สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงการกระจายน้ำของหัวจ่ายน้ำชนิดอิมแพค (NAAN #254PC)

Improvement of Water Distribution of Impact Type Sprinkler (NAAN #254PC)

T119383

นายภูริวัฒน์ เนื่องจำนงค์

นายรัชชานนท์ พงศ์อิศวรานันท์

นายสิริวุฒิ เลิศแสง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119383
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การปรับปรุงการกระจายน้ำของหัวจ่ายน้ำชนิดอิมแพค (NAAN #254PC)
Improvement of Water Distribution of Impact Type Sprinkler (NAAN #254PC)

ผู้จัดทำ

1. นายภูริวัฒน์	เนื่องจำนงค์	รหัสประจำตัว	50011195
2. นายรัชชานนท์	พงศ์อิศวรานันท์	รหัสประจำตัว	50011280
3. นายสิริวุฒิ	เลิศแสง	รหัสประจำตัว	50011691

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงการกระจายน้ำของหัวจ่ายน้ำชนิดอิมแพค (NAAN #254PC)

นายภูริวัฒน์ เนื่องจำนงค์ 50011195
นายรัชชานนท์ พงศ์อิศวรานันท์ 50011280
นายสิริวุฒิ เลิศแสง 50011691
ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ในการทำโครงงานครั้งนี้ เราได้ทำการพัฒนาหัวจ่ายน้ำสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยสปริงเกลอร์แรงดันสูงในปัจจุบันมีการกระจายน้ำไม่ดีเท่าที่ควร โดยน้ำที่ออกจากหัวฉีดของสปริงเกลอร์จะกระจายตามแนวรัศมีการฉีดที่ตำแหน่งไกลจากหัวฉีด พื้นที่ที่อยู่ในรัศมีถัดเข้ามาจะได้รับน้ำไม่ทั่วถึง เราจึงได้พัฒนาให้มีการติดตั้งชุดควบคุมการกระจายน้ำโดยการใช้ใบพัดเป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายน้ำที่ผ่านการออกแบบแล้ววางไว้หน้าหัวฉีด ซึ่งใบพัดที่ผ่านการออกแบบนี้จะทำหน้าที่ช่วยให้การกระจายน้ำในตำแหน่งใกล้ไกลได้ โดยใบพัดสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมได้ และเราได้ออกแบบกลไกภายในชิ้นส่วนต่างๆให้มีใบพัด 4 ซึ่งเราออกแบบให้ใบพัดแต่ละใบนั้นใช้มุมแตกต่างกันที่มุม 10, 20, 30, 40 / 20, 30, 40, 50 / 30, 40, 50, 60 / ..... / 90, 100 , 110, 120 องศาในการจ่ายน้ำของหัวสปริงเกลอร์ จึงพบว่าการปรับมุมของใบพัดแต่ละใบที่มุม 40, 50, 60, 70 องศามีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(C_u)ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Improvement of Water Distribution of Impact Type Sprinkler (NAAN #254PC)

Phuriwat Nuengchamnong
Ratchanone Pongisavaranun
Siriwut Lertsaeng
Assis. Prof. Dr.Songvoot Sangchan. Advisor

Abstract

The objective of this project was to improve water distribution of sprinkler impact type (NAAN #254PC) At the present, water distribution of high pressure sprinkler is not good enough. The water from the nozzle of Sprinkler will only distribute along the radius to the position which far from the nozzle. Water distribution controller was designed and fixed it in front of nozzle by using propeller to increase efficiency of water distribution. The designed blades can be adjusted the angle to control water distribution. From the experiment we found that, the angle of designed blades 40, 50, 60, 70 degree will have a maximum value coefficients of consistency (Cu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้ความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกคือ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ด้วยดี ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือมาโดยตลอด ซึ่งต้องขอบคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เช่น นายกฤษณ์ ผลโพธิ์ พี่อ๊อดและพี่ตุ่ม ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษาและความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำ คำสอน คำติ-ขม ความช่วยเหลือมาโดยตลอด และท้ายที่สุดจะเป็นใครไม่ได้เลย ต้องขอขอบคุณบิดา-มารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ภูริวัฒน์ เนื่องจำนงค์
รัชชานนท์ พงศ์อิศวรานันท์
สิริวุฒิ เลิศแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
รายการสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ของเขตของงานวิจัย	1
1.5 ขั้นตอนในการศึกษา	1
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 สปริงเกลอร์	3
2.2 การหาความชื้นในดิน	8
2.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ	15
2.4 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน	16
2.5 ปั๊มน้ำที่ใช้ในการให้น้ำพืช	17
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	31
3.1 การออกแบบชุดควบคุมการกระจายน้ำ	31
บทที่ 4 อุปกรณ์และการทดลอง	36
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	36
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	41
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	44
5.1 การทดลองสปริงเกลอร์ปกติ	44
5.2 การทดลองสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ	45
5.3 การหาค่าความชื้นในดิน	53
5.4 อิทธิพลที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 56
เอกสารอ้างอิง 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 สปริงเกลอร์แบบ Mini-Sprinkler 3
รูปที่ 2.2 สปริงเกลอร์แบบ Spray 3
รูปที่ 2.3 สปริงเกลอร์แบบ Rotor 4
รูปที่ 2.4 สปริงเกลอร์แบบฝังอยู่ใต้ดิน 4
รูปที่ 2.5 สปริงเกลอร์แบบติดตั้งอยู่เหนือดิน 5
รูปที่ 2.6 Tensiometer หรือแบบวัดแรงดึงความชื้นของดิน 9
รูปที่ 2.7 Electrical Resistance Instruments หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า 11
รูปที่ 2.8 Neutron Moisture Meter หรือเครื่องมือวัดความชื้นด้วยนิวตรอน 12
รูปที่ 2.9 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 15
รูปที่ 2.10 ปั๊มลูกสูบ 18
รูปที่ 2.11 ปั๊มลูกสูบแบบขับดันโดยตรง 18
รูปที่ 2.12 ปั๊มลูกสูบแบบกำลัง 19
รูปที่ 2.13 ปั๊มลูกสูบแบบไดอะแฟรม 19
รูปที่ 2.14 ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 21
รูปที่ 2.15 ปั๊มแบบไหลผสม 21
รูปที่ 2.16 ปั๊มแบบไหลตามแกน 22
รูปที่ 2.17 การสูญเสียที่ทางออก 24
รูปที่ 2.18 การสูญเสียที่ทางออกในแบบต่างๆ 24
รูปที่ 2.19 การสูญเสียที่ทางเข้า 25
รูปที่ 2.20 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดลดลงทันที 25
รูปที่ 2.21 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นทันที 26
รูปที่ 2.22 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดค่อยๆเพิ่มขึ้น 27
รูปที่ 2.23 Moody diagram 30
รูปที่ 2.24 แสดงวิธีการใช้งาน Moody diagram 30
รูปที่ 3.1 แสดงแบบของใบพัดที่ทำการออกแบบ 31
รูปที่ 3.2 แสดงแกนของใบพัดที่ทำการออกแบบ 32
รูปที่ 3.3 แสดงแกนสวมใบพัดทั้ง 4 ใบและแกนแบงริ่งสำหรับหมุนแกน สวมใบพัดสำหรับการกระจายน้ำเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 ม.ม. 32
รูปที่ 3.4 แสดงแกนของใบพัดที่ใช้ยึดติดสปริงเกลอร์ 33
รูปที่ 3.5 แสดงตัวล็อคด้านล่างของชุดใบพัดกับสปริงเกลอร์ 33
รูปที่ 3.6 แสดงตัวล็อคด้านบนของชุดใบพัดกับสปริงเกลอร์ 34
รูปที่ 3.7 แสดงแกนปรับองศาการขึ้น-ลงของชุดการกระจายน้ำ 34
รูปที่ 3.8 แสดงแขนของชุดการกระจายน้ำ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.9 ภาพประกอบชิ้นส่วนต่างๆของชุดควบคุมการกระจายน้ำ 35
รูปที่ 4.1 ใบพัด 36
รูปที่ 4.2 มอเตอร์และปั๊มน้ำ 37
รูปที่ 4.3 กระบอกรับน้ำและกระบอกตวง 37
รูปที่ 4.4 ตลับเมตร 38
รูปที่ 4.5 ไม้ฉากวัดมุม 38
รูปที่ 4.6 ถาดเก็บตัวอย่างดิน 39
รูปที่ 4.7 เครื่องมือขุดดิน 39
รูปที่ 4.8 หัวก๊อกสำหรับเสียบหัวสปริงเกลอร์ 40
รูปที่ 4.9 เครื่องอบดิน 40
รูปที่ 4.10 เครื่องชั่งดิจิตอล 41
รูปที่ 4.11 การติดตั้งหัวสปริงเกลอร์ 41
รูปที่ 4.12 การตั้งกระบอกรับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ 42
รูปที่ 4.13 สปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ 42
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสำเสมอของการให้น้ำของหัวสปริงเกลอร์ปกติ กับหัวสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ 52
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความสูงของน้ำในนกระบอกรับน้ำระหว่างหัวสปริงเกลอร์ กับหัวสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ 52
รูปที่ 5.3 กราฟแท่งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินของสปริงเกลอร์ที่มีและ ไม่มีชุดควบคุมการกระจาน้ำ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 ค่าที่อ่านได้จากเกจสูญญากาศของเครื่องวัดแรงตึงความชื้น 10
ตารางที่ 2.2 ค่า K_c 26
ตารางที่ 2.3 ค่า K' 27
ตารางที่ 2.4 ตัวประกอบการสูญเสีย K ของข้อต่อท่อ 27
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความขรุขระเฉลี่ยของวัสดุต่างๆที่ใช้ผลิตท่อ 29
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความสำเสมอของการให้น้ำที่มุมต่างๆของใบพัด 51
ตารางที่ 5.2 แสดงน้ำหนักของตัวอย่างดินที่นำมาอบ 53
ตารางที่ 5.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

C_u	ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำเป็นเปอร์เซ็นต์
M	ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด
n	จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำหนักทั้งหมด
X	ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำ
W%	เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง
W_w	น้ำหนักของน้ำในดิน
W_s	น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ
P_v	เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรดินทั้งก้อน
V_w	ปริมาตรของน้ำในดิน
V_b	ปริมาตรของก้อนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนั้น หัวจ่ายน้ำหรือสปริงเกลอได้เข้ามามีบทบาทในเรื่องการเกษตรและการชลประทานดังเช่น การให้น้ำต้นกล้าหรือการเพิ่มความชื้นในดินก่อนการเพาะปลูก ซึ่งหัวจ่ายน้ำจะมีการทำงาน โดยมีเครื่องสูบน้ำหรือปั้มน้ำจากแหล่งน้ำเพื่อเพิ่มแรงดันส่งน้ำไปตามท่อให้กับหัวจ่ายน้ำ ทำให้มีการกระจายการให้น้ำได้ในพื้นที่กว้างๆ แต่น้ำที่ออกจากหัวจ่ายน้ำจะตกลงในบริเวณที่ไกลที่สุดตามแรงดันของปั้มเครื่องนั้นๆ ซึ่งทำให้ไม่สามารถจ่ายน้ำได้เต็มพื้นที่การใช้งาน และการที่จะให้น้ำได้เต็มพื้นที่นั้น จึงต้องเคลื่อนย้ายหัวจ่ายน้ำซึ่งทำให้เป็นการเสียเวลาหรือเพิ่มจำนวนหัวจ่ายน้ำทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณ ดังนั้นจึงน่าจะมีตัวกลไกซึ่งปรับปรุงการกระจายน้ำของหัวจ่ายน้ำให้สามารถกระจายน้ำได้เต็มพื้นที่ ซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยในการให้น้ำในทางการเกษตรได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายให้น้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้ทำการพัฒนาหัวจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อใช้ในการให้น้ำในพื้นที่ขนาดใหญ่ๆได้อย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้และพัฒนาสปริงเกอร์แรงดันสูงให้สามาถกระจายน้ำได้ดีขึ้นเพื่อให้พืชได้รับน้ำที่เพียงพอและระยะเวลาตามกำหนด โดยเราจะทำการเพิ่มในส่วนของชุดควบคุมการกระจายน้ำซึ่งใช้ใบพัดเป็นตัวช่วยเพื่อให้มีการกระจายน้ำได้ครอบคลุมทั่วพื้นที่การให้น้ำ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เราจะศึกษาส่วนของใบพัดที่ทำหน้าที่ช่วยในการกระจายน้ำ โดยที่เราจะดูว่ามุมของใบพัดที่เท่าไรที่สามารถกระจายน้ำได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและใช้เวลาตามที่กำหนด

1.4 ของเขตของงานวิจัย

เพื่อจะเปรียบเทียบการกระจายน้ำของสปริงเกอร์แบบปกติเทียบกับสปริงเกอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำที่เราได้ออกแบบและพัฒนาโดยเทียบเวลาที่เราได้กำหนดไว้ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายน้ำในการให้น้ำ

1.5 ขั้นตอนในการศึกษา

1.5.1 ศึกษาการทำงานของสปริงเกลอร์แบบปกติ

1.5.2 หาข้อด้อยของสปริงเกลอร์แบบปกติ แล้วนำข้อด้อยมาพิจารณาเพื่อแก้ไข

1.5.3 ออกแบบชุดควบคุมการกระจายน้ำ โดยเลือกวัสดุที่แข็งแรงทนต่อแรงดันได้ และ ไม่เกิดสนิมเมื่อใช้ในการทำงานกับให้น้ำพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.4 เขียนแบบชุดควบคุมการกระจายน้ำที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks และนำแบบส่งโรงงานเพื่อนำไปกลึง

1.5.5 เมื่อได้ชิ้นงานนำไปประกอบ และแก้ไขเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

1.5.6 ทดสอบสมรรถณะของชุดควบคุมการกระจายน้ำและทำการเปรียบเทียบการกระ จายน้ำกับสปริงเกลอร์แบบปกติ

1.5.7 สรุปผลและทำการเขียนรายงานการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งเสนอผลงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำสปริงเกลอร์ที่ได้ออกแบบนำไปใช้งานได้จริงและมีการกระจายน้ำดีกว่าสปริงเกลอร์ตัวเดิม

1.6.2 รู้จักการทำงานเป็นทีมและมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

1.6.3 สามารถนำความรู้ได้เรียนมาประยุกต์ใช้กับการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สปริงเกลอร์ (Sprinkler)

หรือหัวจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำ ซึ่งมีหลายชนิด ถ้าหากแบ่งตามลักษณะการจ่ายน้ำจะแบ่งได้ดังนี้

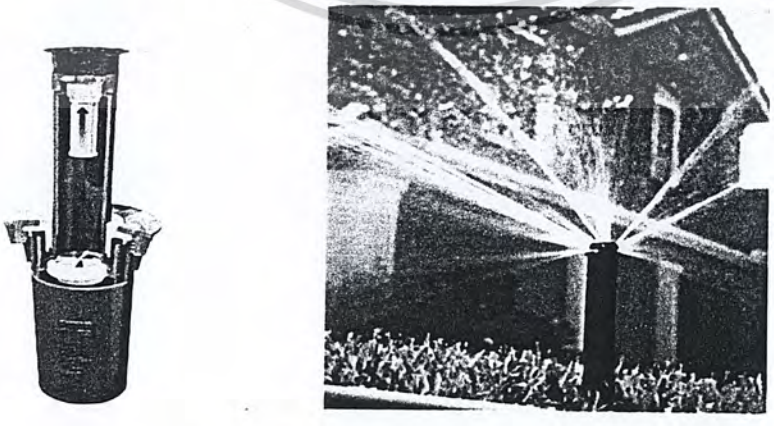
1) แบบ Mini-Sprinkler

หัวจ่ายน้ำแบบนี้จะจ่ายน้ำในอัตราไม่สูง (ไม่เกิน 500 ลิตร/ชม.) จะมีทั้งแบบน้ำหยด แบบหัวเหวี่ยงขนาดเล็ก รัศมีการจ่ายน้ำจะไม่มาก ไม่เกิน 2-3 เมตร หัวจ่ายน้ำแบบนี้จะเหมาะกับพื้นที่ขนาดเล็กๆหรือไม้พุ่ม

รูปที่ 2.1 สปริงเกลอร์แบบ Mini-Sprinkler

2) แบบ Spray

หัวจ่ายน้ำแบบนี้ ลักษณะการจ่ายน้ำจะเป็นแบบรูปพัด รัศมีการจ่ายน้ำไม่เกิน 5-6 เมตร เหมาะกับบ้านที่มีขนาดพื้นที่รดน้ำไม่กว้างมากนัก (5-6 เมตร)

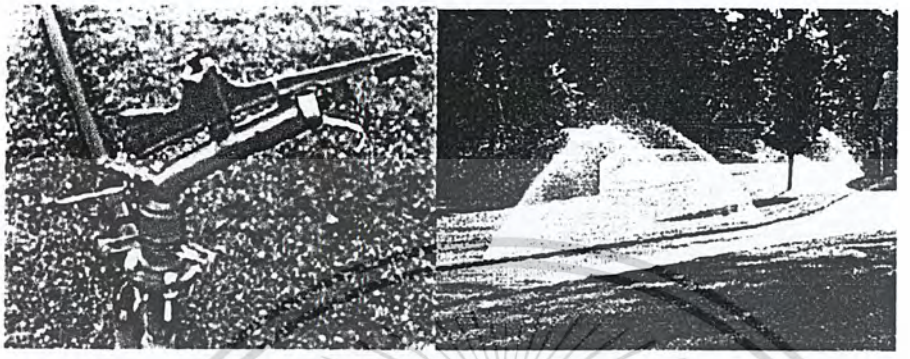


รูปที่ 2.2 สปริงเกลอร์แบบ Spray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบ Rotor

หัวจ่ายน้ำแบบนี้ ลักษณะการจ่ายน้ำฉีดออกจากหัวจ่ายและหมุนรอบตัวหรือองศาที่กำหนดไว้ รัศมีการฉีดน้ำตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไปถึง 15-20 เมตร เหมาะกับพื้นที่ขนาดใหญ่เช่นสนามหญ้า สวนสาธารณะ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 สปริงเกลอร์แบบ Rotor

2.1.2 ลักษณะการติดตั้งของสปริงเกลอร์

เราสามารถแบ่งลักษณะการติดตั้งได้ดังนี้

1) แบบฝังอยู่ใต้ดิน (under ground) ได้แก่แบบ pop-up

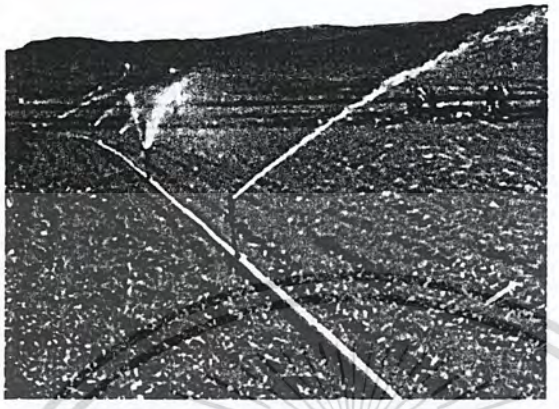
หัวจ่ายน้ำแบบนี้จะถูกฝังอยู่ใต้ดินจะโผล่ขึ้นมาเฉพาะเวลาที่ทำงานเท่านั้น โดยปกติจะติดตั้งบริเวณสนามหญ้า และเป็นพื้นที่โล่ง เพื่อความสวยงาม

รูปที่ 2.4 สปริงเกลอร์แบบฝังอยู่ใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบบติดตั้งอยู่เหนือดิน (above ground)

