โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 7 / 2554

การติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน

Installation and Testing of Neo-Drain® for Subsurface Drainage

โดย

นายคงยุทธ แก้วสุข

นายสัญญา มากวงษ์

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ. 2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน
Installation and Testing of Neo-Drain® for Subsurface Drainage

นามผู้ทำโครงการ นายคงยุทธ แก้วสุข
นายสัญญา มากวงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....
(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)
...../...../.....

กรรมการ

.....
(อ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)
...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา

.....
(รศ.สันติ ทองพำนัก)
...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง การติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน

โดย นายคงยุทธ แก้วสุข
นายสัญญา มากวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ .....
(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)
...../...../.....

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายใต้ดิน บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผลการดำเนินงาน พบว่าการติดตั้งท่อนีโอเดรนเป็นไปด้วยดี สามารถติดตั้งท่อนีโอเดรนได้ตรงกับที่ออกแบบไว้ เมื่อทดสอบการทำงานของท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ระหว่างวันที่ 16/01/2012 ถึงวันที่ 28/02/2012 ซึ่งระบบระบายน้ำใต้ดินสามารถทำงานได้จริง โดยในสัปดาห์ที่ 1 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง ประมาณในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 3 ระดับน้ำใต้ดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก สาเหตุเกิดจากการให้น้ำแก่พืชในพื้นที่ทดลอง ทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน จึงต้องมีการป้องกันและเริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 8/02/2012 ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงและมีการลดลงของน้ำใต้ดินจากระดับเดิมประมาณ 20 เซนติเมตร ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลเคลื่อนตัวไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณฝั่งทิศตะวันตกและทิศเหนือ จากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบระบายน้ำใต้ดินโดยการใช้ท่อนีโอเดรนสามารถนำไปใช้งานจริง

ABSTRACT

Title : Installation and Testing of Neo-Drain® for Subsurface Drainage

By : Mr.Kongyut Gawsook

Mr.Sunya Makwong

Project Advisor : .....

(Asst.Prof.Dr. Ekasit Kositsakulchai)

...../...../.....

In this research, Neo-Drain® was install and test for subsurface drainage in the experimental field of the Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University at Kamphaeng Saen Campus. The installation of Neo-Drain® for subsurface drainagehas been completed. Neo-Drain® can be installed exactly as designed. The Neo-Drain® was tested for period of 6 weeks between 16/01/2012 to 28/02/2012. It shows that subsurface drainage system can continuously operate. In the first week, water table tended to decrease, while high increasing of water table was observed in the second and the third week. Excess water came from surface irrigation in the experimental field. The non-infiltrated water flowed directly to the observation wells. So, the protection of observation well has been made and data collection was restarted on 8/02/2012. From the fourth week to the sixth week, it was found that water table level tends to drop. Groundwater level was decreased about 20 cm comparing with the initial period. The groundwater tends to flow to the Neo-Drain line. The flow directions were westward and northward. The result of this project indicates that the subsurface drainage system by Neo-Drain® can be practically used.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้ สำเร็จลงโดยได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลอง และยังช่วยเหลือในการเรียบเรียงโครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณนายสุรพล เจริญชีพ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุก ๆ ท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจนโครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คงยุทธ แก้วสุข
สัญญา มากวงษ์
เมษายน 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
คำนิยม	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญภาพผนวก	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 คำจำกัดความของการระบายน้ำ	3
2.2 ปัญหาของการระบายน้ำ	3
2.3 วิธีการระบายน้ำ	4
2.4 องค์ประกอบของระบบระบายน้ำ	5
2.5 การระบายน้ำใต้ผิวดิน	5
2.6 สมการการระบายน้ำ	6
2.7 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดิน	12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	15
3.1 อุปกรณ์	15
3.2 วิธีดำเนินการ	19
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	26
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	67

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ 23
ตารางที่ 2 ค่าต่าง ๆ ที่ใช้คำนวณหาอัตราการไหลของปั๊มน้ำจาก Cut – throat Flume 33
ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าระดับของน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่การศึกษา
ตลอดระยะเวลาการศึกษา 36

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การวิเคราะห์การไหลจากสมมติฐานของ Donnan	7
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์การไหลตามหลักของสมการ Hooghoudt	9
ภาพที่ 3 ขอบเขตการไหลสำหรับสมการ Glover – Dumm	11
ภาพที่ 4 ท่อนีโอเดรน	16
ภาพที่ 5 Geotextile	16
ภาพที่ 6 ข้อต่อตรงสองทาง	16
ภาพที่ 7 ข้อต่อ 90°	16
ภาพที่ 8 ท่อ PVC	17
ภาพที่ 9 เครื่องวัดระดับน้ำชนิดแบบเสียงเตือน	17
ภาพที่ 10 เครื่องสูบน้ำแบบแช่	17
ภาพที่ 11 ลูกลอยไฟฟ้า	17
ภาพที่ 12 รองคอนกรีตขนาด 1.2 m.	18
ภาพที่ 13 ฝาปิดรองคอนกรีตขนาด 1.5 m.	18
ภาพที่ 14 แผนที่ตั้งของระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ	21
ภาพที่ 15 พื้นที่การระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ	22
ภาพที่ 16 รูปตัด A - A ด้านข้างของระบบระบายน้ำใต้ดิน	24
ภาพที่ 17 บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบริเวณทั้งสี่มุมของพื้นที่การศึกษา จำนวน 8 บ่อ	25
ภาพที่ 18 การปักไม้เป็นแนวกั้นดินสไลด์ตัว	27
ภาพที่ 19 การสูบน้ำออกจากแปลงทดลองด้วยเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่	27
ภาพที่ 20 การปรับพื้นที่ตามระดับลาดเท	28
ภาพที่ 21 การนำเอาหินกรวดโรยทับบนท่อนีโอเดรน	28
ภาพที่ 22 ทำการเจาะรูบ่อพักน้ำเพื่อให้ท่อนีโอเดรนและท่อ PVC สอดเข้าได้	29
ภาพที่ 23 ทำการกลบดินในแปลงทดลอง	29
ภาพที่ 24 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อพักน้ำ	30
ภาพที่ 25 การระบายน้ำใต้ดินออกสู่จุดทิ้งน้ำ	30
ภาพที่ 26 การวิเคราะห์อัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำ	31
ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำต่อช่วงเวลา	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 28 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 1 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 37
ภาพที่ 29 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 2 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 37
ภาพที่ 30 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 3 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 38
ภาพที่ 31 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 4 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 38
ภาพที่ 32 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 5 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 40
ภาพที่ 33 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 6 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 40
ภาพที่ 34 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 7 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 41
ภาพที่ 35 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 8 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 42
ภาพที่ 36 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/01/2012 43
ภาพที่ 37 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 24/01/2012 44
ภาพที่ 38 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 2/02/2012 45
ภาพที่ 39 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 8/02/2012 46
ภาพที่ 40 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/02/2012 47

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/01/2012 52
ภาพผนวกที่ 2 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 17/01/2012 52
ภาพผนวกที่ 3 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 18/01/2012 53
ภาพผนวกที่ 4 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 19/01/2012 53
ภาพผนวกที่ 5 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 20/01/2012 54
ภาพผนวกที่ 6 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 22/01/2012 54
ภาพผนวกที่ 7 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 24/01/2012 55
ภาพผนวกที่ 8 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 26/01/2012 55
ภาพผนวกที่ 9 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/01/2012 56
ภาพผนวกที่ 10 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 30/01/2012 56
ภาพผนวกที่ 11 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 31/01/2012 57
ภาพผนวกที่ 12 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 1/02/2012 57
ภาพผนวกที่ 13 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 2/02/2012 58
ภาพผนวกที่ 14 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 8/02/2012 58
ภาพผนวกที่ 15 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 9/02/2012 59
ภาพผนวกที่ 16 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 10/02/2012 59
ภาพผนวกที่ 17 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 11/02/2012 60
ภาพผนวกที่ 18 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 12/02/2012 60
ภาพผนวกที่ 19 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 13/02/2012 61
ภาพผนวกที่ 20 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 15/02/2012 61
ภาพผนวกที่ 21 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/02/2012 62
ภาพผนวกที่ 22 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 17/02/2012 62
ภาพผนวกที่ 23 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 19/02/2012 63
ภาพผนวกที่ 24 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 20/02/2012 63
ภาพผนวกที่ 25 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 21/02/2012 64
ภาพผนวกที่ 26 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 22/02/2012 64
ภาพผนวกที่ 27 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 23/02/2012 65
ภาพผนวกที่ 28 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 26/02/2012 65

สารบัญภาพผนวก (ต่อ)

	หน้า
ภาพผนวกที่ 29 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/02/2012	66
ภาพผนวกที่ 30 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 28/02/2012	66
ภาพผนวกที่ 31 คุณสมบัติสำคัญของท่อนีโอเดรน	71
ภาพผนวกที่ 32 ประโยชน์ของท่อนีโอเดรนในการใช้งานและประเภทของงาน	72
ภาพผนวกที่ 33 ข้อต่อและขนาดข้อต่อของท่อนีโอเดรน	73

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัญหาที่สำคัญในเขตพื้นที่ชลประทาน คือ การที่มีระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาสูงถึงเขตรากพืชหรือ ระดับน้ำใต้ดินสูง การที่ระดับน้ำใต้ดินสูงจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช จะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกลงในแนวดิ่งได้ รากพืชจะถูกจำกัด ส่งผลให้พืชขาดอาหาร เมื่อน้ำใต้ดินเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณรากพืชเน่าและตายได้ การที่ระดับน้ำใต้ดินสูงเมื่อเกิดการระเหยขึ้นอาจทำให้เกิดการสะสมของเกลือบริเวณรากพืช หรือบริเวณผิวดิน และดินอาจกลายเป็นดินที่ไม่เหมาะสมในการเพาะปลูก

การระบายน้ำจึงถือเป็นแนวทางในการจัดการระดับน้ำใต้ดินให้เหมาะสม เป็นการช่วยในการเพิ่ม และรักษาผลผลิตหรือไม่ให้ผลผลิตลดลงที่เกิดจากการเพิ่มของระดับน้ำใต้ดินหรือการสะสมของเกลือบริเวณรากพืช หรือพื้นที่ที่ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้เนื่องจากน้ำท่วมขัง การระบายน้ำจึงเป็นวิธีการที่สำคัญที่ทำให้พื้นที่ต่าง ๆ สามารถเพาะปลูกได้

สำหรับในพื้นที่ของการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ก็เกิดการประสบปัญหาของระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงเช่นกัน จึงได้ก่อสร้างระบบระบายน้ำใต้ดิน ซึ่งมีการระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ โดยใช้ท่อนีโอเดรนในการระบายน้ำใต้ดินและควบคุมระดับน้ำใต้ดินเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น และทำการทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดินให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดิน โดยการใช้ท่อนีโอเดรนในการระบายน้ำ
2. เพื่อทดสอบการทำงานของระบบระบายน้ำใต้ดิน ในด้านการลดระดับน้ำใต้ดิน โดยการใช้ท่อนีโอเดรนในการระบายน้ำออกจากพื้นที่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบระบายน้ำใต้ดิน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ สามารถใช้ในการระบายน้ำได้จริง
2. สามารถลดระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ที่ทำให้รากพืชสามารถงอกลงในแนวดิ่งได้ รากพืชจึงไม่เน่าเสียหายและตายได้ ช่วยลดการสะสมของเกลือในบริเวณรากพืชหรือผิวดิน ลดปัญหาดินเค็ม ทำให้ดินมีความเหมาะสมในการเพาะปลูก
3. เรียนรู้การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีหลักการและเหตุผล

ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการระบายน้ำใต้ดิน โดยใช้สมการการระบายน้ำใต้ดินแบบคงที่ (steady state) และการศึกษานี้อยู่ในเขตพื้นที่ของหัวข้อศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำในพื้นที่ขนาด 16 เมตร × 16 เมตร และอยู่ในบริเวณ แปลงภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 คำจำกัดความของการระบายน้ำ

ยงยุทธ และคณะ (2541) กล่าวว่า การระบายน้ำ หมายถึง การชักนำน้ำส่วนเกินออกจากพื้นที่ ซึ่งในทางเกษตรกรรม น้ำส่วนเกินนี้จะก่อให้เกิดปัญหาการระบายอากาศของดินทำให้รากพืชขาดอากาศหายใจและได้รับอันตราย การระบายน้ำจะทำให้ระดับความชื้นของดินลดลง และเปิดโอกาสให้อากาศเคลื่อนที่เข้าไปในช่องขนาดใหญ่ ช่องอากาศที่เกิดขึ้นจะให้อากาศแก่รากพืช และเป็นทางผ่านของก๊าซเข้า-ออกจากดิน

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า การระบายน้ำ หมายถึง การกำจัดน้ำที่มากเกินความต้องการออกจากพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เพื่อให้พื้นที่นั้นมีสภาพที่เหมาะต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์

สิทธิพร (2541) กล่าวคือ การระบายน้ำ หมายถึง การนำเอาน้ำที่เกินความต้องการออกไปจากพื้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อให้พื้นที่นั่นสามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ หรือให้พื้นที่นั่นมีความสะดวกที่จะใช้งานต่อ ๆ ไปได้เป็นระยะเวลานาน ๆ

2.2 ปัญหาของการระบายน้ำ

การระบายน้ำมักจะมีปัญหาเกิดขึ้นเนื่องมาจากองค์ประกอบของ ลักษณะภูมิอากาศ (climate), ลักษณะภูมิประเทศ (topography), ลักษณะดิน (soil), ชนิดของพืช (crops) และความลึกของระดับน้ำใต้ดิน (สิทธิพร, 2541) องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ ซึ่งจะแยกปัญหาออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาการระบายน้ำบนผิวดิน และปัญหาการระบายน้ำใต้ดิน

2.2.1 ปัญหาการระบายน้ำบนผิวดิน

เนื่องมาจากมีน้ำขังอยู่บนผิวดิน ซึ่งเป็นที่ราบหรือค่อนข้างราบ เป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อรากพืชได้ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

- พื้นที่ไม่เรียบ (irregularity) สูง ๆ ต่ำ ๆ หรือมีคันหรือเนินเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ
- ดินมีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมจากผิวดิน (infiltration) และความนำน้ำของดิน (hydraulic conductivity) ต่ำ หรือภายในดินมีชั้นทึบน้ำเป็นอุปสรรคต่อการซึมของน้ำลงไปภายในดิน
- สมรรถภาพ (capacity) ของทางน้ำไม่เพียงพอทำให้เกิดน้ำขังเป็นระยะเวลานาน

- จุดทิ้งน้ำ (outlet) อยู่สูง น้ำระบายออกไปได้ช้าทำให้เกิดน้ำขัง
- ปริมาณน้ำฝน (precipitation) มากทั้งจำนวนความเข้มข้นและระยะเวลา (duration)

2.2.2 ปัญหาการระบายน้ำใต้ดิน

เนื่องจากมีน้ำขังแฉะ (water log) อยู่ในบริเวณรากพืชหรือมีระดับน้ำใต้ดินทำให้เกิดการสะสมของเกลือบริเวณรากพืชและผิวดินเป็นอันตรายต่อพืช ซึ่งมีสาเหตุมาจาก
- พื้นที่ราบระบายน้ำไม่ดี ดินระบายน้ำไม่ดี
- ดินเป็นดินชั้น (stratification) ทำให้การซึมผ่านของน้ำลงไปในดินชั้นล่างไม่ดี
- ระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงหรือใกล้ผิวดิน
- น้ำไหลซึมมาจากผิวดิน น้ำชลประทาน
- น้ำรั่วซึมจากระบบส่งน้ำ อ่างเก็บน้ำ น้ำบนผิวดินจากบริเวณใกล้เคียงที่อยู่สูงกว่า
- น้ำจากชั้นน้ำภายใต้ความดันซึมขึ้นมา

2.3 วิธีการระบายน้ำ

โดยทั่ว ๆ ไปวิธีการระบายน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยแบ่งตามตำแหน่งของน้ำส่วนที่เกินความต้องการที่ให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ คือ

2.3.1 การระบายน้ำบนผิวดิน เป็นการระบายน้ำที่เกินความต้องการซึ่งขังอยู่บนผิวดินออกไปจากพื้นที่โดยสร้างทางน้ำแบบทางน้ำเปิด หรือโดยการปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทอย่างต่อเนื่องเพื่อทำหน้าที่ลำเลียงน้ำออกไปจากผิวดิน และป้องกันความเสียหายของพืช ป้องกันน้ำขังบนผิวดิน การระบายน้ำผิวดินจะเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับน้ำส่วนเกินที่เกิดมาจากน้ำฝนไม่สามารถซึมลงดินได้อย่างอิสระบนผิวดินสู่ทางน้ำธรรมชาติ (ยงยุทธ และคณะ, 2541; สิทธิพร, 2541)

2.3.2 การระบายน้ำใต้ดิน เป็นการระบายน้ำใต้ผิวดินที่เกินความต้องการออกไปจากบริเวณรากพืช เพื่อควบคุมไม่ให้ระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาสูงหรืออยู่ใกล้เคียงผิวดิน เพื่อควบคุมการสะสมของเกลือบริเวณผิวดินและรากพืช โดยการสร้างทางระบายน้ำให้อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินที่ต้องการควบคุม ทางระบายน้ำอาจเป็นแบบ ทางน้ำเปิด หรือท่อ แบบรูตุ่น (mole) หรือแบบบ่อระบาย ซึ่งน้ำใต้ดินส่วนเกินจะไหลเข้าทางระบายน้ำและไหลโดยแรงโน้มถ่วงของโลกสู่ทางระบายรวบรวมน้ำซึ่งอาจจะเป็นแบบปิดหรือแบบเปิดก็ได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2541; สิทธิพร, 2541) ในการควบคุมระดับน้ำใต้ดินกล่าวว่าในเขตพื้นที่ชลประทาน ควรจะให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำจากผิวดินประมาณ 1.80 ถึง 2.10 เมตร หรือมากกว่านี้ ในเขตชุ่มชื้นระดับน้ำใต้ดินควรจะอยู่ที่ระดับต่ำจากผิว

ดินประมาณ 0.70 - 1.30 เมตร สำหรับพื้นที่แห้งแล้ง (arid area) ระดับน้ำควรอยู่ต่ำจากผิวดินอย่างน้อย 2 เมตร แต่ทั้งนี้ถ้าระบบระบายน้ำสามารถรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 2.5 - 3.0 เมตร จะเป็นปัจจัยในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้มีความเหมาะสมจนใช้เพาะปลูกได้อย่างถาวร

2.4 องค์ประกอบของระบบระบายน้ำ

ระบบระบายน้ำโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบต่างๆดังต่อไปนี้ คือ

1. ทางระบายน้ำในแปลง (field drains หรือ field laterals) ทำหน้าที่ระบายน้ำส่วนเกินโดยตรงจากแปลงเพาะปลูก มักจะเป็นทางระบายน้ำที่วางในแนวขนานกัน
2. ทางระบายรวบรวมน้ำ (collector drains) ซึ่งมีหน้าที่รวบรวมน้ำจากทางระบายน้ำในแปลงและส่งไปยังทางระบายน้ำสายหลัก (main drains)
3. ทางระบายน้ำสายหลัก (main drains) มีหน้าที่ส่งหรือลำเลียงน้ำที่ระบายออกไปนอกพื้นที่
4. จุดทิ้งน้ำ (outlet) มีหน้าที่รับน้ำจากทางระบายน้ำสายหลักซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นระบบของคลอง วิ่งผ่านไปตามส่วนที่ต่ำที่สุดของพื้นที่ คลองระบายน้ำสายหลักจะลำเลียงน้ำออกไปจากโครงการโดยประตูระบายน้ำหรือสถานีสูบน้ำลงสู่แม่น้ำ ทะเลสาบ หรือทะเล ที่บริเวณจุดทิ้งน้ำที่เหมาะสม

2.5 การระบายน้ำใต้ผิวดิน

น้ำใต้ดิน (groundwater) หมายถึงน้ำภายในดินที่บรรจุอยู่ภายในช่องว่างระหว่างเม็ดดินจนเต็มหรือดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ที่ผิวบนสุดของระดับใต้ดินเรียกว่า (water table) มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินลงไปจะอยู่ภายใต้ hydrostatic pressure ในทางปฏิบัติแล้วถือว่าระดับน้ำใต้ดินเป็นขอบเขต (boundary) บนสุดของการไหลของน้ำใต้ดิน แต่ความจริงแล้ว เหนือระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาระยะหนึ่ง จะมีความชื้นเกือบถึงจุดอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งเรียกว่า capillary fringe ซึ่งจะหนาเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียด capillary fringe จะหนากว่าดินเนื้อหยาบ capillary fringe นี้จะเป็นช่วงต่อเนื่องระหว่าง unsaturated flow กับ saturated flow (สิทธิพร, 2534)

การระบายน้ำน้ำใต้ดิน (groundwater drainage) หมายถึงการนำน้ำภายในดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำออกจากดิน โดยนำทฤษฎีการไหลของน้ำในดินซึ่งอิ่มตัวมาประยุกต์ใช้กับการระบายน้ำในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อระบายน้ำที่เกินความต้องการของพืชออกไปจากพื้นที่ หรือเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินลงไปโดยการสร้างระบบระบายน้ำใต้ดิน

ดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำไม่จำเป็นต้องเป็นอันตรายต่อพืชเสมอไปถ้ามีก๊าซออกซิเจนเพียงพอสำหรับการหายใจของรากพืชและไม่มีสารพิษ แต่โดยทั่วไปแล้ว การที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำหรือมีความชื้นมากเกินไป จะทำให้ภายในช่องว่างระหว่างเม็ดดินไม่มีอากาศหรืออากาศน้อยทำให้ขาดออกซิเจนภายในดิน จะทำให้รากพืชขาดออกซิเจน

สำหรับหายใจและรากพืชอาจเน่าได้ การที่ดินมีความชื้นมากเกินความต้องการของพืช ทำให้การถ่ายเทอากาศภายในดินกับบรรยากาศลดลงทำให้ดินขาดออกซิเจนและมีคาร์บอนไดออกไซด์มาก เพราะเมื่อรากพืชและจุลินทรีย์หายใจจะคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา คาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกคายออกมาจะถูกกัก (block) ไว้ภายในดินเมื่อดินมีความชื้นสูง ดินที่มีความชื้นเกินความต้องการของพืชจะทำให้การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุลดลงทำให้พืชขาดธาตุอาหาร ดินที่มีความชื้นเกินความต้องการของพืชจะมีออกซิเจนน้อย ทำให้แบคทีเรียภายในดินเปลี่ยนเป็นแบคทีเรียชนิดไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic) ทำให้เกิดแก๊สพิษ เช่น แก๊สมีเทน ซึ่งทำให้พืชไม่เจริญเติบโต และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก oxidation state เป็น reduction เกิดสารไอออนของ ferrous, sulfide และ manganeous ในจำนวนซึ่งเป็นพิษต่อพืช

การที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้กับผิวดินจะทำให้บริเวณของรากพืชถูกจำกัด ทำให้พืชถูกจำกัด ทำให้พืชขาดทั้งออกซิเจนและอากาศ ถ้าระดับน้ำใต้ดินขึ้น ๆ ลง ๆ จะทำให้รากพืชเน่าตาย เมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลงจะทำให้รากพืชงอกลงไปไม่ทัน ทำให้ขาดทั้งอาหารและการดูดน้ำของราก ความชื้นในดินที่มากเกินความต้องการจะทำให้ดินถูกอัดตัวแน่นได้ง่ายเนื่องจากสัตว์หรือเครื่องกล นอกจากนี้ความชื้นในดินที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดโรคและวัชพืชได้ง่าย

ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดินอาจจะเกิดการสะสมของเกลือบริเวณรากพืชและผิวดินได้เนื่องจาก capillary rise จากระดับน้ำใต้ดิน เมื่อน้ำใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวดินจะมีสารละลายขอเกลือเคลื่อนที่มาด้วย ไอน้ำระเหยออกไปจากผิวดินจะทิ้งสารละลายเกลือไว้ที่ผิวดินถ้าไม่มีการควบคุมหรือชะล้างเหลือออกไปแล้วอาจจะทำให้พืชนั้นไม่สามารถใช้เพาะปลูกอีกต่อไปได้ถ้ามีเกลือสะสมมาก

