแต่ละส่วนประกอบที่ออกแบบ มีค่าน้อย ทำให้ส่วนประกอบไม่เกิดการบิดรูปหรือเสียหาย เมื่อรับภาระ และค่า Factor of Safety ของแต่ละส่วนประกอบ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 ตามที่ได้กำหนด จึงนำแบบจำลองมาสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูน้ำตามแบบ ดังภาพที่ 7 ที่มีขนาดความยาวและความกว้างฐานเท่ากับ 8 และ 2 m ตามลำดับ ความสูงของตัวเครื่องเท่ากับ 3 m ชุดคั่นบูมยาว 13.8 m สามารถยกคั่นบูมสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 5.8 และ 7.5 m ตามลำดับ ปากคีมมีความกว้าง 1.2 m เมื่อกางออก และมีความยาว 1.6 รับภาระผักตบชวาได้ 200 kg



ภาพที่ 7: เครื่องเก็บผักตบชวาคันแบบ

#### สรุป

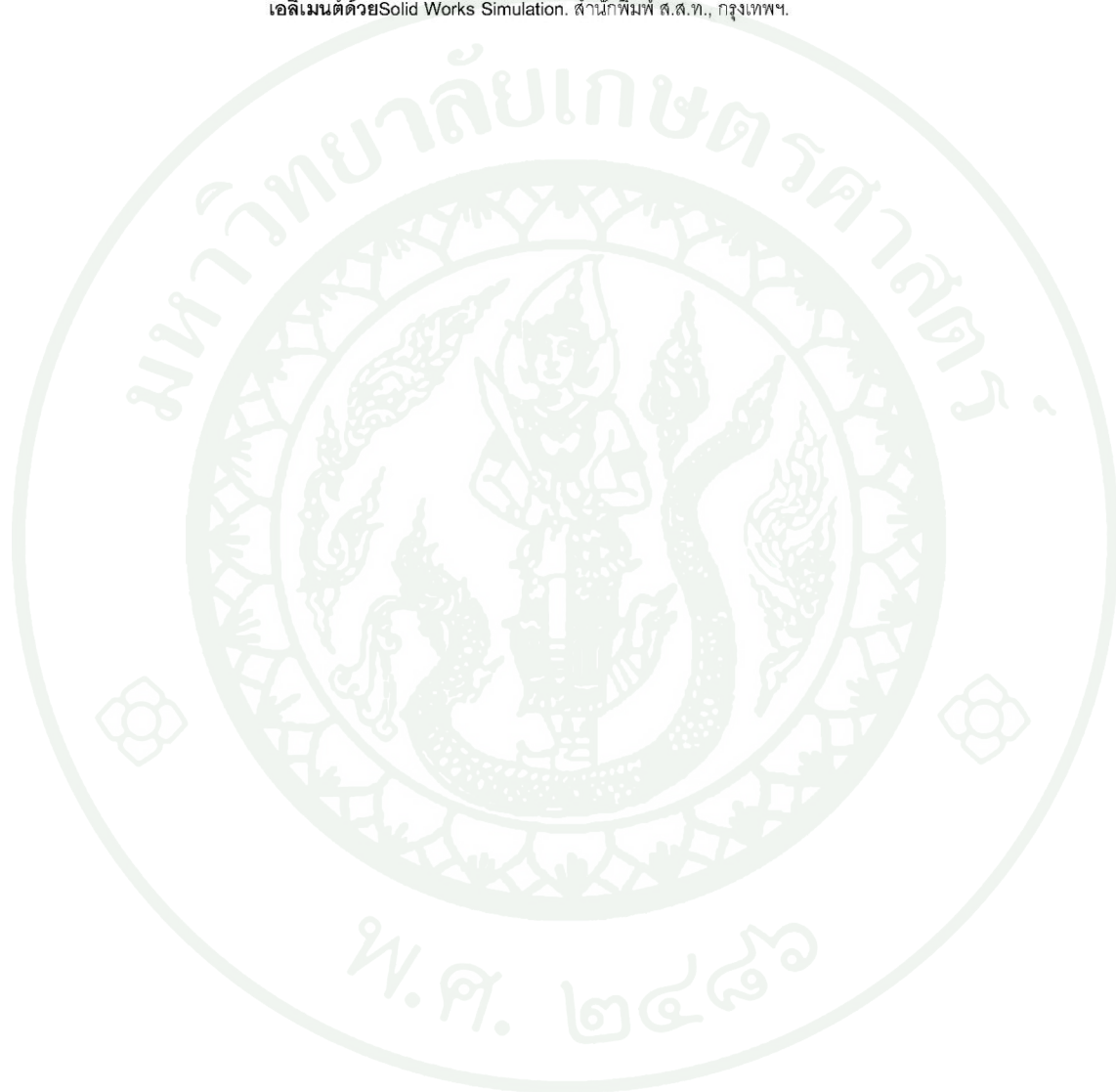
การออกแบบเครื่องเก็บผักตบชวา โดยการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ความแข็งแรงของส่วนประกอบ ทำให้ทราบค่าความแข็งแรงและความปลอดภัยของเครื่องเก็บผักตบชวา และยังสามารถปรับแก้ไขแบบจำลองเมื่อส่วนประกอบมีความไม่แข็งแรงหรือไม่มีความเสถียร อีกทั้งยังลดเวลาและขั้นตอนในการทดสอบความแข็งแรงของชุดคั่นบูมและชุดค้ายัน ที่เป็นส่วนสำคัญที่จะรับน้ำหนักปากคีมและตัวเครื่อง และสามารถนำแบบและแบบจำลองที่ออกแบบนำมาสร้างเครื่องเก็บผักตบชวาได้จริง

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมชลประทาน ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณคุณยศความเป็นเลิศด้านเครื่องจักรกลเกษตรและอาหาร ที่ได้คำปรึกษาในการออกแบบ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้สถานที่ในการสร้างเครื่องเก็บผักตบชวา และขอขอบคุณคณะบัณฑิตวิทยาลัย

## เอกสารอ้างอิง

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 2547. การกำจัดและนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์อย่างครบวงจรในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา.  
ปราโมทย์ เดชะอำไพ, วิโรจน์ ลิ่มตระการ, เสฏฐวรรธ สุจริตภวัตสกุล และ ยศกร ประทุมวัลย์. 2554. ไฟไนต์  
เอลิเมนต์ด้วยSolid Works Simulation. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ.





การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13  
4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่

AME 15

## การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ Performance Test of Water Hyacinth Collecting Machine at Floodgate

ฉัตรชัย ทิพย์รัตน์<sup>1</sup>, ประเสริฐศักดิ์ ภักดีวงษ์<sup>1</sup>, ชูชาติ รักจิตร<sup>2</sup> และ ศิวลักษณ์ ปูลูวิรัตน์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน  
ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

\*ติดต่อ: โทร 0-8587-5238-6, 0-3435-1896 โทรสาร 0-3435-1896 E-mail: chatchai.tip@gmail.com

<sup>2</sup>โครงการชลประทานนครปฐม กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

<sup>3</sup>ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเครื่องจักรกลการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวา บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ เครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำนี้เป็นเครื่องต้นแบบ ที่มีกลไกและการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ประกอบด้วย ปากคีบ ชุดคันboom ตัวเครื่อง และแขนค้ำยัน ปากคีบจะทำหน้าที่เก็บผักตบชวา จากบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ แล้วเคลื่อนย้ายปากคีบได้ด้วยชุดคันboom โดยตัวเครื่องจะติดตั้งอยู่บนตลิ่งบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูระบายน้ำ ทำโดยการหาปริมาณ การเก็บผักตบชวา และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องเก็บผักตบชวาในการทำงานจริง บริเวณหน้าประตูระบายน้ำ พบว่าการเก็บผักตบชวา 1 ครั้งมีปริมาณผักตบชวาเฉลี่ย 131.4 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยมีความสามารถในการเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 5036.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ผักตบชวาหนาแน่นมาก) และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.55 ลิตรต่อชั่วโมง

**คำหลัก** : ผักตบชวา, เครื่องเก็บผักตบชวา, ปริมาณผักตบชวา, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

### Abstract

The purpose of this research is to test the efficiency of the floodgate water hyacinth collecting machine. This prototype has a simple function which consists of grapple, boom set, main body and stabilizing branch. The grapple will collect the water hyacinth around floodgate which can move by boom set. The main body of the machine is located on the riverbank near floodgate. The efficiency on the Floodgate Water Hyacinth Collecting Machine is calculated by finding the volume of water hyacinth collecting and fuel consumption rate. The result showed that the machine could collect water hyacinth about 131.4 kilograms per time and the collecting rate was 5036.56 kilograms per hour. The result of fuel consumption rate was 3.55 liters per hour.

**Keywords:** Water hyacinth, Water Hyacinth Collecting Machinery, Volume of water hyacinth, the fuel consumption rate



### บทนำ

ผักตบชวา *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms - Laubach เป็นวัชพืชที่มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ใน แถบอบอุ่นและแถบร้อนในทวีปอเมริกาใต้ [1] และได้เข้ามาแพร่ระบาดอย่างกว้างขวางในแม่น้ำและแหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดต่างๆทั่วประเทศ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งในด้านการเกษตร การชลประทาน และสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจในการควบคุมวัชพืชดังกล่าว เป็นอย่างมาก [2] จึงจัดอันดับได้ว่าเป็นวัชพืชร้ายแรง 1 ใน 10 ของโลก [3,4] วิธีการอันหนึ่งที่สามารถจะนำมาใช้กำจัดวัชพืชต่างถิ่นที่มีความสะอาดและรวดเร็วคือ การใช้เครื่องจักรกล (Machine-operated Device) วิธีนี้อาจจะใช้เครื่องจักรกลแบบง่ายๆ ราคาถูก เช่น ใช้แทรกเตอร์ช่วยในการลาก ใช้ปั้นจั่นช่วยในการยก ใช้เรือยนต์ช่วยในการดูดลาก ฯลฯ หรือโดยใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น รถขุดแบบสะเทินน้ำสะเทินบก (Marsh Dragline) ของกรมชลประทานซึ่งมีราคาคันละประมาณสองล้านบาท และเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการโรดสองพันบาท (โดยยังไม่ได้คิดค่าเสื่อมราคาของเครื่องซึ่งมีอายุใช้งานประมาณ 10 ปี) แต่เครื่องจักรกลแบบนี้เหมาะสำหรับวัชพืชน้ำประเภทฟุ้งขึ้นมาเหนือน้ำ เช่น พริก พง อ้อ ลำเจียก หรือพวกวัชพืชใต้น้ำ เช่น พริกสาหร่ายมากกว่า ทั้งนี้เพราะผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำประเภทลอยน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าวัชพืชน้ำประเภทใต้น้ำ ดังนั้น การใช้เครื่องจักรกลที่มีราคาแพงมากกำจัดผักตบชวา จึงให้ผลไม่คุ้มค่า โดยเฉพาะในขณะที่น้ำมันมีราคาแพง และเรามีแรงงานอยู่อย่างเหลือเฟือ แต่ในต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกา ซึ่งขาดแคลนแรงงาน ได้มีการประดิษฐ์เครื่องจักรกลที่ใช้สำหรับกำจัดผักตบชวาโดยตรง และสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่ง แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมากมายมหาศาล ทั้งค่าเครื่องจักรกล (เครื่องละหลายล้านบาท) และค่าปฏิบัติงาน [5] โดยทั่วไป ตามแม่น้ำลำคลองต่างๆ

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13  
4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่

ผักตบชวามักจะเกาะกันเป็นแพและลอยตามกระแส น้ำผักตบชวาจะลอยตามกระแสน้ำจนถึงประตูน้ำที่จะกั้นไม่ให้ผักตบชวาลอยต่อไปได้ ทำให้เกิดการสะสมอย่างหนาแน่นของผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ(รูปที่ 1) จึงเป็นอุปสรรคในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ ประกอบกับเครื่องจักรกลที่ใช้ในการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูระบายน้ำในปัจจุบัน เป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือเป็นเครื่องจักรกลที่ไม่มีความปลอดภัยในการทำงาน เช่น รถแบคโฮ ซึ่งสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมาก และเครื่องเก็บผักตบชวาแบบปั้นจั่น ที่ทำงานได้ไม่คล่องตัวและช้า

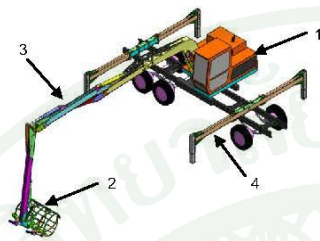


รูปที่ 1 การสะสมของผักตบชวาหน้าประตูระบายน้ำ

ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บผักตบชวา ที่มีความเหมาะสมต่อการจัดเก็บผักตบชวาบริเวณหน้าประตูน้ำ ซึ่งเครื่องเก็บผักตบชวาสามารถสร้างขึ้นได้จากวัสดุและอุปกรณ์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด โดยเครื่องเก็บผักตบชวาที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ปากคีบสำหรับเก็บผักตบชวามีความยาว 1.6 เมตร ความกว้างเมื่อกางออก 1.2 เมตร ชุดค้ำน้ำหนักสำหรับยกปากคีบ และเคลื่อนย้ายปากคีบ ประกอบด้วยค้ำน้ำหนัก 3 ท่อนต่อกัน มีความยาวรวม 13.8 เมตร แขนค้ำน้ำหนักสำหรับสร้างเสถียรภาพให้กับเครื่องเก็บผักตบชวาขณะทำงาน และตัวเครื่อง ที่มีกำลังเครื่องยนต์ 80 แรงม้า ดังรูปที่ 2 หน้าเครื่องเก็บผักตบชวาที่สร้างขึ้น มาทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่อง ในการเก็บ