ได้แก่แบบที่ติดตั้งอยู่เหนือดินเช่น มินิสเปรย์ หัวพ่นหมอก pop-up แบบที่ติดตั้งอยู่บน riser แบบนี้จะติดตั้งบริเวณไม้พุ่มและต้องอยู่ในจุดที่หลบสายตาผู้พบเห็น



รูปที่ 2.5 สปริงเกลอร์แบบติดตั้งอยู่เหนือดิน

2.1.3 ระบบสปริงเกลอร์ทำงานอย่างไร

ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ (สปริงเกลอร์) มีองค์ประกอบของอุปกรณ์หลักๆ คือ

1) หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler Head) มีหลายชนิด ถ้าแบ่งตามลักษณะการฉีดน้ำ จะมีแบบ Spray head, Rotor หรือแบบน้ำหยด (ทั้งนี้การเลือกใช้งานจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ ชนิดของดินและพืช)

2) ท่อประธาน (Mainline Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ท่อแยก ท่อประธานนี้อาจจะเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดได้เป็นท่อนๆ หรือท่อที่ต่อติดอยู่กับที่ก็ได้

3) ท่อแยก (Lateral Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากท่อประธานให้กับหัวจ่ายน้ำ(Sprinkler) ท่อแยกนี้มีสามแบบเช่นเดียวกับท่อประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่าและมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง เพื่อให้หัวจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับต้นพืช

4) เครื่องสูบน้ำ (Pump) ระบบสปริงเกลอใช้แรงดันน้ำค่อนข้างสูงจึงจำเป็นจะต้องมีเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับระบบโดยเฉพาะ เครื่องสูบน้ำนี้อาจขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 หลักในการเลือกสปริงเกลอร์

เราควรเลือกพิจารณาสปริงเกลอร์ที่มีการกระจายน้ำให้เหมาะสมกับชนิดและอายุของพืช เกษตรกรไม่ควรเลือกสปริงเกลอร์ที่มีการกระจายน้ำเกินเขตรากหรือเขตทรงพุ่ม เพราะถ้าเกินจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ หลักการที่ถูกต้องคือควรให้อยู่ภายในเขตราก เช่น 60-80% ของเขตราก

สปริงเกลอร์ที่มีมาตรฐานควรมีคุณสมบัติดังนี้

- มีรูปแบบการกระจายน้ำอย่าสม่ำเสมอ ไม่จ่ายน้ำมากด้านหนึ่งและจ่ายน้ำน้อยอีกด้านหนึ่ง หรือรัศมีเหวี่ยงน้ำกว้างไม่เท่ากัน

- มีขนาดรูฉีดที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนของอัตราการจ่ายน้ำจากสปริงเกลอร์ต่างกันน้อย

- ชิ้นส่วนต่างๆคงทนและไม่สึกหรอง่ายๆ จนกระทั่งเป็นเหตุให้การกระจายน้ำและอัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเมื่อมีการใช้งานไปนานๆ

- ควรจะทำจากวัสดุที่มีความคงทน ทนแดด ทนลม ไม่กรอบแตกหักเสียหายในระยะเวลาสั้นๆ

2.1.5 การเลือกอัตราการจ่ายน้ำที่เหมาะสม

- เลือกสปริงเกลอร์ที่มีอัตราการจ่ายน้ำไม่เกินอัตราการซึมของน้ำของดิน ดินที่ค่อนข้างเหนียวนั้นจะมีความสามารถในการระบายน้ำได้ไม่ค่อยดีนัก ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการไหล่บ่าของน้ำออกนอกเขตราก เนื่องจากน้ำซึมลงดินได้ไม่ทัน โดยเฉพาะเมื่อเลือกใช้สปริงเกลอร์ที่มีอัตราการจ่ายน้ำสูง เกินกว่าประมาณ 150 ลิตร/ชม. และเมื่อมีการให้ปุ๋ยนั้น อาจทำให้ปุ๋ยออกนอกเขตรากไปด้วยเช่นกัน ทั้งนี้การเลือกสปริงเกลอร์นั้นจะต้องดูลักษณะของดินและความต้องการน้ำของพืชว่ามากน้อยเพียงใดด้วย

- ถ้าคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่มีอยู่อย่างจำกัดแล้วนั้น ไม่ควรเลือกสปริงเกลอร์อัตราสูง เพราะจะทำให้ระบบต่างๆมีอุปกรณ์ท่อ วาล์ว ปั๊ม และอื่นๆใหญ่เกินความจำเป็น ถ้าเงินในการลงทุนมีอยู่อย่างจำกัดมากควรพิจารณาอัตราไม่เกินประมาณ 150 ลิตร/ชม.

- เลือกสปริงเกลอร์มีรูฉีดไม่เล็กเกินไป ไม่ควรเลือกอัตราจ่ายน้ำที่น้อยเกินไป กล่าวคือน้อยกว่าประมาณ 70 ลิตร/ชม. เนื่องจากรูฉีดขนาดเล็กจะทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดการอุดตันได้ง่าย โดยเฉพาะกรณีที่มีสารแขวนลอยมาก และไม่ค่อยมีเวลาบำรุงรักษามากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การตรวจสอบการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบให้น้ำ

นอกจากการออกแบบการวางระบบน้ำและการเลือกรูปแบบ ขนาด อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับระบบน้ำแล้วนั้น การหมั่นตรวจสอบการใช้งานและการบำรุงรักษาระบบการให้น้ำถือว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อการทำเกษตรกรรมที่สมบูรณ์แบบ เกษตรกรจึงควรหมั่นตรวจสอบการทำงานของระบบจ่ายน้ำว่าสามารถทำให้มีการปล่อยน้ำออกมาได้สม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพที่ดีในการให้น้ำหรือไม่ เริ่มจาก

ประการแรก การพิจารณาว่าติดตั้งสปริงเกลอร์ถูกต้องหรือไม่ มั่นคงหรือไม่ อยู่ในตำแหน่งที่ฉีดน้ำแล้วมีการกระจายออกนอกเขตรากหรือไม่

ประการที่สอง ควรตรวจตราเรื่องการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ ซึ่งการอุดตันของหัวจ่ายน้ำนี้มักจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณมากกว่าการเกิดพร้อมกันหมดทั้งระบบ และหากเมื่อเกิดขึ้นที่ใดที่หนึ่ง ก็จะทำให้บริเวณนั้นได้รับน้ำและปุ๋ยน้อยกว่าที่อื่นๆ เพราะฉะนั้นต้องมีการใส่เครื่องกรองน้ำที่เหมาะสมและล้างทำความสะอาดหัวจ่ายน้ำที่อุดตัน รวมถึงการล้างไล่ตะกอนในท่อ เป็นต้น

ประการที่สาม ควรเปิดน้ำล้างตะกอนในท่อเมนและท่อแขนง โดยเปิดไล่ทีละส่วนเพื่อให้มีความแรงและแรงดันในน้ำมากพอที่จะล้างทำความสะอาดภายในท่อได้ ควรจะล้างอย่างน้อยทุกๆ 2 สัปดาห์

ประการที่สี่ ควรหมั่นเช็คการรั่วซึมของน้ำออกนอกระบบ เพราะการรั่วซึมของน้ำนั้นเป็นสาเหตุให้สูญเสียน้ำและปุ๋ยเป็นผลให้ประสิทธิภาพการให้น้ำลดน้อยลง เทคนิคก็คือ การติดตั้งมาตรวัดน้ำหรือมอเตอร์น้ำจะช่วยให้ทราบการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่ผิดปกติไปจากเดิม กล่าวคือ ถ้าอัตราการไหลน้อยลง อาจจะหมายถึงการอุดตันของสิ่งแปลกปลอมหรือตะกอน แต่ถ้าไหลมากผิดปกติแสดงว่าอาจจะมีการรั่วและแตกของท่อเกิดขึ้น

ประการสุดท้าย ตรวจสอบเครื่องกรองน้ำ โดยปกติควรจะต้องถอดไส้กรองมาล้างเป็นครั้งคราว โดยขึ้นอยู่กับความสกปรกของน้ำ ถ้าล้างบ่อยก็จะมีข้อดีคือเป็นการป้องการการฝังตัวแน่นของคราบและสิ่งสกปรกต่างๆ ทำให้สามารถล้างออกได้ง่ายขึ้น และก่อนการหยุดจ่ายน้ำในระยะยาวควรล้างแล้วถอดออกเพื่อป้องกันการจับตัวของตะกอนซึ่งจะทำให้ล้างออกจากไส้กรองได้ลำบากมากยิ่งขึ้นหากทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การหาความชื้นในดิน

การหาความชื้นในดินถึงแม้ว่าเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาค่านี้ตามปกติทำโดยใช้สว่านเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ต้องการ แล้วบรรจุในกระป๋องเก็บซึ่งมีผาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งอุณหภูมิประมาน 105-110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชม. ตัวอย่างดินที่เก็บมาควรจะหนักไม่น้อยกว่า 100 กรัม น้ำหนักที่หายไปหลังจากที่อบให้แห้งคือน้ำหนักของน้ำในดิน

2.2.1 การวัดจำนวนความชื้นดินโดยตรง(Gravimetric Sampling)

1) เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับหาความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรตัวอย่างดินที่เก็บมา หรือทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ(Apparent Specific Gravity, As)ของดินแล้ว ดังสมการ

$$\text{Water content , } w\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

เมื่อ $w\%$ = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

***การบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้นบอกโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้งเสมอ

2) เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร ทำยากกว่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้งเพราะต้องทราบปริมาตรตัวอย่างดินด้วย ทำให้ต้องใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน(Soil Core Sampler) หรือหาปริมาตรด้วยวิธีอื่น แต่การบอกเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรมีประโยชน์การใช้งานมากกว่าแบบแรก

$$P_v = \frac{V_w}{V_b} * 100$$

เมื่อ P_v = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรดินทั้งก้อน

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน

V_b = ปริมาตรของก้อนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน(Feel and Appearance)

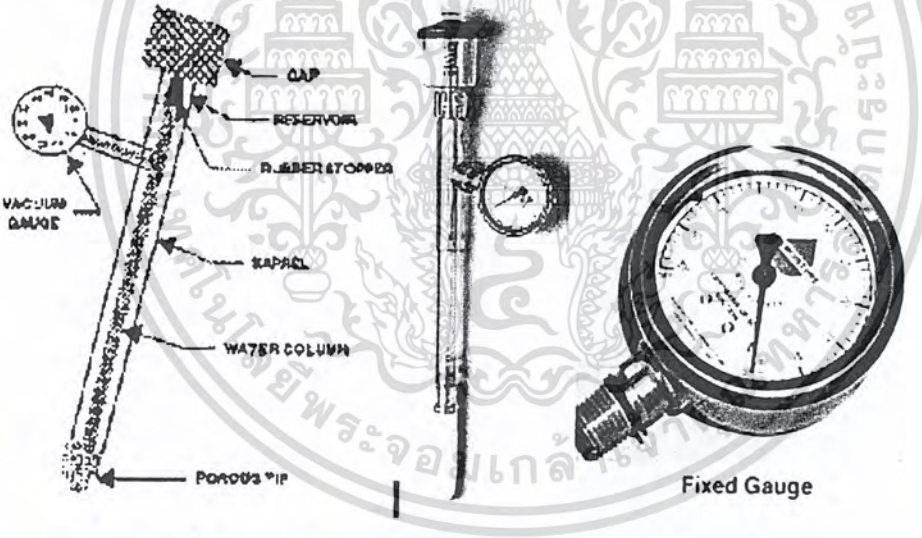
การตรวจดูลักษณะของดินทำโดยการใช้สว่านเจาะดิน หรือใช้พลั่วขุดดินในเขตรากมาตรวจดู ซึ่งถ้าหากกสิกรมีความคุ้นเคยกับลักษณะของดินที่มีความชื้นขนาดต่างๆกันดีพอ ก็สามารถบอกได้ทันทีว่าดินในขณะนั้นแห้งพอที่จะให้น้ำได้หรือยัง

ถึงแม้ว่าการประมาณความชื้นดินโดนวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ละเอียดนัก แต่ถ้าหากกสิกรมีความชำนาญก็สามารถกำหนดการให้น้ำได้ถูกต้องพอสมควร

2.2.3 การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัด

นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันได้ประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำหลายแบบ โดยใช้วัดคุณสมบัติบางอย่างของดิน แล้วเทียบค่าที่วัดเป็นจำนวนความชื้น เครื่องมือมีหลายแบบซึ่งแบ่งออกตามคุณสมบัติของดินที่ทำการวัดหรือวิธีการวัด มี 3 วิธีคือ

1) Tensiometer หรือแบบวัดแรงดึงความชื้นของดิน



รูปที่ 2.6 Tensiometer หรือแบบวัดแรงดึงความชื้นของดิน

- เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นของดินที่อยู่ในภาวะสมดุลกับน้ำในกระเปาะพรุน เมื่อรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดิน และจำนวนความชื้นในดินตรงบริเวณจุดที่ตั้ง Tensiometer ก็จะทราบจำนวนความชื้นในดิน ณ จุดนั้น เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยหลอดแก้วหรือท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15 ถึง 180 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความลึกของดินที่ต้องการวัดความชื้น ปลายท่อนล่างจะมีกระเปาะพรุนซึ่งมีขนาดเดียวกับหลอดแก้วยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร สวมอยู่ ส่วนปลายท่อด้านบนจะมีฝาเกลียวซึ่งเปิดได้ บริเวณใกล้ๆฝาเกลียวจะมีเกจสุญญากาศหรือหลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุปรอท ซึ่งเรียกว่า มาโนมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าสูญญากาศในหลอดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

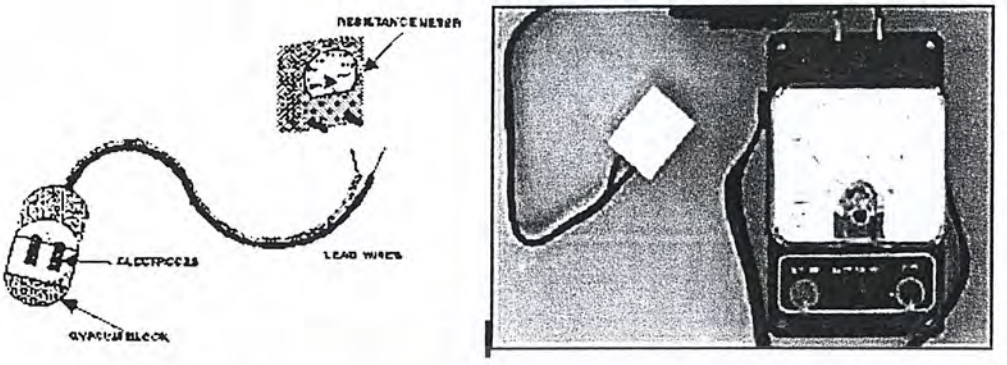
- หลักการทำงานของ Tensiometer เมื่อเติมน้ำลงใน Tensiometer จนเต็ม และนำไปฝังลงในดินตรงจุดที่ต้องการวัดแล้ว ความชื้นในวัสดุพรุนจะปรับตัวเองให้อยู่ในสภาวะสมดุลกับดินที่อยู่รอบๆ ถ้าดินที่อยู่รอบกระเปาะพรุนแห้งกว่าคือมีแรงดึงความชื้นสูงกว่าแรงดึงความชื้นของกระเปาะพรุน น้ำจะเคลื่อนที่จากกระเปาะพรุนสู่ดินที่แห้งอยู่รอบๆ ทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นภายในหลอดแก้ว ซึ่งจะอ่านค่าได้จากเกจสุญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ยิ่งถ้าดินแห้งมากน้ำในหลอดแก้วจะถูกดูดออกไปมาก ทำให้เกิดสุญญากาศมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าดินมีความชื้นสูง คือ แรงดึงความชื้นของดินน้อยกว่าแครงดึงความชื้นในกระเปาะพรุน น้ำจะถูกดูดกลับเข้าไปในกระเปาะพรุน ทำให้สุญญากาศในหลอดแก้วลดลง

ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจสุญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensiometer)	
0	หมายถึง เปียกมาก ดินอิ่มน้ำ
0-25	หมายถึง ดินมีความชื้นประมาณที่ Field Capacity ความชื้นกำลังพอเหมาะสำหรับ พืชที่ต้องการความชื้นสูง
มากกว่า 25	หมายถึง พืชที่มีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำ พืชรากตื้นพืชที่ปลูกในกระถางจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
40-50	หมายถึง พืชทั่วๆไปที่มีความลึก 50 เซนติเมตร หรือมากกว่าจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
70	หมายถึง พืชที่มีรากลึก 75 เซนติเมตร หรือมากกว่าในดินเนื้อปานกลาง จะเริ่มแสดง อาการขาดน้ำ แต่ถ้าเป็นดินละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดจะคอยต่อไปได้ อีก 3-4 วันแล้วจึงให้น้ำ
80	หมายถึง ควรจะให้น้ำได้แล้วถึงแม้ว่าพืชยังไม่แสดงอาการขาดน้ำเลยก็ตาม

ตารางที่ 2.1 ค่าที่อ่านได้จากเกจสูญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Electrical Resistance Instruments หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 Electrical Resistance Instruments หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า

ประกอบด้วยอุปกรณ์สองอย่างด้วยกันคือเครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีขีดบ่งบอกทั้งความต้านทานและจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ เครื่องวัดความต้านทานนี้บางครั้งเรียกว่า Soil Moisture Meter อุปกรณ์อีกอย่างคือก้อนความต้านทานหรือ Soil Block

ก้อนความต้านทานประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าสองขั้วหุ้มด้วยวัสดุพรุนเช่นปูนปลาสเตอร์ ไนล่อนหรือไฟเบอร์กลาส รูปร่างของก้อนขึ้นอยู่กับลักษณะขั้วไฟฟ้าที่ใช้ ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ส่วนมากเป็นแผ่นลวดตะแกรงเหล็กสแตนเลส ก้อนความต้านทานแบบนี้จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม สำหรับก้อนที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์จะใช้ลวดตะแกรงรูปทรงกระบอกและแกนโลหะเป็นขั้วไฟฟ้า

เมื่อฝังก้อนความต้านทานไว้ในดินจะทำหน้าที่เป็นเสมือนส่วนหนึ่งของดิน คือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเช่นเดียวกับดินและเนื่องจากจำนวนความชื้นในวัสดุพรุนมีผลต่อความต้านทานระหว่างขั้วไฟฟ้า ถ้าวัสดุพรุนมีความชื้นมากจะนำไฟฟ้าได้ดีหรือมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย ตรงกันข้ามถ้าวัสดุพรุนแห้ง ความต้านทานไฟฟ้าก็จะเพิ่ม ดังนั้นค่าความต้านทานที่วัดจึงนำมาเปรียบเทียบเป็นจำนวนความชื้นได้

ความละเอียดถูกต้องของค่าที่วัดได้ จะขึ้นอยู่กับความสามารถวัสดุพรุนที่จะปรับความชื้นในตัวมันให้เท่ากับความชื้นรอบๆที่เปลี่ยนไป วัสดุที่ทำจากไนล่อนจะให้ค่าถูกต้องดีที่สุดที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน 2 บรรยากาศ ปูนปลาสเตอร์ 1-15 บรรยากาศส่วนไฟเบอร์กลาสใช้ได้ตลอดช่วงแรงดึงความชื้น อย่างไรก็ตามในช่วงแรงดึงความชื้นต่ำกว่า 1 บรรยากาศ Tensiometer จะช่วยกำหนดการให้น้ำได้ถูกต้องกว่า