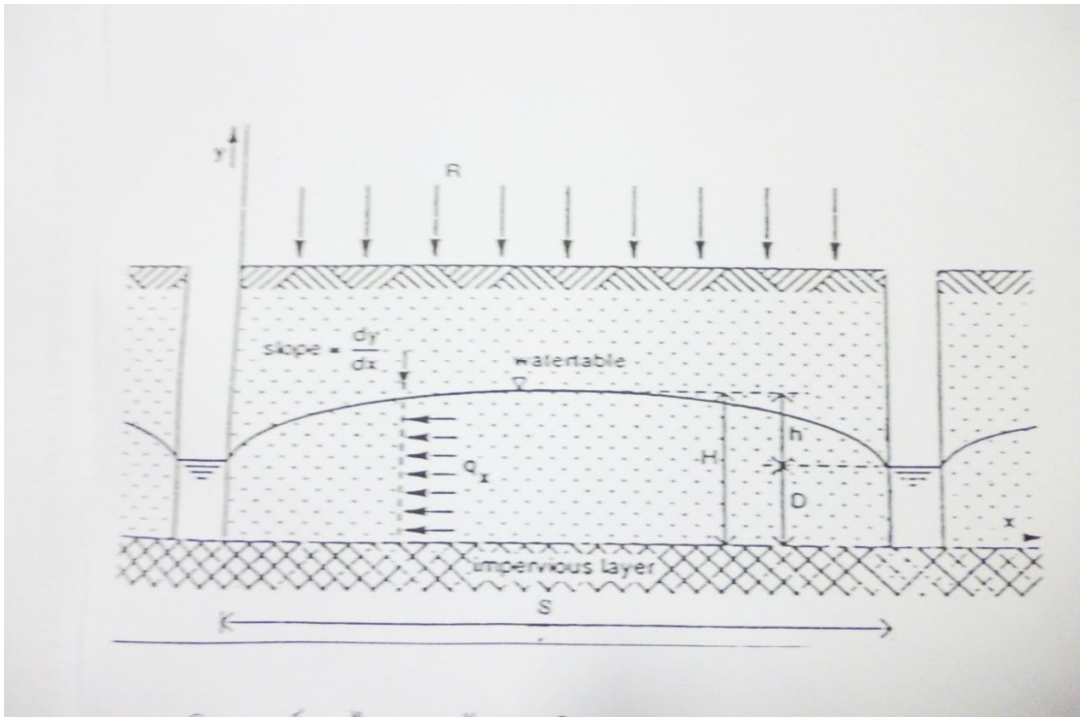
2.6 สมการการระบายน้ำ

สมการการระบายน้ำมีอยู่หลายสมการด้วยกันที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปมีทั้งแบบ steady state และ un - steady state เช่นสมการของ Hooghoudt และ Glover - Dumm เป็นต้น (สิทธิพร, 2541)

2.6.1 สมการการระบายน้ำแบบ steady state

การไหลแบบ steady state หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่คงที่ตลอดเวลาไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา คือมี recharge ลงมาเท่าใดก็ระบายออก หรือ discharge ออกไปเท่ากัน จึงทำให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่คงที่ สมการการระบายน้ำแบบ steady state ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือสมการของ Hooghoudt ซึ่งได้พัฒนามาจากสมการของ Donnan (สิทธิพร, 2534) ซึ่ง Donnan ได้วิเคราะห์การไหลโดยใช้ข้อสมมติฐานเป็น horizontal flow สำหรับคูระบายน้ำที่ขุดลงไปถึงชั้นทึบน้ำดังภาพที่ 1 และจะได้สมการการระบายน้ำที่เรียกว่า Donnan equation ดังนี้

$$R = \frac{4K(H^2 - D^2)}{S^2} \quad \text{.....(1)}$$



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์การไหลจากสมมติฐานของ Donnan

เมื่อ R = อัตราฝนหรือน้ำชลประทาน

K = ค่าความนำน้ำของดิน

H = ความสูงของน้ำใต้ดินเหนือชั้นทึบน้ำที่กึ่งกลางระหว่างคูระบาย

D = ความสูงของระดับน้ำในคูระบายเหนือชั้นทึบน้ำ

S = ระยะห่างระหว่างคูระบาย

จากสมการที่ 1 อาจแสดงได้ดังนี้

$$q = R = \frac{4K(2Dh + h^2)}{S^2}$$

$$q = \frac{8KDh}{S^2} + \frac{4Kh^2}{S^2} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ q = อัตราการระบายน้ำออกจากคูระบาย

h = H - D

จากสมการที่ (2) ถ้าสมมติให้ D = 0 จะได้

$$q = \frac{4Kh^2}{S^2} \qquad \text{.....(3)}$$

สมการที่ (3) เป็นการไหลของน้ำในส่วนที่อยู่เหนือทางระบายน้ำ ดังนั้นสมการที่เป็นการไหลของน้ำที่อยู่ในส่วนต่ำกว่าทางระบายน้ำจะเป็นดังสมการที่(4) ดังนี้

$$q = \frac{8KDh}{S^2} \qquad \text{.....(4)}$$

ดังนั้นเมื่อนำหลักการนี้มาใช้กับดินสองชั้นโดยให้ทางระบายน้ำอยู่ระหว่างชั้นของดินจะได้สมการดังนี้

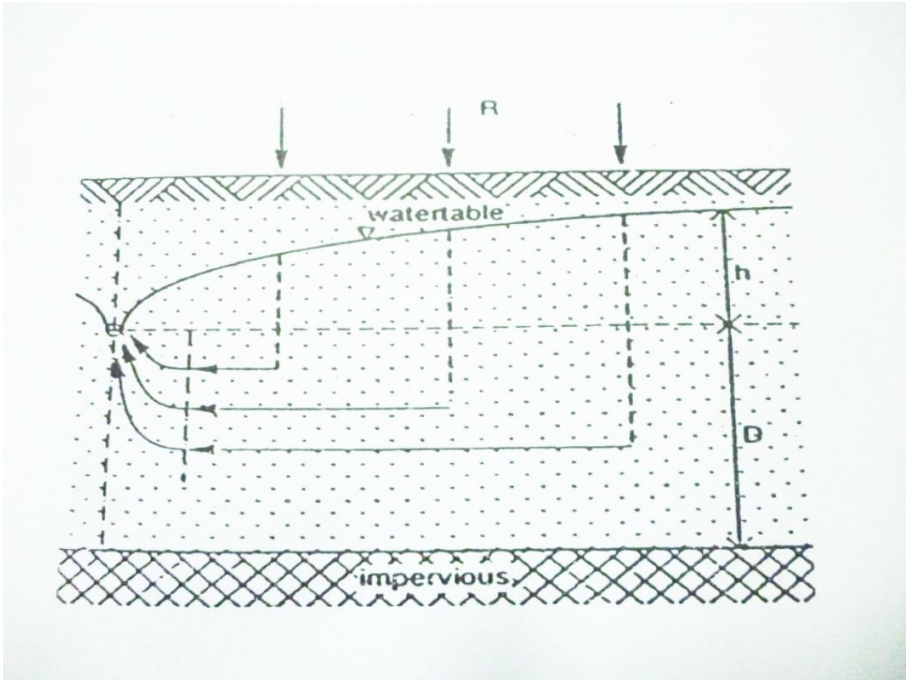
$$q = \frac{8K_2Dh}{S^2} + \frac{4K_1h^2}{S^2} \qquad \text{.....(5)}$$

เมื่อ K_1 = ความนำน้ำของดินชั้นบน

K_2 = ความนำน้ำของดินชั้นล่าง

หลักการของสมการ Hooghoudt

ถ้าในกรณีที่ทางระบายน้ำไม่ได้อยู่บนชั้นทึบน้ำดังสมการที่ (1) แต่อยู่เหนือชั้นทึบน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2 streamlines บริเวณใกล้ๆ กับทางระบายน้ำจะโค้งเข้าสู่ทางระบายน้ำเป็นการไหลแบบรัศมี ทำให้เส้นทางเดินของน้ำมีความยาวเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้ถ้าสมมติการไหลเป็นแบบการไหลในแนวราบ (horizontal flow) จะมีความคลาดเคลื่อนมาก ดังนั้น Hooghoudt จึงวิเคราะห์การไหลโดยแบ่งบริเวณของการไหลเป็นสองส่วนคือ การไหลในแนวราบ และการไหลในแนวรัศมี



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์การไหลตามหลักของสมการ Hooghoudt

จากการวิเคราะห์ของ Hooghoudt บริเวณซึ่งเป็นการไหลแบบรัศมี รอบ ๆ ทางระบายน้ำเท่ากับ $D\sqrt{2}$ และได้สมการการระบายน้ำในรูปแบบคล้าย ๆ กับสมการที่ (5) เรียกว่า Hooghoudt equation
ดังนี้

$$q = \frac{8K_2 dh}{S^2} + \frac{4K_1 h^2}{S^2} \quad \text{.....(6)}$$

เมื่อ d = equivalent depth

การที่ใช้ค่า d แทนค่า D เพราะในบริเวณใกล้กับทางระบายน้ำ streamlines จะโค้งเป็นแบบรัศมี ค่า d น้อยกว่า D โดยที่ equivalent depth, d เป็น ฟังก์ชั่น ของ S, D, r ซึ่ง r คือขนาดของทางระบายน้ำหรือขนาดท่อระบายน้ำ ดังนั้นการแก้สมการของ Hooghoudt จะต้องใช้วิธี trial and error และค่า equivalent depth, d อาจคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\mathrm{d} = \frac{\mathrm{D}}{1+\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{S}}(\frac{8}{\pi}\ln\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{r}}-\mathrm{a})} \text{ ในกรณีที่ } 0 < \frac{D}{S} \leq 0.3 \quad \text{.....(7)}$$

$$d = \frac{S}{\frac{8}{\pi}(\ln\frac{D}{r} - 1.15)} \quad \text{ในกรณีที่} \quad D > 0.3 \quad \text{.....(8)}$$

ซึ่ง $a = 3.55 - 1.6(\frac{D}{S}) + 2\left(\frac{D}{S}\right)^2$

2.6.2 สมการการระบายน้ำแบบ un - steady state

ในพื้นที่ซึ่งมีการให้น้ำชลประทานหรือพื้นที่ซึ่งมีฝนตกลงมาในอัตราสูง ระดับน้ำใต้ดินจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาไม่อยู่คงที่ ดังนั้น การสมมติว่าการไหลเป็นแบบ steady state จึงไม่ถูกต้องนัก การไหลจึงควรวิเคราะห์เป็น un - steady stateflow และผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเป็นแบบ approximate เช่นเดียวกับการไหลแบบ steady state

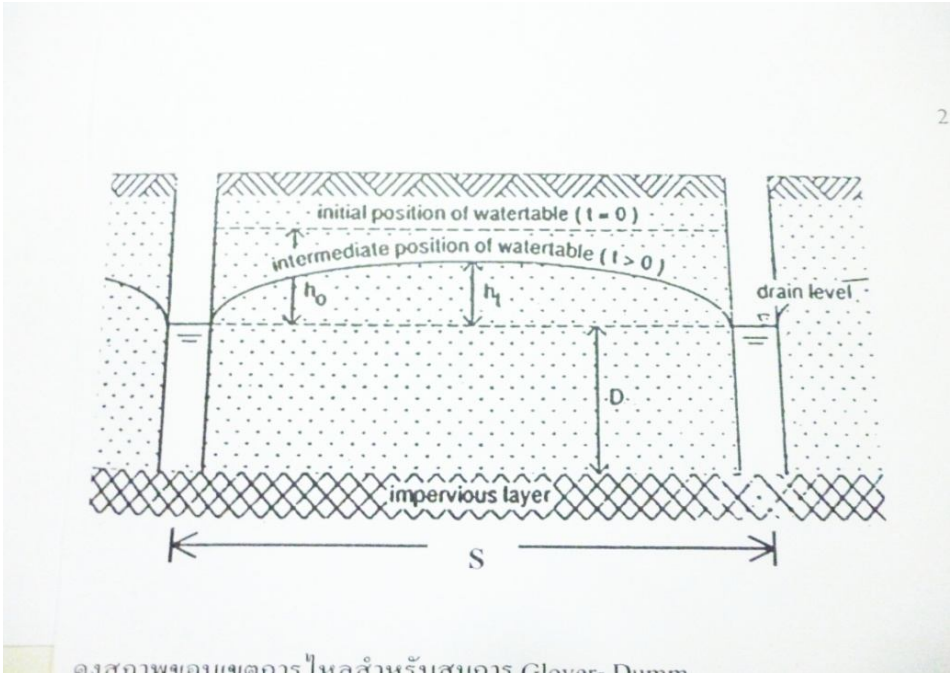
หลักการของสมการ Glover – Dumm

จากภาพที่ 3 หลังจากหยุดการใช้น้ำชลประทานหรือฝนตกจะมี recharge ซึ่งสมมติว่าเท่ากับ R และ recharge นี้จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นมาทันที เป็นระยะเท่ากับ h_o เป็นระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นและอยู่ในแนวราบ ต่อจากนั้นระดับน้ำ h_t จะค่อย ๆ ลดลง

at = 2.3log $\frac{h_0}{h_1}$ .....(9)

หรือ at = 2.3log $\frac{q_0}{q_1}$ .....(10)

เมื่อ t = ช่วงเวลาที่ระดับน้ำใต้ดินลดลงจาก h_0 ไปยัง h_t (วัน)



ภาพที่ 3 ขอบเขตการไหลสำหรับสมการ Glover – Dumm

h_0, h_t = ค่าการสูญเสียเฮด (headloss) ทั้งหมดที่เวลาเริ่มต้น t = 0 และที่เวลา t = t ของช่วงเวลาที่พิจารณา (เมตร)

q_0, q_t = อัตราการระบายน้ำที่เวลาเริ่มต้น t = 0 และที่เวลา t = t ของช่วงเวลาที่พิจารณา (เมตร)

$a = \frac{\pi^2 kd}{ps^2}$ คือ drainage intensity factor (วัน$^{-1}$)

P = drainable pore space ซึ่งเป็นรูปของของความพรุนประสิทธิผล (effective porosity) ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินมีความเปลี่ยนแปลง แสดงเป็นปริมาตรของน้ำที่ถูกระบายออกจากหน่วยของปริมาตรดินเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลง (หรือเพิ่มขึ้น) ตลอดหน่วยของระยะทางค่า p สำหรับดินเหนียว (heavy clay) มีค่า 3 - 5% สำหรับดินเนื้อปานกลาง (medium textured soils) มีค่า 5 - 10% และสำหรับดินทราย (sandy soils) 10 - 15%

K = ค่าความนำน้ำของชั้นดินเหนือท่อระบายและต่ำกว่าท่อระบายตามลำดับ(เมตรต่อวัน)

S = ระยะห่างระหว่างทางระบายน้ำ (m)

D = ความลึกประสิทธิผล (m)

สำหรับค่า drainable pore space (p) สามารถหาได้จากสมการที่ (11) ดังนี้

$$P = \frac{R_i}{\Delta h} \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ R_i = instantaneous recharge (มิลลิเมตร)

$\Delta h = h_0 - h_t$ (มิลลิเมตร)

จากสมการการระบายน้ำแบบ un - steady state ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถแสดงในรูปของค่า q และ h ได้ดังแสดงในสมการที่ (12) และ (13) คือ

$$a = \frac{2ap}{\pi} h \quad \text{.....(12)}$$

หรือ $$q = \frac{2\pi Kd}{S^2} h \quad \text{.....(13)}$$

และเวลาที่ระดับน้ำใต้ดินลดลงต่ำลงหาได้จาก

$$ta = \frac{0.4}{a} \quad \text{.....(14)}$$

ข้อมูลในสนามที่สามารถนำมาทำการพิจารณาร่วมกับสมการการระบายน้ำแบบ un - steady state เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ un - steady state ได้แก่ drainage intensity factor, hydraulic conductivity, transmissivity, และ effective porosity

2.7 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดิน

ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดินจะต้องคำนวณหาดังนี้

1. ความลึกและระยะห่างของทางระบาย ซึ่งเป็นตัวกำหนดการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

2. ขนาดท่อและ gradient ของท่อ ซึ่งจะต้องออกแบบให้ระบายน้ำได้เพียงพอ

3. การแนวของ field drains และ collector drains ซึ่งต้องให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ

2.7.1 สัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำ

สัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำหมายถึงน้ำที่ต้องระบายออกไปในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ค่าสัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำสำหรับการระบายน้ำใต้ดินจะมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อวัน เช่น มิลลิเมตรต่อวัน หรือนิ้วต่อวันค่าสัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำสำหรับการระบายน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่ชุ่มชื้นจะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับอัตราของฝนและขนาดของพื้นที่รับน้ำซึ่งจะมีค่าประมาณ 3 ถึง 25 มิลลิเมตรต่อวัน สำหรับพื้นที่ในเขตชลประทานค่าสัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำชลประทาน วิธีการให้น้ำ ความต้องการน้ำชะล้างดินและลักษณะของดิน เช่นในเขตพื้นที่ชลประทานมีการให้น้ำครั้งละ 15 เซนติเมตรทุก ๆ 14 วัน การให้น้ำแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียน้ำ 28% ของน้ำที่ให้ ค่าสัมประสิทธิ์ของการระบายน้ำจะเท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวัน

2.7.2 ความลึกและระยะห่างของทางระบายน้ำ

การคำนวณหาระยะห่างของท่อระบายน้ำ คำนวณหาจากสูตรของ Hooghoudt, Kirkham หรือ Glover – Dumm ดังที่ได้กล่าวมา

สิทธิพร (2541) กล่าวว่า ในทางทฤษฎีถ้าท่อระบายยิ่งฝังลงลึกไปในดินมากเท่าใด จะได้ระยะห่างระหว่างท่อมากยิ่งขึ้นซึ่งจะเป็นการประหยัดท่อได้มาก แต่ในทางปฏิบัติความลึกของท่อจะมีข้อจำกัดดังนี้

1. ถ้าใช้คูระบายเป็น collector drains การที่ฝังท่อระบายลึกมาก ๆ อาจทำให้ระดับน้ำได้ collector drains ต่ำลงไปด้วย คือ collector จะต้องขุดลึกมากตามไปด้วย ทำให้งานดินขุดเพิ่มมากขึ้นราคาแพงขึ้น
2. ถ้าดินชั้นล่างหรือชั้นดินที่ต่ำกว่าท่อระบายเป็นดินซึ่งมีค่าความนำน้ำของดินสูงจะเกิด seepage จากดินชั้นล่างไหลเข้ามาในท่อระบายน้ำมาก ทำให้ระดับน้ำใต้ดินซึ่งอยู่เหนือท่อระบายลดน้อยลง คือการทำหน้าที่ของท่อระบายเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินจะได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร
3. การฝังท่อลึกมาก ๆ การทำร่องขุด (trench) และการฝังท่อจะทำได้ลำบากยิ่งขึ้นและราคางานจะแพงขึ้นในการคำนวณหาระยะห่างของท่อระบายจะต้องนำข้อจำกัดข้างบนมาพิจารณาด้วยในทางปฏิบัติจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลง ๆ ค่าระยะห่างของท่อระบายน้ำที่คำนวณได้จากสูตรจะปัดลงให้เป็นตัวเลขมาตรฐานที่ใช้กัน เช่น 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 เมตร เป็นต้น และให้ใช้ค่าเท่า ๆ กันในแต่ละแปลง

2.7.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อและgradient

ในการออกแบบระบบท่อระบายจะสมมติความลาดเทของท่อขึ้นมาก่อนโดยให้มีค่าเท่ากับความลาดเทของภูมิประเทศ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอนภายในท่อความเร็วของน้ำจะต้องสูงพอ ความเร็วของประมาณ 0.4 เมตรต่อวินาที จะไม่ทำให้เกิดการตกตะกอนภายในท่อ ดังนั้นเพื่อให้เกิด self cleaning ภายในท่อควรใช้ประโยชน์จากความลาดเทของพื้นที่โดยให้ความลาดเทของท่อใกล้เคียงกับความลาดเทของลักษณะภูมิประเทศ ขนาดของท่อจะต้องใหญ่เพียงพอที่จะระบายน้ำได้ทันเวลาขนาดของท่อจะคำนวณหาได้จากสูตร Manning โดยอัตราการไหลเป็นแบบทางน้ำเปิดให้น้ำไหลเต็มท่อพอดี

สูตร Manning :

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Q = อัตราการระบายน้ำ (m^3/s)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ สำหรับท่อดินเผาและท่อคอนกรีต ค่าn ประมาณ 0.01 ถึง 0.017

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ (m^2)

R = hydraulic radius (m)

S = ความลาดชันท่อออกแบบ

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

การติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน มีอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการดังนี้

3.1 อุปกรณ์

1. ท่อนีโอเดรนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 5 ท่อน
2. แผ่นใยสังเคราะห์ Geotextile จำนวน 12.5 ตารางเมตร
3. ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 2 ท่อน
4. ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 2 เมตร สำหรับจัดทำบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน จำนวน8 ชุด
5. ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 12 เมตร จำนวน 3 ท่อน
6. เครื่องสูบน้ำขนาดอัตราการไหล 80 ลิตร/นาที จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดินชนิดแบบเสียงเตือน จำนวน 1 เครื่อง
8. ข้อต่อท่อนีโอเดรนชนิดตรง จำนวน 4 ชิ้น
9. ข้อต่อท่อนีโอเดรนชนิดข้องอ 90° จำนวน 2 ชิ้น
10. รองคอนกรีตสำเร็จขนาด 1.2 นิ้ว จำนวน 4 ใบ
11. ฝาคอนกรีตปิดบ่อพักน้ำ ขนาด 1.5 m จำนวน 1 ใบ
12. ลูกลอยไฟฟ้า 1 ชุด

ภาพที่ 4 ท่อนีโอเดรน

ภาพที่ 5 Geotextile

ภาพที่ 6 ข้อต่อตรงสองทาง

ภาพที่ 7 ข้อต่อ 90°

ภาพที่ 8 ท่อ PVC

ภาพที่ 9 เครื่องวัดระดับน้ำชนิดแบบเสียงเตือน

ภาพที่ 10 เครื่องสูบน้ำแบบแช่

ภาพที่ 11 ลูกลอยไฟฟ้า

ภาพที่ 12 รองคอนกรีต ขนาด 1.2 m.

ภาพที่ 13 ฝาปิดรองคอนกรีตขนาด 1.5 m.