ผักตบชวา และหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ต่อ  
หนึ่งชั่วโมงการทำงาน



รูปที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องเก็บผักตบชวา

- (1) ตัวเครื่องและฐาน (2) ปากคีบ  
(3) ชุดคั่นบูม (4) แขนค้ำยัน

#### อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บ  
ผักตบชวา ได้ทำการทดสอบเก็บผักตบชวาบริเวณ  
หน้าประตูระบายน้ำกำแพงแสน ตั้งอยู่ที่ ต.  
กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การทดสอบเครื่องเก็บผักตบชวา

#### การทดสอบหาประสิทธิภาพในการเก็บผักตบชวา

ในบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ นอกจาก  
ผักตบชวาที่มีการสะสมอย่างหนาแน่นแล้ว ยังมี  
วัชพืชน้ำ และเศษขยะต่างๆ สะสมอยู่ด้วย ในการ  
ทดสอบหาประสิทธิภาพในการเก็บผักตบชวา จะทำ  
การหาปริมาณของผักตบชวา ที่เก็บได้ด้วยเครื่องเก็บ  
ผักตบชวา โดยการชั่งน้ำหนัก ผักตบชวาและสิ่งอื่นๆ

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13  
4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่

ที่ปากคีบของเครื่องเก็บขึ้นมาในแต่ละครั้ง ดังรูปที่ 4  
ทำการเก็บผักตบชวาและชั่งน้ำหนัก อย่างละ 20 ช้า

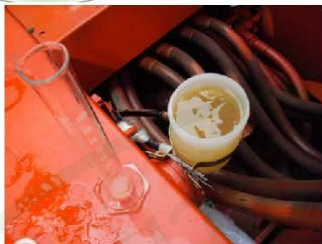


รูปที่ 4 การเก็บผักตบชวา

ทำการจับเวลาการทำงานของเครื่องเก็บ  
ผักตบชวา เพื่อวัดจำนวนครั้งในการเก็บผักตบชวาใน  
เวลา 10 นาที ที่ทำการจับเวลาและวัดจำนวนครั้งอย่าง  
ละ 20 ช้า เพื่อหาความสามารถในการเก็บผักตบชวา  
ของเครื่องในเวลา 1 ชั่วโมงการทำงาน

#### การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของ เครื่องเก็บผักตบชวา

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บ  
ผักตบชวา จะเป็นการทดสอบการทำงานจริงของเครื่อง  
โดยความเร็วรอบเครื่องยนต์จะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับ  
ผู้ปฏิบัติงานและลักษณะการทำงานของเครื่อง ซึ่งมี  
ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่อยู่ในช่วง 900 – 1500 รอบ  
ต่อนาที การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทำการ  
วัดทุกๆ 5 นาที ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900 1100  
1300 และ 1500 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยทำการ  
วัดความเร็วรอบละ 5 ช้า เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลือง  
เชื้อเพลิงของเครื่องเก็บผักตบชวาในเวลา 1 ชั่วโมง  
การทำงาน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

#### ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการเก็บผักตบชวา

ผลการทดสอบการหาปริมาณการเก็บผักตบชวาในแต่ละครั้ง ของเครื่องเก็บผักตบชวา และจำนวนครั้งการเก็บผักตบชวา เมื่อเครื่องทำงาน เก็บผักตบชวาเป็นเวลา 10 นาที โดยเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการเก็บผักตบชวา (เฉลี่ย)

พารามิเตอร์	ข้อมูลที่ได้
- ปริมาณในการเก็บผักตบชวาในแต่ละครั้ง	131.4 กิโลกรัมต่อครั้ง
- จำนวนครั้งการเก็บผักตบชวาในเวลา 10 นาที	6.35 ครั้ง

ผลการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องเก็บผักตบชวา

ผลการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องเก็บผักตบชวา ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 900 – 1500 รอบต่อนาที โดยเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 2

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13  
4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (เฉลี่ย)

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (มิลลิลิตร)
900	103
1100	138
1300	175.2
1500	226.2
เฉลี่ย 900 – 1500	160.6

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเก็บผักตบชวาใน 1 ชั่วโมงการทำงาน

จากการทดสอบหาปริมาณการเก็บผักตบชวาในแต่ละครั้ง จำนวนครั้งในการเก็บผักตบชวา และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สามารถหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเก็บผักตบชวาใน 1 ชั่วโมงการทำงานได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องเก็บผักตบชวาใน 1 ชั่วโมงการทำงาน (เฉลี่ย)

พารามิเตอร์	ข้อมูลที่ได้
- จำนวนครั้งในการเก็บผักตบชวา	38.33 ครั้ง
- ปริมาณผักตบชวา	5036.56 กิโลกรัม
- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	3.55 ลิตร

#### สรุป

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเก็บผักตบชวาแบบหน้าประตูดระบายน้ำ จากการทดสอบ การทำงานจริงของเครื่องในเวลา 1 ชั่วโมงการทำงาน สามารถสรุปได้ว่า เครื่องเก็บผักตบชวาสามารถเก็บผักตบชวาได้ปริมาณ 5036.34 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 3.55 ลิตรต่อชั่วโมง



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13  
4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมชลประทาน ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านเครื่องจักรกลเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Julien, M.H., M. W. Griffiths and A.D. Wright. 1999. Biological Control of Water Hyacinth. ACIAR, Canberra.
- [2] Pieterse, A.H. and K. J. Murphy. (eds.) 1990. Aquatic weed: The ecological and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford Univ. Press, New York.
- [3] พรชัย เหลืองอากาศ. 2540. วัชพืชศาสตร์. สำนักพิมพ์วีวีเอช, กรุงเทพฯ.
- [4] สุชาติ ศรีเพ็ญ. 2542. พรรณไม้ในในประเทศไทย. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- [5] คำนิรนาม. 2547. การผลิตกระดาษจากรูปถ่ายและผักตบชวา แหล่งที่มา : <http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs085/interEx/informate/paktob/eradicat.htm>, เข้าดูเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2554



## การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก

## Design and Development of a Young Coconut Trimming Machine Using Reciprocating Knife

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์<sup>1,2,3\*</sup>, ฉัตรชัย ทิพยรัตน์<sup>1</sup>, ชัยยะ จันทรา<sup>1</sup>Siwalak Pathaveerat<sup>1,2,3\*</sup>, Chatchai Tippayarat<sup>1</sup>, Chaiya Jantra<sup>1</sup><sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140<sup>2</sup>Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140<sup>3</sup>ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเครื่องจักรกลการเกษตรและอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<sup>4</sup>The center of excellent for Agricultural and Food Machinery, Kasetsart University<sup>5</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<sup>6</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University