ถ้าดินหรือน้ำมีเกลือมาก ก้อนความต้านทานก็จะมีความนำไฟฟ้าดี ความต้านทานที่วัดได้จึงต่ำกว่าดินชนิดเดียวกันที่ความชื้นเท่ากันแต่เกลือน้อยกว่า เพราะเกลือที่อยู่ในดินมีผลต่อความนำไฟฟ้า ในกรณีนี้จำนวนความชื้นที่อ่านได้จากมิเตอร์จะทำให้การกำหนดการให้น้ำผิดไปมาก เพราะผลที่อ่านจะบอกว่าดินยังมีความชื้นสูงอยู่ เกลือที่อยู่ในดินส่งผลกระทบต่อก้อนความต้านทานที่ทำด้วยไฟเบอร์กลาสและไนล่อนมากกว่าปูนปลาสเตอร์เพราะปูนปลาสเตอร์ที่ชื้นจะมีสารละลายแคลเซียมซัลเฟตอยู่ก่อนแล้วและถ้าเกลือในดินมีความเข้มข้นน้อยกว่าในก้อนความต้านทานก็มีผลต่อค่าที่วัดได้ไม่มากนัก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

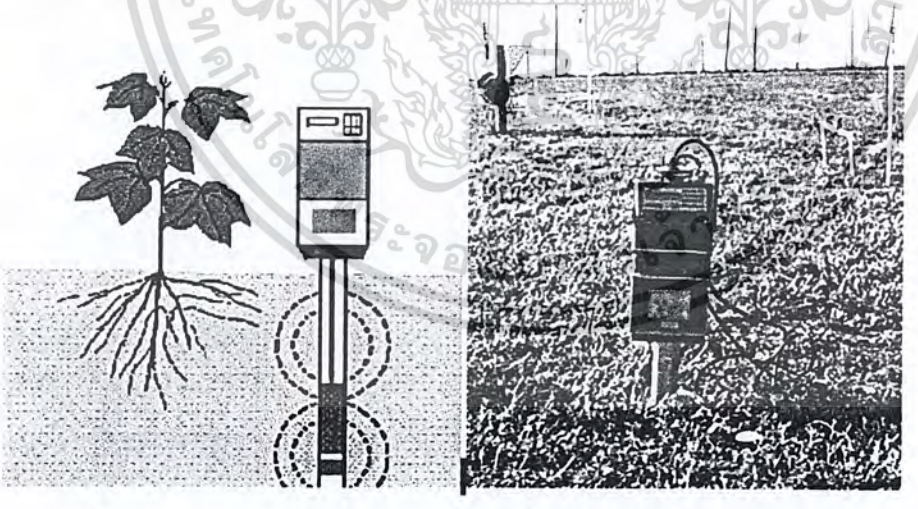
นอกจากปริมาณเกลือในดินแล้ว อุณหภูมิก็มีผลต่อค่าที่วัดได้เหมือนกัน แต่ความผิดพลาดจากสาเหตุนี้น้อยมากเมื่อเทียบกับที่เกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น ในทางปฏิบัติ ความผิดพลาดนี้อาจเลี่ยงได้โดยเลือกใช้ก้อนความต้านทานที่เมื่อแช่น้ำ วัดความต้านทานได้ต่างกันไม่เกิน 50 โอห์ม

การติดตั้งก้อนความต้านทานคล้ายกับการติดตั้ง tensiometer คือฝังก้อนความต้านทานในบริเวณที่มีรากอยู่หนาแน่น แต่แบบนี้ต้องขุดหลุมแล้วฝังก้อนความต้านทานที่ผนังหลุมในระดับต่างกัน โยงสายไฟจาก้อนความต้านทานไปผูกกับหลักบริเวณใกล้ๆแล้วจึงกลบดินให้มีความหนาแน่นเท่ากับดินเดิม

ก่อนที่จะนำก้อนความต้านทานไปใช้ควรแช่ให้อิ่มน้ำก่อน การติดตั้งควรทำหลังจากให้น้ำแก่พืชแล้วหรือขณะที่ดินยังชื้นอยู่ หลังจากติดตั้งไปแล้ว 24 ชม.สามารถใช้ค่าที่อ่านได้มากำหนดการให้น้ำแก่พืช

ถึงแม้ว่าเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้าเป็นเครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำที่รู้จักกันดีเหมือนกับ Tensiometer แต่ความนิยมน้อยกว่าเพราะพืชส่วนใหญ่ให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นดินไม่เกิน 0.85 บรรยากาศ ในช่วงความชื้นนี้ Tensiometer ให้ค่าละเอียดถูกต้องกว่า นอกจากนั้นความละเอียดถูกต้องยังขึ้นกับชนิดวัสดุและอายุการใช้งานมันด้วยโดยเฉพาะก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ ส่วนข้อดีคือมีราคาถูกและไม่ต้องการดูแลรักษาเหมือน Tensiometer

3) Neutron Moisture Meter หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน



รูปที่ 2.8 Neutron Moisture Meter หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน

เครื่องมือชนิดนี้ช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชโดยการใช้การกระจายของนิวตรอนเทียบหาจำนวนความชื้นโดยตรง โดยมีหลักคือนิวตรอนจากสารกัมมันตภาพรังสี เช่น radium – Berrylium(Ra – Be) หรือ Americium – Berrylium(Am – Be) ซึ่งเป็นนิวตรอนเร็ว จะสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไปเมื่อกระจายไปชนกับนิวเคลียสไฮโดรเยนซึ่งอยู่ในรูปความชื้นในดิน อัตราดังกล่าวสามารถเทียบมาเป็นความชื้นในดินได้

เครื่องมือนี้ประกอบด้วยสารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายนิวตรอนเร็ว เครื่องตรวจจับและวัดจำนวนนิวตรอนช้า สารกัมมันตภาพรังสีและเครื่องตรวจจับนิวตรอนช้าจะถูกบรรจุในแท่งกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 เซนติเมตรยาวประมาณ 30 เซนติเมตรและมีสายไฟต่อจากเครื่องตรวจจับนิวตรอนเข้าเครื่องวัด

วิธีการใช้จะต้องใช้สว่านเจาะดินแล้วสอดท่อลงในรูที่เจาะ โดยให้ปลายท่อลึกกว่าระดับดินที่ต้องการวัดประมาณ 30 เซนติเมตร สว่านและท่อควรมีขนาดเดียวกันเพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างดินภายนอกท่อเปลี่ยนไปจากเดิมมาก ท่อที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร หรือขนาดใหญ่พอที่จะสอดกระบอกที่ใช้วัดความชื้นดินลงไปได้สะดวก กระบอกนี้จะถูกหย่อนลงในท่อในระดับที่ต้องการวัดความชื้น อ่านค่าจำนวนนิวตรอนช้าจากเครื่องวัด ค่าที่อ่านได้ในหนึ่งหน่วยเวลานี้สามารถเทียบให้เป็นความชื้นของดินเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรได้โดยเทียบจากกราฟที่ผู้ผลิตจัดทำไว้ให้

นอกจากไฮโดรเจนอะตอมที่มีอยู่ในความชื้นในดินแล้ว แร่ธาตุบางชนิดเช่น โบรอน คลอรีน ก็ทำให้นิวตรอนเร็วเป็นช้าได้เหมือนกัน ดังนั้น ถ้าดินมีแร่ธาตุประเภทนี้มากก็จะมีผลต่อค่าความชื้นที่วัดได้ ควรจะทำการทดสอบเทียบ (Calibrate) หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกระจายนิวตรอนช้ากับจำนวนความชื้นดินชนิดนั้นเสียใหม่

เนื่องจากเครื่องวัดความชื้นชนิดนี้ใช้สารกัมมันตรังสี ดังนั้นจึงมีราคาแพงและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้ใช้หากไม่ระมัดระวัง นอกจากนี้ยังต้องคอยรักษาดูแลอย่างดีด้วย เครื่องมือชนิดนี้จึงไม่นิยมกันใช้ แต่ก็มีส่วนดีหลายอย่างเช่นสามารถวัดได้รวดเร็ว วัดแต่ละจุดใช้เวลาประมาณ 1 นาทีเท่านั้น โครงสร้างดินรอบๆท่อไม่เปลี่ยนแปลงและสะดวกกว่าวิธีอื่น

4) การเปรียบเทียบกับการระเหยที่วัดได้

สภาพภูมิอากาศทุกอย่างเช่น รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ต่างก็มีผลต่อการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหยด้วยกันทั้งนั้น ดังนั้นถาดวันการระเหยที่ได้รับการติดตั้งอย่างถูกต้อง จึงให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในเวลาสั้นๆได้ถูกต้องกว่าสูตรเอมไพริกอล การระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยจึงสามารถนำมาใช้กำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ การกำหนดวิธีนี้จำเป็นต้องทราบ

1) ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก

2) จำนวนความชื้นที่จะยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ก่อนการให้น้ำครั้งต่อไป(Allowable depletion)

3) ความลึกของเขตราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) อัตราการให้น้ำของพืช

5) ปริมาณฝนตกในแปลงเพาะปลูก

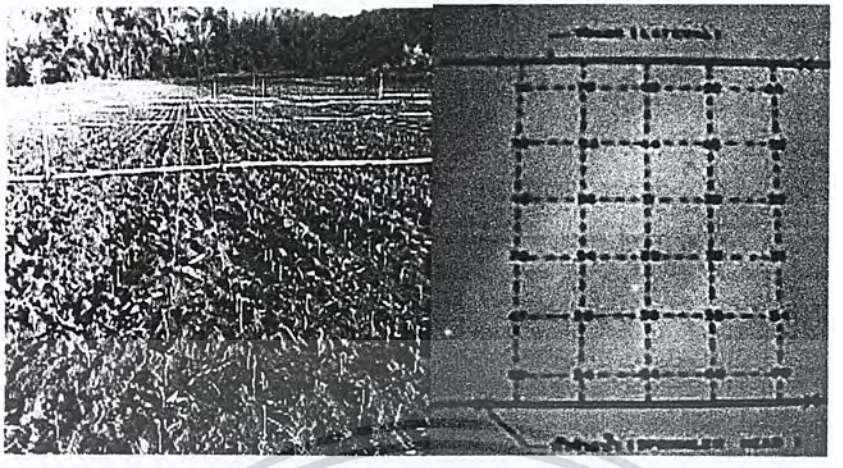
การให้น้ำวิธีนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการทำบัญชีความชื้นดิน โดยเริ่มต้นคำนวณเมื่อดินมีความชื้นที่ Field Capacity ซึ่งควรจะเป็นวันถัดจากวันฝนตกหนักหรือให้น้ำแก่พืช หลังจากวัดปริมาณการระเหยจากถาดวัดแล้วทุกเช้าก็คำนวณความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน โดยหักค่าความชื้นที่เหลือจากวันก่อนด้วยปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป ถ้ามีฝนตกก็ให้รวมปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เป็นความชื้นของดินด้วย แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนเมื่อรวมกับความชื้นเดิมทำให้ดินมีความชื้นมากกว่า Field Capacity ก็ให้ถือว่าดินมีความชื้นแค่ Field Capacity ที่เหลือก็เป็นน้ำผิวดินไหลไปสู่ที่ต่ำกว่า หรือสูญเสียไปโดยการซึมลงเขตราก แต่ถ้าอัตราที่ฝนตกสูงมากจนกระทั่งไม่สามารถซึมลงในดินได้ทัน และเกิดเป็นน้ำผิวดินก่อนที่ดินจะถึง Field Capacity ก็จะต้องตรวจและประมาณดูว่าหลังฝนตกมีน้ำซึมลงในดินประมาณเท่าไรและใช้ค่าประมาณนี้รวมกับความชื้นเดิม หรือประมาณค่าโดยตรงเลยก็ได้ ว่าจำนวนความชื้นของดินในเขตรากหลังฝนตกเท่ากับเท่าไร ผลที่ได้ก็จะเป็นความชื้นที่จะใช้สำหรับการคำนวณวันถัดไป

วิธีนี้ดีตรงที่ไม่ต้องการเครื่องมือราคาแพง ต้องการแรงงานไม่มาก ส่วนความถูกต้องจะขึ้นกับการประมาณค่าความสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก และการใช้น้ำของพืชแต่ละวัน

แต่ถ้าหากมีเครื่องมือกำหนดการให้น้ำเช่น tensiometer ประกอบด้วย ก็จะช่วยให้สามารถกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องดีขึ้น โดยเอาไว้ตรวจสอบที่จุดใดจุดหนึ่งและเอาไว้ตรวจดูว่า น้ำฝนหรือน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชซึมลงไปถึงจุดที่ต้องการหรือเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (C_u)



รูปที่ 2.9 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ในการให้น้ำแก่พืชนั้น เราถือว่าทุกจุดในพื้นที่เพาะปลูกต้องการน้ำเท่ากันและเท่ากับปริมาณสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช ดังนั้นถ้าจะให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ น้ำที่ให้จะต้องแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอและมีปริมาณเท่ากับที่พืชต้องการทุกจุด การที่บอกว่าการให้น้ำดีหรือไม่ดีโดยดูจากประสิทธิภาพในการให้น้ำอย่างเดียวไม่พอ จะต้องดูความสม่ำเสมอในการให้น้ำด้วย

สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ เป็นวิธีที่นิยมให้หาความสม่ำเสมอในการให้น้ำแบบฉีดฝอย ค่าสัมประสิทธิ์นี้คำนวณโดยสูตร

เมื่อ C_u เป็นสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ x เป็นผลต่างของความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย M โดยไม่คิดเครื่องหมาย และ n เป็นจำนวนจุดที่ทำการวัด

$$C_u = [1-(\sum x/mn)]*100$$

เมื่อ C_u = สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

X = ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆจุด เรียกว่า Deviation

m = ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด เรียกว่า Observation

n = จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำทั้งหมด เรียกว่า Number of observation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจอยู่ในสภาพของของไหล หรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ (Capillary Force) หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลงในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันระหว่างช่องว่างระหว่างดิน โดยปกติมักจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าช่องว่างในขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีความเสียดทานต่อการไหลมากกว่า การไหลของน้ำอิสระจะทำให้ถูกช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Low Permeability) ขวางอยู่ เช่น มีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในดินทราย เป็นต้น ในกรณีที่มีชั้นดินทรายแทรกอยู่ในชั้นดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ตรงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองชั่วระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพราะช่องว่างระหว่างเม็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันจึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหลแต่เมื่อน้ำไหลเข้ามาบรรจุเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้ว การไหลซึมของน้ำก็จะดำเนินไปตามปกติ

การเคลื่อนที่ของน้ำซับ (Capillary Water) นั้นเนื่องมาจากความแตกต่างของแรงดึงดูดระหว่างน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆเมล็ดดินที่มีความหนาต่างกัน น้ำที่เคลื่อนที่จากเม็ดดินที่มีน้ำเกาะหนาไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะบางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้เป็นแรงดึง น้ำซับก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่จุดแรงดึงมากกว่า ในดินที่เปียกหรืออิ่มตัว น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าดินทราย ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้น แห้ง น้ำจะไหลไม่เต็ม ช่องว่างขนาดใหญ่ จึงต้องเคลื่อนที่ไปบนผิวของเม็ดดิน ซึ่งทำให้ไหลช้าสำหรับดินที่มีช่องว่าง ดังนั้น ในดินแห้ง น้ำซับจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5 ปั๊มน้ำที่ใช้ในการให้น้ำพืช

ในที่นี้เราจะกล่าวถึงแต่ปั๊มที่เกี่ยวข้องกับงานชลประทานเท่านั้น

1) หลักการทำงานของปั๊ม

ปั๊ม เป็นอุปกรณ์ที่รับกำลังงานกลจากต้นกำลังขับ ซึ่งอาจจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ หรือแหล่งพลังงานอื่นๆ แล้วเพิ่มพลังงานให้กับของเหลวเพื่อขับเคลื่อนของเหลวให้ไหลผ่านระบบท่อปิด (Pipe) เป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง การเพิ่มพลังงานให้ของเหลวอาจใช้ใบพัด (Impeller) เกลียว (Screw) ลูกสูบ (Piston) ไดอะแฟรม (Diaphragm) เฟือง (Gear) หรือกลไกอื่นๆ ปั๊มแต่ละแบบมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมากมาย

2) การแบ่งประเภทของปั๊ม

นิยมแบ่งตามลักษณะการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

2.1) แบ่งตามลักษณะใบพัดที่ใช้เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว ได้แก่

- ปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump) เป็นปั๊มที่มีการทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์จากการหมุนของใบพัด

- ปั๊มโรตารี่ (Rotary Pump) ทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองหรือใบกวาดรอบแกนกลาง

- ปั๊มลูกสูบ (Reciprocating Pump) ทำงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

- ปั๊มแบบพิเศษ (Special Pump) เป็นปั๊มลักษณะพิเศษไม่สามรถจัดอยู่ในสามประเภทข้างต้นได้

2.2) แบ่งตามลักษณะการขับดันของเหลว แบ่งได้ 2 ประเภท

- ประเภทปริมาตรแทนที่เชิงบวก หรือแทนที่โดยตรง (Positive Displacement) – ปั๊มชนิดนี้ มีการถ่ายเทพลังงานให้แก่ของไหลแบบไม่ต่อเนื่อง โดยการดูดของไหลเข้าไปในห้องปิดแล้วลดปริมาตรของห้องนั้นให้เล็กลงเพื่อให้ความดันเพิ่มขึ้น เช่น ปั๊มลูกสูบ (Reciprocating Pump) และ ปั๊มโรตารี่ (Rotary Pump)

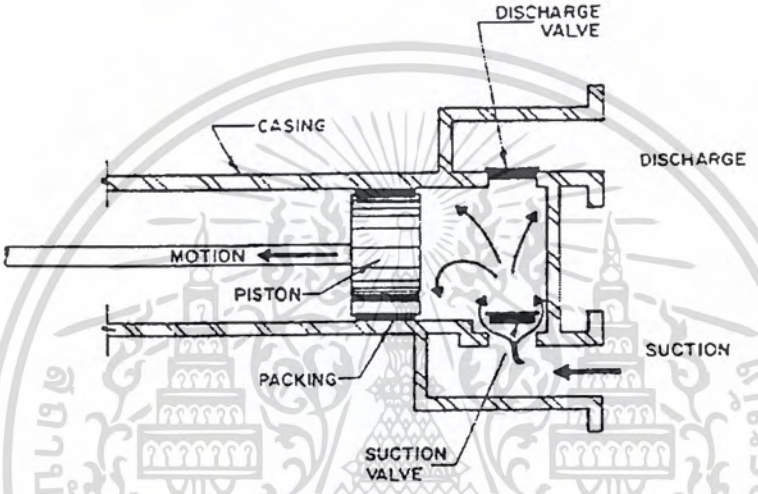
- ประเภทไคเนติกส์ (Kinetic) – ปั๊มชนิดนี้มีการถ่ายเทพลังงานต่อเนื่อง โดยการใช้ใบพัดหมุนด้วยความเร็วสูงส่งถ่ายพลังงานสู่ของไหลโดยตรง ไม่มีการกักไว้ เช่น ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) ปั๊มแบบพิเศษ (Special Pump)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119383

3) ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive Displacement)

3.1) ปั๊มลูกสูบ (Reciprocating Pump)