3.2 วิธีการดำเนินการ

3.2.1 การเตรียมพื้นที่

1. กำหนดพื้นที่ในการระบายน้ำใต้ดิน โดยการทดสอบและติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ของการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่การระบายน้ำใต้ดินแสดงในภาพที่ 14

2. ทำการออกแบบระบบระบายน้ำใต้ดิน จะใช้ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ โดยการใช้ท่อนีโอเดรนที่มีประสิทธิภาพการระบายน้ำสูง

3. ทำการขุดดินลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 1.5 เมตร โดยระดับของการวางท่อนีโอเดรนคือที่ระยะ 1.5 เมตร แต่ระหว่างการขุดดินนั้นพบว่าดินเกิดการเคลื่อนที่พังทลายออกด้านข้าง เพราะเกิดจากน้ำใต้ดินดันชั้นดินทราย ที่บริเวณพื้นที่มีชั้นดินทรายเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำการขุดดินให้เป็นแนวเอียงและปักไม้รอบพื้นที่ เพื่อลดความลาดชันทำให้ดินไม่เกิดการพังทลาย

3.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์

1. ทำการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดิน โดยทำการสูบน้ำใต้ดินที่ท่วมขังอยู่ออกจากพื้นที่ เมื่อสูบน้ำจนแห้งแล้วทำการปรับระดับพื้นที่และวางท่อนีโอเดรนตามแบบก่อสร้างทันที ท่อนีโอเดรนนั้นจะต้องทำการพันแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) รอบท่อนีโอเดรน 2 รอบ แล้วทำการผูกด้วยลวด โดยจะวางท่อนีโอเดรนเชื่อมต่อกับท่อ PVC ที่ใช้เป็นท่อรวมน้ำไหลเข้าสู่บ่อพักน้ำ แล้วทำการถมดินฝั่งท่อ ซึ่งแสดงตำแหน่งการวางท่อในภาพที่ 15

2. ในส่วนของบ่อพักน้ำนั้น เป็นบ่อขนาด diameter 1.2 ม. โดยขอบล่างบ่อจะเจาะรูไว้เพื่อให้ท่อนีโอเดรน และท่อ PVC ระบายน้ำเข้ามายังบ่อพักน้ำได้

3. ในส่วนการเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำนั้น เลือกจากกำลังของเครื่องสูบน้ำคิดจากอัตราการระบายน้ำจากสมการการระบายน้ำของ Hooghoudt

$$q = \frac{8K_b dh}{L^2} + \frac{4K_a h^2}{L^2}$$

4. ตรวจสอบอัตราการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำที่สูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำด้วยวิธี Cut – throat Flume จากสมการข้างล่างนี้

$$Q = CHa^{n1}$$

5. ติดตั้งลูกลอยไฟฟ้าที่ขอบบ่อพักน้ำเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดระยะเวลาการสูบน้ำ แล้วทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดิน โดยดำเนินการสูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำไปทิ้งยังจุดทิ้งน้ำ

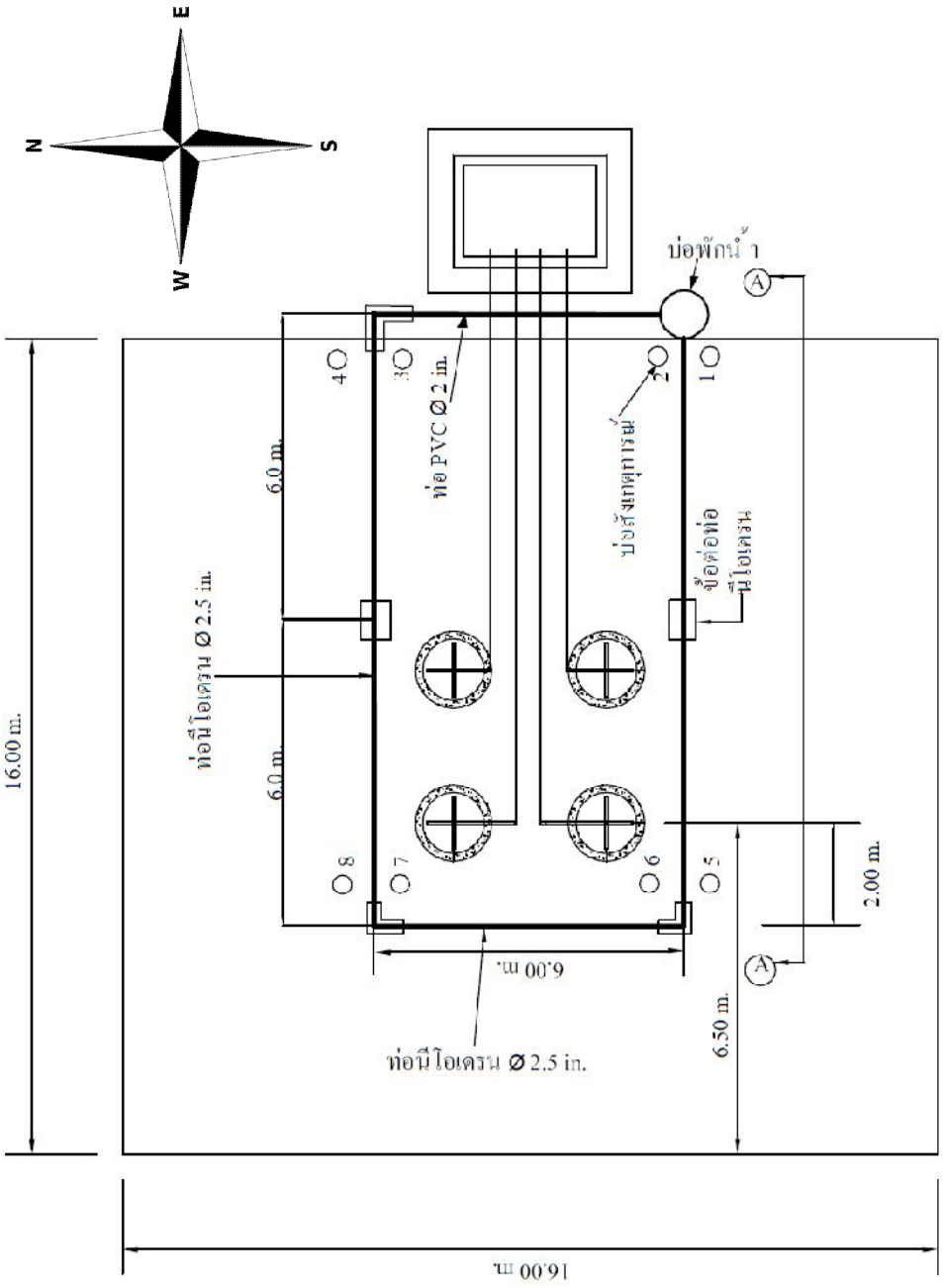
6. ติดตั้งบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินลึกประมาณ 1.0 – 1.5 เมตรบริเวณทั้งสี่มุมของพื้นที่ ดังภาพที่ 17

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. หาระดับอ้างอิงที่ใช้ในการเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงในบ่อตรวจวัดระดับใต้ดิน ซึ่งใช้กล้องระดับในการตั้งค่าระดับอ้างอิง และระดับอ้างอิงคือขอบบนของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่ใช้ทำการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ โดยระยะความสูงจากผิวดินถึงขอบบนถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ 35 เซนติเมตร

2. บันทึกค่าระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงในบ่อตรวจวัดระดับน้ำ ด้วยเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดินชนิดแบบเสียงเป็นประจำทุก ๆ วัน

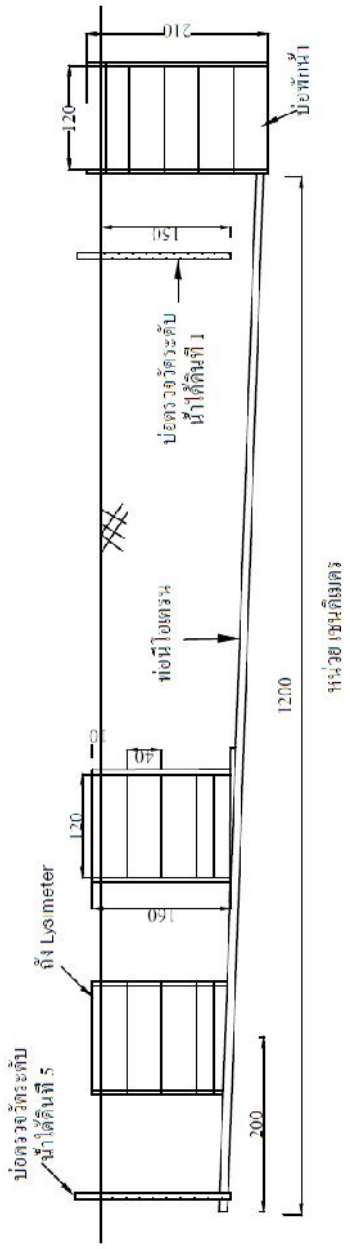
ภาพที่ 14 แผนที่ตั้งของระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ



ภาพที่ 15 พื้นที่การระบายน้ำใต้ดินแบบท่อระบายน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์

บ่อสังเกตการณ์ที่	N	E
1	1551992	603845
2	1551994	603846
3	1551998	603845
4	1552000	603845
5	1551993	603837
6	1551994	603836
7	1551999	603838
8	1552001	603838



ภาพที่ 16 รูปตัด A-A ด้านข้างของระบบระบายน้ำใต้ดิน

ภาพที่ 17 บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบริเวณทั้งสี่มุมของพื้นที่การศึกษา จำนวน 8 บ่อ

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

การติดตั้งและทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดินนั้น ส่วนของการติดตั้งสามารถติดตั้งได้ตามที่ออกแบบไว้ ส่วนของการทดสอบการระบายน้ำนั้นระบบสามารถทำงานได้ และมีการเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงจากบ่อตรวจวัดทุกวัน มีอุปสรรคบ้างเล็กน้อยในการติดตั้งและทดสอบ แต่สามารถแก้ไขและดำเนินการไปได้ด้วยดี

1. การติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อนีโอเดรน

การติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินนั้นเราได้ติดตั้งตามที่ออกแบบไว้ โดยทำการขุดดินในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดโดยรถแบ็คโฮ แล้วพบปัญหาว่ามีน้ำใต้ดินขึ้นสูงจนท่วมพื้นที่ รวมทั้งดินบริเวณขอบพื้นที่สไลด์ตัวลงมา จึงแก้ปัญหาด้วยการปักไม้เป็นแนวกั้นดินสไลด์ตัวลงมา ดังภาพที่ 18 จากนั้นจึงทำการสูบน้ำออกจากพื้นที่การศึกษาโดยเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ดังภาพที่ 19 เพื่อที่จะสามารถลงไปติดตั้งท่อนีโอเดรนได้

จากนั้นทำการปรับพื้นที่ให้ได้ระดับลาดเทตามแบบก่อสร้างทันที ดังภาพที่ 20 แล้วจึงนำท่อนีโอเดรนที่พันด้วยผ้าจีโอเท็กไทล์ลงไปติดตั้ง แต่ในขณะติดตั้งท่อนีโอเดรนนั้นจะใช้ส่วนที่เป็นรูระบายน้ำไว้ด้านบน จากนั้นนำหินกรวดโรยลงไปบนท่อนีโอเดรนเพื่อเป็นการกรองน้ำอีกที ดังภาพที่ 21

เมื่อติดตั้งท่อนีโอเดรนเสร็จเรียบร้อยแล้วจากนั้นจึงทำการติดตั้งบ่อพักน้ำในจุดที่กำหนด แล้วเจาะรูด้านล่างของบ่อพักน้ำในระดับเดียวกับท่อนีโอเดรนและท่อ PVC เพื่อให้ท่อนีโอเดรนและท่อ PVC สอดเข้ามาได้ ดังภาพที่ 22 จากนั้นทำการกลบดินลงไปในส่วนที่ติดตั้งโดยทั่วพื้นที่ ดังภาพที่ 23

สุดท้ายทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อพักน้ำในระดับต่ำจากผิวดินลงไป 1.4 ม. โดยต่อกับท่อ PVC ยื่นขึ้นมาเพื่อเป็นทางไปสู่จุดทิ้งน้ำ ดังภาพที่ 24 โดยเครื่องสูบน้ำนั้นได้ทำการติดตั้งลูกลอยไฟฟ้า 2 ลูก โดยลูกแรกอยู่ต่ำจากผิวดินลงไป 1.2 ม. และลูกที่สองอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องสูบน้ำ เมื่อระดับน้ำในบ่อพักน้ำขึ้นถึงลูกลอยลูกแรกสวิตซ์จะเปิดการทำงานของเครื่องสูบน้ำและเมื่อสูบน้ำจนน้ำลดระดับลงไปที่ลูกลอยลูกที่สอง สวิตซ์จะปิดอัตโนมัติ เพื่อเป็นตัวกำหนดระยะเวลาการสูบน้ำและเพื่อเป็นการพักเครื่องไปในตัว

ภาพที่ 18 การปักไม้เป็นแนวกั้นดินสไลด์ตัว

ภาพที่ 19 การสูบน้ำออกจากแปลงทดลองด้วยเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่

ภาพที่ 20 การปรับพื้นที่ตามระดับลาดเท

ภาพที่ 21 การนำเอาหินกรวดโรยทับบนท่อนีโอเดรน

ภาพที่ 22 ทำการเจาะรูบ่อพักน้ำเพื่อให้ท่อน็อเดรนและท่อ PVC สอดเข้าได้

ภาพที่ 23 ทำการกลบดินในแปลงทดลอง

ภาพที่ 24 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อพักน้ำ

ภาพที่ 25 การติดตั้งทางระบายน้ำใต้ดินออกสู่จุดทิ้งน้ำ

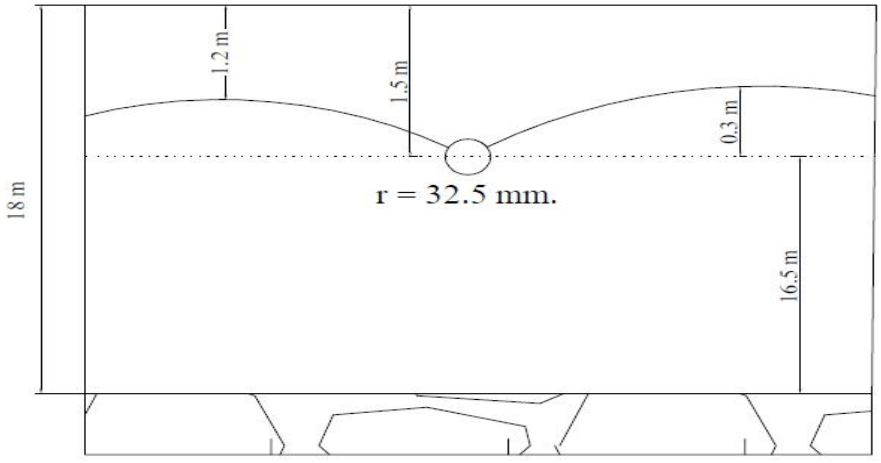
2. การทำงานของระบบระบายน้ำใต้ดิน

การทำงานของระบบระบบระบายน้ำใต้ดินเมื่อทำการติดตั้งระบบเสร็จเรียบร้อย ระบบระบายน้ำใต้ดินสามารถทำงานได้จริงโดยท่อรวบรวมน้ำที่เป็นท่อพีวีซี จะรวบรวมน้ำจากท่อนีโอเดรนแล้วรวบรวมน้ำไปยังบ่อพักน้ำ จากนั้นทำการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแล้วลำเลียงออกไปยังจุดทิ้งน้ำในช่วงสัปดาห์แรกหลังจากการถมดินกลบท่อระบายน้ำ เมื่อทำการสูบน้ำจนระดับอยู่ถึงระดับก้นบ่อพักน้ำจะสังเกตเห็นน้ำที่ออกจากท่อรวมน้ำมีการไหลที่เร็ว อาจจะเกิดจากในช่วงสัปดาห์แรก ๆ ดินที่ถมนั้นยังเกิดการหลวมตัวอยู่ ทำให้เครื่องสูบน้ำน้ำที่ใช้ในการสูบน้ำนั้นมีอัตราการสูบน้ำน้อยกว่าอัตราการไหลของน้ำที่ออกจากท่อรวบรวมน้ำ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลายสัปดาห์การไหลของน้ำเริ่มช้าลงเรื่อย ๆ จนมีอัตราการไหลคงที่ ทำให้เครื่องสูบน้ำน้ำสามารถสูบน้ำได้ทันกับอัตราการไหลของน้ำที่ออกจากท่อรวบรวมน้ำแล้วนำน้ำไปทิ้งที่จุดทิ้งน้ำได้

2.1 การหาอัตราการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำ

ความลึกของชั้นทึบน้ำลึกลงจากผิวดิน 18 เมตร, ค่าความนำน้ำของดิน 0.728 เมตร/วัน (วีรยุทธ, 2546)

กำหนดให้ระดับน้ำจากใต้ดินขึ้นมาไม่เกิน 1.2 เมตร
ฝังท่อลึกจากผิวดิน 1.5 เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อมีขนาด 65 มิลลิเมตร
ระยะห่างระหว่างท่อ 6 เมตร



ภาพที่ 26 การวิเคราะห์อัตราการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำ

$$q = \frac{8Kbdh}{L^2} + \frac{4Kah^2}{L^2}$$

$$\frac{D}{L} = \frac{16.5}{6} = 2.75 > 0.3$$

ดังนั้น $d = \frac{L}{\frac{8}{\pi}(\ln\frac{L}{r} - 1.15)}$

$$d = \frac{6}{\frac{8}{\pi}(\ln\frac{6}{0..325} - 1.15)} = 0.579 \quad \text{เมตร}$$

$$q = \frac{8(0.728)(0.579)(0.3)}{6^2} + \frac{4(0.728)(0.3)^2}{6^2}$$

$= 0.035$ เมตร/วัน

จากพื้นที่มีขนาด $16 \text{ x } 16$ เมตร

ดังนั้น อัตราการระบายน้ำ = $0.035 \text{ x } 16 \text{ x } 16$ = 8.96 เมตร^3/ วัน

= 373 ลิตร / ชั่วโมง

จากการคำนวณอัตราการระบายน้ำพบว่ามีอัตราการระบายน้ำเท่ากับ 373 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งมีค่าน้อยมากอาจเกิดจากตัวแปรที่อ้างอิงมาใช้นั้นไม่ตรงกับสภาพของพื้นที่ในปัจจุบัน จึงใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 80 ลิตร/นาที ซึ่งเลือกจากการสังเกตการไหลของน้ำใต้ดินลงสู่บ่อพักน้ำ

2.2 อัตราการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำ

อัตราการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำหาได้จากวิธี Cut–throat Flume

$$Q = CHa^{n1}$$

Q = อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)

Ha = ความลึกของน้ำในทางเข้า (ซม.)

C = สัมประสิทธิ์ของการไหลแบบอิสระ

n_1 = สัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับความยาวของราง

ตารางที่ 2 ค่าต่างๆที่ใช้คำนวณหาอัตราไหลของเครื่องสูบน้ำน้ำจาก Cut – throat Flume

t (min)	s (cm)	Ha (cm)	Hb (cm)	Ha (m)	Hb (m)	s/t	Q m^3/s	Q l/min
1	8	2.1	0.2	0.021	0.002	8	0.00029	17.42191
1	6.3	2.9	0.4	0.029	0.004	6.3	0.000526	31.58241
1	6.5	3	0.4	0.03	0.004	6.5	0.00056	33.61864
1	6.6	3.1	0.4	0.031	0.004	6.6	0.000595	35.71292
1	6	3.2	0.4	0.032	0.004	6	0.000631	37.86493
1	6	3.2	0.4	0.032	0.004	6	0.000631	37.86493
1	5.5	3.2	0.4	0.032	0.004	5.5	0.000631	37.86493
1	5.5	3.2	0.4	0.032	0.004	5.5	0.000631	37.86493
1	5	3.2	0.4	0.032	0.004	5	0.000631	37.86493
1	4.8	3.2	0.4	0.032	0.004	4.8	0.000631	37.86493
1	4.3	3.2	0.4	0.032	0.004	4.3	0.000631	37.86493
1	4.5	3.2	0.4	0.032	0.004	4.5	0.000631	37.86493
1	3.2	3.2	0.4	0.032	0.004	3.2	0.000631	37.86493
1	3.5	3.2	0.4	0.032	0.004	3.5	0.000631	37.86493
1	3.5	3.2	0.4	0.032	0.004	3.5	0.000631	37.86493

โดยมีตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

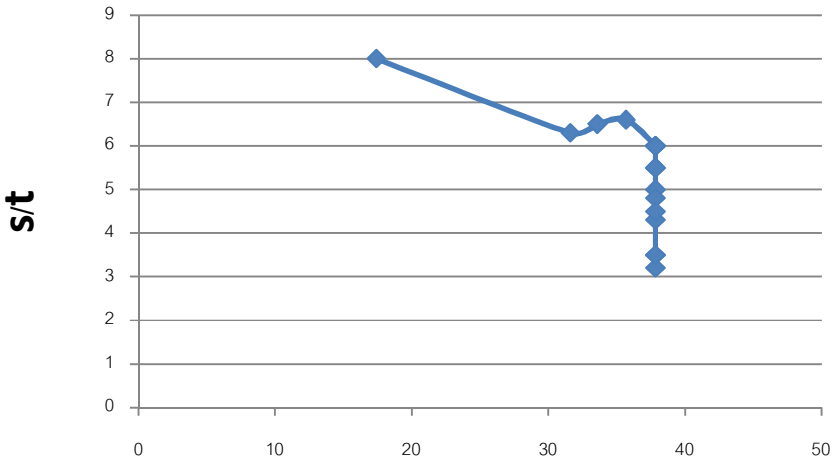
t คือ เวลา (min)

S คือ ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงต่อช่วงเวลา (cm)

H_a คือ ความลึกที่ทางเข้า Cut – throat Flume (cm)

H_b คือ ความลึกที่ทางออก Cut – throat Flume (cm)

Q คือ อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ (m^3/S)



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำต่อช่วงเวลา

จากการตรวจสอบหาอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำพบว่าเครื่องสูบน้ำมีอัตราการไหลที่คงที่เท่ากับ 37.86 ลิตร/นาที เมื่อผ่านช่วงเวลา 5 นาที

3. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน

เมื่อมีการระบายน้ำใต้ดินออกจากพื้นที่แล้วจะมีการเก็บค่าระดับของน้ำใต้ดินที่ลดลงในแต่ละวันจากบ่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงระดับใต้ดินจำนวน 8 บ่อ รอบพื้นที่การระบายน้ำใต้ดิน โดยจะใช้ระดับขอบบนของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้ทำการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ เป็นจุดอ้างอิงในการทำการวัดระดับน้ำใต้ดินโดยแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินดังในตารางที่ 3

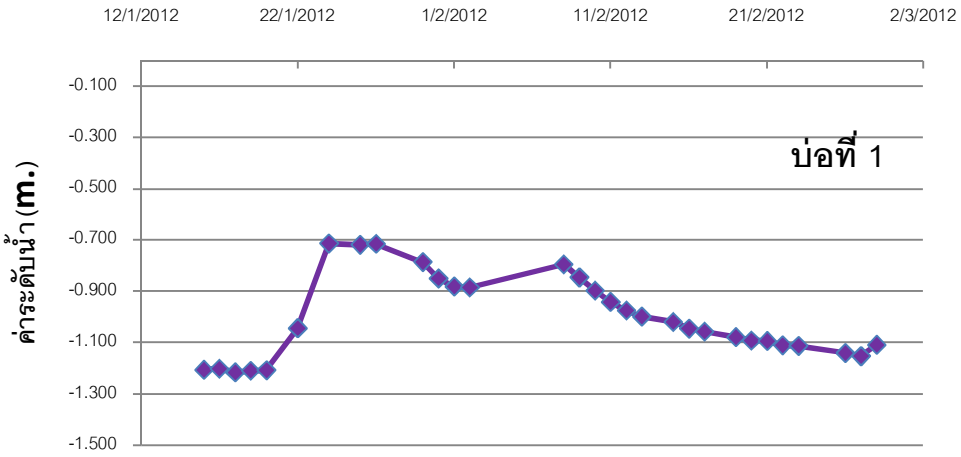
จากค่าระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงในแต่ละบ่อของแต่ละวันสามารถนำข้อมูลมาแสดงในรูปกราฟระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 1 - 8 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 แสดงในภาพที่ 17 - 24

จากภาพที่ 28 และ 29 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 1 และ 2 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 จะเห็นว่าค่าระดับน้ำเมื่อเริ่มทำการสูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำในช่วงวันที่ 16/01/2012 ถึงวันที่ 22/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง แต่ในช่วงวันที่ 24/01/2012 ถึงวันที่ 2/02/2012 จะเห็นว่าระดับใต้ดินสูงขึ้นจากเดิมมาก สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นในช่วงเวลานี้นั้นอาจเกิดจากอิทธิผลภายนอก ที่เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน เมื่อทำการตรวจวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงมีการป้องกันน้ำไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินและการให้น้ำแก่พืชในเวลาตอนเช้าและจะเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินในเวลาตอนเย็น ซึ่งทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง แต่ระดับน้ำใต้ดินยังคงมีระดับสูง จึงเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ตั้งแต่วันที่ 8/02/2012 และหลังจากวันที่ 8/02/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