\*Corresponding author: Tel: +66-34-351-896, Fax: +66-34-351-896, E-mail: fengslp@ku.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนรูปทรง 5 เหลี่ยม โดยใช้กลไกใบมีดชักไป-กลับ เพื่อให้เกิดแรงเฉือนในการตัดเส้นใยที่เปลือกผลมะพร้าวอ่อน การทำงานของเครื่องจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ คือ ทำการปอกเปลือกส่วนข้างของผลมะพร้าวอ่อนและปอกเปลือกส่วนหัวเป็นขั้นตอนสุดท้าย สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก พบว่าผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่านการปอกเปลือก เกิดพื้นที่สีเขียวเฉลี่ย 3.36% และเกิดพื้นที่ปกโตนกะลามะพร้าวเฉลี่ย 0.90% แต่เกิดพื้นที่เสียน้อยสุดเฉลี่ย 6.72% ที่ความเร็วในการหมุนลูกมะพร้าวอ่อน 30 rpm ทดสอบจับเวลาแต่ละขั้นตอนในการทำงานของเครื่อง พบว่าขั้นตอนในการปอกเปลือกส่วนข้างใช้เวลาเฉลี่ย 1.24 นาทีต่อผล และปอกเปลือกส่วนหัวใช้เวลาเฉลี่ย 1.70 นาทีต่อผล เมื่อเทียบการทำงานใน 1 ชั่วโมงสามารถปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนได้เฉลี่ย 20.45 ผลต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: ผลมะพร้าวอ่อน, ใบมีดชัก

## Abstract

This research aims to design a young coconut trimming machine as a pentagonal profile using reciprocating knife for cutting fiber husk of the fruits. The operation of this machine was consisted of two steps. The first step, the machine trim at the side of fruit and then the fruits were trimmed at the top in the last step. The performance test of a young coconut trimming machine with reciprocating knife was found 3.36% for the untrimmed green area, 0.90% for fruit damage and 6.72% for the fibrous area at 30 rpm rotation of the trimmed fruit. The trimming capacity of machine was 20.45 fruits per hour and the average time to trim at the side and the top of the fruits were 1.24 and 1.70 minutes, respectively.

Keywords: Young Coconut, Reciprocating Knife

## 1 บทนำ

มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ไทยอีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักไปทั่วโลก ผู้บริโภคทั้งชาวไทยและต่างประเทศจะนึกถึงรสชาติของน้ำมะพร้าวที่หวานหอมและเนื้อที่หวานมันสามารถช่วยดับความกระหายคลายร้อนได้ดี (สุภาวดี, 2553) ประเทศไทยได้มีการส่งออกมะพร้าวอ่อนไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยตลาดมะพร้าวอ่อนของไทยที่สำคัญ ได้แก่ สิงคโปร์ ออสเตรเลีย ฮ่องกง ไต้หวัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย แคนาดา บาร์เรน บรูไน และซาอุดีอาระเบีย (กรมประชาสัมพันธ์, 2550) ผลิตภัณฑ์ผลมะพร้าวอ่อนนั้นมีหลายประเภท แต่ที่ได้รับความนิยมบริโภคคือ ผลมะพร้าวอ่อนปอกเปลือก ทั้งนี้การปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนนั้นมีหลายรูปแบบเช่น ปอกเฉพาะส่วนกินมะพร้าวให้เป็นการรวดเร็วแล้วตัดหัวผลออก โดยไม่ปอกลำตัวผล, ปอกเปลือกสีเขียวส่วนกินให้เป็นการรวดเร็วแล้วปอกลำตัวผลและตัดหัวผลออกเป็นรูปทรง 5 เหลี่ยม (มะพร้าวควั่น) และปอกเปลือกจนถึงกะลาเหลือเฉพาะส่วนหัวผลเล็กน้อยชัดเจนขาว (มะพร้าวเจียร) โดยรูปแบบการปอกเปลือกเป็นทรงห้าเหลี่ยมกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก

ขั้นตอนในการปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนให้มีรูปทรง 5 เหลี่ยมถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการผลิตผลมะพร้าวอ่อนปอกเปลือกเพื่อจำหน่าย เพราะผลมะพร้าวอ่อนที่ต้องการจะต้องมีรูปทรง 5 เหลี่ยมที่สวยงาม มีขนาดพอเหมาะ และจะต้องขาวสะอาดไม่มีร่องรอยบริเวณผิวของผลที่ปอก ปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนในการปอกอยู่ ซึ่งกำลังประสบปัญหาอย่างมาก เช่น การขาดแคลนแรงงานฝีมือดี, ความแตกต่างกันของทรงมะพร้าวในแต่ละแหล่งผลิต เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ที่มีกลไกการทำงานของใบมีดคล้ายคลึงกับการปอกด้วยแรงงานคน ที่ทำให้เกิดการเฉือนเปลือกของผลมะพร้าวอ่อนโดยการเลื่อนใบมีดไป-กลับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดซีก

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 ลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวอ่อน

ข้อมูลเบื้องต้นของผลมะพร้าวอ่อนและผลมะพร้าวอ่อนปอกเปลือกที่ใช้ในการออกแบบ ได้แก่ ความสูงของผลมะพร้าวอ่อน (H) เท่ากับ  $17.97 \pm 0.53$  cm ความกว้างของผลมะพร้าวอ่อน (D) เท่ากับ  $16.02 \pm 0.56$  cm ความสูงของผลมะพร้าวอ่อนปอก

เปลือก ( $h_1$ ) เท่ากับ  $13.59 \pm 0.66$  cm ความสูงจากกันถึงมุมส่วนหัว ( $h_2$ ) เท่ากับ  $8.97 \pm 0.40$  cm มุมด้านข้าง ( $\beta$ ) เท่ากับ  $84.44 \pm 1.11^\circ$  มุมด้านหัว ( $\gamma$ ) เท่ากับ  $35.57 \pm 1.93^\circ$  (ณัฐพงศ์, 2553)

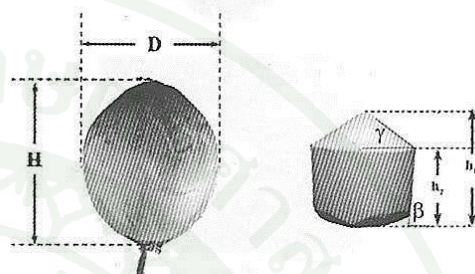


Figure 1 Dimension of young coconut and trimmed young coconut. (Nuttapong, 2553)

### 2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดซีก

เครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดซีก ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 6 ส่วนดังนี้