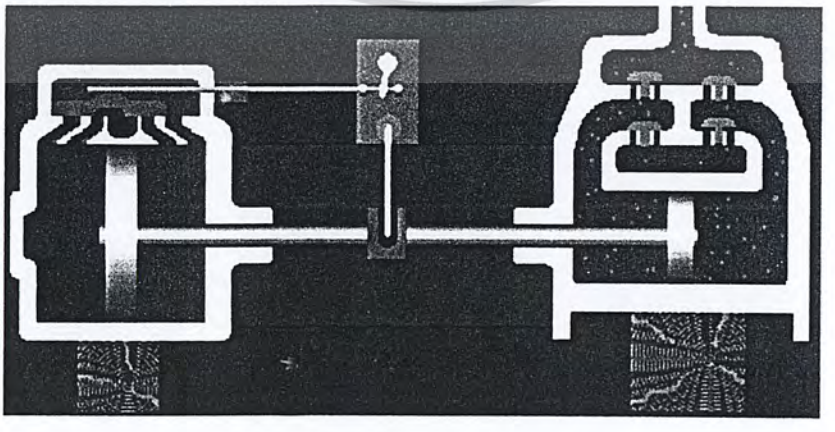
ปั๊มลูกสูบเป็นปั๊มที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลโดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบเข้าไปขับดันของไหลให้ไหลไปสู่ทางด้านจ่ายของไหลที่สูบได้ในแต่ละรอบการหมุนจะเท่ากับผลคูณของพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบกับช่วงชักของกระบอกสูบนั้น ปั๊มชนิดนี้จะจ่ายของไหลด้วย ปริมาตรที่แน่นอนต่อการหมุนรอบหนึ่งของเพลาขับ และสามารถทนต่อความดันในระบบได้ดี จึงเหมาะสำหรับสูบของไหลในปริมาณไม่มากนักแต่ต้องการเฮดในระบบสูง



รูปที่ 2.10 ปั๊มลูกสูบ

ก) ปั๊มลูกสูบแบบขับดันโดยตรง (Direct Acting)

ปั๊มแบบนี้จะใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์หรือไอน้ำเป็นตัวขับดันให้ลูกสูบให้เคลื่อนที่อัดของไหลให้มีความดันสูงขึ้น ลักษณะการสร้างจะมี 2 แบบคือ แบบลูกสูบเดียว และแบบหลายลูกสูบ

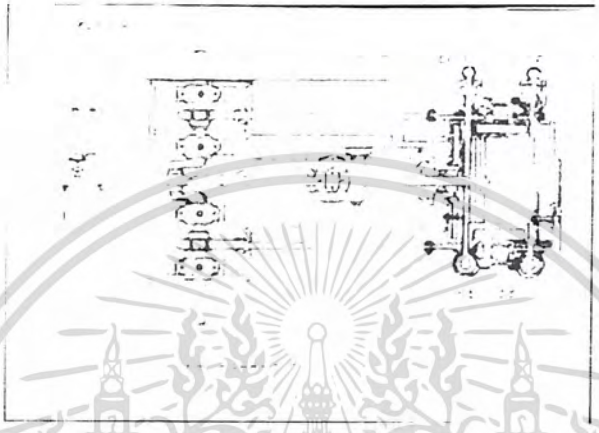


รูปที่ 2.11 ปั๊มลูกสูบแบบขับดันโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ปั๊มลูกสูบแบบกำลัง (Power)

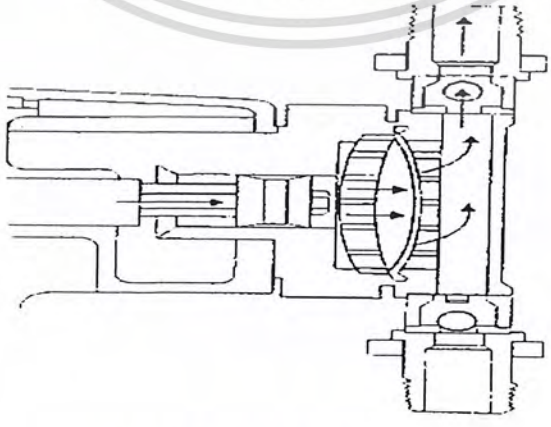
ปั๊มชนิดนี้ จะใช้พลังงานจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ ส่งผ่านกำลังโดยสายพานหรือเพลาที่ความเร็วคงที่ ปั๊มชนิดนี้จะให้แรงขับที่สูง การติดตั้งปั๊มลูกสูบประเภทนี้จะต้องติดลิ้นระบายความดัน เพื่อช่วยป้องกันระบบท่อส่งและตัวปั๊มไม่ให้ได้รับความเสียหาย เนื่องจากแรงดันสูงเกินไป



รูปที่ 2.12 ปั๊มลูกสูบแบบกำลัง

ค) ปั๊มลูกสูบแบบไดอะแฟรม (Diaphragm)

ลักษณะการทำงานของปั๊มชนิดนี้คล้ายๆกับลักษณะการทำงานของปั๊มลูกสูบทั่วๆไป เพียงแต่จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมเกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า-หลัง ส่งผลให้ของไหลไหลเข้าและออกจากปั๊มตามจังหวะการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม



รูปที่ 2.13 ปั๊มลูกสูบแบบไดอะแฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) ปั๊มโรตารี (Rotary Pump)

ทำงานโดยการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง ซึ่งหมุนเพื่อทำให้เกิดความดันด้านดูดต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ของเหลวจะถูกดูดเข้าทางท่อดูดและอัดให้เกิดความดันสูงไหลออกทางด้านจ่าย ชิ้นส่วนที่หมุนถูกเรียกว่าโรเตอร์ ปั๊มประเภทนี้จะมีอัตราการสูบต่ำกว่าปั๊มประเภทอื่นๆเนื่องจากอัตราการแทนที่ของเหลวมีค่าต่ำโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพ 80-85% ขึ้นอยู่กับการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและคุณลักษณะของของไหลที่ใช้สูบ สามารถแบ่งย่อยเป็น 7 ประเภทได้แก่ ปั๊มโรตารี่แบบเฟือง / แบบลูกสูบ / แบบลอน / แบบสว่าน / แบบแผ่นกวาด / แบบยืดหยุ่น / แบบ Circumferential Piston

4) ปั๊มแบบไดเนติกส์ (Kinetic Pump)

ปั๊มประเภทนี้เป็นปั๊มที่ได้รับความนิยมในการใช้งานสูงสุดเนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงเหมาะสมกับการใช้งานหลายประเภท ประกอบกับการดูแลรักษาง่าย มีส่วนประกอบสำคัญคือ ใบพัด (Impeller) ซึ่งติดอยู่กับเพลา (Shaft) และตัวเรือนปั๊ม (Casing) เพลาจะถูกหมุนโดยมอเตอร์ เมื่อใบพัดหมุนครีบที่ติดบนใบพัดจะดันของเหลวที่อยู่รอบๆใบพัดทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัส (Tangential Flow) ในขณะเดียวกันจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้เกิดการไหลในแนวรัศมี (Radial Flow) โดยปั๊มประเภทนี้แบ่งตามทิศทางการไหลของของเหลวเป็นสามแบบได้แก่

• ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) ของเหลวไหลเข้าขนานกับเพลาและไหลออกตั้งฉากกับเพลา

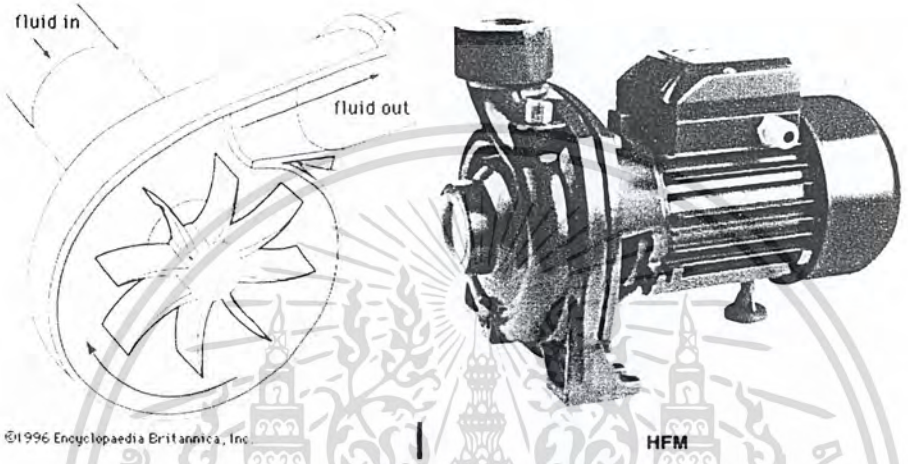
• ปั๊มแบบไหลผสม (Mixed Flow Pump) ของเหลวไหลเข้าขนานกับเพลาและไหลออกทำมุมกับเพลา

• ปั๊มแบบไหลตามแกน (Axial Flow Pump) ของเหลวไหลเข้าและออกขนานกับเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump)

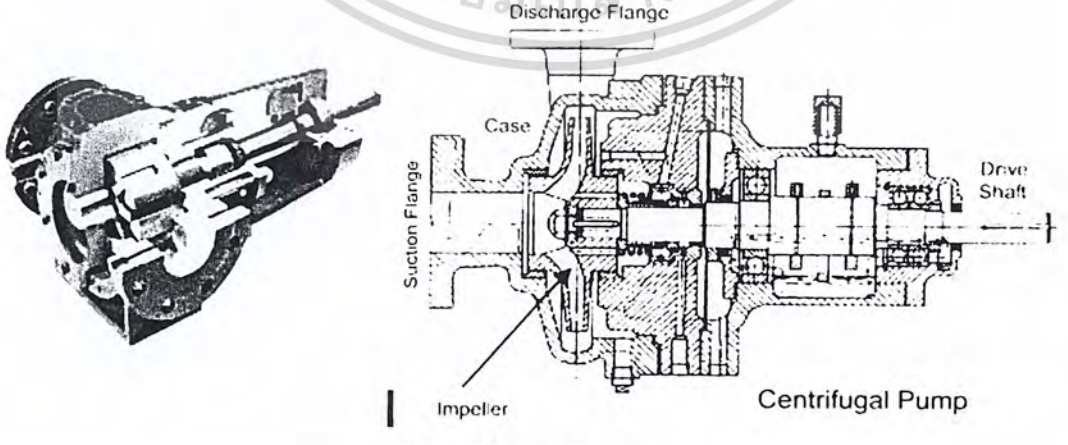
นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการสูบน้ำ สารหล่อลื่น สารละลายเคมี วัสดุทางการเกษตรที่ใช้ในการแปรรูป เป็นต้น มีประสิทธิภาพในการสูบสูงถึง 90 % และยังสามารถออกแบบเพื่อการทำงานที่ระดับความดันสูงได้ ชิ้นส่วนที่หมุนอยู่ภายในเรือนปั๊มจะทำให้เกิดการขับดันของของไหล ของไหลที่ถูกสูบจะไหลผ่านเข้าสู่ช่องทางเข้าซึ่งขนานกับพื้นระนาบ และถูกผลักดันออกไปตามแนวรัศมีของใบพัด ตั้งฉากกับเพลา



รูปที่ 2.14 ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

ข) ปั๊มแบบไหลผสม (Mixed Flow Pump)

ทำงานโดยการขับเคลื่อนของเหลวที่ไหลเข้ามาในทิศทางขนานกับเพลา ให้ไหลออกจากปั๊มโดยทำมุมกับเพลาตั้งแต่ 45-80 องศา การไหลทั้งในแนวแกนและในแนวรัศมีฝบพัดจะทำให้เกิดแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน นิยมใช้กับงานที่ต้องการความดันต่ำๆแต่มีอัตราการไหลสูง

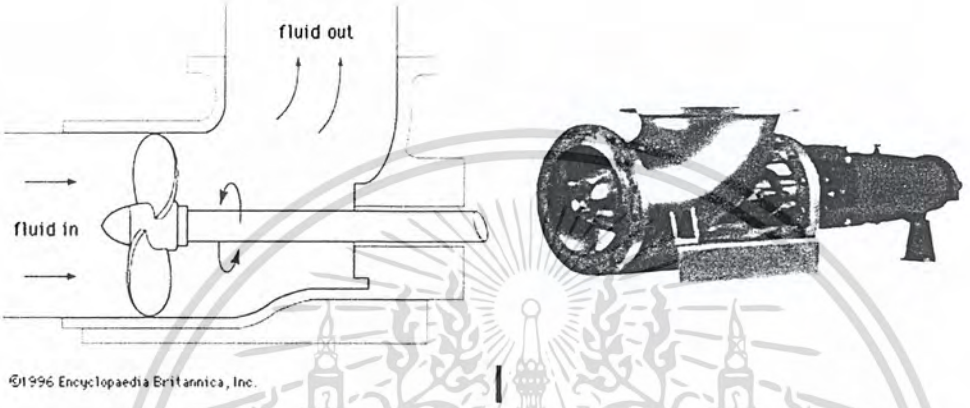


รูปที่ 2.15 ปั๊มแบบไหลผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) ปั๊มแบบไหลตามแกน(Axial Flow Pump)

ทานโดยการให้ของเหลวไหลเข้า-ออกจนานกับเพลา สามารถใช้ได้กับของไหลที่มีสารแขวนลอยปะปนมาด้วย นิยมใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งต้องการความดันต่ำๆแต่มีอัตราการไหลสูง



รูปที่ 2.16 ปั๊มแบบไหลตามแกน

2.6 การไหลของของเหลวภายในท่อและการสูญเสียแรงดัน

ปัญหาที่เกี่ยวกับการไหลของของไหลในท่อเป็นพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านกลศาสตร์ของไหล ของไหลจริงมีความแตกต่างกับของไหลอุดมคติมาก เพราะจะมีแรงเฉือนเกิดขึ้นระหว่างผิวท่อกับของไหล

ก) การไหลลามินาร์และเทอร์บิวเลนท์

การไหลลามินาร์(Laminar flow)เป็นการไหลโดยที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ขนานกันไปคล้ายๆกับการไหลเป็นชั้นๆ ความเร็วของของไหลในชั้นที่อยู่ใกล้ๆกันมีค่าไม่เท่ากัน แต่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย การไหลลามินาร์เป็นไปตามกฎของความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Angular deformation

การไหลเทอร์บิวเลนท์(Turbulent flow)เป็นการไหลโดยที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ปอย่างไม่เป็นระเบียบ ความเร็วของอนุภาคของของไหลแตกต่างกันทั้งขนาดและทิศทางความเค้นเฉือนสำหรับการไหลเทอร์บิวเลนท์สามารถเขียนได้ในรูปสมการ

$$\tau = (\mu + \eta)\frac{dv}{dy}$$

***เมื่อ η เป็นตัวประกอบที่แสดงผลจากการเป็นเทอร์บิวเลนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วไม่ใช่สิ่งเดียวที่ชี้ชัดได้ว่าการไหลลามินาร์หรือเทอร์บิวเลนร์สิ่งที่บอกได้อย่างได้แน่นอนคือ เรย์โนลด์นัมเบอร์(Reynoldsnumber)ซึ่งก็คือ

$$N_R = \frac{Dv\rho}{\mu} = \frac{DV}{\upsilon}$$

เมื่อ N_R เป็นเรย์โนลด์นัมเบอร์(ไม่มีหน่วย)

D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ(m)

V เป็นความเร็วเฉลี่ยในท่อ(m/s)

μ เป็นความหนืดของของไหลในท่อ (Pa.s)

ρ เป็นความหนาแน่นของของไหลในท่อ(kg/m^3)

υ เป็นความหนืดคิเนมาติกของของไหลในท่อ(m^2/s)

***ถ้าของไหลไม่ได้ไหลผ่านท่อกลมก็ให้แทนค่า D ในสมการ ด้วยรัศมีไฮดรอลิค(Hydraulic radius) ซึ่ง

$$R = \frac{A}{P}$$

เมื่อ R เป็นรัศมีไฮดรอลิค(m)

A เป็นพื้นที่หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน(m^2)

P เป็น Wetted Perimeter คือ ความยาวของเส้นรอบหน้าที่ของไหลไหลผ่านเฉพาะบริเวณที่ของไหลสัมผัสกับผิวท่อ(m)

***เรย์โนลด์นัมเบอร์ในเทอมรัศมีไฮดรอลิค คือ

$$N = \frac{V(4R)}{\upsilon}$$

ค่าวิกฤตของเรย์โนลด์นัมเบอร์ที่บอกได้ว่าการไหลเป็นลามิน่าร์หรือเทอร์บิวเลนท์ คือ

$$N_R = 2000$$

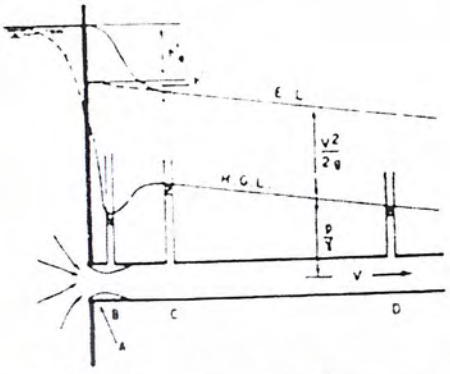
***ถ้า N_R น้อยกว่า 2000 ก็เป็นการไหลลามิน่าแต่ถ้าสูงกว่า 2000 ก็เป็นการไหลเทอร์บิวเลนท์

ข) การสูญเสียรอง

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดการไหลที่ข้องอที่วาล์วหรืออื่นๆ ซึ่งเป็นการสูญเสียรอง(minor losses)ในกรณีที่ท่อยาวมากการสูญเสียรองอาจมีค่าน้อยมากแต่ถ้าท่อสั้นการสูญเสียรองอาจมีค่ามากกว่าการสูญเสียหลัก การสูญเสียรองเกิดขึ้นได้หลายลักษณะดังต่อไปนี้

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1) การสูญเสียที่ทางออก



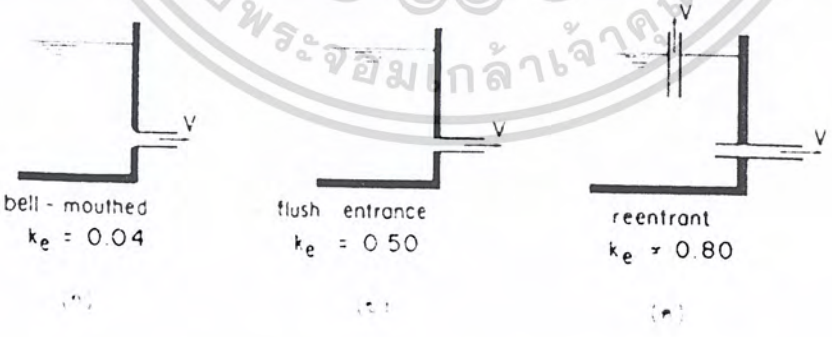
รูปที่ 2.17 การสูญเสียที่ทางออก

พิจารณาภาพที่จะเห็นได้ว่าเมื่อของไหลจากที่เก็บไหลเข้าสู่ท่อพื้นที่หน้าตัดของของไหลจะลดลงพื้นที่หน้าตัด B ของไหลมีความเร็วสูงสุดและความดันต่ำสุดระหว่าง B กับ C ของไหลมีความปั่นป่วน มากเพราะความเร็วของไหล ลดลง และความดันสูงสุด ของไหลเมื่อผ่านหน้าตัด A มีพลังงานลดลงมีค่าเท่ากับ h'_e ซึ่งหาค่าได้จากสมการ

$$h'_e = k_e \frac{V^2}{2g}$$

เมื่อ V เป็นความเร็วของของไหลในทางออก

k_e เป็นตัวประกอบความสูญเสียที่ทางออก หาค่าได้จากรูปข้างล่าง



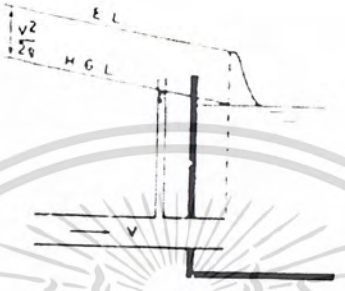
รูปที่ 2.18 การสูญเสียที่ทางออกในแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2) การสูญเสียที่ทางเข้า