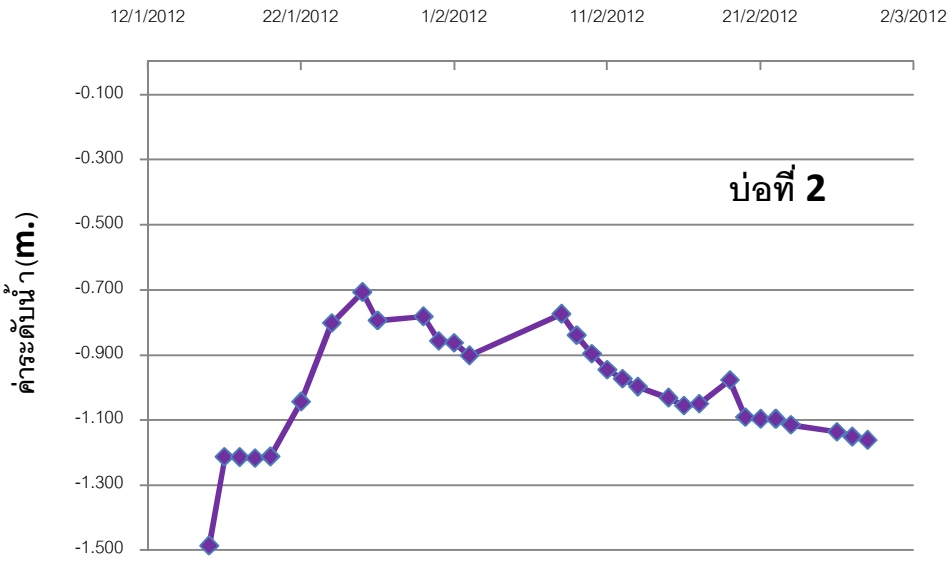
จากภาพที่ 30 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 3 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 เมื่อดำเนินการสูบน้ำแล้วจะเห็นว่าจากวันที่ 16/01/2012 ถึงวันที่ 22/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลง แต่ระหว่างวันที่ 22/01/2012 ถึงวันที่ 26/01/2012 ระดับน้ำดับใต้ดินเพิ่มสูงขึ้นมาก อาจเกิดจากอิทธิพลภายนอก ที่เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน แต่อาจเกิดอิทธิพลน้อยจึงทำให้หลังจากวันที่ 26/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ และเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ตั้งแต่วันที่ 8/02/2012 หลังจากวันที่ 8/02/2012 จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าระดับของน้ำใต้ดิน บริเวณรอบพื้นที่การศึกษา ตลอดระยะเวลาการศึกษา

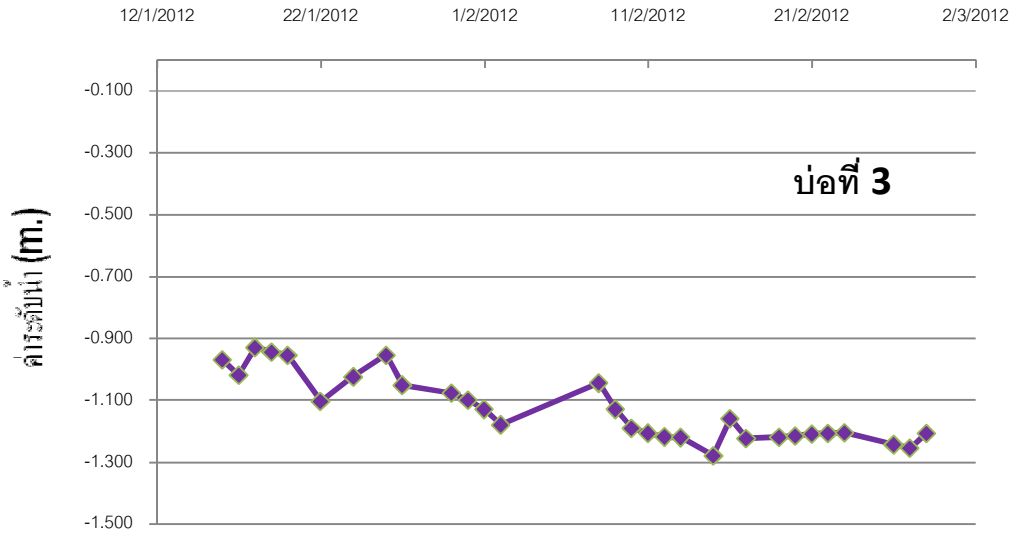
วัน/เดือน/ปี	ค่าระดับน้ำในบ่อสังเกตุการณ์จากระดับขอบบนของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า (m)							
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 4	บ่อที่ 5	บ่อที่ 6	บ่อที่ 7	บ่อที่ 8
16/1/2012	-1.205	-1.487	-0.969	-0.945	-0.962	-1.097	-0.962	-1.057
17/1/2012	-1.201	-1.214	-1.019	-1.039	-1.057	-1.135	-0.982	-1.089
18/1/2012	-1.215	-1.215	-0.929	-0.940	-1.034	-1.143	-0.860	-1.049
19/1/2012	-1.209	-1.218	-0.944	-0.952	-0.922	-1.133	-0.821	-0.790
20/1/2012	-1.207	-1.213	-0.955	-0.965	-1.012	-0.825	-0.713	-0.888
22/1/2012	-1.043	-1.044	-1.103	-1.103	-1.122	-0.970	-0.960	-1.118
24/1/2012	-0.714	-0.802	-1.024	-1.090	-0.842	-0.755	-0.925	-1.003
26/1/2012	-0.719	-0.707	-0.954	-1.125	-0.790	-0.735	-0.914	-1.021
27/1/2012	-0.715	-0.795	-1.051	-1.160	-1.015	-0.940	-1.094	-1.139
30/1/2012	-0.786	-0.782	-1.077	-1.175	-1.187	-0.885	-1.140	-1.223
31/1/2012	-0.850	-0.857	-1.099	-1.179	-1.184	-0.925	-1.155	-1.249
1/2/2012	-0.881	-0.863	-1.129	-1.200	-1.202	-0.956	-1.145	-1.234
2/2/2012	-0.885	-0.902	-1.179	-1.220	-1.217	-1.023	-1.177	-1.244
8/2/2012	-0.795	-0.774	-1.044	-1.133	-0.907	-0.960	-1.150	-1.158
9/2/2012	-0.846	-0.840	-1.129	-1.185	-0.989	-1.029	-1.196	-1.198
10/2/2012	-0.897	-0.897	-1.190	-1.225	-1.077	-1.095	-1.215	-1.223
11/2/2012	-0.941	-0.946	-1.206	-1.237	-1.140	-1.140	-1.216	-1.234
12/2/2012	-0.974	-0.974	-1.218	-1.245	-1.180	-1.169	-1.224	-1.246
13/2/2012	-0.998	-0.998	-1.220	-1.250	-1.207	-1.192	-1.224	-1.249
15/2/2012	-1.019	-1.032	-1.279	-1.260	-1.264	-1.220	-1.235	-1.263
16/2/2012	-1.045	-1.056	-1.159	-1.246	-1.247	-1.232	-1.227	-1.269
17/2/2012	-1.057	-1.051	-1.223	-1.252	-1.262	-1.246	-1.211	-1.269
19/2/2012	-1.078	-0.978	-1.219	-1.230	-1.286	-1.265	-1.222	-1.275
20/2/2012	-1.091	-1.092	-1.215	-1.230	-1.298	-1.272	-1.228	-1.267
21/2/2012	-1.093	-1.097	-1.209	-1.231	-1.296	-1.285	-1.217	-1.267
22/2/2012	-1.110	-1.097	-1.207	-1.217	-1.300	-1.286	-1.215	-1.287
23/2/2012	-1.112	-1.116	-1.205	-1.213	-1.305	-1.292	-1.210	-1.293
26/2/2012	-1.140	-1.137	-1.243	-1.261	-1.313	-1.318	-1.246	-1.283
27/2/2012	-1.152	-1.152	-1.254	-1.276	-1.313	-1.332	-1.260	-1.298
28/2/2012	-1.108	-1.162	-1.207	-1.136	-1.320	-1.331	-1.232	-1.301



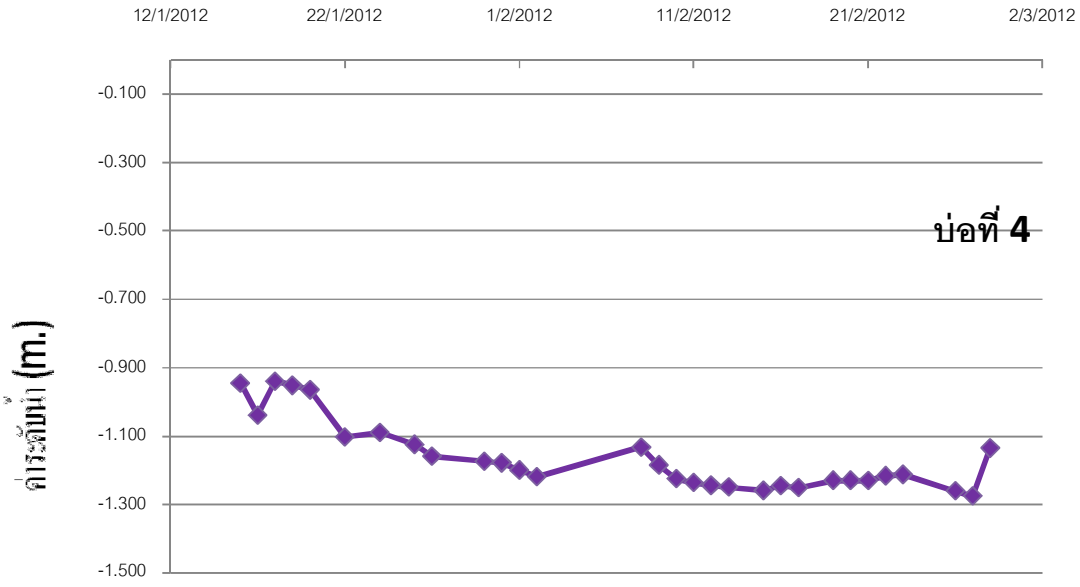
ภาพที่ 28 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่1 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012



ภาพที่ 29 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่2 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012



ภาพที่ 30 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่3ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012

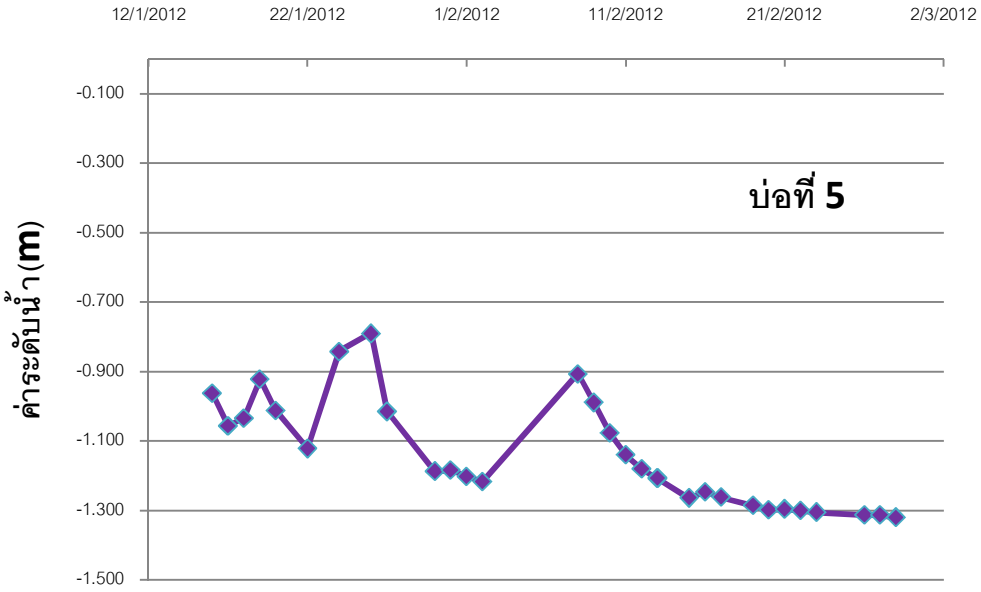


ภาพที่ 31 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่4 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012

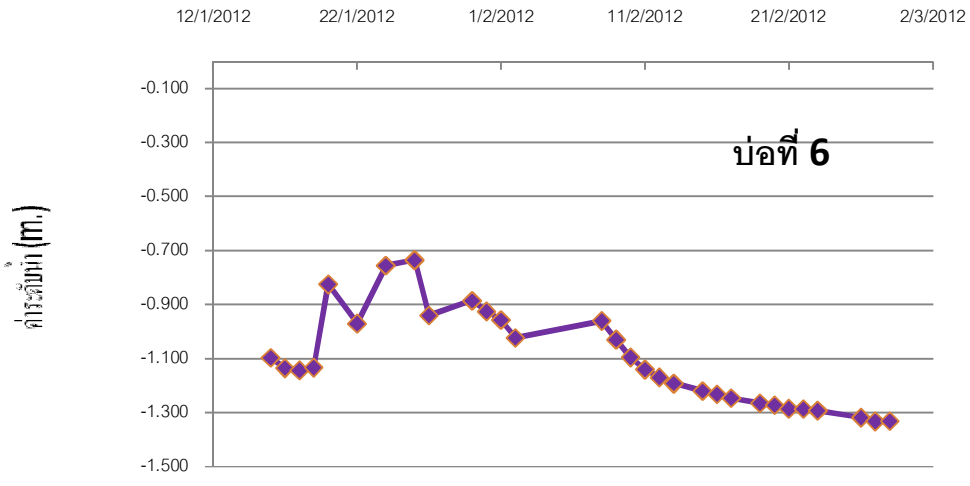
จากภาพที่ 31 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 4 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 เมื่อดำเนินการสูบน้ำแล้วจะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ อาจเกิดจากการไม่ได้รับอิทธิพลภายนอกรบกวน และเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ตั้งแต่วันที่ 8/02/2012 และหลังจากวันที่ 8/02/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

จากภาพที่ 32 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 5 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 จะเห็นว่าเมื่อเริ่มทำการสูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำในช่วงแรกระดับน้ำจะลดลง แต่ช่วงวันที่ 24/01/2012 ถึงวันที่ 26/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นมาก สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นในช่วงเวลานี้นั้นอาจเกิดจากอิทธิผลภายนอก ที่เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน เมื่อทำการตรวจวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงมีการป้องกันน้ำไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินและการให้น้ำแก่พืชในเวลาตอนเช้าและจะเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินในเวลาตอนเย็น ซึ่งทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง แต่ระดับน้ำใต้ดินยังคงมีระดับสูง จึงเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ตั้งแต่วันที่ 8/02/2012 พบว่าระดับน้ำในวันที่ 8/02/2012 เพิ่มสูงจากเดิมมาก แต่หลังจากวันที่ 8/02/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

จากภาพที่ 33 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 6 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 จะเห็นว่าเมื่อเริ่มทำการสูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำในช่วงแรกระดับน้ำจะลดลง แต่ช่วงวันที่ 19/01/2012 ถึงวันที่ 26/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นมาก สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นในช่วงเวลานี้นั้นอาจเกิดจากอิทธิผลภายนอก ที่เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน เมื่อทำการตรวจวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงมีการป้องกันน้ำไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินและการให้น้ำแก่พืชในเวลาตอนเช้าและจะเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินในเวลาตอนเย็น ซึ่งทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงมาก แต่เมื่อเริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 8/02/2012 และหลังจากวันที่ 8/02/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

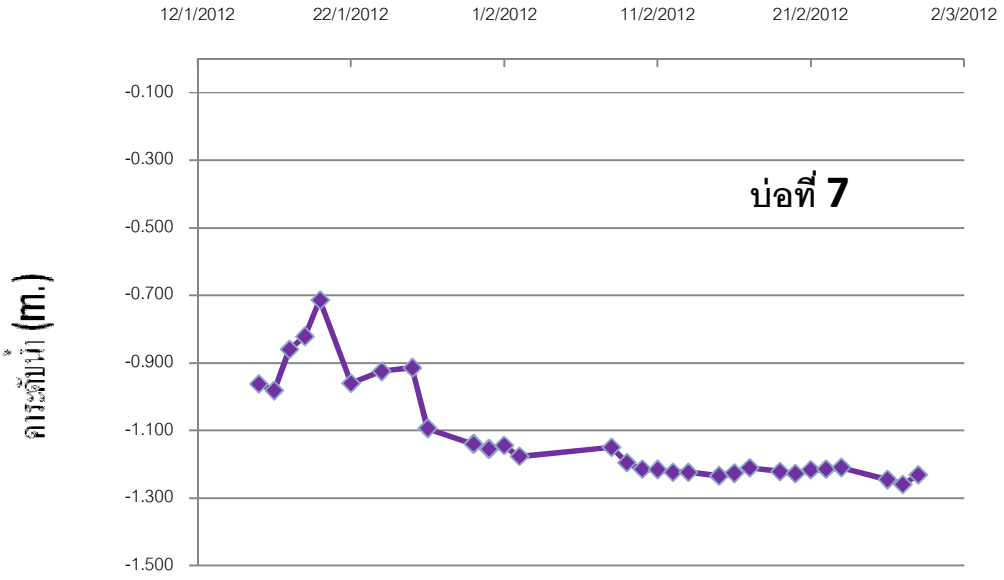


ภาพที่ 32 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่5 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012

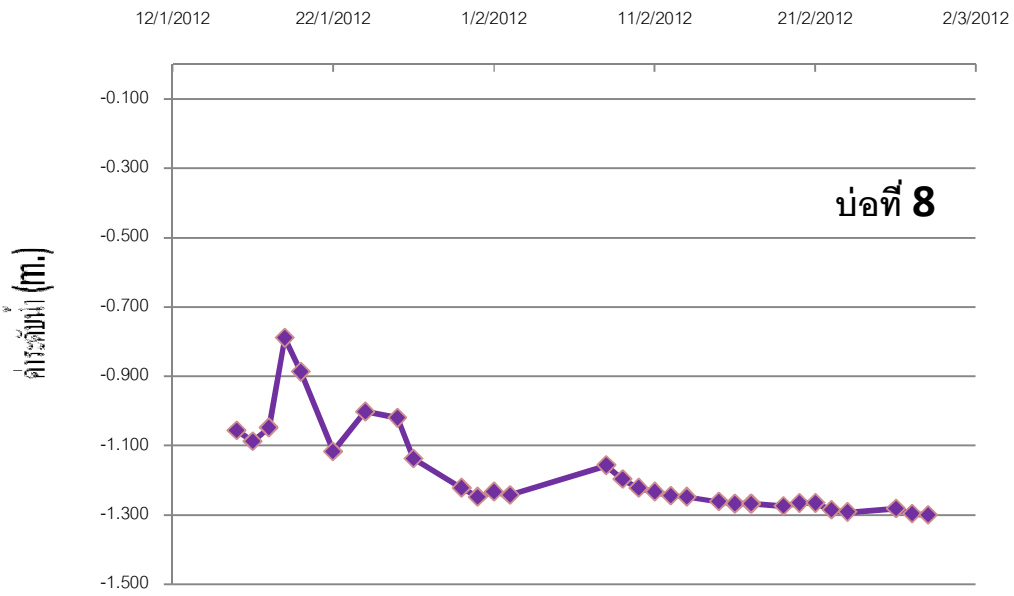


ภาพที่ 33 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่6 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012

จากภาพที่ 34 และ 35 กราฟค่าระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 7 และ 8 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012 จะเห็นว่าเมื่อเริ่มทำการสูบน้ำออกจากบ่อพักน้ำในช่วงสัปดาห์แรกระดับน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นในช่วงเวลานี้นั้นอาจเกิดจากอิทธิผลภายนอก ที่เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน แต่อาจได้รับอิทธิพลน้อยจึงทำให้หลังจากวันที่ 20/01/2012 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง และเริ่มเก็บข้อมูลใหม่ตั้งแต่วันที่ 8/02/2012 และหลังจากวันที่ 8/02/2012 ระดับน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอ

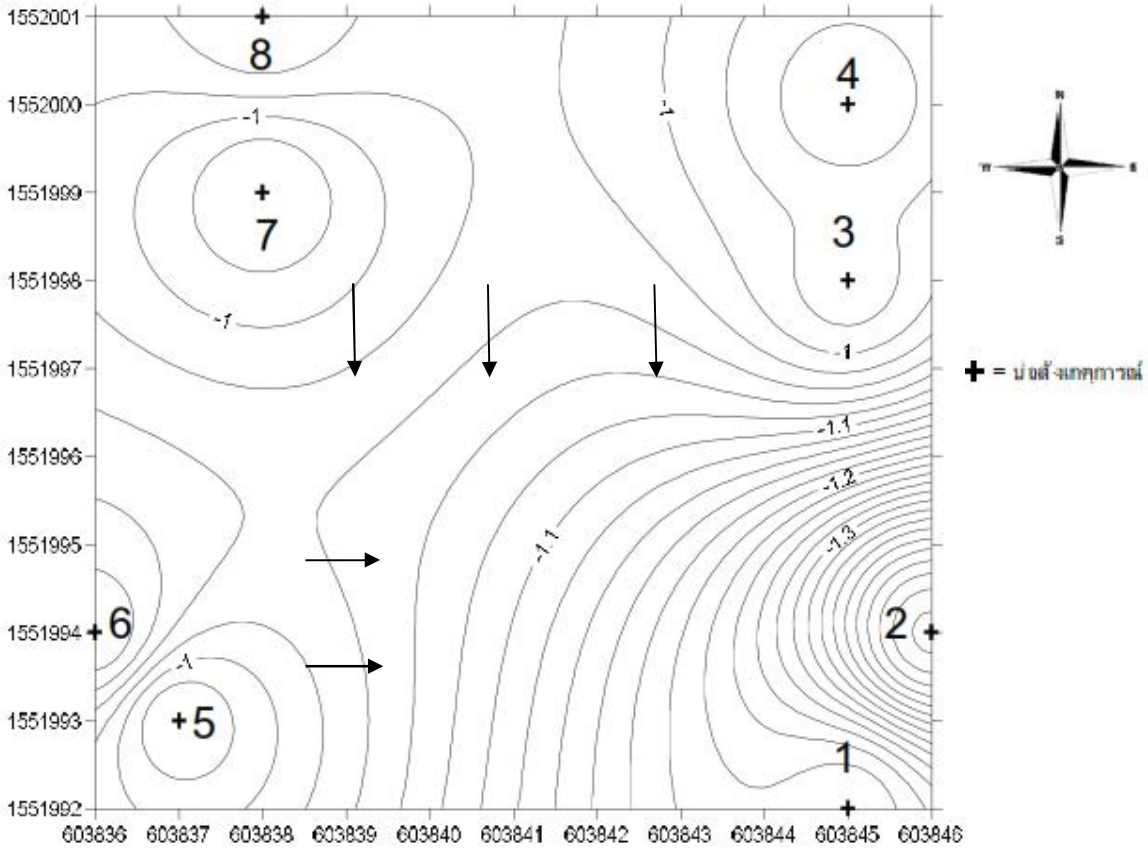


ภาพที่ 34 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่7 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012



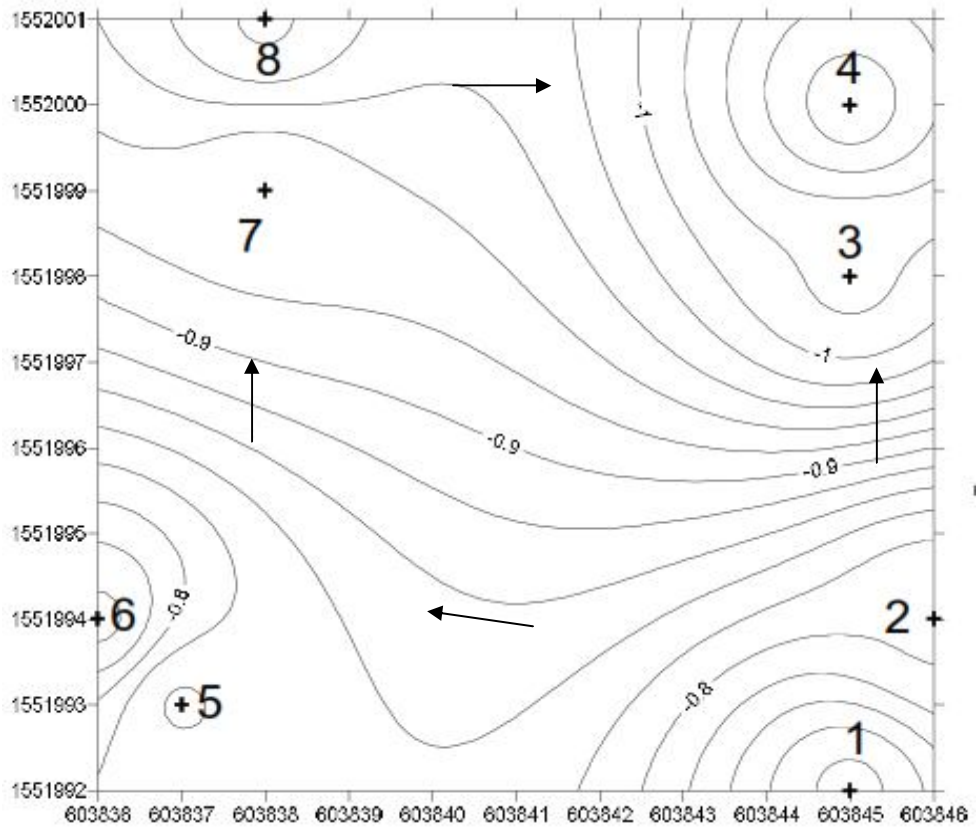
ภาพที่ 35 ระดับน้ำของบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่8 ระหว่างวันที่ 16/1/2012 - 28/2/2012