- 1) โครงสร้างหลักของเครื่อง ทำหน้าที่ประกอบส่วนต่างๆ ของเครื่องเข้าด้วยกัน
- 2) ชุดเลื่อนใบมีด ทำหน้าที่เลื่อนชุดใบมีดสำหรับปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนเข้าหาถูกมะพร้าวที่จะทำการปอกเปลือก และปรับระดับความสูง ( $h_2$ ) ของชุดใบมีดได้ โดยมีลักษณะเป็นรางสไลด์เลื่อนอยู่บนเพลลา และมีเกลียวสำหรับเลื่อนแทนยึดชุดใบมีดซีก
- 3) แทนยึดชุดใบมีดซีก ทำหน้าที่ยึดชุดใบมีดซีกและชุดเลื่อนใบมีดเข้าด้วยกัน มีสล็อตสำหรับปรับมุมในการปอกเปลือกส่วนข้าง ( $\beta$ ) และส่วนหัว ( $\gamma$ )
- 4) ชุดใบมีดซีก ทำหน้าที่ปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน โดยภายในชุดใบมีดประกอบด้วย ใบมีดสแตลเลส เพลลาสไลด์ รางสไลด์ แชนเหวี่ยง ข้อเหวี่ยง มอเตอร์ DC 24 V ขนาด 250 W และโครงสร้าง

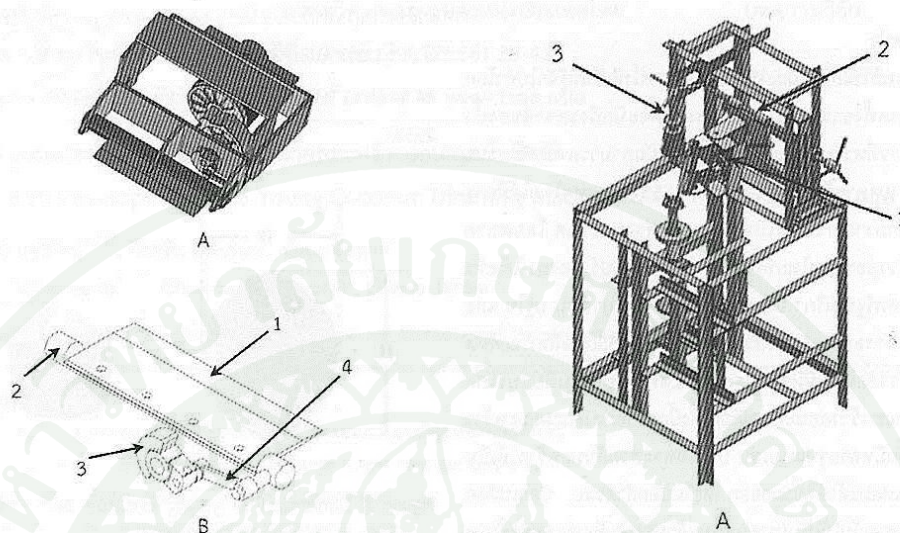


Figure 2 A: Reciprocating knife, B: Reciprocating machine system (1) Knife, (2) Sliding shaft, (3) crank, (4) swing arm.

5) ชุดจับลูกมะพร้าวอ่อนสำหรับปอกเปลือกส่วนข้าง ทำหน้าที่จับยึดลูกมะพร้าวอ่อนให้อยู่กับที่ โดยแบ่งการจับยึดเป็นส่วนบนและส่วนล่าง ส่วนบนจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อให้สามารถนำผลมะพร้าวอ่อนเข้าและออก โดยจะมีที่จับลูกมะพร้าว ซึ่งออกแบบเป็นทรงกระบอกให้สามารถครอบส่วนกันของมะพร้าวได้และหมุนตามลูกมะพร้าว ส่วนล่างจะทำหน้าที่หมุนลูกมะพร้าว โดยการออกแบบเป็นเหล็กสี่เหลี่ยมมีความคม สามารถแทงเข้าไปในส่วนหัวของผลมะพร้าวอ่อนได้ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ DC 24 V ขนาด 450 W

6) ชุดจับลูกมะพร้าวสำหรับปอกเปลือกส่วนหัว ทำหน้าที่จับผลมะพร้าวที่ทำการปอกส่วนข้างมาแล้ว โดยชุดจับจะทำการจับด้านข้างของผลมะพร้าวอ่อน ให้ลูกมะพร้าวหมุน ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ DC 24 V ขนาด 450 W

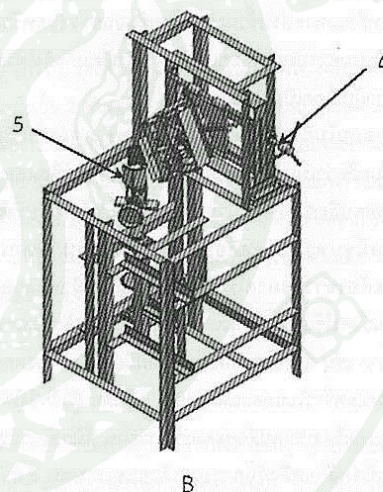


Figure 3 A: Side trimming section, B: Top trimming section (1) Reciprocating knife, (2) Knife holder, (3) Fruit holder, (4) Knife moving controller, (5) Top section holder.

### 2.3 การทดสอบเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดซีก

นำเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดซีกที่สร้างขึ้นมาทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนจำนวน 30 ผล โดยทำการปรับตั้งมุมในการปอกส่วนข้างอยู่ที่  $85^{\circ}$  มุมการปอกส่วนหัวอยู่ที่  $36^{\circ}$  ความสูงของใบมีดจากมุมส่วนหัวถึงกันอยู่ที่ 9 cm

(ณัฐพงศ์, 2553) มุมเงยของใบมีดอยู่ที่  $61^{\circ}$  (Jarimopas and Rattanadat, 2007) ความเร็วใบมีดชัก 360 rpm ความเร็วในการหมุนลูกมะพร้าวที่ทำการทดสอบอยู่ที่ 30 50 และ 70 rpm

### 3 ผลและวิจารณ์

#### 3.1 ผลการออกแบบเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก

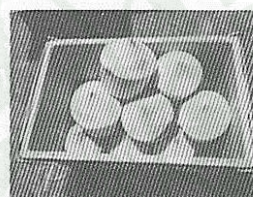
การสร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นที่หนึ่งเป็นการปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนส่วนข้าง ดัง Figure 4 โดยชุดจับลูกมะพร้าวอ่อนสำหรับปอกส่วนข้าง เริ่มการทำงานโดยลูกมะพร้าวจะหมุนอยู่กับที่ จากนั้นทำการหมุนเกลียว ให้ชุดใบมีดชักเคลื่อนที่มาสัมผัสกับผลมะพร้าวอ่อน ใบมีดชักจะทำงานเคลื่อนที่ไปกลับ เพื่อเฉือนเส้นใยของเปลือกผลมะพร้าวอ่อน เมื่อทำการปอกส่วนข้างของมะพร้าวอ่อนจนเสร็จ ขั้นที่สองเป็นการปอกเปลือกส่วนหัว (กันลูกมะพร้าว) ของผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่านการปอกเปลือกส่วนข้างแล้ว โดยชุดจับลูกมะพร้าวปอกส่วนหัวจะทำการจับด้านข้างของผลมะพร้าวอ่อน และเริ่มการทำงานของเครื่อง เครื่องจะทำงานเหมือนกับการปอกส่วนข้าง ทำการปอกส่วนหัวจนเสร็จ จากนั้นทำการตัดกัน (ขั้วลูกมะพร้าว) เป็นการสิ้นสุดการทำงาน



A



B



C

Figure 4 Trimming coconut fruit (A) Side fruit trimming, (B) Top fruit trimming and (C) Final Product.