พิจารณาภาพข้างล่าง ของไหลความเร็ว V ไหลจากท่อเข้าสู่ถังเก็บใหญ่ พลังงานจลน์ของของไหลจะหมดไปดังนั้นการสูญเสียที่ทางเข้าคือ

$$h_D' = \frac{V^2}{2g}$$



รูปที่ 2.19 การสูญเสียที่ทางเข้า

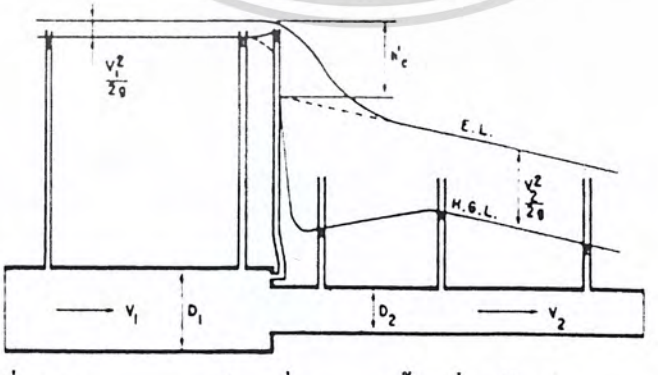
ข.3) การสูญเสียเนื่องจากการลดพื้นที่หน้าตัด

(1) พื้นที่หน้าตัดลดลงทันที

พิจารณาภาพข้างล่างจะเห็นได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดลดลงทันที ความดันของของไหลจะลดลงและความเร็วเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น การสูญเสียนี้หาค่าได้จากสมการ

$$h_C' = k_C \frac{V^2}{2g}$$

***ค่า k_c ดูได้จากตาราง 2.2



รูปที่ 2.20 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดลดลงทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ค่า k_c

D_2/D_1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
k_c	0.50	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
D_2/D_1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
k_c	0.28	0.22	0.15	0.06	0.00	

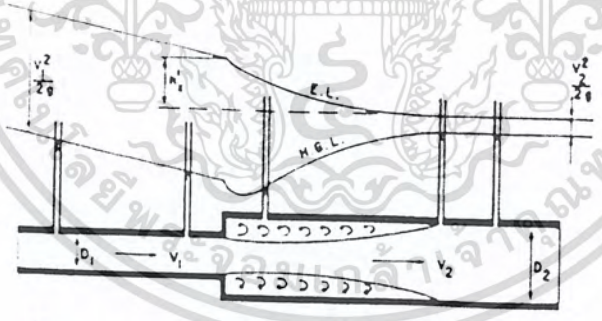
(2) พื้นที่หน้าตัดค่อยๆ ลดลง

เมื่อต้องการลดการสูญเสียเนื่องจากการลดพื้นที่หน้าตัดให้น้อยลง อาจใช้วิธีการค่อยๆลดพื้นที่หน้าตัด

ข.4)การสูญเสียเนื่องจากการเพิ่มพื้นที่หน้าตัด

(ก)พื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นทันที - พิจารณาภาพข้างล่าง เมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นทันที ความดันจะเพิ่มขึ้นเพราะความเร็วลดลง การสูญเสียที่เกิดขึ้นหาค่าได้จากสมการ

$$h_k' = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$



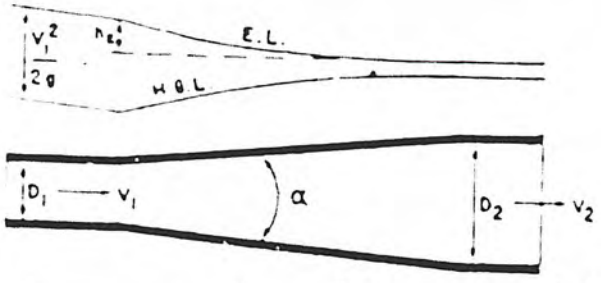
รูปที่ 2.21 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นทันที

(ข) พื้นที่หน้าตัดค่อยๆเพิ่มขึ้น

เมื่อต้องการสูญเสียเนื่องจากเพิ่มพ้นที่หน้าตัดให้น้อยลง อาจทำได้โดยใช้วิธีการค่อยๆเพิ่มขึ้นพื้นที่หน้าตัด เช่น การใช้ท่อบาน ดังภาพข้างล่าง การสูญเสียในลักษณะเช่นนี้หาค่าได้จากสมการ

$$h' = k' \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การสูญเสียเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดค่อยๆเพิ่มขึ้น

***ค่า k สามารถดูได้จากตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ค่า k

$\frac{D_2}{D_1}$	มุมกรวย α						
	4°	10°	15°	20°	30°	50°	60°
1.2	0.02	0.04	0.09	0.16	0.25	0.35	0.37
1.4	0.03	0.06	0.12	0.23	0.36	0.50	0.53
1.6	0.03	0.07	0.14	0.26	0.42	0.57	0.61
1.8	0.04	0.07	0.015	0.28	0.44	0.61	0.65
2.0	0.04	0.07	0.16	0.29	0.46	0.63	0.68
2.5	0.04	0.08	0.16	0.30	0.48	0.65	0.70
3.0	0.04	0.08	0.16	0.31	0.48	0.66	0.71
4.0	0.04	0.08	0.16	0.31	0.49	0.67	0.72
5.0	0.04	0.08	0.16	0.31	0.50	0.67	0.72

ข.5) การสูญเสียในข้อต่อท่อ

Head Loss ภายในข้อต่ออาจเขียนได้ในรูป $kV^2/2g$ เมื่อ V เป็นความเร็วในท่อที่ต่ออยู่กับข้อต่อ ค่า k ดูได้จากตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ตัวประกอบการสูญเสีย k ของข้อต่อท่อ

ชนิดของข้อต่อ	k	L/D
Globe valve เปิดเต็มที่	10	350
Angle valve เปิดเต็มที่	5	175
ข้อโค้งกลับ (close return bend)	2.2	75
สามทาง (Tee)	1.8	67
ข้องอ 90° (short – radius elbow)	0.9	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อโค้งรัศมีปานกลาง (medium – radius elbow)	0.75	27
ข้อโค้งรัศมียาว (long - radius elbow)	0.60	20
ข้องอ 45° (45° elbow)	0.42	15
Gate valve เปิดเต็มที่	0.19	7

ค) การสูญเสียหลัก

Head loss เนื่องจากแรงเสียดทานเมื่อของไหลไหลในท่อปิด พบว่ามีค่าดังสมการของ Darcy

$$h_f = \frac{f L v^2}{D2g}$$

เมื่อ

h_f คือ ค่าสูญเสียความดันหลักเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อ
f คือ ปัจจัยแรงเสียดทาน (friction factor)
L คือ ความยาวท่อ
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ
v คือ ความเร็วของของไหลภายในท่อ
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ค.1) การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow)

ของไหลที่ไหลลักษณะนี้จะมีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์จะน้อยกว่า 2,000 พารามิเตอร์ค่า f หรือปัจจัยแรงเสียดทานจะขึ้นอยู่กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์เพียงอย่างเดียว สมการที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$f = \frac{64}{Re}$$

ส่วนสมการที่ใช้หาค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์คือ

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu} = \frac{Dv}{\upsilon}$$

เมื่อ

Re คือ ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
v คือ ความเร็วของไหลภายในท่อ
μ คือ ความหนืดไดเนมาติกส์
ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล
υ คือ ความหนืดไดนามิกส์

ค.2) การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

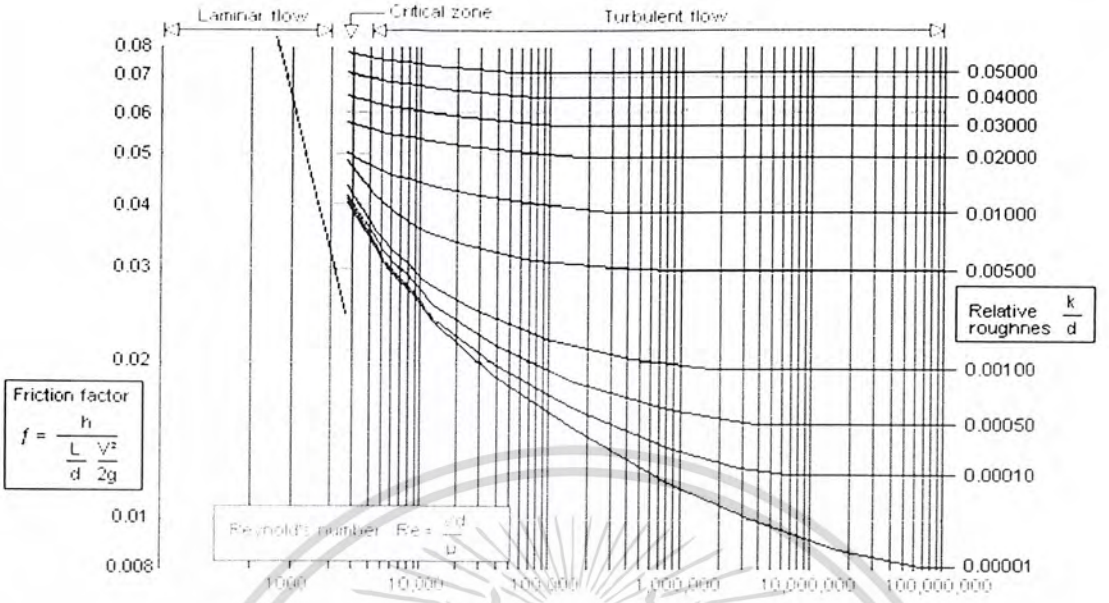
ของไหลที่ไหลแบบปั่นป่วนมีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์มากกว่า 4,000 พารามิเตอร์ค่า f จะขึ้นกับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์และพารามิเตอร์ที่เรียกว่า ค่าความขรุขระสัมพัทธ์ภายในท่อ (Relative roughness) ค่าความขรุขระสัมพัทธ์ภายในท่อเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความขรุขระของผิวท่อเฉลี่ย (e) และ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (D) ความขรุขระของผิวท่อขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของวัสดุที่ใช้ สามารถเปิดตารางที่ 1 ใช้งานได้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความขรุขระเฉลี่ยของวัสดุต่างๆที่ใช้ผลิตท่อ

ชนิดของท่อ	Roughness (ε)	
	ft	mm
ท่อที่ได้จากการรีด ท่อทองเหลือง ท่อดีบุก หลอดแก้ว ท่อภายในที่เคลือบหรือฉาบด้วยบิทูมินัส ท่อซีเมนต์ที่หล่อโดยการเหวี่ยงหนีศูนย์	0.000005	0.0015
ท่อเหล็กกล้าหรือท่อเหล็กเหนียวที่ขายในท้องตลาด	0.00015	0.046
ท่อเหล็กกล้าที่ขึ้นรูปโดยการเชื่อม	0.00015	0.046
ท่อเหล็กหล่อที่เคลือบหรือฉาบด้วยยางมะตอย	0.0004	0.12
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	0.00085	0.15
ท่อเหล็กหล่อ	0.0006 - 0.003	0.25
ท่อไม้	0.0006 - 0.003	0.18 - 0.9
ท่อคอนกรีต	0.001 - 0.01	0.3 - 3
ท่อเหล็กกล้าที่ย้ำด้วยหมุด	0.003 - 0.03	0.9 - 9

เมื่อเราทราบค่าของ Reynolds number และค่า Relative Roughness แล้ว พารามิเตอร์ทั้งสองนี้จะใช้ประกอบกันในการหาค่า f จากกราฟที่มีผู้พัฒนามาเรียกว่า Moody diagram การใช้งาน Moody diagram ให้ทำการลาก ค่า Reynolds number ขึ้นมาตั้งฉากกับแกน x จากนั้นจึงดูแนวโน้มของแกนของค่า Relative Roughness ซึ่งวางตัวในลักษณะโค้งแต่อ่านค่าจากขวามือสุด เส้น Reynolds number และ Relative Roughness ตัดกันตรงจุดใด ให้ลากต่อไปทางซ้ายมือในแนวระนาบ ค่าที่อ่านได้จากแกนทางซ้ายมือก็คือ ค่า Friction factor นั่นเอง

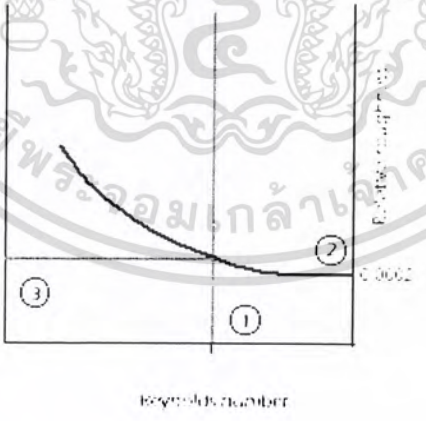
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 Moody diagram

ตัวอย่างการใช้ Moody diagram

สมมติว่าของไหลไหลในลักษณะปั่นป่วน มีค่า Reynolds number เท่ากับ 20,000 และ ค่า Relative Roughness มีค่า 0.0002 ให้ทำตามขั้นตอนที่อธิบายข้างต้นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2.24 แสดงวิธีการใช้งาน Moody diagram

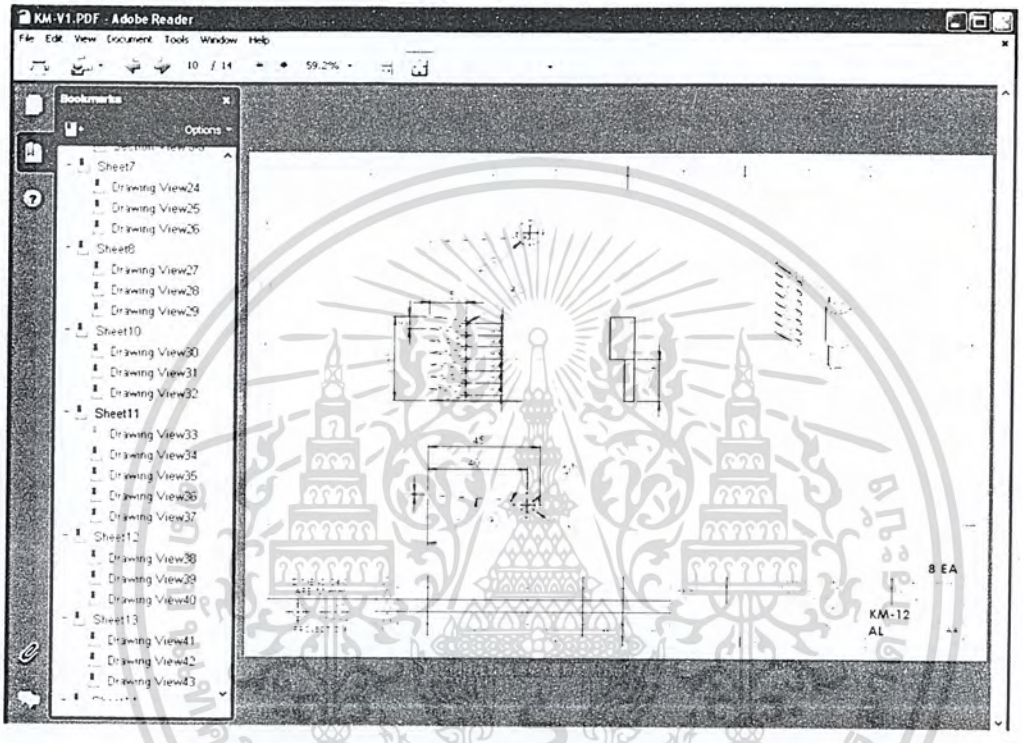
ก็จะได้ค่า Friction factor เท่ากับ 0.018 ในทางกลับกันพารามิเตอร์ทั้งสามตัวนี้ Friction factor ,Reynolds number และ Relative Roughness มีความสัมพันธ์กัน เพียงเราทราบค่า 2 ตัว ก็จะสามารถโยงไปหาอีกตัวที่เหลือได้ เช่น เราทราบ Friction factor กับ Relative Roughness ก็ใช้ Moody diagram หาค่า Reynolds number ได้ เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การออกแบบชุดควบคุมการกระจายน้ำ

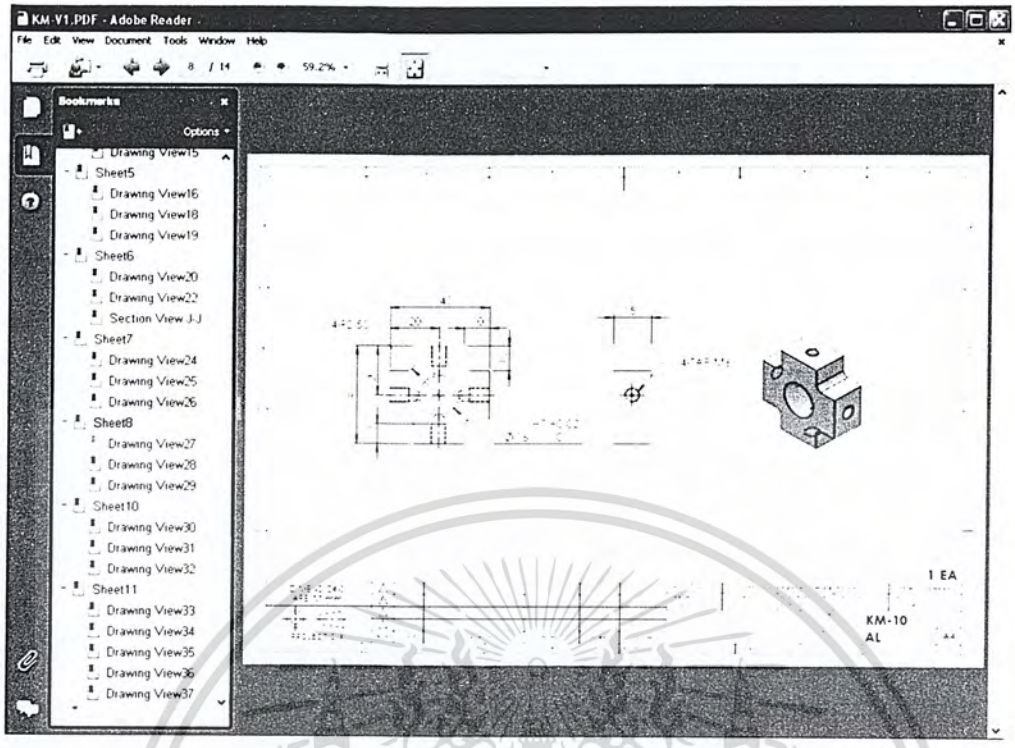


รูปที่3.1 แสดงแบบของใบพัดที่ทำการออกแบบ

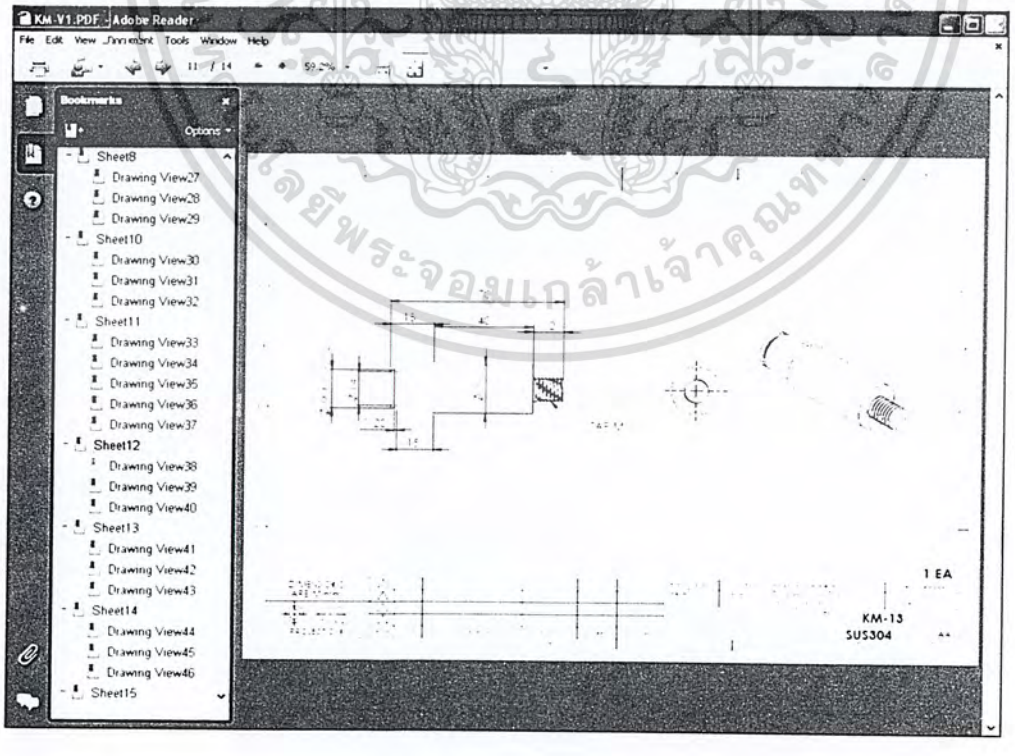
การออกแบบใบพัดประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียม 2 แผ่นประกอบคล้ายบานพับสามารถปรับมุมองศาได้ ทำให้น้ำสามารถกระจายได้ตามทิศทางการปรับมุมของใบพัดและออกแบบใบพัดให้เป็นรูปฟันปลาเพื่อช่วยทำให้การกระจายน้ำทำได้ดียิ่งขึ้น

การคำนวณเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ทำตัวชุดควบคุมการกระจายน้ำ เราต้องดูแนวโน้มว่าวัสดุสามารถทนแรงดันที่มากระแทกได้หรือไม่ และวัสดุที่นำมาสร้างชิ้นส่วนต่างๆจะไม่หนักเกินไป เราต้องดูน้ำหนักความสมดุลของด้านหน้าและหลังของชุดควบคุมการกระจายน้ำ ซึ่งวัสดุที่เรานำมาใช้คือ อะลูนิเนียมและสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

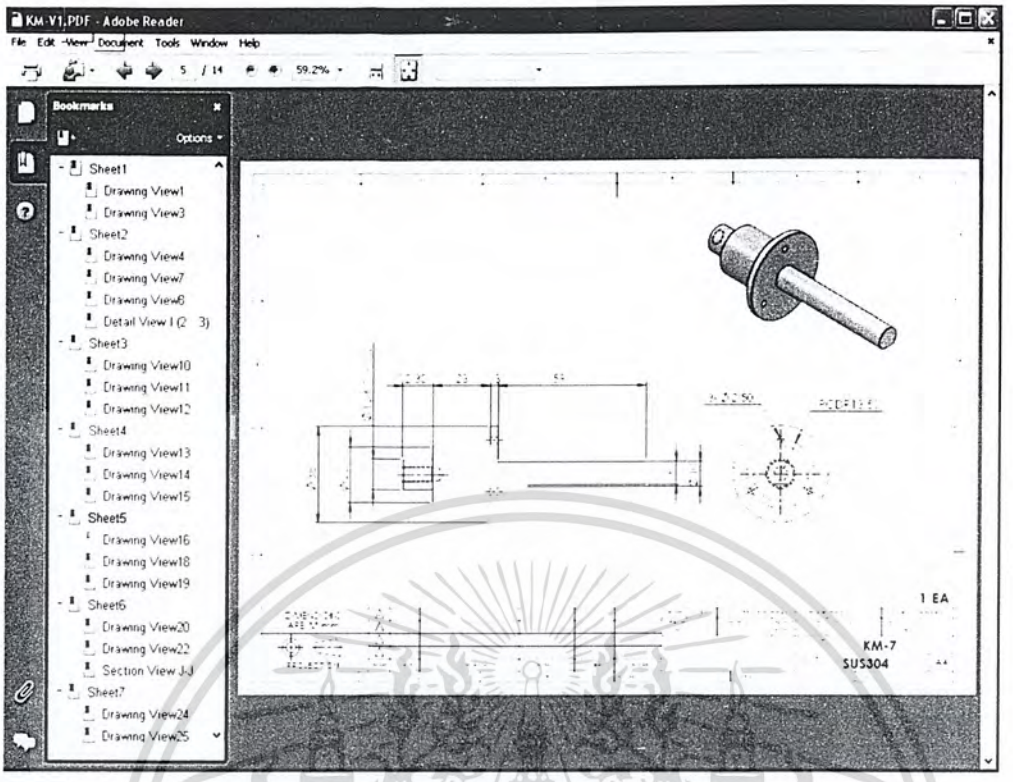


รูปที่ 3.2 แสดงแกนของใบพัดที่ทำการออกแบบ

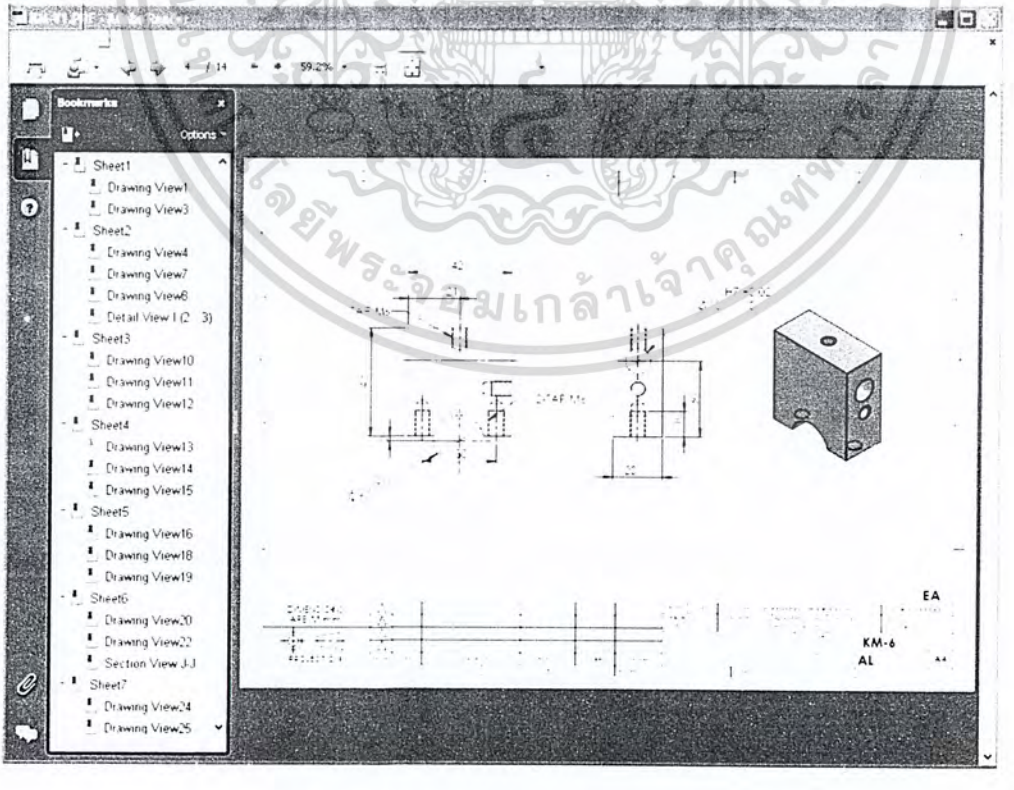


รูปที่3.3 แสดงแกนสวมใบพัดทั้ง 4 ใบและแกนแบริ่งสำหรับหมุนแกนสวมใบพัด สำหรับการกระจายน้ำ เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

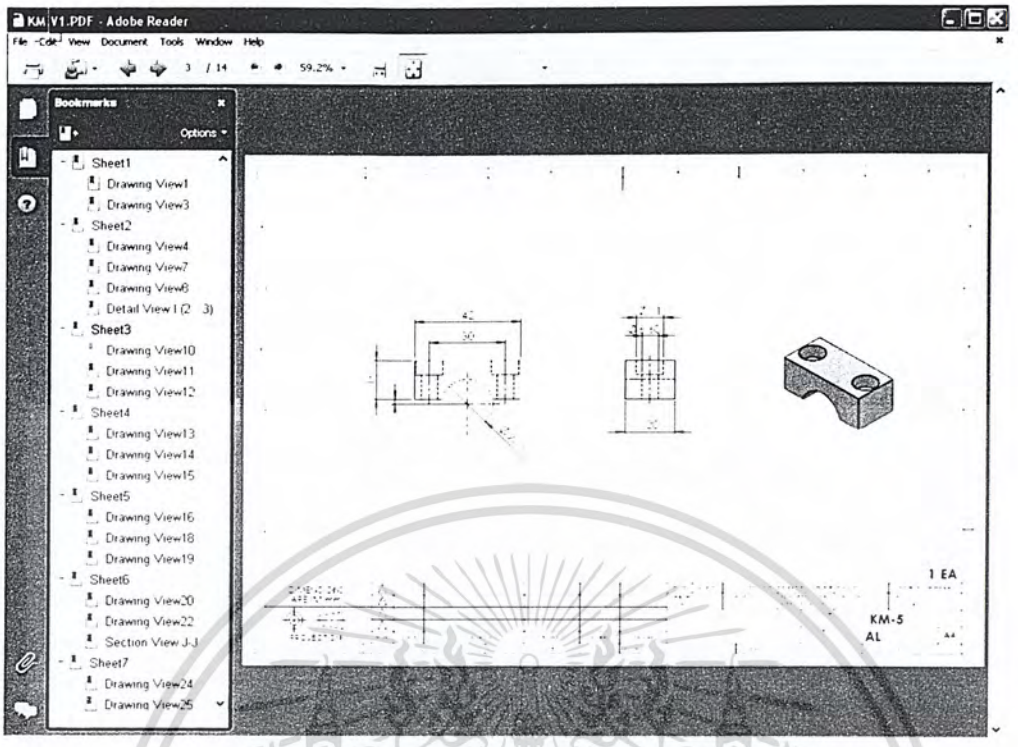


รูปที่ 3.4 แสดงแกนของใบพัดที่ใช้ยึดติดสปริงเกลอร์

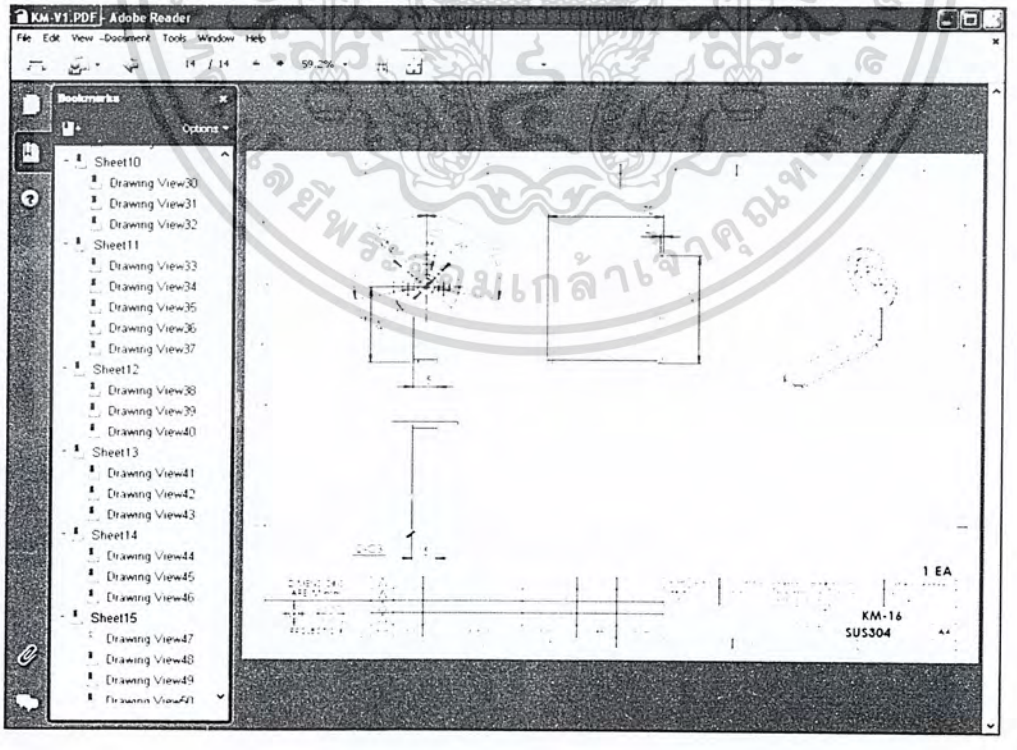


รูปที่ 3.5 แสดงตัวล็อคด้านล่างของชุดใบพัดกับสปริงเกลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

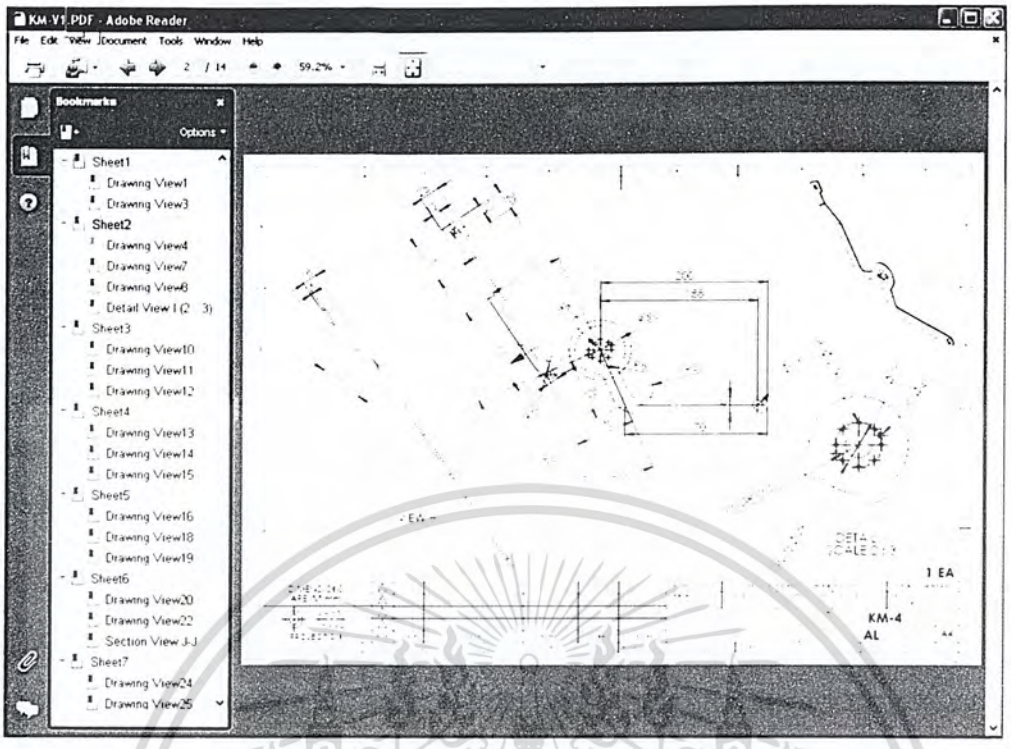


รูปที่ 3.6 แสดงตัวล็อคด้านบนของชุดใบพัดกับสปริงเกลอร์

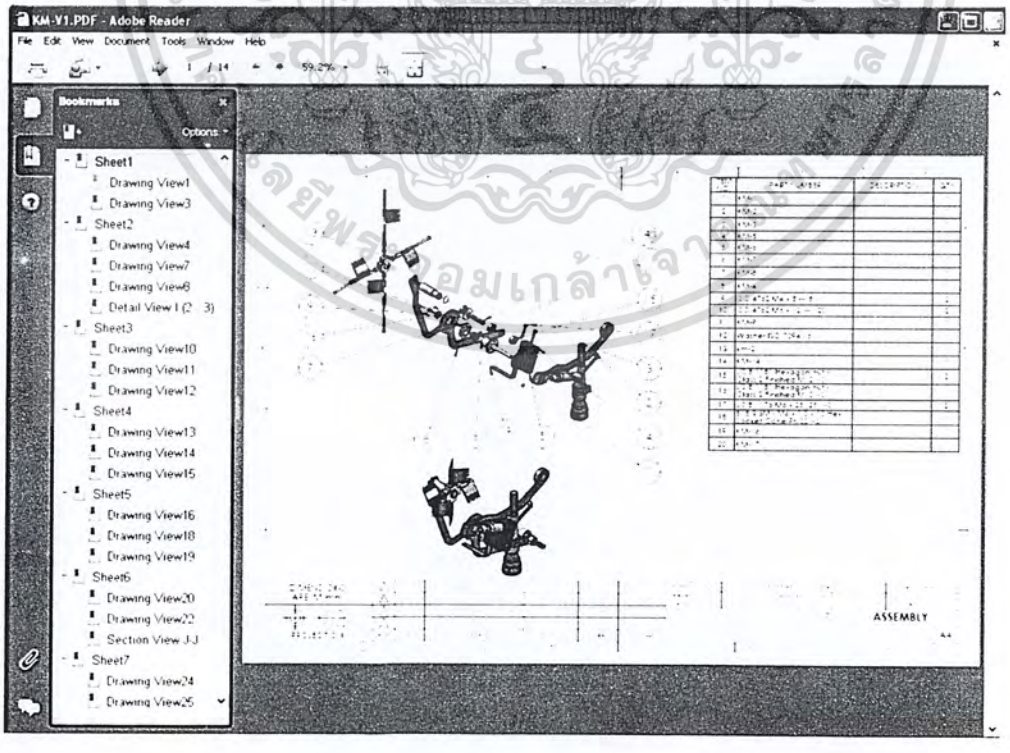


รูปที่ 3.7 แสดงแกนปรับองศาการขึ้น-ลงของชุดการกระจายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงแขนของชุดกระจายน้ำ



รูปที่ 3.9 ภาพประกอบชิ้นส่วนต่างๆชุดควบคุมการกระจายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์และการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

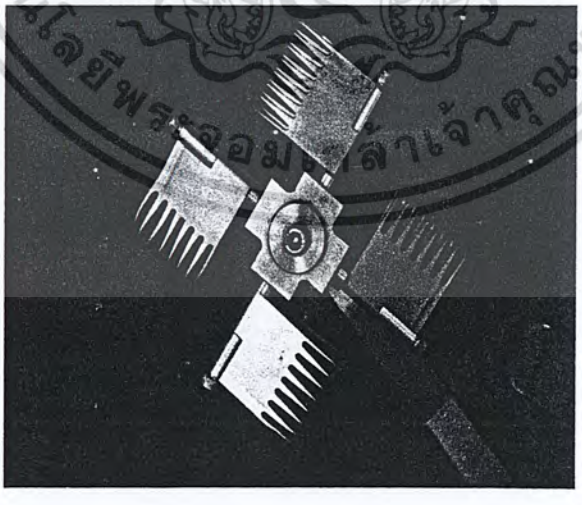
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสปริงเกลอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

4.1.1 สปริงเกลอร์ Impact รุ่น NAAN

ลักษณะของหัวจ่ายน้ำนั้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 9 มิลลิเมตร โดยด้านบนมีตัวอิมแพคคอยเป็นตัวทำให้สปริงเกลอหมุนได้รอบตัวเมื่อมีน้ำมากระทบ มีความดันที่ใช้ 3.5 - 6 บาร์ มีอัตราการจ่ายน้ำเท่ากับ 2.12 – 6.31 ลบม./ชม. รัศมีในการกระจายน้ำประมาณ 10 – 20 เมตร ขึ้นอยู่กับแรงดันน้ำปั๊มน้ำและการวางระบบท่อน้ำที่ได้วางระบบท่อไว้ ซึ่งตัวสปริงเกลอร์นั้นทำมาจากอะลูมิเนียมแล้วชุบด้วยทองเหลือง