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินในแต่ละวันสามารถนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบเส้นชันความสูงโดยใช้โปรแกรม Surfer ในการวาดเส้นชันความสูง และเก็บค่าพิกัดตำแหน่งของบ่อเกตการณ์ทั้ง 8 บ่อในรูปแบบ UTM แสดงในภาพที่ 25 - 29



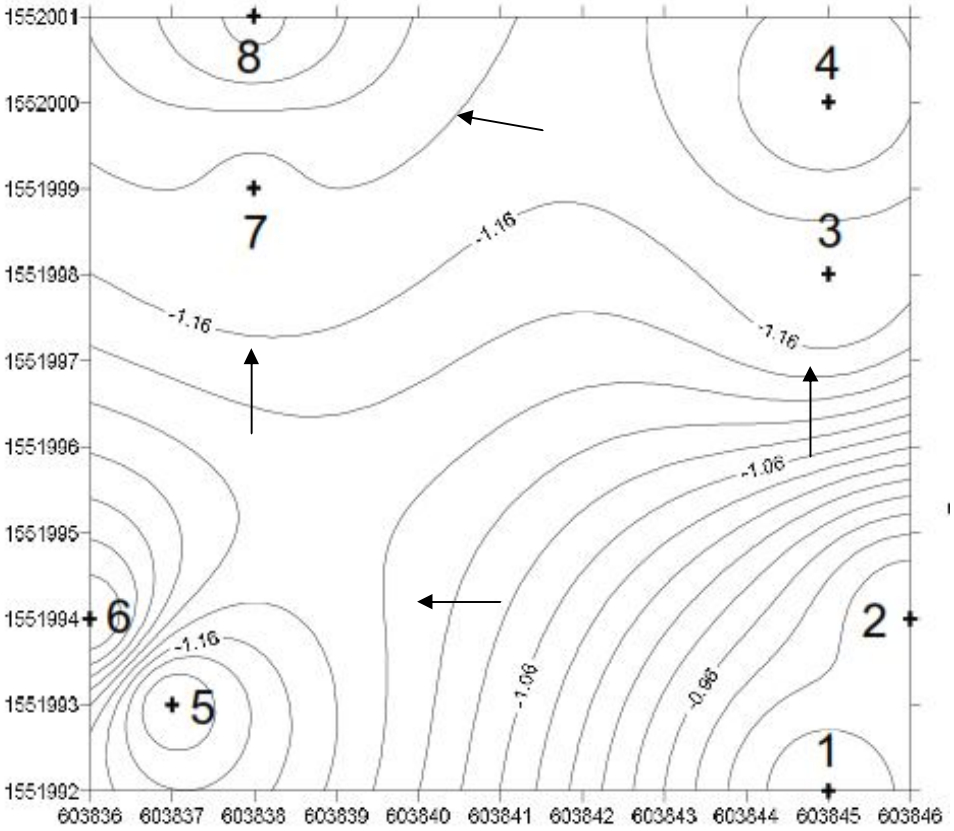
ภาพที่ 36 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/01/2012

จากภาพที่ 36 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/01/2012 จะเห็นว่าการไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลไปยังบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 1 และ 2 ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 1 และ 2 มีระดับน้ำใต้ดินที่ต่ำกว่าบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบ่ออื่น ๆ



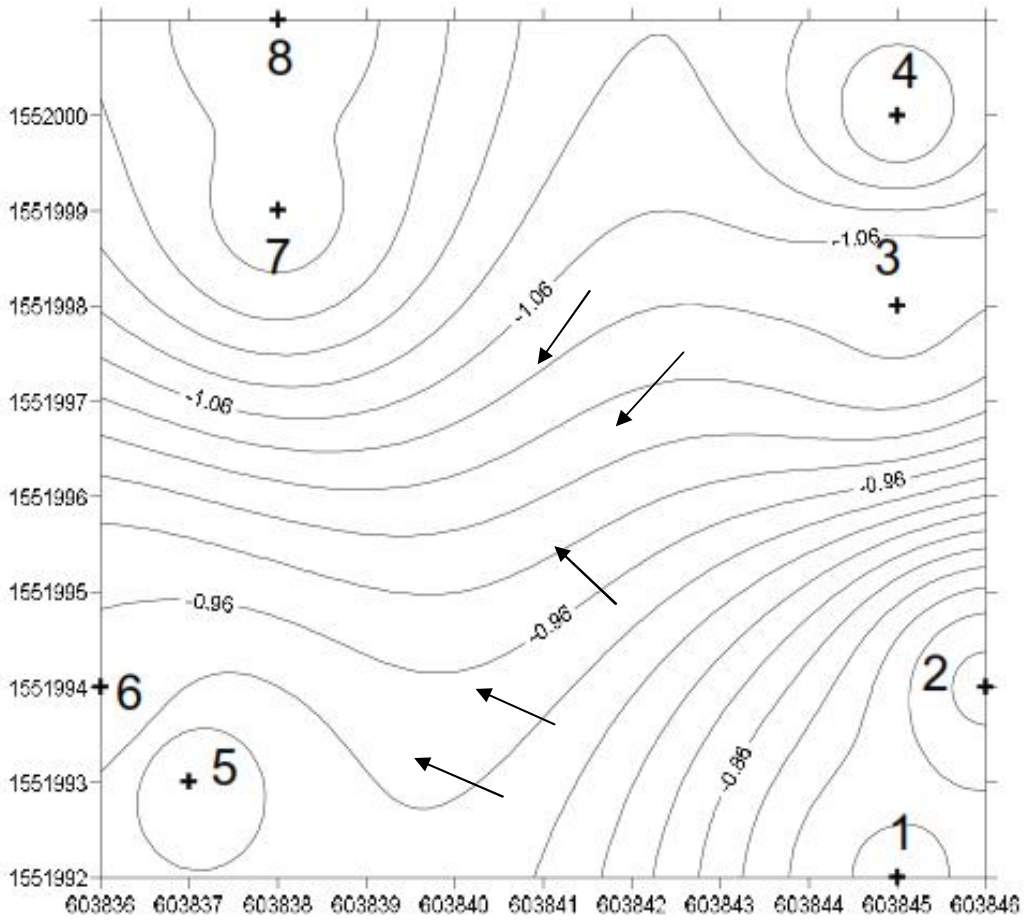
ภาพที่ 37 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 24/01/2012

จากภาพที่ 37 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 24/01/2012 จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 1 และ 2 จะมีระดับเพิ่มสูงขึ้นมาก ส่วนระดับน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 5, 6, 7 และ 8 จะมีระดับเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นเพราะอาจเกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน เมื่อทำการตรวจวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ผิดพลาด ส่วนระดับน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 3 และ 4 จะมีค่าระดับน้ำลดลง ซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลภายนอกน้อยจึงทำให้ระดับใต้ดินไม่เพิ่มขึ้น ทำให้การไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลไปยังบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำที่ 3 และ 4



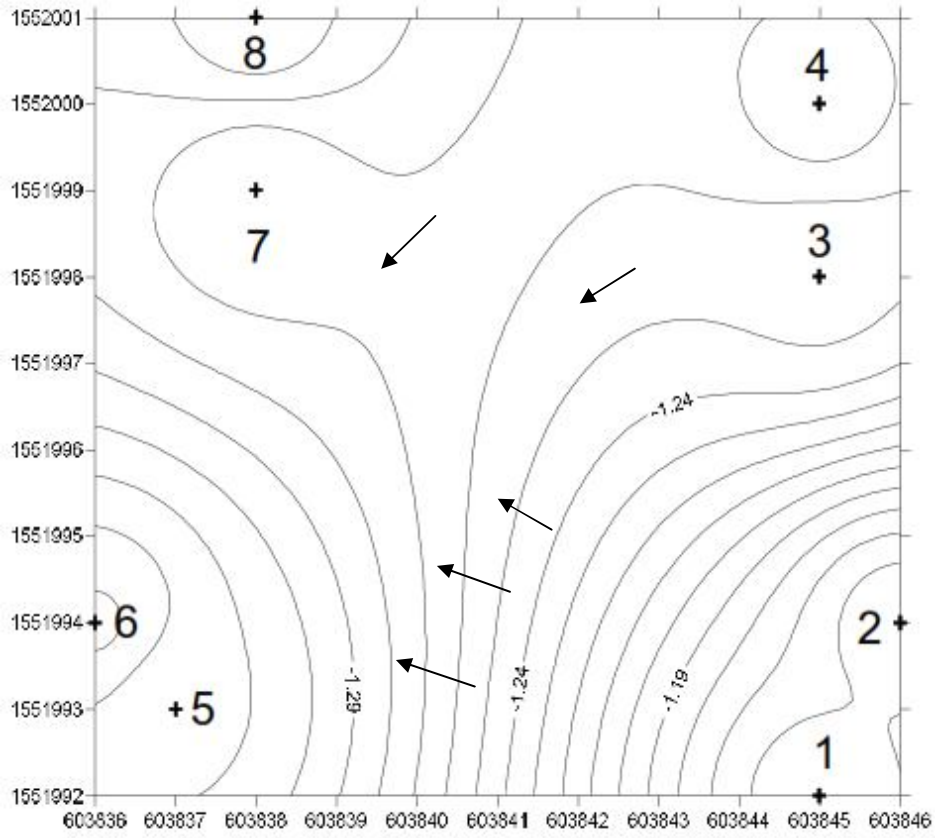
ภาพที่ 38 แผนทีค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 2/02/2012

จากภาพที่ 38 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 2/02/2012 จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 1 และ 2 จะมีระดับสูงเช่นเดิม ส่วนน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 จะมีระดับต่ำลดลง โดยทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มของทิศทางการไหลไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณทิศตะวันตกและทิศเหนือของพื้นที่การศึกษา



ภาพที่ 39 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 8/02/2012

จากภาพที่ 39 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 8/02/2012 จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินบริเวณบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินที่ 1 - 8 จะมีระดับเพิ่มสูงขึ้น ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มของทิศทางการไหลไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณทิศตะวันตกและทิศเหนือของพื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 40 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/02/2012

จากภาพที่ 40 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/02/2012 จะเห็นว่าระดับน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ทดลองมีระดับน้ำใกล้เคียงกัน อาจเกิดจากระบบระบายใต้ดินระบายน้ำอยู่ในสภาวะคงที่และไม่เกิดการรบกวนจากอิทธิพลภายนอก แต่ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีแนวโน้มของทิศทางการไหลไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณทิศตะวันตกและทิศเหนือของพื้นที่ทดลองทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่การศึกษา

ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่การศึกษา ในช่วงสัปดาห์แรกจะมีทิศทางการไหลไปยังบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบ่อที่ 1 และ 2 แต่ในช่วงวันที่ 24/01/2012 ถึงวันที่ 2/02/2012 จะมีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินไปยังบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบ่อที่ 3 และ 4 เพราะบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบ่อที่ 1, 2, 5, 6, 7 และ 8 มีระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น เกิดจากการให้น้ำแก่พืชของการศึกษาเรื่องการวัดการใช้น้ำของพืชโดยถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ ซึ่งอยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเมื่อทำการให้น้ำแก่พืชแล้วจะทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน ส่วนบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินบ่อที่ 3 และ 4 อาจเกิดรบกวนน้อยหรือไม่เกิดการรบกวนเลย ในช่วงหลังจากวันที่ 8/02/2012 พบว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลไปยังท่อนีโอเดรนที่อยู่ทางทิศตะวันตกและทิศเหนือของพื้นที่การศึกษา ซึ่งจะเห็นว่าท่อระบายน้ำนีโอเดรนฝั่งด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือของพื้นที่มีการระบายน้ำใต้ดินได้ดีกว่าด้านทิศใต้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการติดตั้งท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พบว่า สามารถติดตั้งท่อนีโอเดรนได้ตามแบบก่อสร้างที่ออกแบบไว้ แต่การติดตั้งท่อนีโอเดรนมีความล่าช้าเพราะเกิดจากปัญหาการขุดดินเพื่อฝังท่อนีโอเดรน ดินเกิดการสไลด์ออกด้านข้าง เพราะเกิดจากน้ำใต้ดินดันชั้นดินทราย ซึ่งในพื้นที่มีชั้นดินทรายเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำการขุดดินให้เป็นแนวเอียงเพื่อไม่ให้ดินเกิดการสไลด์ และการการปักไม้เป็นแนวกั้นดินสไลด์ตัวลงมา การติดตั้งท่อดีโอเดรนจึงสามารถดำเนินการไปด้วยดี

ในส่วนของการทดสอบการทำงานของระบบระบายน้ำใต้ดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 16/01/2012 ถึงวันที่ 28/02/2012 และมีการเก็บค่าระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงในแต่ละวัน จากบ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินจำนวน 8 บ่อ รอบพื้นที่การศึกษา พบว่า เมื่อมีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแล้วทำการสูบน้ำท่อนีโอเดรนสามารถระบายน้ำได้จริง สังเกตเห็นจากน้ำใต้ดินที่ไหลออกจากท่อรวมน้ำเมื่อทำการการสูบน้ำถึงก้นบ่อพักน้ำ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลง แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 3 ระดับน้ำใต้ดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก สาเหตุเกิดจากการให้น้ำแก่พืชในบริเวณพื้นที่การศึกษา ทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน จึงต้องมีการป้องกันและเริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 8/02/2012 ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงและมีการลดลงของน้ำใต้ดินจากระดับเดิมประมาณ 20 เซนติเมตร ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลเคลื่อนตัวไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณฝั่งทิศตะวันตกและทิศเหนือ

ระบบระบายน้ำใต้ดินโดยการใช้ท่อนีโอเดรนนี้สามารถใช้งานได้จริง เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการปลูกพืชที่มีพื้นที่ขนาดเล็กและมีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง หรือสามารถนำไปใช้ในการให้น้ำแก่พืชแบบรอบเวรควบคู่กับการระบายน้ำใต้ดิน

เอกสารอ้างอิง

ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 274 น.

สิทธิพร เงินประเสริฐศรี. 2541. วิศวกรรมการระบายน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 145 น.

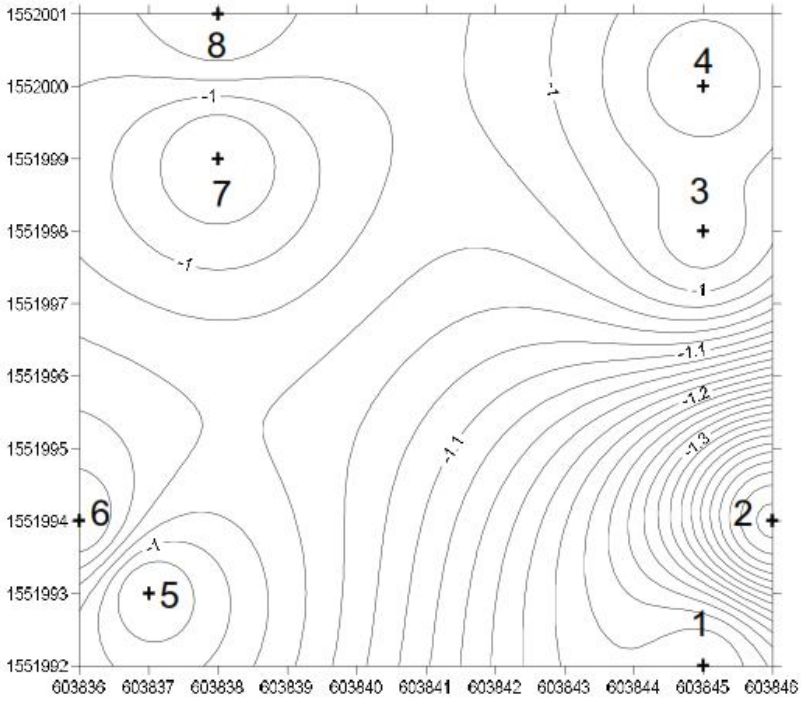
สิทธิพร เงินประเสริฐศรี. 2534. การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 77 น.

วีรยุทธ ทองวัชรานนท์. 2546. การทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงทดลอง. วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 223 น.

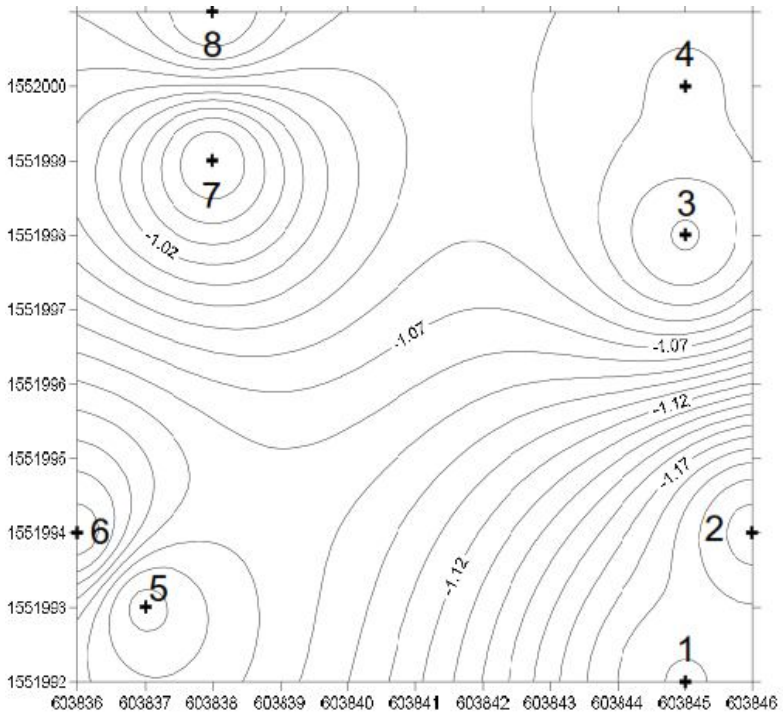
กลุ่มบริษัท ยูเอชเอ็ม. “ท่อระบายน้ำใต้ดิน”. วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.uhm.co.th/product/index.php. (วันที่ค้นข้อมูล 25 มิถุนายน 2554)

ภาคผนวก ก

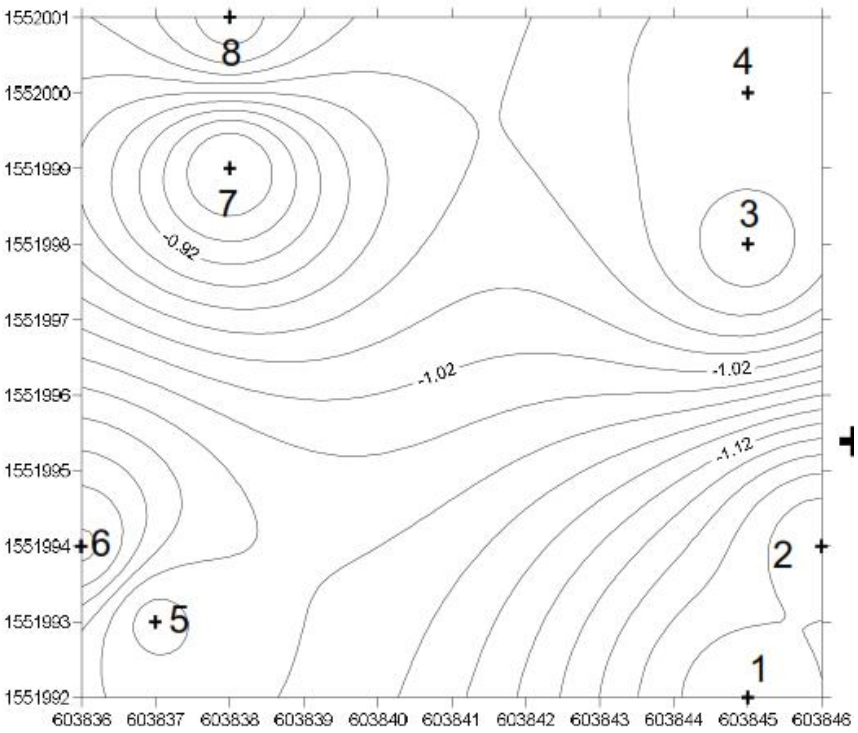
การแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินในแต่ละวันสามารถนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบเส้นชันความสูงโดยใช้โปรแกรม Surfer



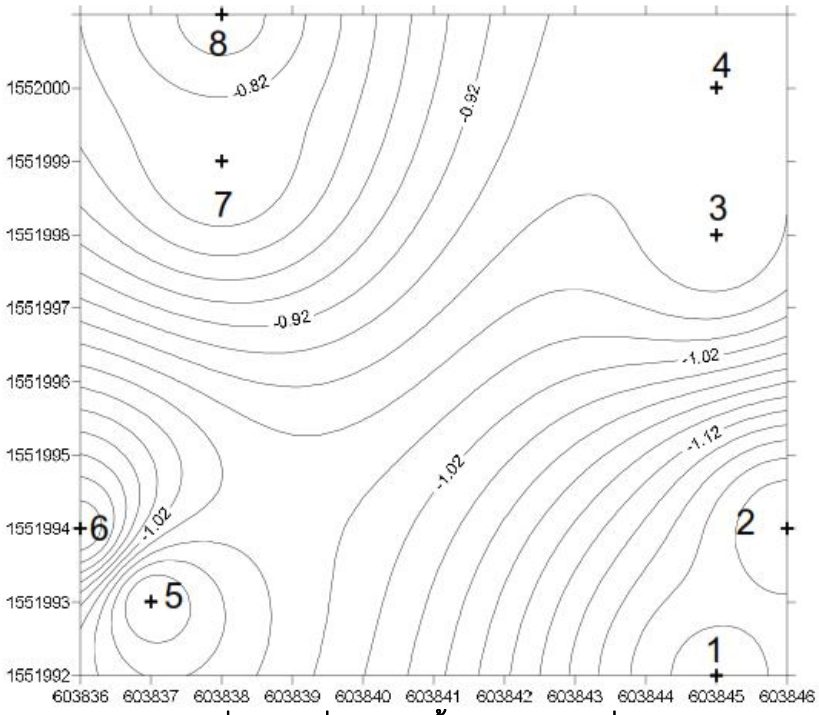
ภาพผนวกที่ 1 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/01/2012