#### 3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก

ผลมะพร้าวอ่อนที่นำมาทดสอบ นำมาจากสวนในจังหวัดสมุทรสงคราม (ไม่คิดขนาด) มีขนาดเบื้องต้นเฉลี่ยดัง Table 1

Table 1 Coconut fruit dimension.

Dimension	Size (cm)
Height (H)	22.27
Width (D)	17.41

ผลการทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนด้วยเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก โดยทดสอบที่ความเร็วในการหมุนลูกมะพร้าวที่ 30 50 และ 70 rpm ทำการหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่เปลือกที่ปอกไม่หมด เปอร์เซ็นต์พื้นที่เกิดเส้นใยและเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ปอกโดนกะลามะพร้าวโดยเฉลี่ย แสดงใน

Table 2

Table 2 Trimming performance.

Fruit rotation speed (rpm)	Untrimmed green area (%)	Fibrous area (%)	Trimmed shell area (%)
30	2.30	6.72	0.77
50	2.84	13.66	1.14
70	4.94	14.30	0.79
average	3.36	11.56	0.90

ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก โดยกำหนดความเร็วในการหมุนลูกมะพร้าวอยู่ที่ 30 rpm เนื่องจากเกิดพื้นที่เสียน้อยสุด และจับเวลาในแต่ละขั้นตอนการปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องแสดงใน Table 3

Table 3 Average capacity of coconut trimming machine.

Parameter	Time consume (min/fruit)
Side Fruit trimming	1.24
Top fruit trimming	1.70
Total	2.93
Capacity/hour	20.45 fruits

#### 4 สรุป

ผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่านการปอกด้วยเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก เกิดพื้นที่สีเขียวเฉลี่ย 3.36% และเกิดพื้นที่ปอกโดนกะลามะพร้าวเฉลี่ย 0.90% แต่เกิดพื้นที่เสียน้อยสุดเฉลี่ย 6.72% ที่ความเร็วในการหมุนลูกมะพร้าว 30 rpm เห็นได้ว่าพื้นที่เสียนที่เกิดขึ้นมีผลต่อความเร็วในการหมุนของลูกมะพร้าว เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก ทำการปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนส่วนข้างเฉลี่ยอยู่ที่ 1.24 นาทีต่อผล การปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนส่วนหัวเฉลี่ย 1.70 นาทีต่อผล ซึ่งในการปอก 1 ผลใช้เวลาเฉลี่ย 2.93 นาทีต่อผล และในการทำงาน 1 ชั่วโมงสามารถปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนได้เฉลี่ย 20.45 ผลต่อชั่วโมง

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

สนับสนุนทุนวิจัยโดยศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเครื่องจักรกลการเกษตร และอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

#### 6 เอกสารอ้างอิง

- กรมประชาสัมพันธ์. 2550. มะพร้าว พืชมหัศจรรย์ที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 2,700 ล้านบาท. แหล่งข้อมูล: <http://raidai.raidaihost.com/modules.php?name=News&file=article&sid=1038> เข้าถึงเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2555
- ณัฐพงศ์ รัตนเดช. 2553. การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 187 น.
- สุภาวดี ภัทรโกศ. 2553. มะพร้าวอ่อนเพื่อการส่งออก กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล: [http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree\\_fruit/coconut.pdf](http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree_fruit/coconut.pdf) เข้าถึงเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2555.
- Jarimopas, B. and Rattanadat, N. 2007. Development of a young coconut fruit trimming machine. Journal of Food Engineering. 79, 752-757.



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย  
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7  
2-4 เมษายน 2556 โรงแรมกรุงศรีวิเวอร์ จ. อุดรธานี

1 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกทุเรียนสำหรับผู้ค้ารายย่อย  
2 The Development of Durian fruit Opener for Retailer.

3 ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์<sup>1,2\*</sup>, ฉัตรชัย ทิพย์รัตน์<sup>1</sup>

4 Siwalak Pathaveerat<sup>1,2\*</sup>, Chatchai Tippayarat<sup>1</sup>

5 <sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

6 <sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus,

7 Nakhon Pathom, 73140

8 <sup>2</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9 <sup>2</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University

10 \*Corresponding author: Tel: +66-34-351-896, Fax: +66-34-351-896, E-mail: fengslp@ku.ac.th

11 **บทคัดย่อ**

12 การเปิดผลทุเรียนสดทำได้ยาก เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีน้ำหนักมาก เปลือกหนา และมีลักษณะเป็นหนามโดยรอบๆ  
13 ผล เปลือกหนาและแข็งแรงกว่าผลไม้อื่นๆ ถึงแม้ว่าในที่สุดทุเรียนจะแตกออกเอง แต่ก็ไม่นิยมรับประทานทุเรียนที่ผลแตกแล้วเพราะ  
14 เนื้อนุ่มและ กลิ่นแรง หรือเป็นปลาร้า ทำให้การเปิดทุเรียนในขณะที่ผลเพิ่งเริ่มสุกจึงต้องอาศัยความชำนาญและเสียเวลามาก ซึ่ง  
15 ก่อให้เกิดปัญหาสำหรับผู้บริโภคโดยทั่วไป ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนที่สามารถเปิดเปลือกทุเรียนได้ทุกช่วงอายุ  
16 ของการบริโภคผลสด โดยเครื่องปอกเปลือกทุเรียนแบ่งการทำงานเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกดันผลทุเรียนไปสัมผัสกับหัวเจาะ และ  
17 ใช้แม่แรงไฮดรอลิกส์ดันให้หัวเจาะฝังเข้าไปในผลทุเรียนจนพุงของผลทุเรียนเริ่มแยกออกจากกัน ขั้นตอนที่สองปอกเปลือก โดยใช้เป็น  
18 หัวเจาะทรงกรวยที่มีกลไกช่วยให้สามารถกางออกได้ เพื่อฉีกเปลือกทุเรียนให้พุงผลทุเรียนแยกออกจากกันมากขึ้นจนสามารถนำเนื้อ  
19 ทุเรียนออกจากผลได้อย่างง่ายดาย เครื่องปอกทุเรียนสามารถปอกทุเรียนได้ทุกลูกที่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตั้งแต่ 32% และอยู่ใน  
20 ระยะห่ามได้ดี เวลาในการปอกเปลือกไม่รวมเวลาแกะเนื้อทุเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 47.25 วินาทีต่อผล

21 คำสำคัญ: ทุเรียน, ปอกเปลือก, บริโภคผลสด

22 **Abstract**

23 It is difficult for opening a durian fruit as it has high weight, thick husk and thorny on a surface of fruits.  
24 Although the husk of fruits will be split by maturation but it is not favored by consumers due to soft pulp and  
25 strong smell. Therefore, the durian opening while the fruit is mature must be skill labour and take a long time. In  
26 order to eliminate these problems, the researcher has designed a durian opener that can open the fruit for  
27 mature fruit consumption. The operation of durain fruit opener was separated into two steps. The first step, the  
28 fruit was pushed to contact the opener mechanism with hydraulic jack to lift the fruit until the fruit lobes were  
29 splitted. The second step, the opener mechanism was used to open the fruit. The performance of durain fruit  
30 opener showed 100% of opening at percentage of dry weight (%DW) more than 32% at medium ripening stage  
31 and take 47.25 seconds per fruit exclude t the time to remove flesh from the fruit.