4.1.2 ชุดควบคุมการกระจายน้ำที่ทำการออกแบบ

ประกอบด้วยแกนแขนที่มีตัวล็อคยึดติดกับสปริงเกลอร์ซึ่งออกแบบมาให้เป็นแกนยาวทำมาจากอะลูมิเนียมกับสแตนเลสเสริมความแข็งแรงเข้าไปอีกโดยสามารถถอดเข้าออกได้ และใบพัดซึ่งออกแบบมาให้ทำหน้าที่ในการกระจายน้ำทำมาจากอะลูมิเนียม โดยใบพัดมีทั้งหมด 4 ใบ แต่ละใบประกอบด้วยใบพัดสองใบประกอบกันโดยมีน็อตหกเหลี่ยมเป็นตัวยึดทำให้สามารถปรับมุมของใบได้ตั้งแต่มุม 0 - 180 องศา คอยเป็นตัวกระจายน้ำทำให้น้ำกระจายได้ไกลใกล้ ซึ่งขึ้นกับการตั้งค่าของมุมของใบพัด



รูปที่ 4.1 ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 มอเตอร์และปั๊มส่งน้ำ

ใช้ในการสูบน้ำไปยังหัวสปริงเกลอร์

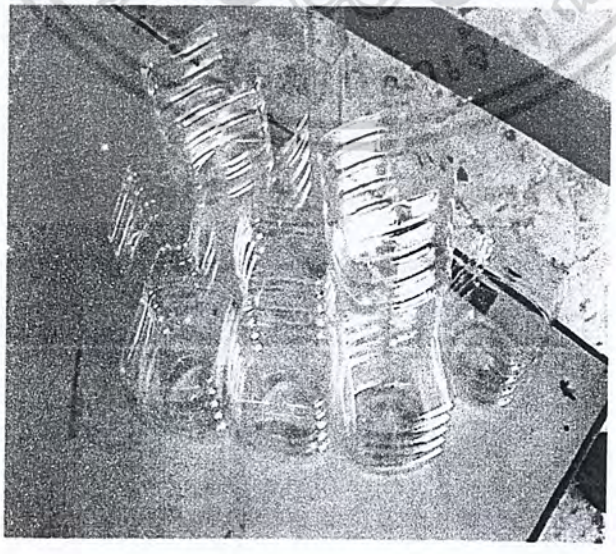
รูปที่ 4.2 มอเตอร์และปั๊มน้ำ

4.1.4 กระป๋องรับน้ำ

ทำจากพลาสติกทำหน้าที่คอยรับน้ำที่ตกจากการจ่ายน้ำของสปริงเกลอร์

4.1.5 กระบอกตวงวัดระดับความสูง

ใช้วัดความสูงของน้ำที่ได้จากกระป๋องรับน้ำ เป็นแก้วใสมีสเกลบองความสูง



รูปที่ 4.3 กระบอกรับน้ำและกระบอกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

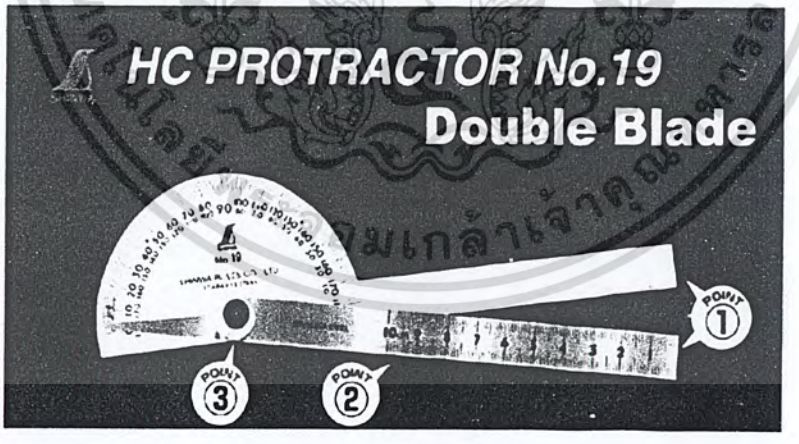
4.1.6 ตลับเมตร

ใช้วัดระยะกระยองตวงน้ำถึงตำแหน่งที่ติดตั้งสปริงเกลอร์

รูปที่ 4.4 ตลับเมตร

4.1.7 ไม้ฉากวัดมุม

ใช้วัดขนาดมุมของใบพัด

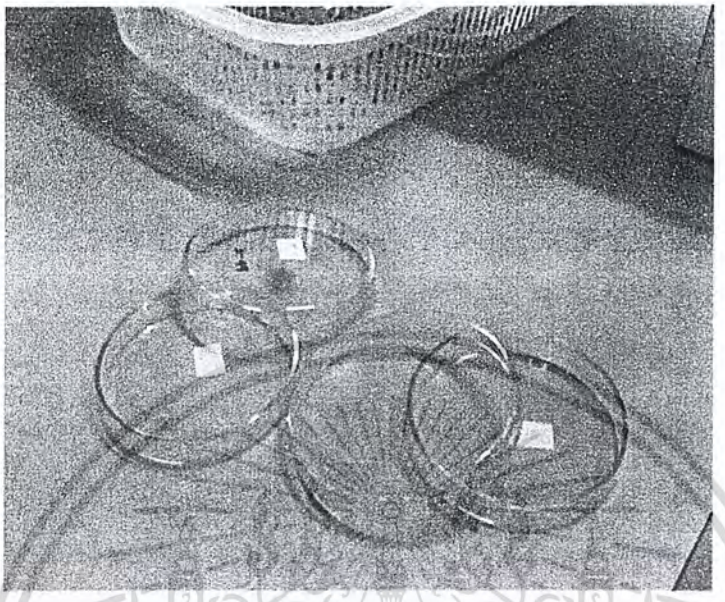


รูปที่ 4.5 ไม้ฉากวัดมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 ถาดแก้วก็บตัวอย่างดิน

ใช้เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวัดหาค่าความชื้น และนำไปเข้าในตู้อบดิน



รูปที่ 4.6 ถาดแก้วเก็บตัวอย่างดิน

4.1.9 เครื่องมือขุดดิน

ใช้ในการขุดดินใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 4.7 เครื่องมือขุดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.10 หัวก็อกสำหรับเสียบหัวสปริงเกลอร์

ใช้เสียบหัวสปริงเกลอร์ในการจ่ายน้ำ

รูปที่ 4.8 หัวก็อกสำหรับเสียบหัวสปริงเกลอร์

4.1.11 เครื่องอบดิน

ใช้อบดินหาความชื้นที่หายไป โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 – 110 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 1 วัน

รูปที่ 4.9 เครื่องอบดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.12 เครื่องชั่งดิจิตอล

ใช้ชั่งดินก่อนอบและหลังอบเสร็จ เพื่อหาความชื้นที่หายไป

รูปที่ 4.10 เครื่องชั่งดิจิตอล

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ทำการติดตั้งสปริงเกลอร์แบบปกติให้อยู่ในแนวระดับที่จะทำการทดลอง เพื่อเก็บค่าความชื้นในดินและค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

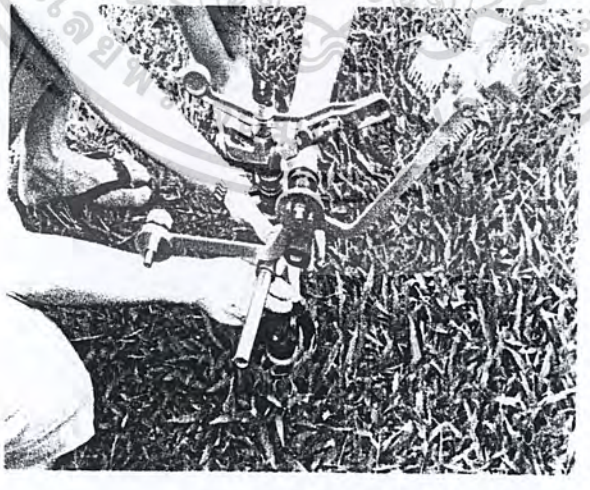
รูปที่ 4.11 การติดตั้งสปริงเกลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการแบ่งพื้นที่วงกลมเป็น 4 ส่วน แล้วทำการวางกระบอกรับน้ำในแต่ละส่วน ซึ่งวัดระยะห่างของกระบอกรับน้ำในแต่ละจุดให้ห่างกัน 2 เมตร ทำให้ใช้เวลาในการฉีดน้ำจากสปริงเกลอร์โดยให้สปริงเกลอร์หมุนโดยรอบ แล้วทำการจับเวลาการจ่ายน้ำเป็นเวลา 10 นาที โดยในการทดลองเราจะทำการทดลอง 5 ครั้งใน 1 สัปดาห์ เพื่อทำการเก็บค่าความสูงของน้ำในกระบอก

รูปที่ 4.12 การตั้งกระบอกรับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

3) ทำการติดตั้งสปริงเกลอร์ตัวใหม่ที่มีใบพัดเป็นชุดควบคุมการกระจายน้ำและทำการทดลองเหมือนข้อที่ 2



รูปที่ 4.13 สปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ

4) ทำการปรับมุมต่างๆของใบพัดที่ติดตั้งกับสปริงเกลอร์ แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) นำค่าความสูงของน้ำในกระบอกในแต่ละจุดที่เก็บค่าได้ไปคำนวณเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำจากสมการ $Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$
6) จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระยะ 4, 8, 10, 12, 14, 16 เมตร จากการให้น้ำของสปริงเกลอร์ปกติและสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ
7) นำดินที่เก็บได้ไปชั่งน้ำหนักก่อนเข้าตู้อบ แล้วทำการบันทึกผล
8) นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9) นำดินหลังการอบไปชั่งน้ำหนัก แล้วทำการบันทึกผล
10) นำค่าน้ำหนักของดินก่อนและหลังอบแห้งที่ได้ทำการเก็บผลไว้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสปริงเกลอร์ปกติกับที่พัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองสปริงเกลอร์ปกติ

จากการทดลองโดยการหาค่าความสูงของน้ำจากกระบอกรับน้ำเพื่อนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(C_u) โดยกำหนดการทดลองการให้น้ำของหัวสปริงเกลอที่ระยะเวลา 10 นาที ได้ผลการทดลองดังนี้

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$C_u = [1-(\Sigma x/mn)]*100$$

$$C_u = \{1-[(9.4-1.9)+(9.4-2.1)+...+(15.2-9.4)+(14.4-9.4)]\}*100$$

$$C_u = [1-(51.8/84.6)]*100$$

$$= 38.77\%$$

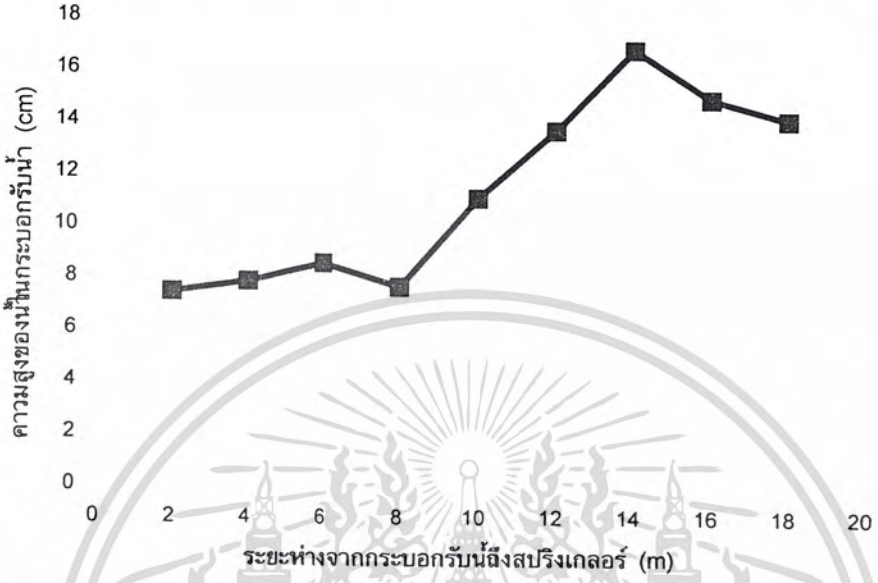
วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟเราจะสังเกตเห็นค่าความสูงของน้ำจะน้อยให้ช่วงแรกตั้งแต่ระยะ 1 เมตรถึง 12 เมตร และจะมีค่ามากขึ้นตั้งแต่ 13 เมตรจนถึง 18 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำจะไปตกอยู่เฉพาะบริเวณดังกล่าวนี้ ทำให้พืชได้รับน้ำในบริเวณนี้มากเกินไป เมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำจะได้ค่าออกมาน้อย เนื่องจากน้ำกระจายได้ไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ

จากการทดลองที่ใช้สปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุม โดยการปรับมุมต่างๆของใบพัดได้ผลดังนี้

1) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 10, 20, 30, 40 องศา)



การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$C_u = [1-(\sum x/mn)]*100$$

$$C_u = \{1-[(11.26-7.4)+(11.26-7.8)+...+(14.8-11.26)+(14-11.26)]\}*100$$

$$C_u = [1-(28.06/101.4)]*100$$

$$= 72.33\%$$

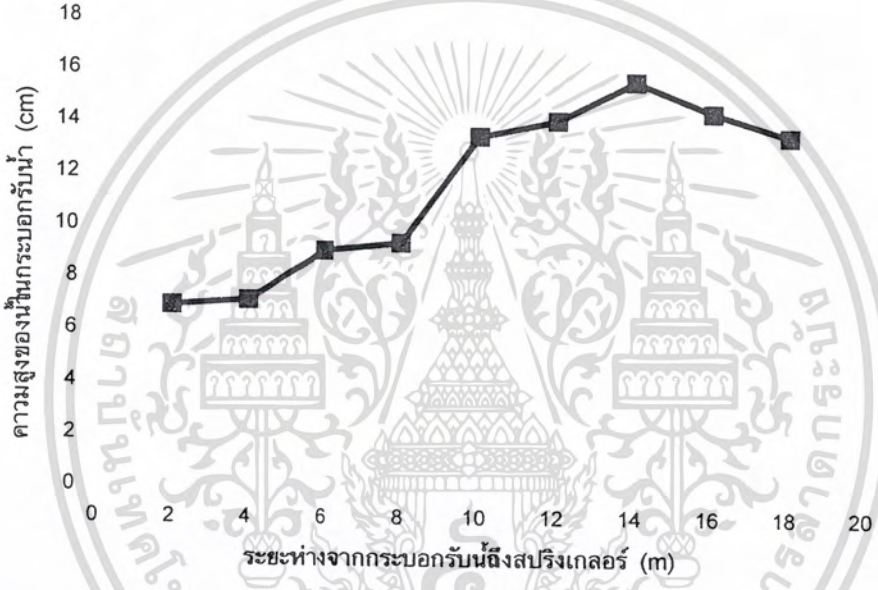
2) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 20, 30, 40, 50 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$Cu = [1-(\Sigma x/mn)]*100$$
$$Cu = \{1-[(11.24-7)+(11.24-7.4)+...+(14.5-11.24)+(13.8-11.24)]\}*100$$
$$Cu = [1-(26.32/101.2)]*100$$
$$= 73.99\%$$

3)ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 30, 40, 50, 60 องศา)

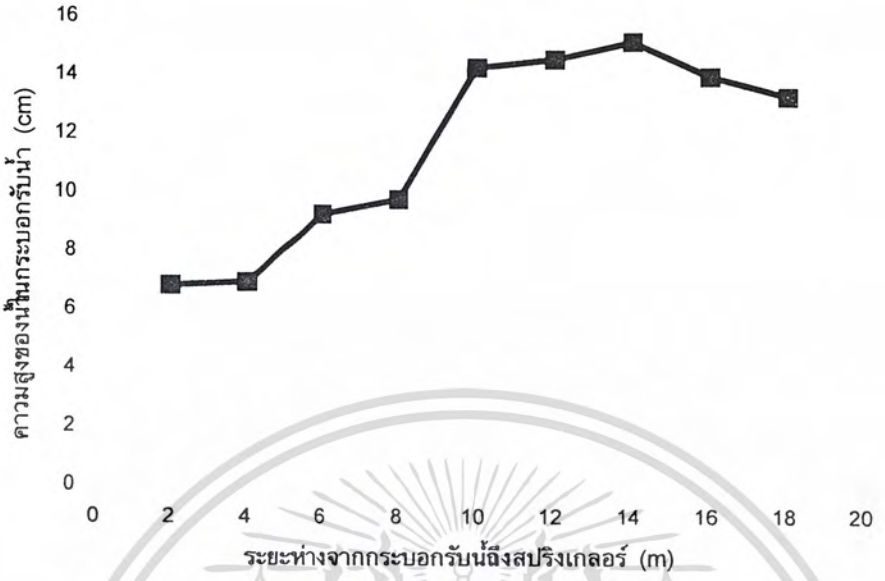


การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$Cu = [1-(\Sigma x/mn)]*100$$
$$Cu = \{1-[(11.43-6.9)+(11.43-7.1)+...+(14.3-11.43)+(13.4-11.43)]\}*100$$
$$Cu = [1-(26.87/102.9)]*100$$
$$= 73.89\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 40, 50, 60, 70 องศา)



การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

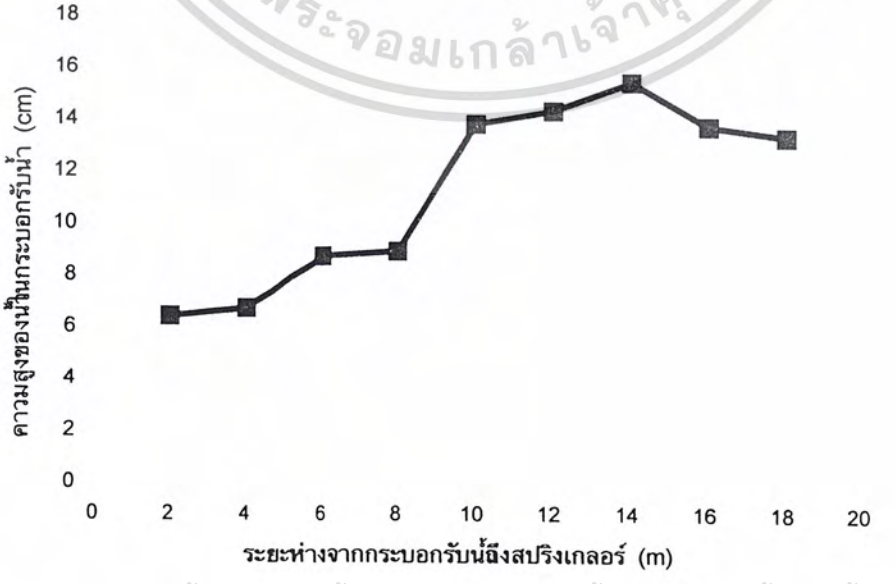
$C_u = [1-(\sum x/mn)]*100$

$C_u = \{1-[(11.5-6.8)+(11.5-6.9)+...+(13.9-11.5)+(13.2-11.5]\}*100$

$C_u = [1-(26.8/103.5)]*100$

$= 74.11\%$

5) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 50, 60, 70, 80 องศา)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$$
$$Cu = \{1-[(11.24-6.4)+(11.24-6.7)+...+(13.7-11.24)+(13.3-11.24)]\}*100$$
$$Cu = [1-(28.56/101.2)]*100$$
$$= 71.78\%$$