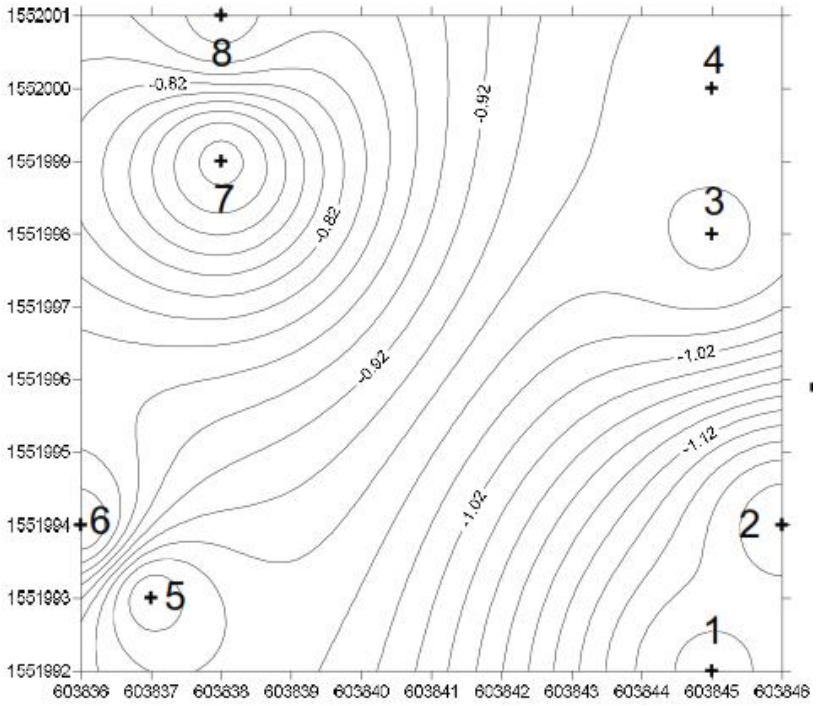
ภาพผนวกที่ 2 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 17/01/2012



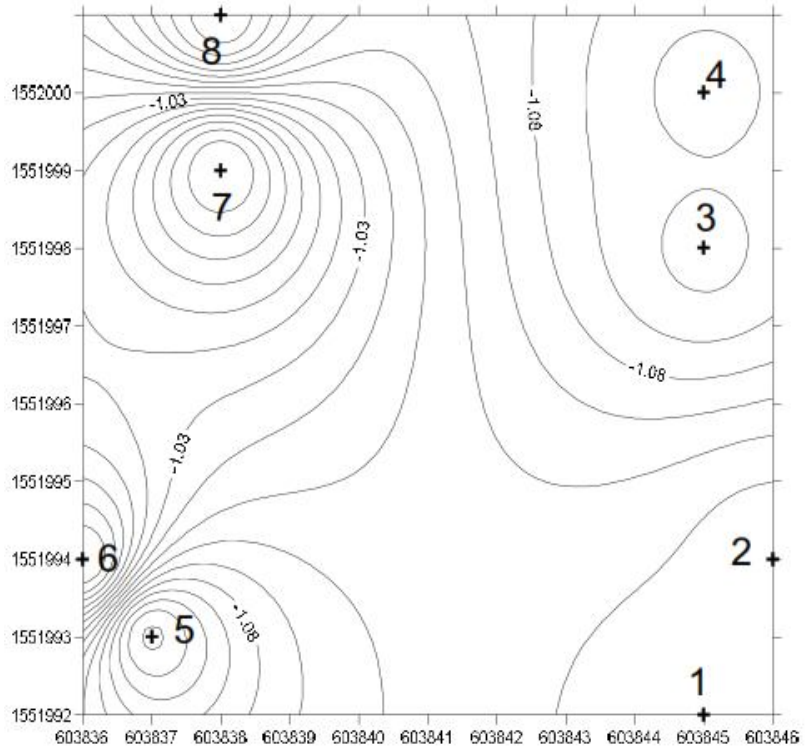
ภาพผนวกที่ 3 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 18/01/2012



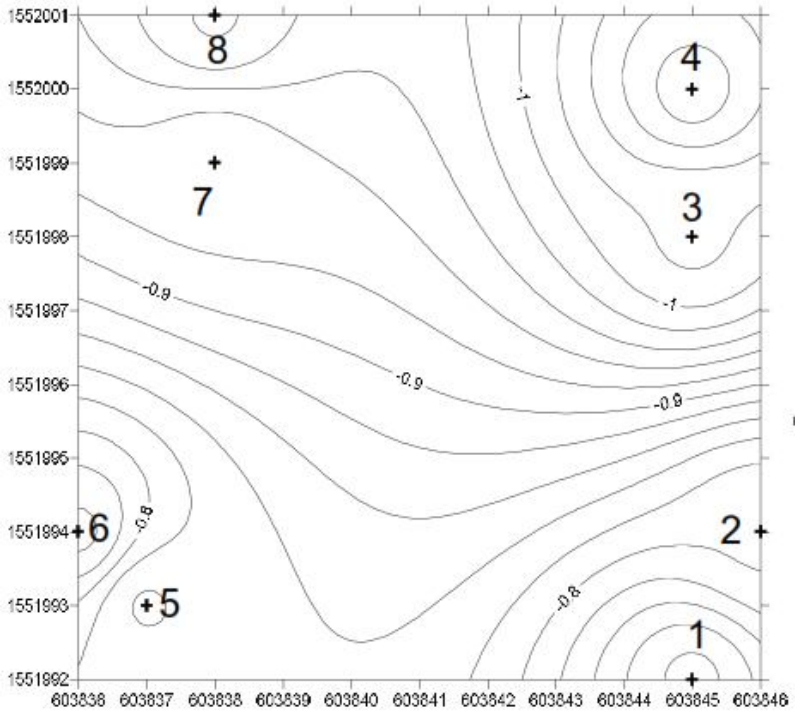
ภาพผนวกที่ 4 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 19/01/2012



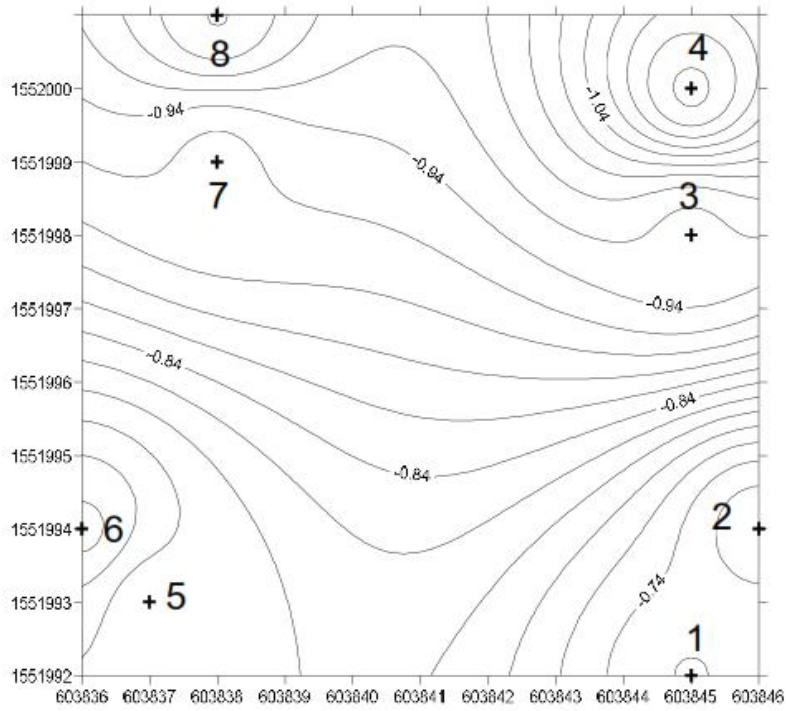
ภาพผนวกที่ 5 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 20/01/2012



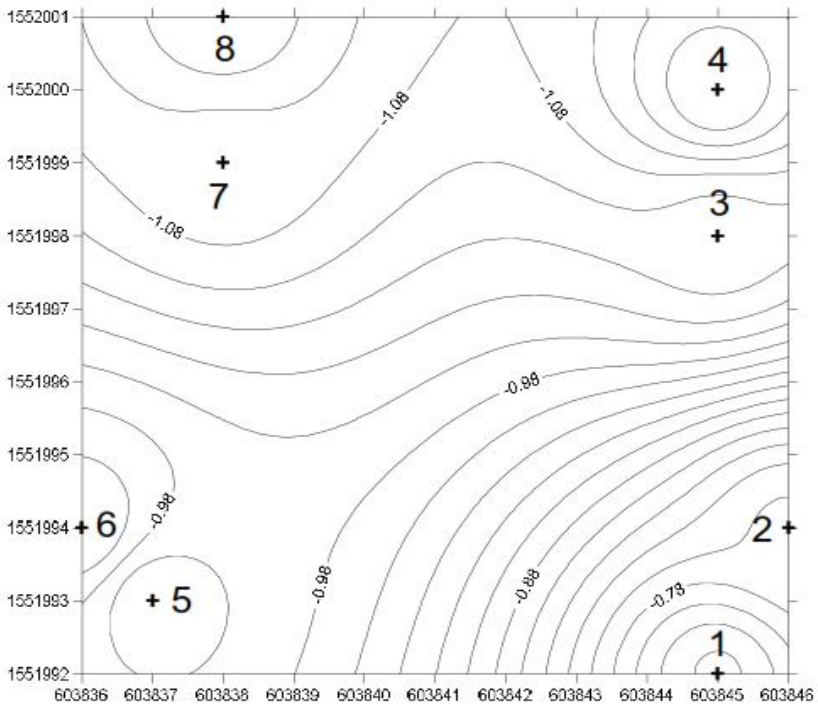
ภาพผนวกที่ 6 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 22/01/2012



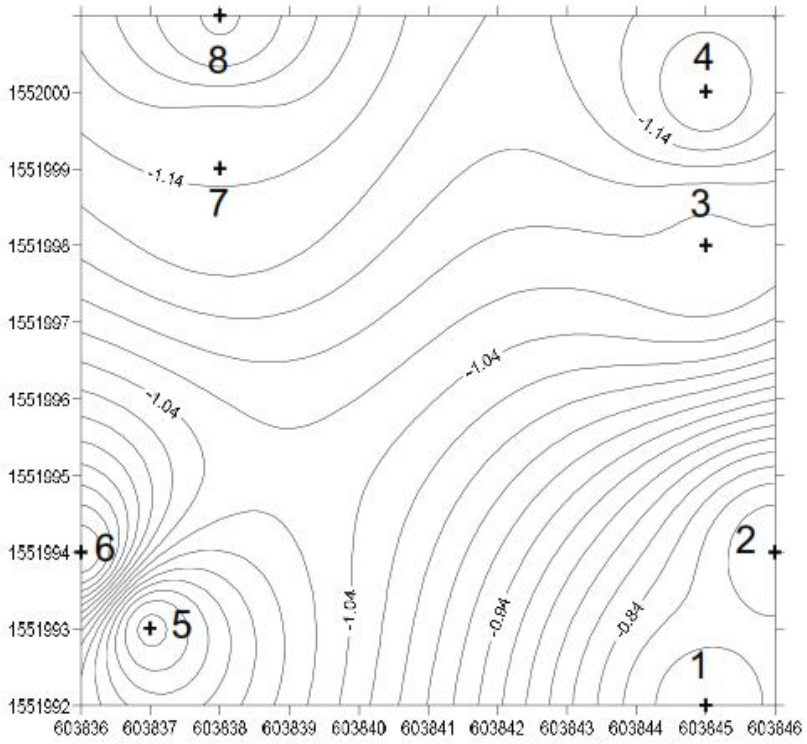
ภาพผนวกที่ 7 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 24/01/2012



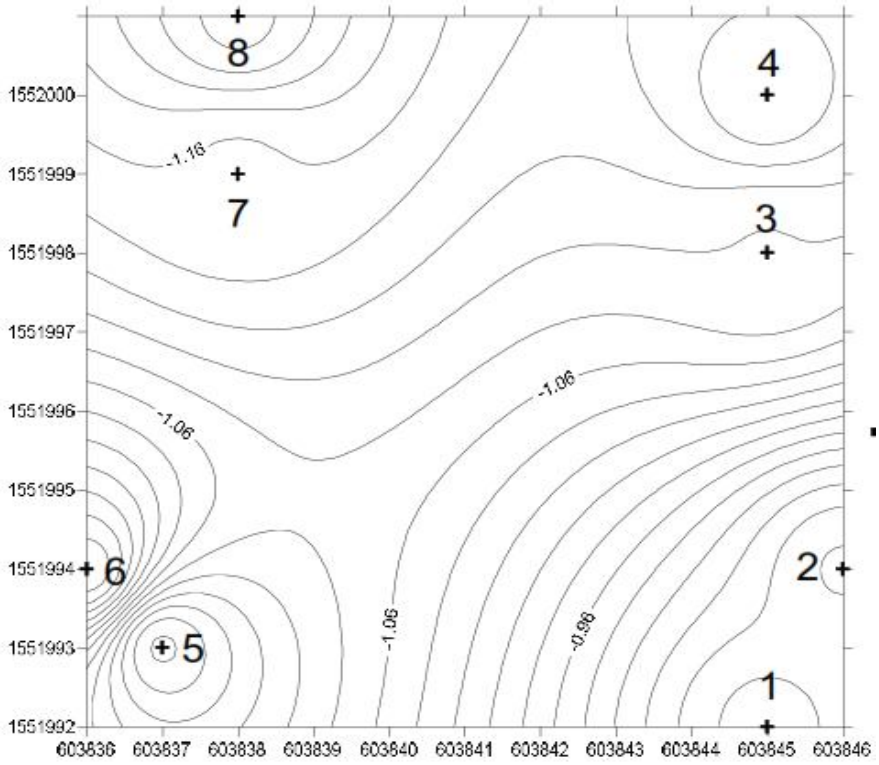
ภาพผนวกที่ 8 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 26/01/2012



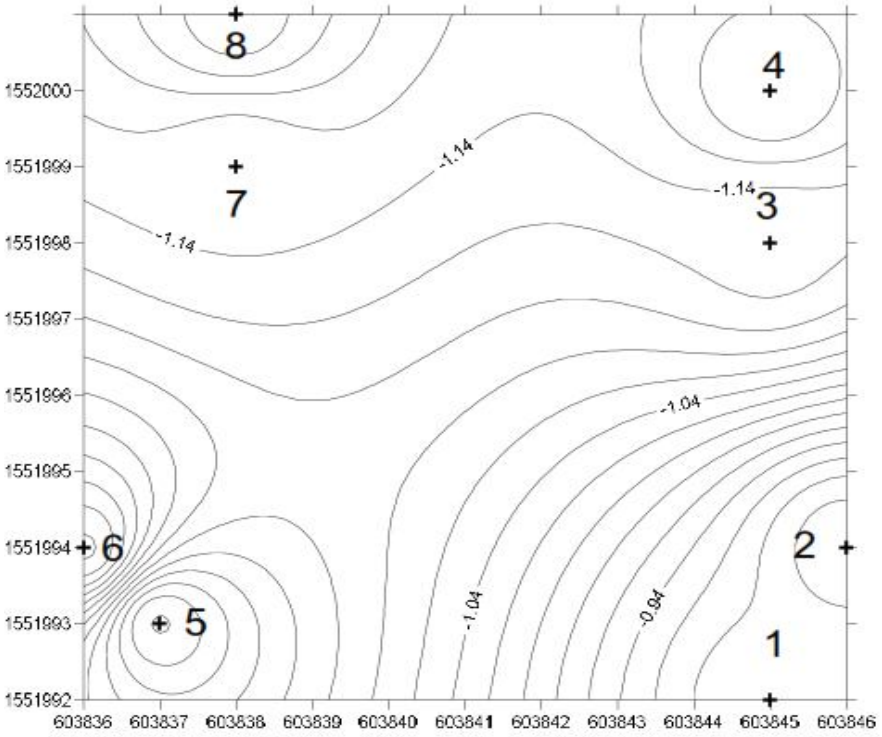
ภาพผนวกที่ 9 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/01/2012



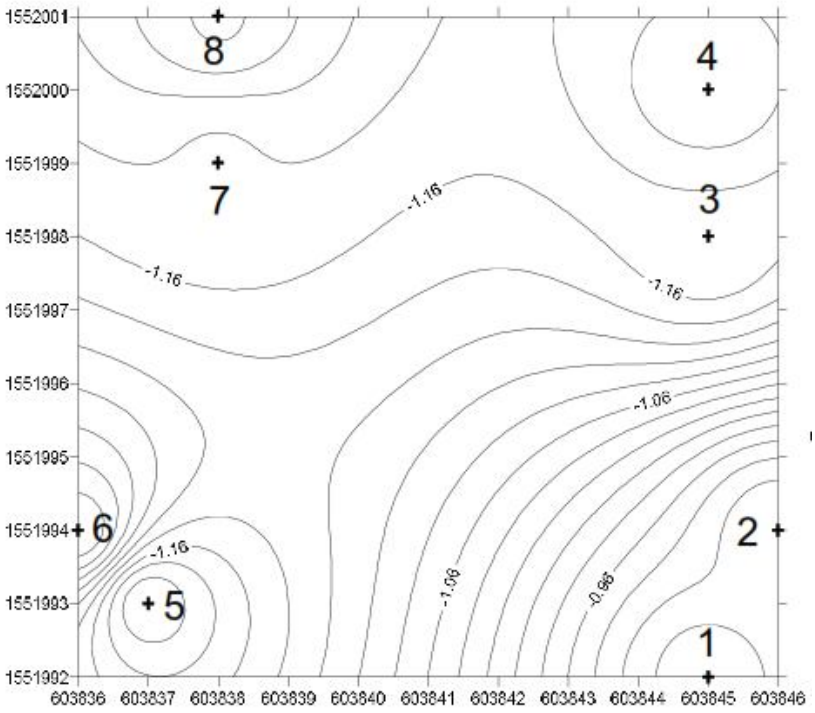
ภาพผนวกที่ 10 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 30/01/2012



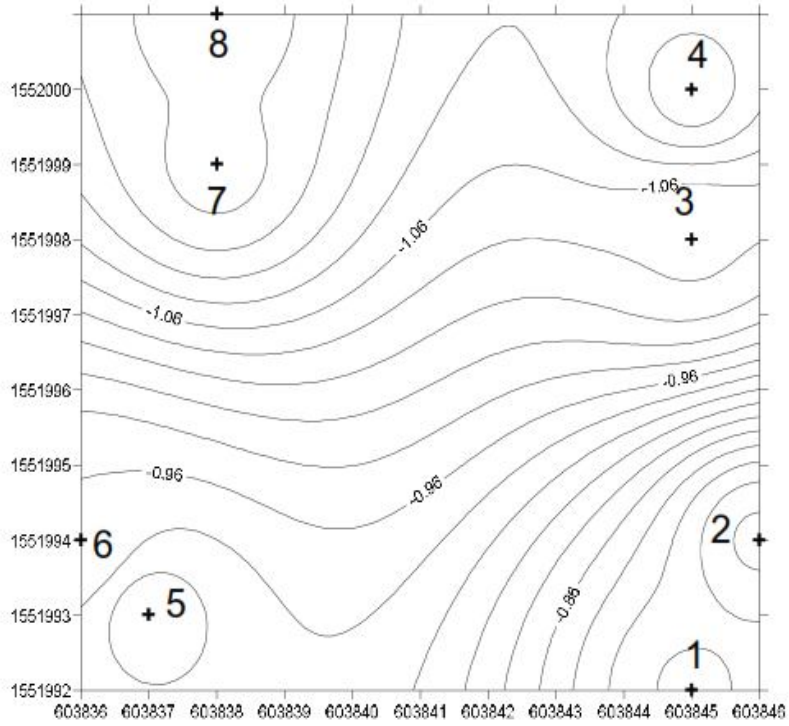
ภาพผนวกที่ 11 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 31/01/2012



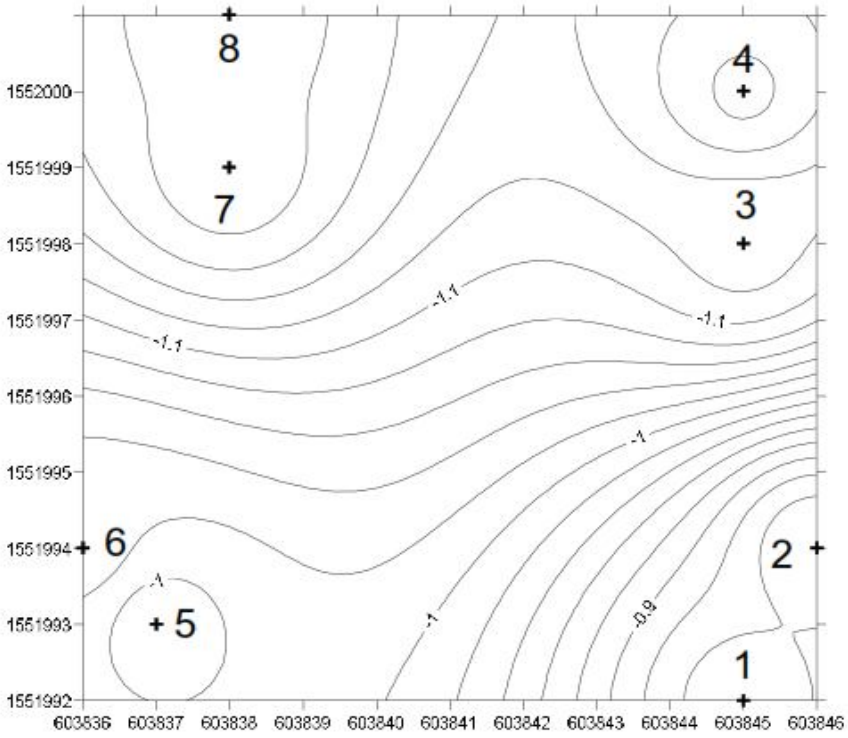
ภาพผนวกที่ 12 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 1/02/2012



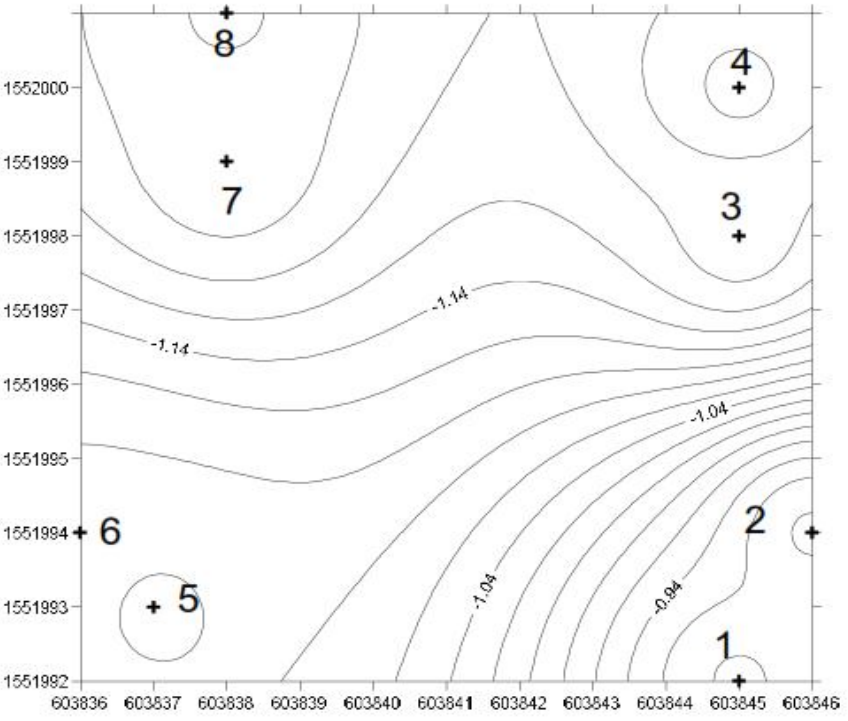
ภาพผนวกที่ 13 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 2/02/2012



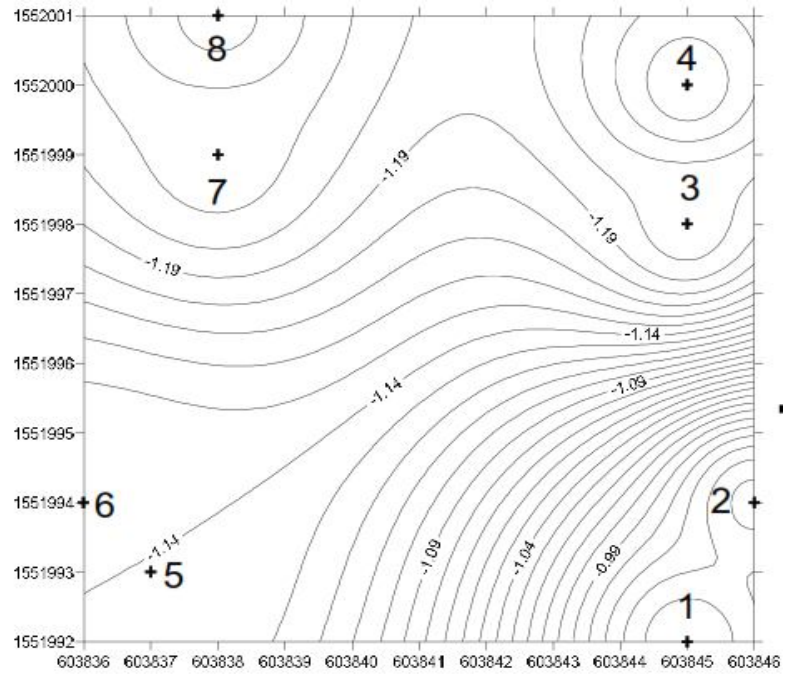
ภาพผนวกที่ 14 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 8/02/2012