32 **Keywords:** durian fruit, opening, mature fruit consumption.

33 **1 บทนำ**

34 ทุเรียนเป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออก  
35 สำคัญ ในปี พ.ศ. 2555 มีพื้นที่ปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวทุเรียน  
36 ของประเทศประมาณ 637,737 และ 581,554 ไร่ตามลำดับ  
37 ผลผลิตทุเรียนเท่ากับ 523,656 ตัน ปริมาณการส่งออกทุเรียนสด

38 ปี 2556 เท่ากับ 367,057 ตัน มูลค่า 7,344.7 ล้านบาท

39 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) การเปิดผลทุเรียนสดทำ

40 ไม่ได้ง่ายนัก เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีน้ำหนักมาก เปลือก

41 หนา และมีลักษณะเป็นหนามโดยรอบๆผล เปลือกหนาและ

42 แข็งแรงกว่าผลไม้อื่นๆ ถึงแม้ว่าในที่สุดทุเรียนจะแตกออกเอง แต่

1 ก็ไม่นิยมรับประทานทุเรียนที่ผลแตกแล้วเพราะเนื้อนิ่มและ กลิ่น  
 2 แรง หรือเป็นปลาร้า ทำให้การเปิดทุเรียนในขณะที่ผลเพิ่งเริ่มสุก  
 3 จึงต้องอาศัยความชำนาญและเสียเวลามาก (จริงแท้, 2538) ผู้  
 4 ปอกต้องมีความแข็งแรงจึงจะสามารถเอาเนื้อทุเรียนออกจาก  
 5 ผลได้ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสำหรับผู้บริโภคโดยทั่วไป จึงมีการ  
 6 ออกแบบเครื่องปอกเปลือกทุเรียนขึ้นมาหลากหลายรูปแบบ แต่  
 7 ยังประสบปัญหาที่ไม่สามารถปอกทุเรียนได้ทุกขนาด (เขาวน, 2542) และปอกทุเรียนที่ห่ามได้ไม่ดี (อนุพันธุ์, 2552) ผู้วิจัยได้  
 8 พัฒนาเครื่องปอกเปลือกทุเรียนที่มีกลไกช่วยในการเปิดเปลือก  
 9 ทุเรียนออกได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถเปิดทุเรียนได้ทุกช่วงอายุและทุก  
 10 ขนาดของการบริโภคผลสด ตัวเครื่องมีขนาดเล็กเหมาะสมต่อผู้ค้า  
 11 รายย่อย

### 13 2 อุปกรณ์และวิธีการ

#### 14 2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกทุเรียน

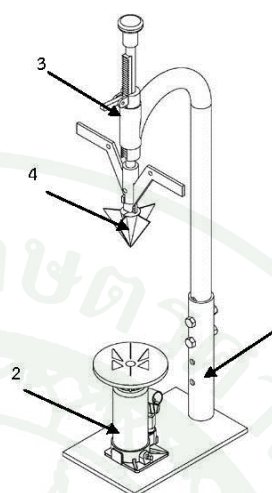
15 เครื่องปอกเปลือกทุเรียน ออกแบบให้ตัวเครื่องสามารถ  
 16 เคลื่อนย้ายได้ง่าย มีกลไกการเปิดเปลือกที่ไม่ซับซ้อน โดยใช้หัว  
 17 ดึงทรงกรวยแหลม ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนดังนี้

18 1) โครงเครื่อง มีขนาด 20.5 X 32 X 90 cm มีฐานเป็นเหล็ก  
 19 แผ่นสี่เหลี่ยม สามารถถอดแยกส่วนเสาที่ฐานได้

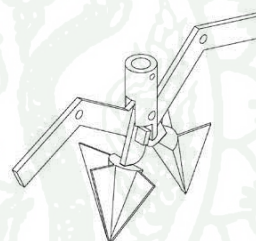
20 2) ส่วนดันผลทุเรียน ใช้แม่แรงไฮดรอลิกส้นขนาด 5 ตัน ติด  
 21 แท่นเหล็กที่มีครีสำหรับยึดผลทุเรียน

22 3) ส่วนปรับขนาดผลทุเรียน มีลักษณะเป็นเฟืองสะพานเลื่อน  
 23 ขึ้น-ลง มีตัวล็อกเฟือง เพื่อปรับความสูงของหัวดึงถึงผลทุเรียน  
 24 ตามขนาดของผลทุเรียน

25 4) ส่วนหัวดึงเปลือกทุเรียน มีลักษณะเป็นทรงกรวยแหลม  
 26 ขนาด 4 cm ติดครี จำนวน 5 ครีโดยรอบ (อนุพันธุ์, 2552)  
 27 ทำจากสแตนเลส และสามารถกางออกเพื่อดึงเปลือกทุเรียนแยก  
 28 ออกจากกัน



29 Figure 1 Durian fruit opener (1) Fram (2) Hydraulic jack  
 30 (3) Height adjusting (4) Opener mechanism



32 Figure 2 Dhe opener mechanism.

#### 34 2.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปอกเปลือกทุเรียน

35 นำเครื่องปอกเปลือกทุเรียนที่สร้างขึ้นมาทดสอบปอกทุเรียน  
 36 จำนวน 20 ผล โดยใช้ทุเรียนที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด วัด  
 37 ขนาดความกว้างความสูงซึ่งน้ำหนักผลทุเรียน ทดสอบการทำงาน  
 38 โดยการจับเวลาในการปอกเปลือกทุเรียน ไม่รวมเวลาที่แกะเนื้อ  
 39 ทุเรียนออก วัดแรงที่ใช้ในการดึงเปลือกทุเรียนให้แยกออกจาก  
 40 กันด้วยเครื่อง Digital force gauge ยี่ห้อ IMADA รุ่น DPS20  
 41 หากความสูงแก่โดยใช้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (มาตรฐาน มกษ,  
 42 2556) ทำโดยนำเนื้อทุเรียนจำนวน 3 พู ในแต่ละผลมาหั่นเป็น  
 43 ชิ้นเล็กๆ ตัวอย่างละจำนวน 20 กรัม อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็น  
 44 เวลา 48 ชั่วโมง (มาตรฐาน ASAE 1994) และคำนวณหา  
 45 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (%DW) ตามสมการ (1)

$$46 \quad \% \text{ น้ำหนักแห้ง} = \left( \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \right) \times 100 \quad (1)$$