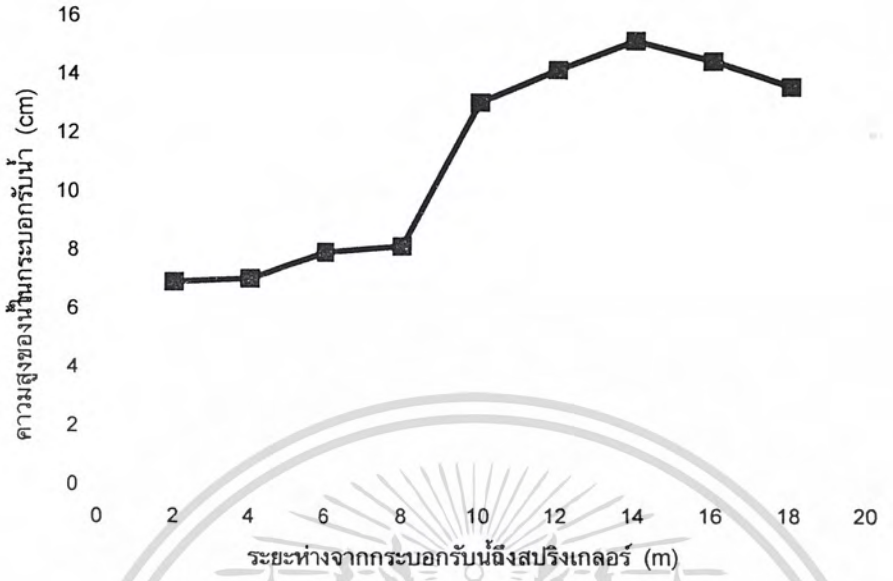
6) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 60, 70, 80, 90 องศา)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$$
$$Cu = \{1-[(11.14-6.6)+(11.14-6.8+...+(14-11.14)+(13.5-11.14))]\}*100$$
$$Cu = [1-(24.56/100.3)]*100$$
$$= 70.53\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 70, 80, 90, 100 องศา)



การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

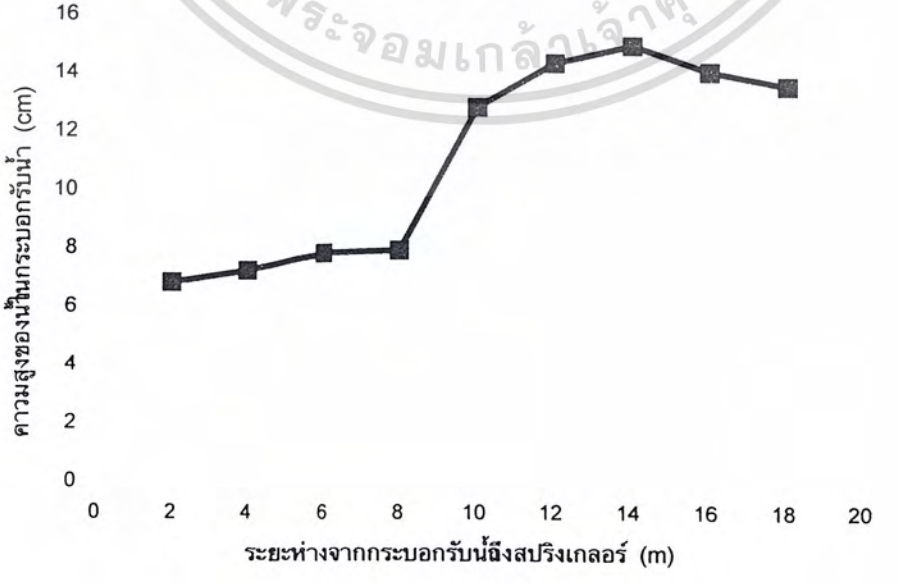
$$Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$$

$$Cu = \{1-[(11.13-6.9)+(11.13-7)+...+(14.4-11.13)+(13.7-11.13)]\}*100$$

$$Cu = [1-(29.27/100.2)]*100$$

$$= 70.78\%$$

8) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 80, 90, 100, 110 องศา)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$

$Cu = \{1-[(11.07-6.8)+(11.07-7.2)+...+(14-11.07)+(13.9-11.07)]*100$

$Cu = [1-(29.13/99.6)]*100$

$= 70.75\%$

9) ผลระดับความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำ(ที่ใบพัดมีมุมเท่ากับ 90, 100, 110, 120 องศา)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$Cu = [1-(\sum x/mn)]*100$

$Cu = \{1-[(11.09-6.7)+(11.09-7)+...+(14.3-11.09)+(13.6-11.09)]\}*100$

$Cu = [1-(30.15/99.8)]*100$

$= 69.43\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของการให้น้ำที่มุมต่างๆ ของใบพัด

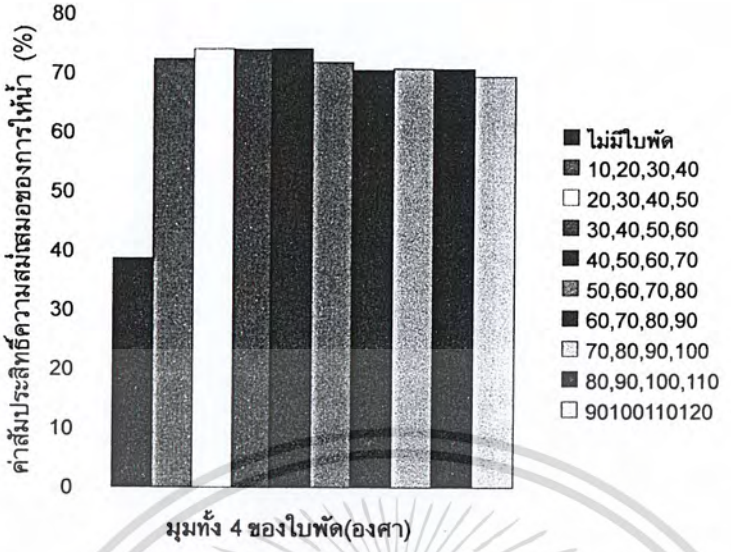
มุมของใบพัด(องศา)	ค่า Cu (%)
10, 20, 30, 40	72.33
20, 30, 40, 50	73.99
30, 40, 50, 60	73.89
40, 50, 60, 70	74.11
50, 60, 70, 80	71.78
60, 70, 80, 90	70.53
70, 80, 90, 100	70.78
80, 90 100, 110	70.75
90, 100, 110, 120	69.43
ไม่มีใบพัด	38.77

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยการทดสอบกับมุมที่ใบพัดต่างๆได้ผลการทดลองเป็นดังที่ได้แสดงในตาราง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสำเสมอของการให้น้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าตัวสปริงเกลอร์ปกติอยู่ประมาณ 30 – 40% ซึ่งเราจะพบว่าทุกๆกราฟที่มีการปรับเพิ่มมุมของใบพัดนั้นจะมีค่าความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำมากกว่าสปริงเกลอร์ปกติ และค่าความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกๆตั้งแต่ประมาณ 1 ถึงประมาณ 12 เมตร และจะเริ่มมีค่าความสูงของน้ำในกระบอกลดลงเนื่องจากน้ำที่ออกจากสปริงเกลอร์กระทบกับใบพัดที่ทำการกระจายน้ำทำให้น้ำตกลงในพื้นที่ระยะไกลๆได้รับน้ำน้อยลง

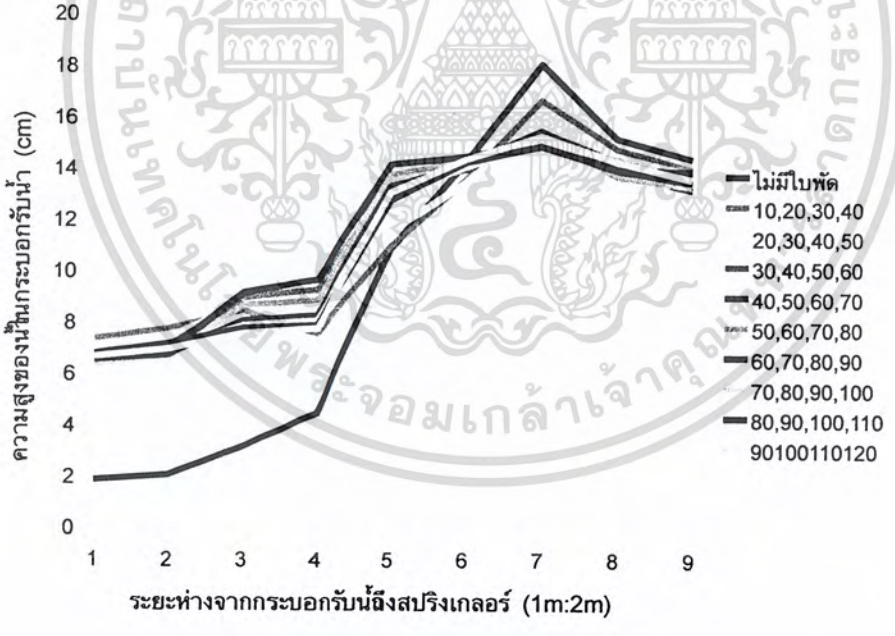
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากค่าของกราฟที่มีค่าสูงต่ำไม่ลดลงสำสเมอเนื่องจากในขณะที่ทำการทดลองในแนวระดับของสปริงเกลอร์ไว้ที่ 28 องศาเท่ากัน แต่ในจังหวะที่สปริงเกลอร์ตีกลับนั้นการตีกลับของสปริงเกลอร์ไม่คงที่ทำให้กราฟที่ได้มีลักษณะขึ้นๆลงๆบางค่า และการที่ค่า C_u เพิ่มขึ้นเมื่อทำากรปรับมุมมากขึ้นเพราะว่าน้ำที่ออกมาตากหัวสปริงเกลอร์มากระทบกับใบพัดที่ทำการกางมุมออกมา ซึ่งทำให้น้ำตกลงในระยะใกล้เพิ่มมากขึ้น และในส่วนของระยะไกลที่น้ำตกลงในพื้นที่มากเกินไปมีค่าน้อยลงทำให้ค่า C_u ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของการให้น้ำของหัวสปริงเกลอร์ปกติกับหัวสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความสูงของน้ำในกระบอกรับน้ำระหว่างหัวสปริงเกลอร์ปกติกับหัวสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การหาค่าความชื้นในดิน

ตารางที่ 5.2 แสดงน้ำหนักของตัวอย่างดินที่นำมาอบ (น้ำหนักฉาดแก้ว = 90.312 g)

ระยะห่างจากสปริงเกลอร์(m)	สปริงเกลอร์ปกติ		สปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ	
	น้ำหนักก่อน(g)	น้ำหนักหลัง(g)	น้ำหนักก่อน(g)	น้ำหนักหลัง(g)
4	150	141	150	139.6
8	150	140.5	150	137.9
10	150	139.7	150	138.4
12	150	138.3	150	138.1
14	150	137.8	150	138.2
16	150	138.8	150	138.5

เก็บตัวอย่างดินที่ต้องการวัดค่าความชื้นบบรจุในฉาดแก้วซึ่งมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกว่าดินจะแห้งทั่วถึงกัน ซึ่งน้ำหนักที่หายไปหลังจากอบแห้งแล้วนั่นคือ "น้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน"

สูตรการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก

$$\text{Water content , } w\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

เมื่อ w% = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>(สปริงเกลอร์ปกติ)

น้ำหนักของน้ำในดิน $W_w = 150 - 141 = 9$

น้ำหนักของดินที่อบแห้ง $W_s = 141 - 90.312 = 50.688$

ดังนั้น $w\% = (W_w/W_s)*100$

$= (9/50.688)*100$

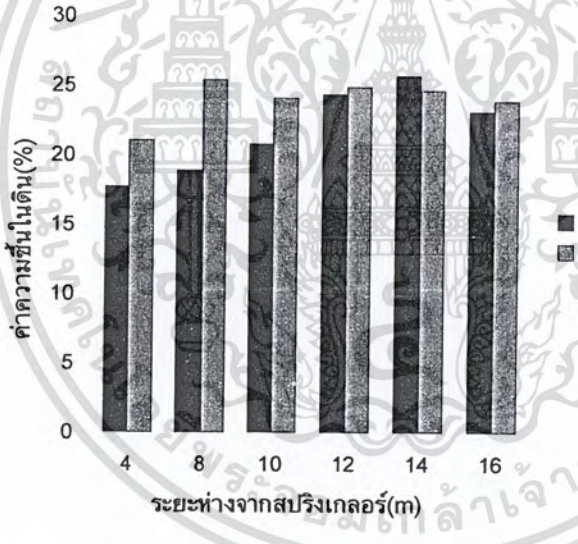
$= 17.75\%$ โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตางรางที่ 5.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก

ระยะห่างจากสปริงเกลอร์(m)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน(สปริงเกลอร์ปกติ)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน(สปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ)
4	17.75	21.1
8	18.92	25.43
10	20.86	24.12
12	24.38	24.9
14	25.69	24.64
16	23.1	23.86

กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน



รูปที่ 5.3 กราฟแท่งแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินของ

สปริงเกลอร์ที่มีและไม่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางการทดลองและกราฟแท่งแสดงค่าความชื้นของดินที่ใช้สปริงเกลอร์แบบปกติเปรียบเทียบกับสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำโดยวัดจากสปริงเกลอร์เป็นระยะ 4, 8, 10, 12, 14 เมตร พบว่าค่าความชื้นของสปริงเกลอร์ที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำที่ระยะ 4 - 10 เมตร มีค่าเพิ่มมากขึ้น ฉะนั้นแสดงว่าที่ระยะดังกล่าวมีการได้รับน้ำมากขึ้น และที่ระยะ 12 - 16 เมตรนั้นสปริงเกลอร์แบบปกติจะได้รับค่าความชื้นในดินมากกว่า เพราะน้ำจะตกบริเวณดังกล่าวมาก อีกทั้งค่า

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นที่ออกมาแตกต่างกันไม่มากเพราะเป็นค่า น.น.ของน้ำที่หายไปนั้นมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องมาจากดินบริเวณนั้น ได้รับการรดน้ำทุกวัน ทำให้ได้ค่าความชื้นออกมาไม่ต่างกันมาก เพราะดินสามารถกักเก็บน้ำได้

5.4 อิทธิพลที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำ ประกอบด้วยปัจจัยดังนี้

1) มุมของใบพัด

เนื่องจากใบพัดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์มีค่ามากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเลือกปรับมุมของใบพัดจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำมีมากน้อยใกล้เคียงกันไม่ได้แตกต่างกันเกินไป ซึ่งจากการทดลองตั้งมุมของใบพัดทั้ง 4 ใบที่ 40, 50, 60, 70 องศามีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(C_u)ดีที่สุดเท่ากับ 74.11% และจากการทดลองโดยการตั้งมุมของใบพัดทั้ง 4 ใบที่ 90, 100, 110, 120 องศามีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(C_u)น้อยที่สุดเท่ากับ 69.43%

2) จำนวนหัวสปริงเกลอร์

จำนวนหัวสปริงเกลอร์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำมีค่ามากและน้อยเนื่องจากถ้าการติดตั้งหัวสปริงเกลอร์มากค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำจะคำนวณได้น้อยเนื่องจากความดันที่ออกจากหัวสปริงเกลอร์มีแรงดันน้อยทำให้การกระจายน้ำออกไปได้ในระยะที่ไม่ไกล เช่นเดียวกัน ถ้าหัวสปริงเกลอร์มีการติดตั้งน้อยค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำจะคำนวณได้ค่าที่มากเพราะสามารถกระจายน้ำได้ในระยะไกล โดยการใช้ปั๊มตัวเดียวกัน

3) ลม

ลมเป็นปัจจัยหนึ่งในการทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำมีค่าลดลงเนื่องจากเมื่อลมแรงทำให้น้ำที่ถูกฉีดออกมาจากสปริงเกลอร์ไม่สามารถที่จะตกลงกระป๋องได้อย่างเต็มที่ แต่ก็สามารถทำได้โดยการให้หัวสปริงเกลอร์หมุนขณะทำการทดลองทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยลง

4) มุมในแนวระดับของตัวสปริงเกลอร์เวลากลับตัว

การปรับมุมในแนวระดับของตัวสปริงเกลอร์ว่าจะให้สปริงเกลอร์หมุนไปได้รอบตัวเท่าไหร่เพราะจังหวะที่สปริงเกลอร์ตีกลับจะเคลื่อนที่ได้ไม่ค่อยดีเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบสร้างและทำการทดลองสปริงเกลอร์แรงดันสูงโดยการติดตั้งชุดควบคุมการกระจายน้ำไว้ที่หน้าหัวฉีดของสปริงเกลอร์เพื่อพัฒนาสปริงเกลอร์ให้มีประสิทธิภาพความสม่ำเสมอในการให้น้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ลดจำนวณสปริงเกลอร์ในการติดตั้ง จากการทดลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

การศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(C_u)ของสปริงเกลอร์แบบปกติ แบบที่มีชุดคววบคุมการกระจายน้ำและหามุมของใบพัดทั้ง 4 ใบที่ได้ค่า C_u มากสุดโดยทำการทดลองที่มุมเท่ากับ 10, 20, 30, 40 / 20, 30, 40, 50 / 30, 40, 50, 60 / ..... / 90, 100, 110 , 120 องศา จากผลการทดลองพบว่าสปริงเกลอร์แบบมีชุดควบคุมการกระจายน้ำมีค่า C_u มากกว่าสปริงเกลอร์แบบปกติ กรณีที่ได้ค่า C_u มากที่สุดคือสปริงเกลอร์แบบที่มีชุดควบคุมการกระจายน้ำซึ่งทำการปรับมุมของใบพัดทั้ง 4 ใบไว้ที่ 40, 50, 60, 70 องศา และน้อยลงมาคือมุม 20, 30, 40, 50 องศา แล้วก็ 30, 40, 50, 60 องศา จนถึงมุมที่ได้ค่า C_u คือ 90, 100, 110, 120 องศา ตามลำดับ จากที่ได้ทำการทดลองหาค่า C_u นั้นส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งในที่นี้อาจเป็นเพราะปัจจัยต่างๆที่ได้กล่าวไว้จึงทำให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสปริงเกลอร์ที่ใช้ทำการทดลองต้องใช้แรงดันสูง ดั้งนั้น ควรจะมีการศึกษาตัวแปรชนิดอื่นๆ เช่น

1) ศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำใบพัดที่ทนต่อแรงดันน้ำและคำนวณความเสียหายไม่เกินค่า Yield Strength ของวัสดุนั้น

2) ศึกษามุมของใบพัดขนาดต่างๆ มุมใดที่นอกเหนือจากการทดลองให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำหรือการกระจายน้ำดีที่สุด

3) เวลาในการรดน้ำ, จำนวนหัวฉีดที่ต่อกับปั๊ม, แรงดันปั๊ม ควรควบคุมให้มีค่าเท่ากันในแต่ละการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วิบูลย์ บุญยธโรกุล ชป.บ. เกียรตินิยม(เกษตร) M.S (Univ. of California, Davis) Ph.D (Colorado State), หลักการชลประทาน

2. วราวุฒ วุฒิวณิชย์ วศ.บ.(วิศวกรรมชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2518 M.Eng. (irrigation engineering), Asian institute of technology, thailand, ในปี พ.ศ. 2521 ph.d.(water resources planning and management), colorado state university, usa, พ.ศ.2529, การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา Design of farm irrigation systems

3. http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/fluid_mech/head_loss.htm

4. http://www.men.neu.ac.th/Fluid/f-6.html

5. http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้