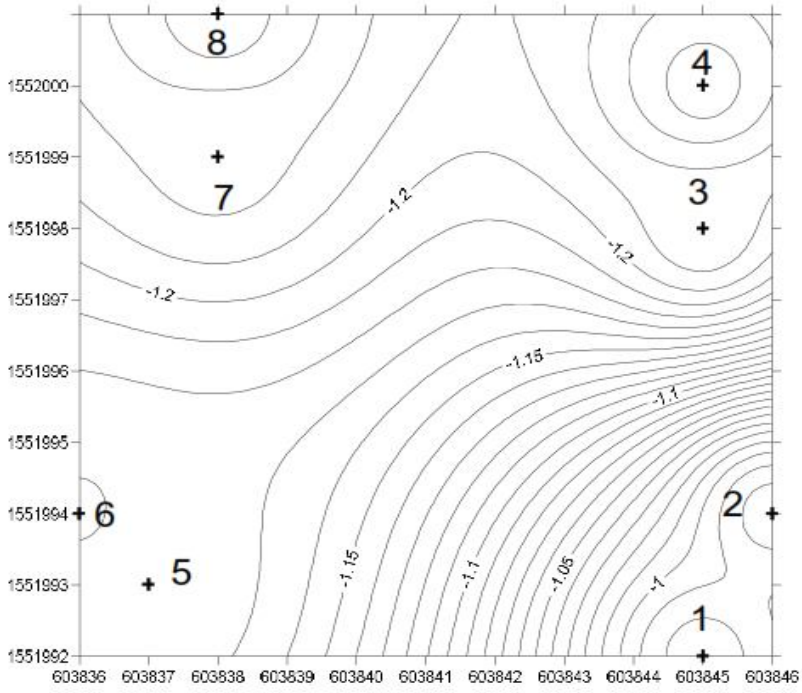
ภาพผนวกที่ 15 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 9/02/2012



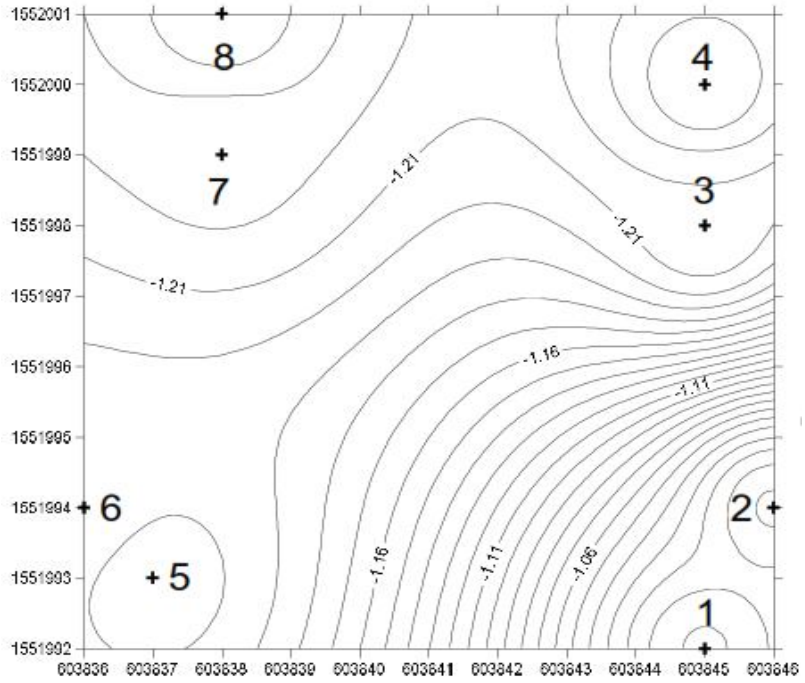
ภาพผนวกที่ 16 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 10/02/2012



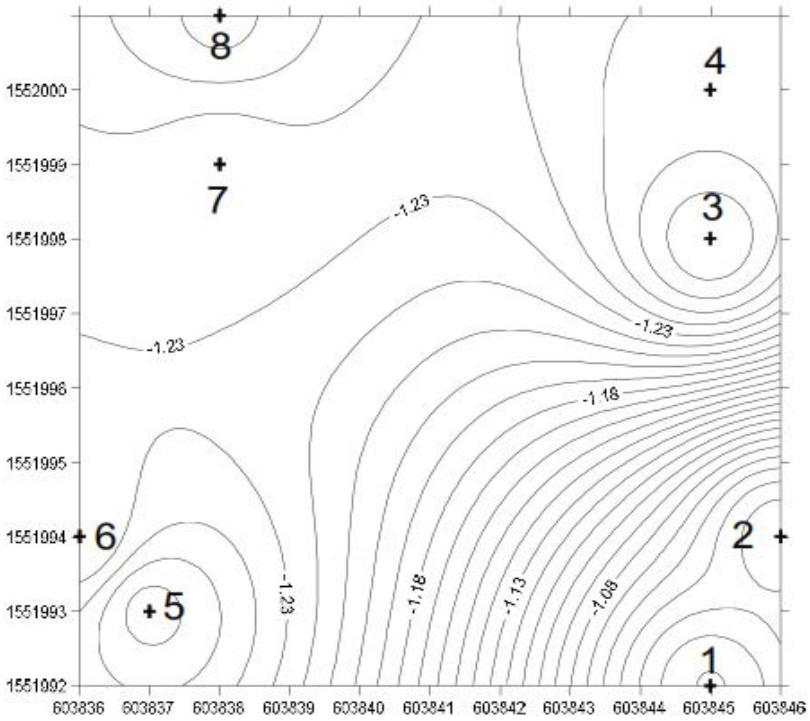
ภาพผนวกที่ 17 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 11/02/2012



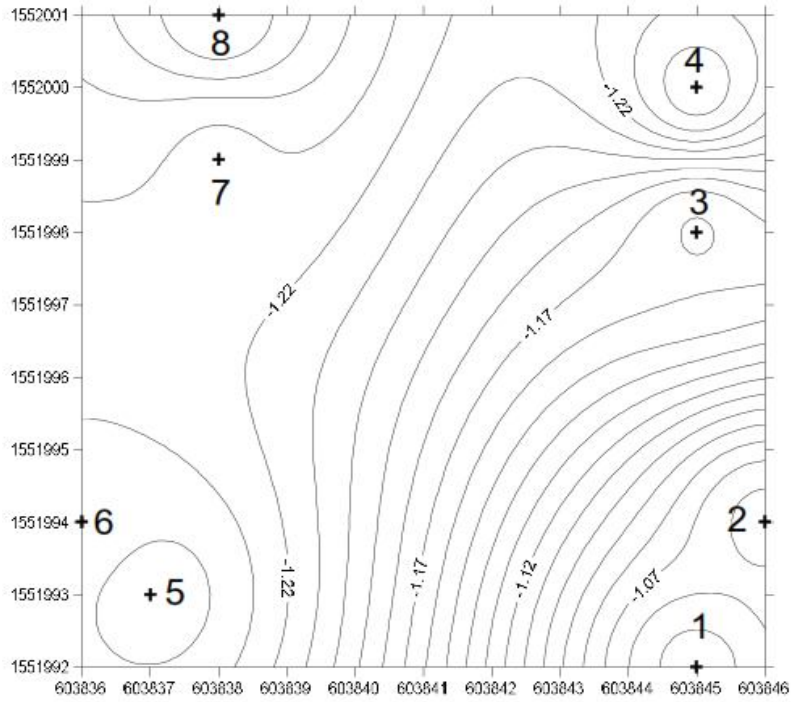
ภาพผนวกที่ 18 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 12/02/2012



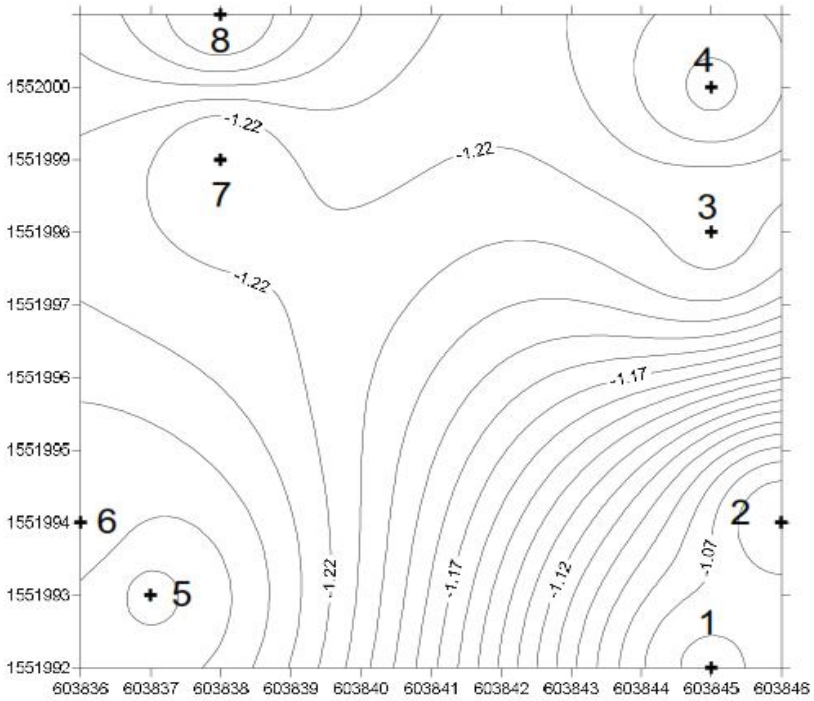
ภาพผนวกที่ 19 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 13/02/2012



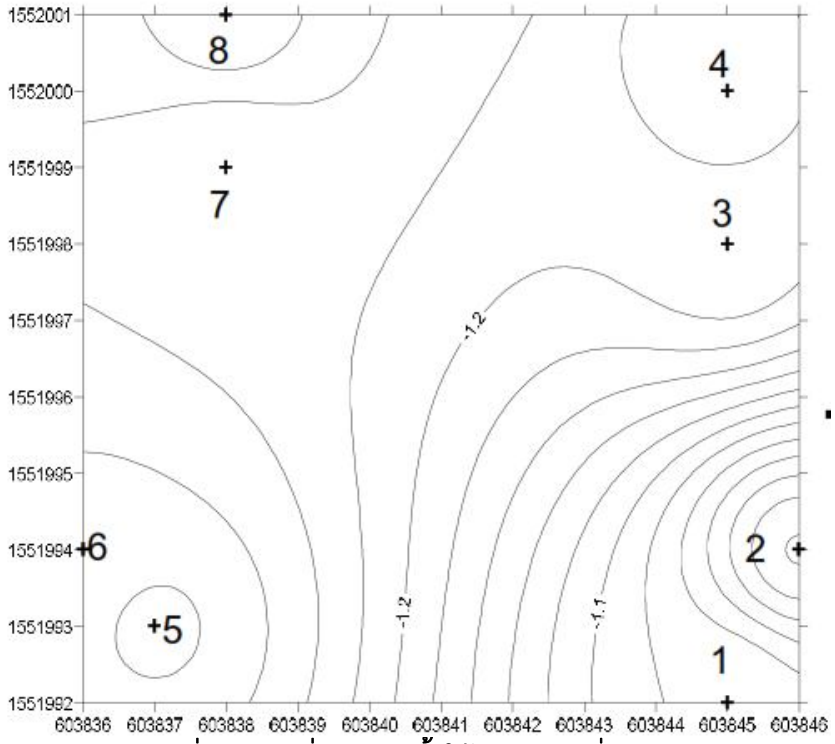
ภาพผนวกที่ 20 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 15/02/2012



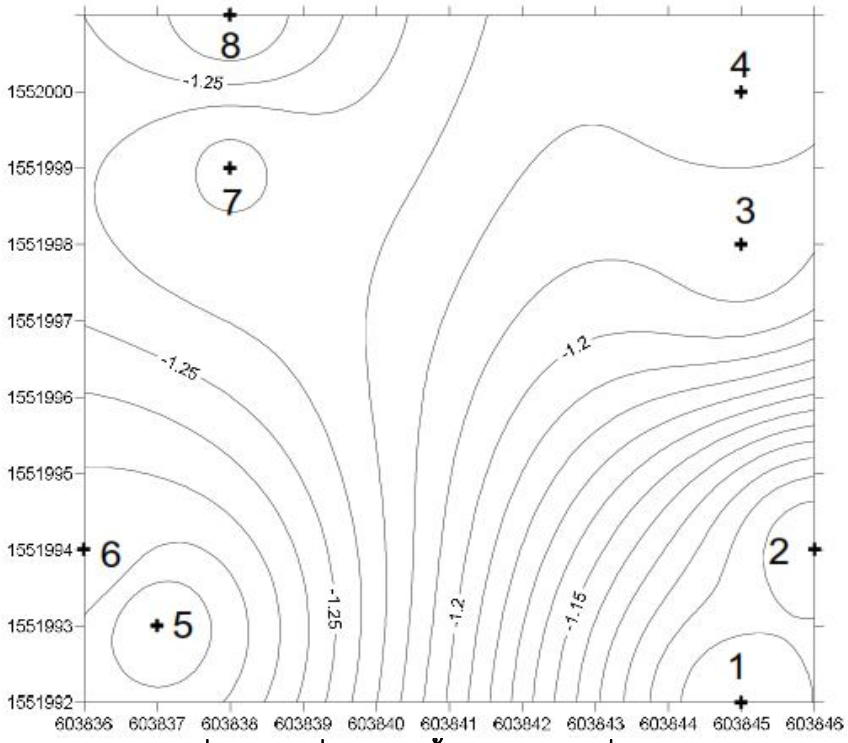
ภาพผนวกที่ 21 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 16/02/2012



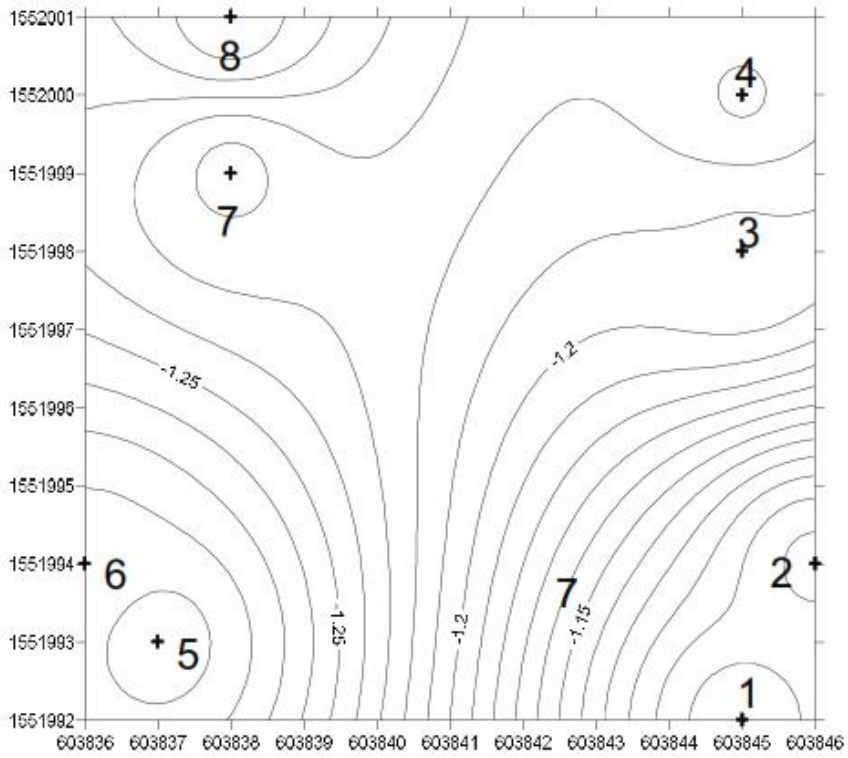
ภาพผนวกที่ 22 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 17/02/2012



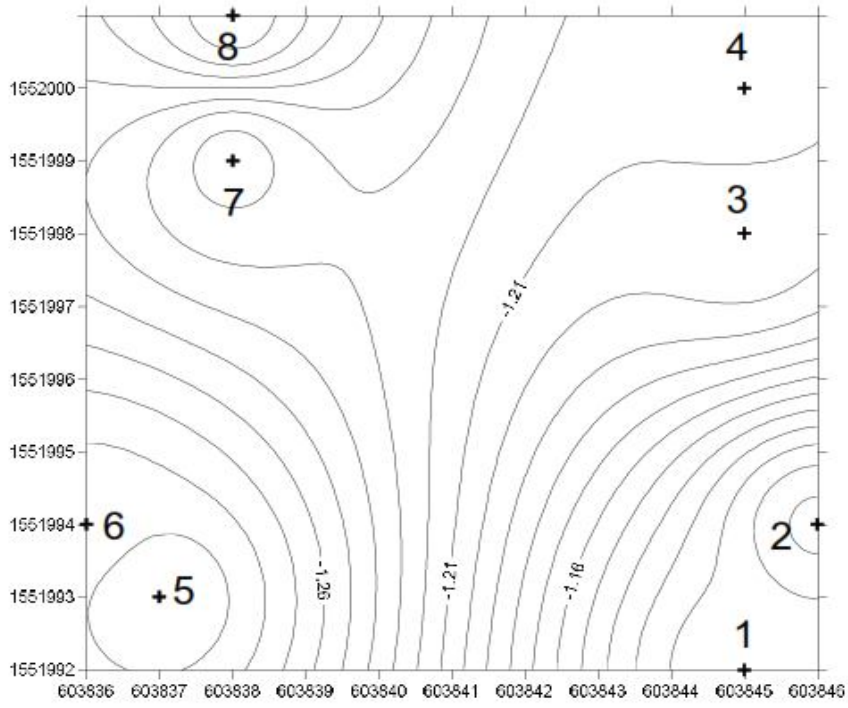
ภาพผนวกที่ 23 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 19/02/2012



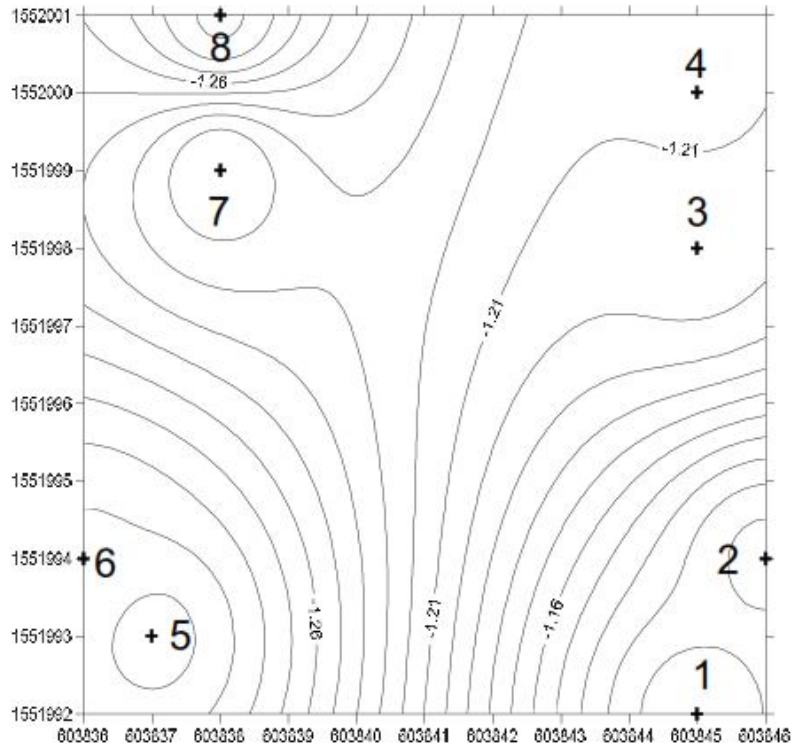
ภาพผนวกที่ 24 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 20/02/2012



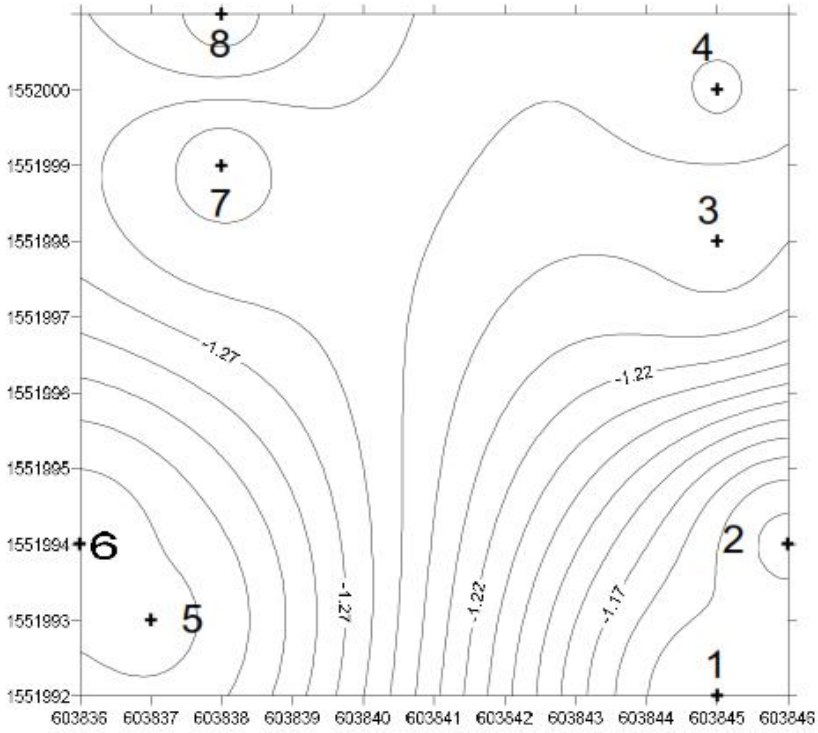
ภาพผนวกที่ 25 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 21/02/2012



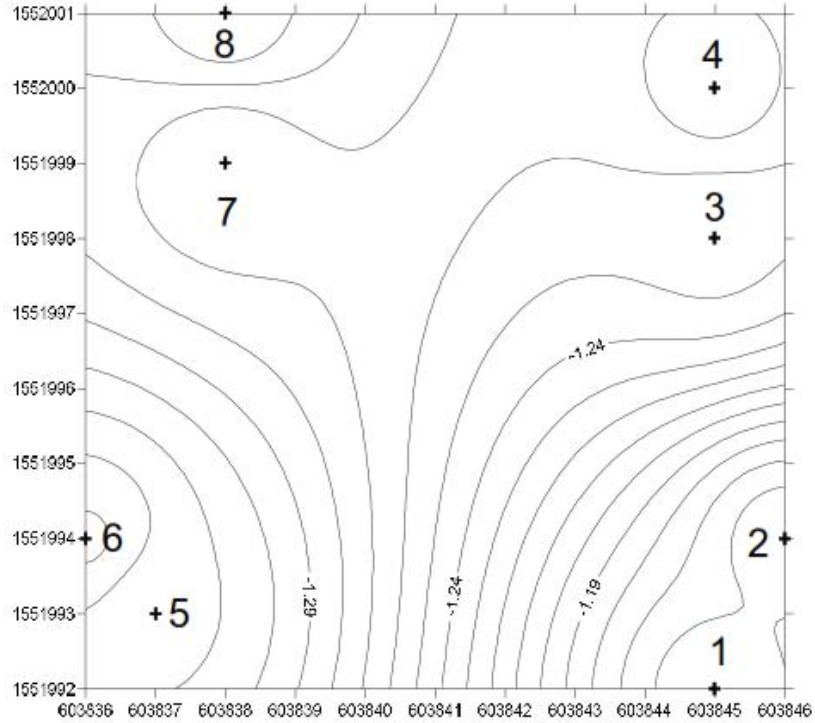
ภาพผนวกที่ 26 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 22/02/2012