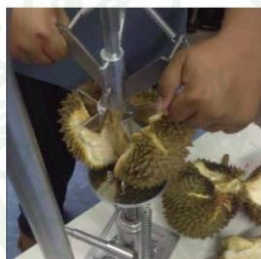
1 3 ผลและวิจารณ์

2 3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกทุเรียน

3 ทำการสร้งเครื่องทำจากเหล็ก หัวฉีกและส่วนสัมผัสผล  
 4 โครงสร้างหลักของเครื่องทำจากเหล็ก หัวฉีกและส่วนสัมผัสผล  
 5 ทุเรียนทำจากสแตนเลส การทำงานของเครื่องปอกเปลือกทุเรียน  
 6 ทำงานโดยนำผลทุเรียนวางบนแท่นวางผล โดยให้ส่วนก้นของผล  
 7 ทุเรียนวางลงบนแท่นวางและให้ส่วนก้นตั้งขึ้น ปรับระดับหัวฉีก  
 8 ให้หัวฉีกลงมาสัมผัสส่วนก้นของผลทุเรียน หมุนผลทุเรียนให้  
 9 ครีบของหัวฉีกตรงกึ่งกลางทุเรียน โขกแม่แรงไฮดรอลิกสให้ยกผล  
 10 ทุเรียนขึ้นและหัวฉีกจะเจาะลงไปภายในผลทุเรียน เมื่อผลทุเรียน  
 11 เคลื่อนที่ขึ้นจนสุด หัวฉีกจะฝังอยู่ในผลทุเรียน จากนั้นกดแขนหัว  
 12 ฉีกลงเพื่อองหัวฉีกออกให้เปลือกแยกออกจากกัน เป็นการสิ้นสุด  
 13 การทำงาน



14



15



16

17 Figure 3 showing durian fruit opener

18 3.2 ผลการสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกเปลือก  
 19 ทุเรียน

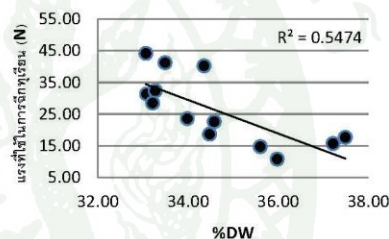
20 ทุเรียนที่นำมาทดสอบเป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ที่ซื้อจาก  
 21 ผู้ค้าปลีกจำนวน 2 ร้าน ในตลาดกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.  
 22 นครปฐม มีลักษณะทางการภาพดังตารางที่ 1

23 Table 1 Dimension of durian fruit.

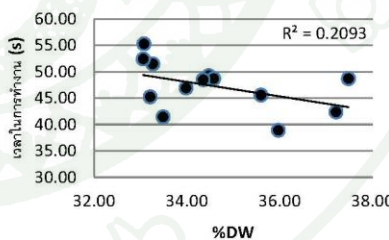
Parameter	Data
Height	19 – 25.1 cm
Width	19.8 – 28.5 cm
weight	2.81 – 5.17 kg

24 การทดสอบประสิทธิภาพการปอกทุเรียนพบว่า แรงที่ใช้ใน  
 25 การฉีกเปลือกทุเรียนและเวลาในการปอกเปลือกทุเรียนมี  
 26 ความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (%DW) ดังรูปที่ 4 และ  
 27 5 โดยเครื่องสามารถเปิดเปลือกทุเรียนได้ทุกลูก โดยเวลาที่ใช้ใน  
 28 การปอกเปลือกทุเรียนอยู่ที่ 47.25 วินาทีต่อผลโดยเฉลี่ย

29



30  
 31 Figure 4 The relation between opening force and  
 32 percentage of dry weight (%DW) of durian fruit.



33  
 34 Figure 5 The relation between opening time and  
 35 percentage of dry weight (%DW) of durian fruit.

36 4 สรุป

37 เครื่องปอกเปลือกทุเรียนที่สร้างขึ้นสามารถเคลื่อนย้ายได้ มี  
 38 กลไกที่ไม่ซับซ้อน สามารถเปิดเปลือกทุเรียนได้ทุกขนาด และ

1 สามารถเปิดเปลือกออกได้ทุกลูก ในช่วงอายุของการบริโภคผลสด  
 2 ร่วมถึงทุเรียนห่าม โดยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของทุเรียนที่นำมา  
 3 ทดสอบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 32 % เป็นต้นไป ซึ่งแรงที่ใช้ในการฉีก  
 4 เปลือกทุเรียนจะขึ้นอยู่กับความสุก-แก่ของผลทุเรียนตาม  
 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และใช้เวลาในการลอกเปลือกทุเรียน ไม่  
 6 รวมเวลาแกะเนื้อทุเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 47.25 วินาทีต่อผล

#### 7 5 กิตติกรรมประกาศ

8 สนับสนุนทุนวิจัยโดยศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บ  
 9 เก็บ หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

#### 10 6 เอกสารอ้างอิง

11 จริ่งแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บ  
 12 เกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและ  
 13 ฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.  
 14 เขาวาน์ อินทร์ประสิทธิ์. 2542. เครื่องฉีกทุเรียน หนังสือพิมพ์  
 15 เดลินิวส์ หน้า 12.  
 16 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556.  
 17 ทุเรียน. มกษ. 3-2556.  
 18 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ศูนย์ข้อมูลผลไม้.  
 19 แหล่งข้อมูล [http://www.oae.go.th/fruits/index.php?](http://www.oae.go.th/fruits/index.php?option=com_content&view=article&id=122)  
 20 [option=com\\_content&view=article&id=122](http://www.oae.go.th/fruits/index.php?option=com_content&view=article&id=122). เข้าถึง  
 21 เมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2557.  
 22 อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องการ  
 23 พัฒนาเครื่องผ่าผลทุเรียนเพื่อการบริโภคผลสด. 37 หน้า  
 24 ASAE Standard 1994. Moisture measurement-forages.  
 25 ASAE S358.2 December 93, 471pp.American  
 26 Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road,  
 27 Michigan, USA

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายฉัตรชัย ทิพย์รัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	5 พฤษภาคม 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรเครื่องกล
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เกษตรภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด 100 หมู่ 3 ถนนสุขสวัสดิ์ ต.บางจาก อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ 10130
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการวิจัยที่ได้รับ	ได้รับทุนการวิจัยจากโครงการชลประทานนครปฐม กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2554) ได้รับทุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2554) ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553 – 2556)