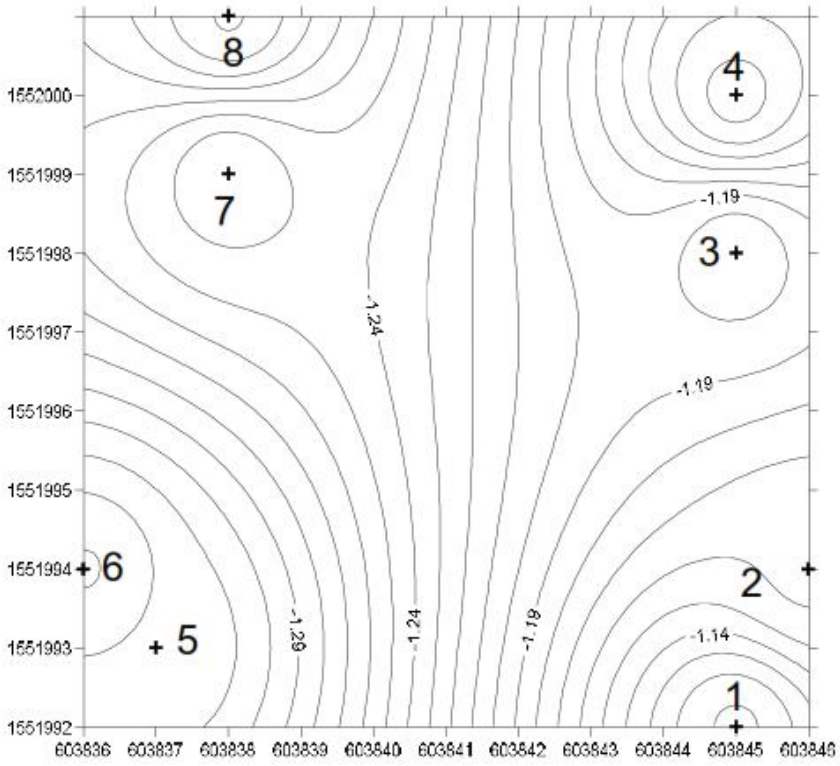
ภาพผนวกที่ 27 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 23/02/2012



ภาพผนวกที่ 28 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 26/02/2012



ภาพผนวกที่ 29 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 27/02/2012



ภาพผนวกที่ 30 แผนที่ค่าระดับน้ำใต้ดินของวันที่ 28/02/2012

ภาคผนวก ข

งบประมาณ (Budget)

<u>วัสดุชุดติดตั้งท่อนีโอเดรนและบ่อพักน้ำ</u>

ท่อนีโอเดรนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	2.5 นิ้ว	30 เมตรๆละ	110 บาท	เป็นเงิน	3,300 บาท
แผ่นใยสังเคราะห์ Geotextile	12.5 ตารางเมตรๆละ		30 บาท	เป็นเงิน	375 บาท
ข้อต่อท่อดีโอเดรนชนิดตรง		4 ชิ้นๆละ	35 บาท	เป็นเงิน	140 บาท
ข้อต่อท่อดีโอเดรนชนิดข้องอ 90°		4 ชิ้นๆละ	110 บาท	เป็นเงิน	440 บาท
ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว		2 ท่อนๆละ	160 บาท	เป็นเงิน	320 บาท
รองคอนกรีตสำเร็จขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว		4 ใบๆละ	450 บาท	เป็นเงิน	1,800 บาท
ฝาปิดบ่อพักน้ำ ขนาด 1.5 m		1 ใบๆละ	360 บาท	เป็นเงิน	360 บาท
<u>รวมเป็นเงิน</u>					6,735 บาท

<u>วัสดุชุดติดตั้งเครื่องสูบน้ำและทางระบายน้ำ</u>

เครื่องสูบน้ำ		1 ตัวๆละ	2,000 บาท	เป็นเงิน	2,000 บาท
ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว		3 ท่อนๆละ	60 บาท	เป็นเงิน	180 บาท
ข้องอ 90 ° ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว		3 ตัวๆละ	15 บาท	เป็นเงิน	45 บาท
ข้อต่อตรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว		3 ตัวๆละ	12 บาท	เป็นเงิน	36 บาท
ข้อต่อเกลียวในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว		1 ตัวๆละ	8 บาท	เป็นเงิน	8 บาท
ลูกลอยไฟฟ้า		1 ชุดๆละ	120 บาท	เป็นเงิน	120 บาท
กาวทาท่อ		1 กระป๋องๆละ	22 บาท	เป็นเงิน	22 บาท
<u>รวมเป็นเงิน</u>					2,411 บาท

<u>วัสดุชุดติดตั้งระบบไฟฟ้า</u>

ท่อไฟฟ้า PE $\frac{3"}{8}$		7 ท่อนๆละ	35 บาท	เป็นเงิน	245 บาท
สายไฟฟ้า		30 เมตรๆละ	25 บาท	เป็นเงิน	750 บาท
ข้องอท่อไฟฟ้า 90 ° $\frac{3"}{8}$		6 ตัวๆละ	6 บาท	เป็นเงิน	36 บาท
ข้อต่อตรงท่อไฟฟ้า $\frac{3"}{8}$		6 ตัวๆละ	7 บาท	เป็นเงิน	42 บาท
ชุดกุญแจล็อคฝาปิดตู้ไฟฟ้า		1 ชุดๆละ	350 บาท	เป็นเงิน	350 บาท
<u>รวมเป็นเงิน</u>					1,423 บาท

<u>วัสดุอื่นๆ</u>

ตะปูขนาด 3”	1	กิโลกรัมๆละ	50 บาท	เป็นเงิน	50 บาท
ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	3	นิ้ว 4ท่อนๆละ	370 บาท	เป็นเงิน	1,480 บาท
<u>รวมเป็นเงิน</u>					1,530 บาท

<u>งานขุดดิน – ถม</u>	144	ลูกบาศก์เมตรๆละ	200 บาท	เป็นเงิน	28,800 บาท

<u>รวมเป็นเงินทั้งสิ้น</u> 40,899 บาท

(สี่หมื่นแปดร้อยเก้าสิบเก้าบาทถ้วน)

ท่อนีโอเดรน (NOEDRAIN)

ท่อนีโอเดรน (NOEDRAIN) เป็นท่อสำหรับระบายน้ำใต้ดินที่ผลิตจากโพลีเอทธีลีน (Poly Density Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพสูง อีกทั้งยังสามารถทนทานต่อกรด-ด่างหรือสารเคมีต่าง ๆ ได้ดี นอกจากนี้ยังออกแบบท่อให้มีรูปที่เป็นส่วนรับน้ำได้มากเป็นพิเศษทำให้ช่วยระบายน้ำได้อย่างรวดเร็วและไม่เกิดการอุดตัน

คุณสมบัติเฉพาะ

ระบายน้ำบนผิวดิน / ใต้ผิวดินได้รวดเร็ว
มีพื้นที่ที่เป็นรูรับน้ำถึง 70% ของผิวท่อ มีส่วนทึบที่ระบายน้ำ 30% จึงสามารถระบายน้ำได้มากและรวดเร็ว

โครงสร้างท่อแข็งแรง

ท่อนีโอเดรนสามารถรับแรงกดจากภายนอกได้สูง (External High Loading Resistance) เพราะออกแบบให้มีโครงสร้างที่เป็นเกลียวพันรอบท่ออีกชั้นหนึ่งจึงสามารถรับน้ำหนักหรือแรงกดจากภายนอกได้มากกว่า 10 ตันต่อตารางเมตรโดยท่อจะเปลี่ยนรูปไม่เกิน 8%

น้ำหนักเบา

ท่อนีโอเดรนมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับท่อชนิดอื่นจึงสามารถขนย้ายและติดตั้งได้สะดวกรวดเร็ว อายุการใช้งานยาวนาน ท่อนีโอเดรนสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมในดินเช่น กรด - ด่าง ได้ดีและทนอุณหภูมิได้ – 40° C ถึง 60° C

ติดตั้งง่าย

ท่อนีโอเดรน ติดตั้งง่ายมากโดยใช้วิธีสวมอัดหรือหมุนเกลียวท่อเข้าไปในข้อต่อทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

ประโยชน์ของการใช้งาน

ใช้ในการระบายน้ำบนผิวดินป้องกันการอ่อนตัวของดิน ใช้ในการระบายน้ำใต้ผิวดินติดตั้งง่าย

NEODRAIN

ท่อนีโอเดรน เป็นท่อสำหรับระบายน้ำใต้ดิน ที่ผลิตจากโพลีเอทธีลีน ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพสูง อีกทั้งยังสามารถทนทานต่อกรด-ด่างหรือสารเคมีต่างๆได้ดี นอกจากนี้ยังออกแบบท่อให้มีรูส่วนที่รับน้ำได้มากเป็นพิเศษ ทำให้ช่วยระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว และไม่เกิดการอุดตันง่าย

Neodrain Pipe is an underground drainage pipe made from high density polyethylene which is well known as a very stable and durable polymer and highly resists to acid-alkali and other chemicals attack. In addition, Neodrain pipe is particularly designed to make it have a high rate of aperture, that leads to fast drainage and prevention of blockage.

คุณลักษณะพิเศษ (SPECIAL FEATURES)

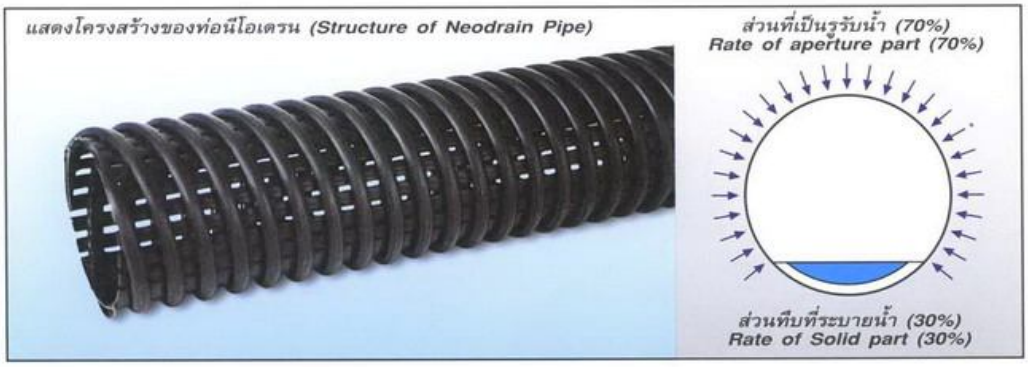
1. **ระบายน้ำได้รวดเร็ว (Fast Drainage)**
ท่อนีโอเดรนมีพื้นที่ ที่มีรูรับน้ำได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และส่วนทึบ 30 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถระบายน้ำได้มากและรวดเร็ว
Neodrain pipe has a rate of aperture part and a rate of solid part of 70 % and 30 % respectively, that makes it drain effectively.

2. **โครงสร้างท่อแข็งแรง (Robust Structure)**
ท่อนีโอเดรน สามารถรับแรงกดจากภายนอกได้สูง (External High Loading Resistance) เพราะออกแบบให้มีโครงสร้างที่เป็นเกลียวพันรอบท่ออีกชั้นหนึ่ง เพื่อเป็นตัวเสริมความแข็งแรง จึงสามารถรับน้ำหนักหรือแรงกดจากภายนอก (External Load) ได้มากกว่า 10 ตันต่อตารางเมตร โดยที่ท่อจะเปลี่ยนรูปไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์
Neodrain pipe is reinforced with hollow strand ribs. Therefore, it highly resists to external load-over 10 ton/m^2 with the strain less than 8 %.

3. **น้ำหนักเบา (Light Weight)**
ท่อนีโอเดรน มีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับท่อพลาสติกชนิดอื่น จึงสามารถขนย้ายได้สะดวกและรวดเร็ว
Neodrain pipe is lighter than various plastic pipes. This brings about fast and convenient transportation.

4. **อายุการใช้งานยาวนาน (Long Service Life)**
ท่อนีโอเดรน สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมในดินเช่น กรด-ด่าง ได้ดีและทนอุณหภูมิได้ -40 ถึง 60° C
Neodrain pipe has excellent resistance against acid, and alkali. No degradation takes place by chemical substances or soil bacteria.

5. **ติดตั้งง่าย (Easy Installation)**
ท่อนีโอเดรน สามารถติดตั้งด้วยวิธีการสวมอัดหรือหมุนเกลียวท่อกับข้อต่อเข้าด้วยกัน จึงสะดวกในการติดตั้ง อีกทั้งยังประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอีกด้วย
The method of joining Neodrain pipe is very simple-just do pressing and turning to join, thus resulting in the convenient and low cost installation.



ภาพผนวกที่ 31 คุณสมบัติสำคัญของท่อนีโอเดรน

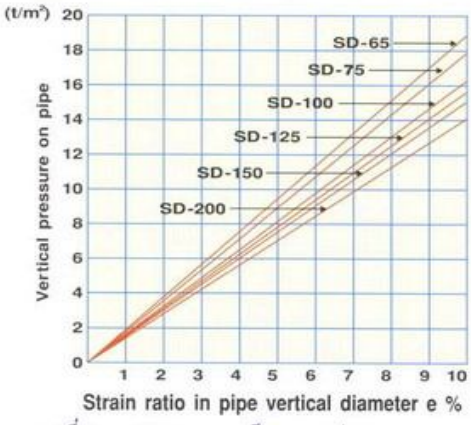
NEODRAIN

ประโยชน์ของการใช้งาน
PURPOSE OF USING NEODRAIN PIPE

- ใช้ในการระบายน้ำบนผิวดิน
  Drying up the ground surface
- ใช้ป้องกันการอ่อนตัวของดิน
  Preventing the ground from softening
- ใช้ในการระบายน้ำใต้ผิวดิน
  Stabililizing the structure by means of lowering the ground water level.

ประเภทของงาน
MAIN APPLICATIONS

- งานสนามบิน Airport
- งานสนามกีฬา Sporting ground
- งานถนน Pavement
- งานคันดิน Embankment
- งานจัดสวน Landscape



รูปที่ 1 กราฟแสดงความแข็งแรงของท่อ
Figure 1 Results of Pressure Resistance Tests in Soil

ขนาดท่อ รุ่น SD (มม.) Inside Diameter (mm.)	แรงที่กระทำต่อท่อ (ตัน/ตารางเมตร) Pressure Resistance (Ton/m²)	
	ท่อเสียรูปไม่เกิน 5% Load at 5% Strain	ท่อเสียรูปไม่เกิน 10% Load at 10% Strain
65	9.7	19.0
75	9.2	18.0
100	8.2	16.4
125	8.0	15.8
150	7.8	15.2
200	7.2	14.2

จากกราฟที่ 1 แสดงค่าได้ดังนี้
Data taken from figure 1

ขนาดท่อ รุ่น SD (มม.) (mm.)	อัตราการเสียรูปไม่เกิน 10% Minimum Top Layer Thickness Required for Heavy Vehicles Run with less than 10% Strain			
	น้ำหนักรถวิ่งผ่าน (ตัน) Weight of Load (Ton)	ความลึก (เมตร) Depth of Laying (m.)	น้ำหนักรถวิ่งผ่าน (ตัน) Weight of Load (Ton)	ความลึก (เมตร) Depth of Laying (m.)
65	14	0.30	20	0.40
75	14	0.30	20	0.40
100	14	0.30	20	0.50
125	14	0.40	20	0.50
150	14	0.40	20	0.50
200	14	0.40	20	0.50

ภาพผนวกที่ 32 ประโยชน์ของท่อนีโอเดรนในการใช้งานและประเภทของงาน

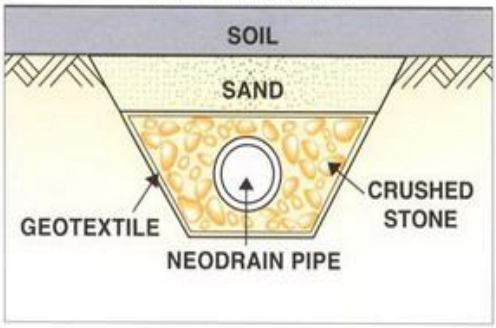
NEODRAIN

ข้อต่อและระบบการต่อท่อ (FITTING AND JOINING SYSTEM)

การต่อท่อนีโอเดรน ต่อได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา สามารถต่อได้โดยวิธีสวมอัดหรือหมุนเกลียวท่อเข้าไปในข้อต่อ ตัวเกลียวภายในข้อต่อจะล็อคท่อกับข้อต่อไม่ให้หลุดออกจากกัน

Joining Neodrain pipe is very simple, fast-just do pressing and turning to join. The thread of fittings will prevent Neodrain pipe and fitting from loosing out.

การติดตั้งและฝังท่อ
Method of Installation



ขนาดท่อรุ่น SD		เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	น้ำหนัก	ความยาว
มิลลิเมตร (mm.)	นิ้ว (inch)	Inner Dia. (mm.)	Outer Dia. (mm.)	Weight (g/m)	Length (g/m)
65	2.5	66.0 ± 0.5	78.0 ± 0.5	300.0 ± 12	6 ± 0.02
75	3.0	76.0 ± 0.5	90.0 ± 0.5	430.0 ± 15	6 ± 0.02
100	4.0	101.0 ± 0.5	118.0 ± 1.0	690.0 ± 22	6 ± 0.02
125	5.0	126.0 ± 0.5	146.0 ± 1.0	950.0 ± 33	6 ± 0.02
150	6.0	151.0 ± 0.5	170.0 ± 1.0	1170.0 ± 41	6 ± 0.02
200	8.0	202.0 ± 1.0	222.0 ± 1.0	1630.0 ± 57	6 ± 0.02

Size, Dimensions and Unit Weight

ภาพผนวกที่ 33 ข้อต่อและขนาดข้อต่อของท่อนีโอเดรน

แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile)

คุณสมบัติของ TUSCO SPUNBOND สำหรับงานโยธา(Geotextile)

TUSCO สปันบอนด์เป็นผ้าไม่ทอที่ผลิตด้วยใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีชั้นสูงจากบริษัท ยูนิจิกะ (UNITIKA) ซึ่งเป็นผู้ผลิตโพลีเอสเตอร์สปันบอนด์รายใหญ่ที่สุดในประเทศญี่ปุ่น TUSCO สปันบอนด์มีความแข็งแรง ทนทานสูงและเป็นคุณลักษณะที่ดีในการแบ่งแยกระหว่างชั้นดินและน้ำด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนำมาซึ่งโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะของผ้าไม่ทอสปันบอนด์ที่ผลิตด้วยเส้นใยยาวต่อเนื่อง TUSCO สามารถผลิตหน้ากว้างได้สูงสุด 4.2 เมตรและความยาวต่อม้วนที่เหมาะสม

ประสิทธิ์ผลของ TUSCO โพลีเอสเตอร์สปันบอนด์

1.) การแบ่งแยกชั้นดิน : ติดตั้งสปันบอนด์เพื่อแบ่งแยกชั้นดินระหว่างระหว่างบนและชั้นดินที่ต่ำกว่า
2.) การระบายน้ำ : ด้วยคุณสมบัติที่มีลักษณะเฉพาะของ TUSCO สปันบอนด์ สามารถระบายน้ำได้ดีเยี่ยมทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน
3.) การกรองน้ำ : ระดับการซึมของน้ำ (มากกว่า10^{-2} ทัดเทียมกับทรายทั้งในระดับแนวนอนและแนวดิ่งไม่มีการอุดตันภายใต้สภาวะปกติ
4.) การเสริมแรง : ความยืดหยุ่นและค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงของ TUSCO สปันบอนด์ ทำให้โครงสร้างของชั้นดินมีความมั่นคง แข็งแรง

รายละเอียดทางเทคนิค

1.) การกรองน้ำ : TUSCO สปันบอนด์ที่มีโครงสร้างของเส้นใยยาวกระจายตัวแบบไร้ทิศทางทำให้มีประสิทธิภาพในการระบายน้ำ
2.) ความทนทาน : มีความทนทานต่อสภาพความแปรปรวนของอากาศและอุณหภูมิเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ มีความแข็งแรงทนต่อหลากหลายสภาวะทั้งในน้ำและในดิน
3.) ความคงสภาพ : มีความต้านทานสูงภายใต้สภาวะและช่วงเวลาที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบประเภทอื่นๆ

การระบายน้ำในแนวนอน (Horizontal Drainage)

ด้วยคุณลักษณะพิเศษที่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องทำให้สามารถระบายน้ำได้ทั้งแนวนอนและแนวดิ่งและมีประสิทธิภาพการกรองน้ำต่อดินละเอียด

การใช้งาน (Application)

1.) การระบายน้ำที่รวดเร็วทั้งช่องระบายน้ำและการไหลซึมผ่านของน้ำภายในเขื่อน (เนินดิน)

2.) การเพิ่มศักยภาพในการกระจายความเค้นและการเสริมแรงต่อทางลาดชัน

การเสริมความมั่นคงของดินอ่อน(Stabilization of Soft Ground)

ด้วยคุณสมบัติที่ยากต่อการแตกหัก อันเป็นผลมาจากความแข็งแรงและยืดตัวสูง TUSCO สปันบอนด์สามารถรับน้ำหนักของเขื่อน(เนินดิน)และทำให้ดินอ่อนมีความแข็งแรง

การใช้งาน (Application)

1.) การเพิ่มศักยภาพในการรองรับน้ำหนักของการเคลื่อนย้ายยวดยานหรือเครื่องจักรก่อสร้างขนาดใหญ่

2.) การแยกชั้นดินระหว่างชั้นดินอ่อนและเนินดิน

3.) การระบายน้ำที่เป็นเสถียรภาพของน้ำผิวหน้าดินและน้ำฝนที่ตกลงมา

การกรองและระบายน้ำ (Drainage Filter)

TUSCO สปันบอนด์ป้องกันการอุดตันของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติการซึมผ่านของน้ำที่ทัดเทียมกับทรายและสามารถใช้ในงานการระบายน้ำได้เป็นระยะเวลายาวนาน

การใช้งาน (Application)

1.) การป้องกันการอุดตัน

2.) การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ

การยับยั้งการกัดเซาะ(Erosion Control)

TUSCO สปันบอนด์สามารถป้องกันการกัดเซาะของน้ำที่มีต่อดินและทราย ติดตั้งง่ายและมีหน้ากว้างที่ประหยัดต่อการติดตั้งใช้งาน

การใช้งาน (Application)

1) TUSCO สปันบอนด์สามารถใช้เป็นแผ่นรองเพื่อการบูรณะท่าเรือโดยป้องกันมิให้ดินและทรายถูกกัดเซาะ

2) การกป้องกันน้ำกัดเซาะตลิ่ง โดยติดตั้ง TUSCO สปันบอนด์ ภายใต้ JOINT BLOCKS

การรักษาผิวหน้าดินหรือพื้นผิว(Surface Protection)

การใช้งาน (Application)

1.) เป็นตัวเสริมแรงของแผ่นป้องกันน้ำ

2.) เป็นเครื่องรองรับน้ำหนักและมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำ

การแบ่งแยกชั้น (Separation)

การใช้งาน (Application)

1) การป้องกันการปะปนกันระหว่างชั้นดินกับหินถ่วงโดยติดตั้ง TUSCO สปันบอนด์ ข้างใต้หินถ่วง

2) ติดตั้ง TUSCO สปันบอนด์เพื่อแบ่งแยกระหว่างพื้นผิวถนน กับโครงสร้างถนน

3) เพิ่มความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างถนน

ระบบช่องระบายน้ำชั่วคราว(Temporary Drainage Ditch)

การใช้งาน (Application)

1) ป้องกันการกัดเซาะของน้ำฝนภายหลังการถมดิน

ระบบระบายน้ำด้านหลังอุโมงค์(Back Side Drainage Methods of Tunnel)

1) TUSCO สปันบอนด์จะถูกใช้เป็นแผ่นระบายน้ำ ด้วยการใช้งานแบบเป็นเลิศในระบบการระบายน้ำแบบ Spring Water

แผ่นกันวัชพืช(Weed Control Sheet)

1) ป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืชโดยวิธีปิดบังการสังเคราะห์แสงของพืชในขณะที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย