การศึกษาศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

A STUDY ON POTENTIAL FOR RECHARGE TO UNCONFINED AQUIFERS IN THE UPPER CENTRAL PLAIN OF THAILAND

อริยศักดิ์ ตุนาลม
ARIYASACK TOUNALOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-033-120

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

A STUDY ON POTENTIAL FOR RECHARGE TO UNCONFINED AQUIFERS IN THE UPPER CENTRAL PLAIN OF THAILAND

อริยศักดิ์ ตุนาลม

ALIYASACK TOUNALOM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105413
วัน,เดือน,ปี.....23 พ.ย. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

KMITL-2009-EN-M-093-120

A STUDY ON POTENTIAL FOR RECHARGE TO UNCONFINED AQUIFERS IN THE UPPER CENTRAL PLAIN OF THAILAND

ALIYASACK TOUNALOM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-EN-M-093-120

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

Thesis Title A Study on Potential for Recharge to Unconfined Aquifers in the Upper Central Plain of Thailand

นักศึกษา นายอริยศักดิ์ ตุนาลม

รหัสประจำตัว 49061523

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-093-120

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สกุล	ห่อวโนทยาน	
ผศ.สมเกียรติ	ขวัญพฤกษ์	
ผศ.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	
รศ.ดร.สุวัฒนา	จิตตลดากร	
ผศ.ดร.อุมา	สีบุญเรือง	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2552 เวลา 09.30-11.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2552

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย
นักศึกษา	นาย อริยศักดิ์ ตุนาลม
รหัสนักศึกษา	49061523
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. อุมา สีบุญเรือง

บทคัดย่อ

ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และ ลุ่มน้ำป่าสัก ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดต่างๆเช่น อ่างทอง สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท และ สุพรรณบุรี มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 19,350 ตร.กม. หรือประมาณ 12,093,750 ไร่ สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม น้ำท่วมถึงเหมาะแก่การทำนา และ เพาะปลูกพืชต่างๆดังนั้นน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน และ ขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการเติมน้ำส่วนเกินในช่วงฤดูฝนลงสู่ใต้ดินด้วยการเติมน้ำแบบไร้แรงดัน เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน และ การขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง โดยตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ความลึกระดับน้ำใต้ดิน, อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ, ปริมาณน้ำฝน, คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ, ความลาดชันของพื้นที่, และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ จากนั้นใช้โปรแกรม Arcview ในการรวบรวม และ เปลี่ยนตัวแปรทั้งหมดที่กล่าวมาให้อยู่ในรูปแบบ GIS ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่นั้นได้ใช้หลักการของ Analytic Hierarchy Process-Artificial Recharge Model (AHP-AR model) ค่าความเหมาะสมที่ได้เป็นค่าเปรียบเทียบเฉพาะในพื้นที่ศึกษา ผลที่ได้อยู่ในรูปแผนที่ที่แสดงถึงศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบน

Thesis Title	A Study on Potential for Recharge to Unconfined Aquifers in the Upper Central Plain of Thailand
Student	Mr. Aliyasack Tounalom
Student ID	49061523
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Uma Seeboonruang

ABSTRACT

The upper central plain of Thailand locates on the Chaopraya and Pasakik river basins and includes provinces such as Angthong, Saraburi, Lopburi Singburi, Chainat and Suphanburi. The total area is about 19,350 km^2 or about 12,093,750 Rai. Generally, the topography is relatively flat and area is floodplain and thus it is very suitable for rice farming and planting. Therefore, water is an important factor for the area production. However, the region faces with the problem of inundation in wet season and water scarcity in dry season. Therefore, the sustainable solution requires inputting the surplus water underground and extracting it when water shortage comes. The main objective of this research is locating potential locations for recharge by using a spreading basin for reduce inundation in during rain season and water scarcity in dry season. Parameters uses for analysis are depth to ground water, surface infiltration, rain fall, impact of Vadose Zone Media, slope, and transmissivity. Next, Arcview program is applied to integrate and convert all parameters into GIS shape files and data tables. The subsequent analysis requires the Analytic Hierarchy Process-Artificial Recharge Model (AHP-AR model) the result suitability is comparing specify in study area. The result reveals the map showing the potential of the upper central plain area as recharge to unconfined aquifers site.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำ และ คำปรึกษาจากท่าน ผศ.ดร. อุมา สีบุญเรือง ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้

ขอกราบขอบพระคุณสำนักงานความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (TICA) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา และ อำนวยความสะดวกในทุกเรื่อง

ขอบคุณนางสาว กรรณิกา มีสถาน และ นางสาว ปาริสา หนูแสง ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Arcview GIS และ Arc GIS ที่ทำให้วิทยาพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอบคุณสำนักสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล สำนักประเมินศักยภาพและคุลยภาพ สำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยา กรมแผนที่ทหาร กรมพัฒนาที่ดิน ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ โดยเฉพาะนาย นรินทร์ นิลรัตน์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ และ กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่า และ ประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อริยศักดิ์ ตุนาลม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป XI

คำศัพท์สำคัญ XIV

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 กล่าวนำ 1

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.3 วัตถุประสงค์ 4

1.4 ขอบเขตการวิจัย 4

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 4

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ 8

2.1 นิยามและความหมายของคำต่างๆ 8

2.2 การศึกษาที่ผ่านมา 9

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 20

2.3.1 วิธีการเติมน้ำ 20

2.3.1.1 วิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยธรรมชาติ 20

2.3.1.2 วิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยมนุษย์ 21

2.3.1.3 วิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยผ่านผิวดิน 21

2.3.1.4 วิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยตรงสู่ชั้นให้น้ำ 24

2.3.2 การวิเคราะห์โดย AHP-AR model 26

2.3.2.1 การวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญ 27

2.3.2.2 การคำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยแต่ละตัวแปร 32

2.3.3.1 วิธีการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater) 32

2.3.3.2 วิธีการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration) 34

2.3.3.3 วิธีการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำฝน (Rain Fall) 35

2.3.3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of vadose media) 37

2.3.3.5 วิธีการวิเคราะห์ค่าความลาดชันของพื้นที่ (Slope) 38

2.3.3.6 วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) 39

2.3.4 การแบ่งช่วงข้อมูล Range 42

2.3.5 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก Weighting 43

บทที่ 3 พื้นที่การศึกษา 44

3.1 ลักษณะทั่วไป 44

3.2 ทรัพยากรน้ำ 45

3.3 ทรัพยากรป่าไม้ 47

3.4 ทรัพยากรดิน 48

3.5 สภาพภูมิอากาศ 49

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการและผลการศึกษา 52

4.1 การรวบรวมข้อมูล 52

4.2 ขั้นตอนการศึกษาหาพื้นที่ที่มีศักยภาพการเติมน้ำส่วนเกินลงสู่ชั้นใต้ดิน 53

4.2.1 วิธีการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater) 53

4.2.1.1 การหาค่าความลึกระดับน้ำใต้ดิน 53

4.2.1.2 การกำหนดค่า Range 58

4.2.1.3 การกำหนดค่า Rating 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1.4 การกำหนดค่า Weighting 61

4.2.2 วิธีการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration) 65

4.2.2.1 การหาค่าอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ 66

4.2.2.2 การกำหนดค่า Range 68

4.2.2.3 การกำหนดค่า Rating 69

4.2.2.4 การกำหนดค่า Weighting 71

4.2.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Rain fall) 72

4.2.3.1 การหาค่าปริมาณน้ำฝน 72

4.2.3.2 การกำหนดค่า Range 78

4.2.3.3 การกำหนดค่า Rating 79

4.2.3.4 การกำหนดค่า Weighting 80

4.2.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ

(Impact of vadose media) 81

4.2.4.1 การหาค่าคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ 81

4.2.4.2 การกำหนดค่า Range 89

4.2.4.3 การกำหนดค่า Rating 90

4.2.4.4 การกำหนดค่า Weighting 91

4.2.5 วิธีการวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) 92

4.2.5.1 การหาค่าความลาดชันของพื้นที่ 92

4.2.5.2 การกำหนดค่า Range 98

4.2.5.3 การกำหนดค่า Rating 99

4.2.5.4 การกำหนดค่า Weighting 100

4.2.6 วิธีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) 101

4.2.6.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ 101

4.2.6.2 การกำหนดค่า Range 105

4.2.6.3 การกำหนดค่า Rating 106

4.2.6.4 การกำหนดค่า Weighting 108

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ 109

5.1 ผลการวิเคราะห์แต่ละตัวแปร 109

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater) 109

5.1.2 ผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration) 110

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) 111

5.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media) 112

5.1.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความลาดชันของพื้นที่ (Slope) 113

5.1.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความซึมผ่านของค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transsmisivity) 114

5.2 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของแต่ละตัวแปรต่อการซึมน้ำลงสู่ใต้ดิน 115

บทที่ 6 สรุปการศึกษา 128

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละตัวแปร 129

6.1.1 ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Ground Water) 129

6.1.2 อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration) 129

6.1.3 ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) 129

6.1.4 คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media) 129

6.1.5 ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) 130

6.1.6 ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) 130

6.2 สรุปผลการศึกษา และ ระดับความเหมาะสม 131

บรรณานุกรม 134

ประวัติผู้เขียน 136

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินงาน....6

2.1 ความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำแบบไม่ใช้แรงดันตามตัวแปรแต่ละตัวแปร ณ ตำแหน่งต่างๆ 10

2.2 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ใน Gavbandi River Basin....11

2.3 การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดินใน Gavbandi River Basin....12

2.4 การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินใน Gavbandi River Basin....13

2.5 การแบ่งประเภทค่านำไฟฟ้าใน Gavbandi River Basin....14

2.6 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh....16

2.7 การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านผิวดินในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh....17

2.8 การแบ่งประเภทค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh....17

2.9 การแบ่งประเภทความหนาชั้นให้น้ำในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh....18

2.10 การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh....18

2.11 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบเป็นคู่....28

2.12 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบรายคู่....29

2.13 ค่าของดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์....31

2.14 ความซึมน้ำของดินหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน....35

2.15 ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยาของ AHP Drastic model....43

4.1 แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ AHP model....52

4.2 ตัวอย่างค่าพิกัด ชื่อบ่อและความลึกระดับน้ำใต้ดินของแต่ละบ่อ....54

4.3 ค่าพิกัด และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินของแต่ละบ่อก่อนทำการ Interpolate....55

4.4 ค่าพิกัด และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรม Surfer....56

4.5 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล....58

4.6 การคำนวณหาค่า Rating โดยใช้ AHP-AR Model....59

4.7 ช่วง และ ค่าคะแนนความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D – Depth to Ground Water) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้....60

4.8 ชื่อ-นามสกุล ตำแหน่ง สถาที่ทำงาน ของผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถาม....62

4.9 การให้คะแนนค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำใต้ดิน....62

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.10 การคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยค่าถ่วงน้ำหนัก 63

4.11 ค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้สำหรับการศึกษา 63

4.12 ตัวอย่างลักษณะทั่วไปชุดดิน 62 ชุดของประเทศไทย 66

4.13 การแบ่งประเภทความซึมน้ำของดินจากค่า Hydraulic Conductivity 67

4.14 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดินแต่ละชุด 68

4.15 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล 69

4.16 ช่วง และ ค่าคะแนนอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I – Surface Infiltration) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 70

4.17 สถานีวัดน้ำฝนตำแหน่งค่าพิกัดของแต่ละจังหวัด 72

4.18 การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของหนึ่งสถานนีในปี 1997 ถึง 2007 73

4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวันในช่วงฤดูฝนตั้งแต่ปี 1997 ถึง 2007 75

4.20 ค่าพิกัด และ ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer 76

4.21 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล 78

4.22 ช่วง และ ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (R – Rainfall) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 79

4.23 ตัวอย่างชื่อหลุมเจาะและชั้นดินแต่ละประเภท 81

4.24 ตัวอย่างความลึก และ ประเภทดินของหลุมเจาะ G0122 UTME 621500 UTMN 1679190 82

4.25 ตัวอย่างความลึก ประเภทดิน และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินของหลุมเจาะ G0122 UTME 621500 UTMN 1679190 84

4.26 ตัวอย่างแสดงการคำนวณค่า K เฉลี่ยของชั้นดินแต่ละชนิด 86

4.27 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer 87

4.28 ตัวอย่างข้อมูลหลังการ Interpolate และใส่ฟังก์ชันลอการิทึม (Log) 87

4.29 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล 89

4.30 ช่วงและค่าคะแนนค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K – Hydraulic Conductivity) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 90

4.31 การแปลงข้อมูลค่าระดับความสูงจากรูปแบบ String มาเป็นรูปแบบของ Number 93

4.32 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล 98

4.33 ช่วง และ ค่าคะแนนความลาดชันของพื้นที่ (S – Slope) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 99

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.34 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งพิกัดชื่อสถาที่และค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ.....101

4.35 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของแต่ละบ่อก่อนทำการ Interpolate.....102

4.36 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ เฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer.....104

4.37 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล.....105

4.38 ช่วงและค่าคะแนนค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T – Transmissivity) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 106

5.1 การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย.....110

5.2 การแบ่งประเภทอัตราซึมผ่านผิวดินของน้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย.....110

5.3 การแบ่งประเภทค่าปริมาณน้ำฝน ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย.....111

5.4 การแบ่งประเภทคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบนประเทศไทย.....112

5.5 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย.....113

5.6 การแบ่งประเภทค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบนประเทศไทย.....114

5.7 ตัวอย่างการคำนวณ Significance เฉลี่ยของตัวแปรความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินที่มี ความเหมาะ สมมาก อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี.....115

5.8 การคำนวณหา Significance เฉลี่ยของตัวแปรของแต่ละอำเภอในจังหวัดพื้นที่ศึกษา.....116

5.9 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดลพบุรี.....117

5.10 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำ ของจังหวัดสิงห์บุรี.....117

5.11 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำ ของจังหวัดสุพรรณบุรี.....118

5.12 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำ ของจังหวัดอ่างทอง.....118

5.13 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำ ของจังหวัดสระบุรี.....119

6.1 การแบ่งประเภทความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย.....132

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา 5

2.1 แผนที่การแบ่งประเภทความลาดชันใน Gavbandi River Basin 11

2.2 แผนที่การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดินใน Gavbandi River Basin 12

2.3 แผนที่การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินใน Gavbandi River Basin 13

2.4 แผนที่การแบ่งประเภทค่าการนำไฟฟ้าใน Gavbandi River Basin 14

2.5 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินใน Gavbandi River Basinของประเทศอิหร่าน 16

2.6 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำใต้ดินในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh ของประเทศอิหร่าน 19

2.7 การเติมน้ำโดยปล่อยให้น้ำบ่าท่วม(Asano, 1985) 22

2.8 การเติมน้ำผ่านคูและร่องน้ำ (Asano, 1985) 23

2.9 การเติมน้ำผ่านสระน้ำ (Asano, 1985) 24

2.10 การเพิ่มเติมน้ำด้วยบ่อขุด และปล่อง (จาก Asano, 1985) 25

2.11 การอัดน้ำพร้อมกันหลายๆ ชั้น (ฉลอง บัวผัน, 2538) 26

2.12 การพิจารณาความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน กรณีชั้นให้น้ำแบบไม่มีแรงดัน และ ชั้นให้น้ำแบบมีแรงดัน 33

2.13 หลักการคิดค่าความลึกของชั้นน้ำใต้ดินจากผิวดิน 34

2.14 อุปกรณ์วัดน้ำฝนรายวัน 36

2.15 แนวคิดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยของชั้นปิดทับชั้นให้น้ำ 37

2.16 ตัวอย่างข้อมูลภาพ DEM ในรูปแบบการแสดงด้วยแมทริกซ์ระดับความสูงและโครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า 39

2.17 การไหลคงที่แบบรศัมีเข้าสู่บ่อในชั้นให้น้ำแบบมีแรงดันและไม่มีแรงดัน (จาก Fetter, 2001) 40

2.18 การไหลไม่คงในแนวรัศมีเข้าสู่บ่อในชั้นให้น้ำมีแรงดัน (จาก Fetter, 2001) 42

3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาภาคกลางตอนบน 45

4.1 จุดที่มีการเจาะสำรวจหาความลึกระดับน้ำใต้ดินทั้งหมดของปี 2007 54

4.2 เส้น Contour ค่าความลึกระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer 56

4.3 ข้อมูลที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer 57

4.4 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS 57

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสม ของความลึกระดับน้ำใต้ดิน 59
4.6 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน D (Dr) 61
4.7 แผนที่ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Grid DrDw) 64
4.8 แผนที่ชุดดินประเทศไทยทั้ง 62 ชุดในรูป GIS 65
4.9 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของค่า อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ 69
4.10 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ I (Ir) 70
4.11 แผนที่ความซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Grid IrIw) 71
4.12 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่ศึกษาและจังหวัดโดยรอบ 74
4.13 เส้น Contour ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer 76
4.14 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer 77
4.15 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS 77
4.16 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสม ของปริมาณน้ำฝน 78
4.17 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน R (Rr) 79
4.18 แผนที่ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (Grid RrRw) 80
4.19 ตัวอย่างชั้นดินประเภทต่างๆที่อยู่เหนือระดับชั้นให้น้ำ 83
4.20 ตำแหน่งของหลุมเจาะ Lithology ทั้งหมด 83
4.21 แนวคิดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยชั้นดินปิดทับชั้นให้น้ำ 85
4.22 เส้น Contour สัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของชั้นดินเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer 86
4.23 ข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่า K ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำนำเข้า GIS โดย surfer 88
4.24 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS 88
4.25 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของ ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ 89
4.26 การใส่ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยความซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ K (Kr) 90
4.27 แผนที่ค่าเฉลี่ยความซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Grid KrKw) 91
4.28 จุดระดับความสูงทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา 92

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.29 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการ Convert to Grid แล้ว 93

4.30 วิธีแปลงข้อมูลจาก Shape.file ให้อยู่ในรูป Grid 94

4.31 วิธีการ Interpolate ค่า Elevation 95

4.32 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ทำการ Interpolate แล้ว 95

4.33 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ทำการ Convert to TIN หรือในรูปแบบสามมิติ 96

4.34 การเลือกความลาดชันของพื้นที่ศึกษาให้มีค่าเป็นองศา (Degree) 97

4.35 ความลาดชันของพื้นที่ศึกษาที่มีค่าเป็นองศา 97

4.36 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสม ของความลาดชันของพื้นที่ 98

4.37 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรความลาดชันของพื้นที่ S (Sr) 99

4.38 แผนที่ความลาดชันของพื้นที่ (Grid SrSw) 100

4.39 จุดที่ทำการเจาะเพื่อทำการทดสอบ Pumping test 102

4.40 เส้น Contour ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำโดยใช้โปรแกรม Surfer 103

4.41 ข้อมูลที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ Interpolate โดยโปรแกรม surfer 104

4.42 ข้อมูลหลังการ Interpolate จากโปรแกรม Arcview GIS 105

4.43 กราฟ Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสม ของค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ 106

4.44 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ T (Tr) 107

4.45 แผนที่ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Grid TrTw) 108

5.1 แผนที่การวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน 121

5.2 แผนที่การวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ 122

5.3 แผนที่การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน 123

5.4 แผนที่การวิเคราะห์สมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ 124

5.5 แผนที่การวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ 125

5.6 แผนที่การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ 126

6.1 แผนที่ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน 133

คำศัพท์สำคัญ

Analytic Hierarchy Process	กระบวนการวิเคราะห์จัดระบบตามลำดับขั้น
Aquifer Storage and Recovery (ASR)	การฝากน้ำ
Artificial Recharge	การเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยมนุษย์
Aspect	การหันรับแสง
Clogging	การอุดตัน
Confined Aquifer	ชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน
Consistency Index	ดัชนีความสอดคล้อง
Consistency Ratio	ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง
Contour Line	เส้นชั้นความสูง
Decision Support System	ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
Depth to Ground Water	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน
Digital Terrain Model	แบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข
Discrete data	ข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง
Drainage System	ระบบระบายน้ำ
Electrical Conductivity	ค่าการนำไฟฟ้า
Flood Possibility	โอกาสการเกิดน้ำท่วม
Flooding	น้ำบ่าท่วม
Hydraulic Conductivity	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ
Hydraulic properties	คุณสมบัติทางชลศาสตร์
Impact of Vadose Media	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ
Impervious soil	ดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก
Infiltrability	ความสามารถในการซึมผ่านของดิน
Lithology	คุณสมบัติชั้นดิน
Natural Recharge	การเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยธรรมชาติ
Non-steady state or Non-equilibrium conditions	การสูบทดสอบในสภาวะไม่สมดุล
Numeric analysis	การวิเคราะห์เชิงตัวเลข
Pair Wise Comparison Matrices	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่

Perched Aquifer	ชั้นน้ำใต้ดินหลอก
Permeability	ความสามารถในการซึมผ่าน
Pervious soil	ดินที่น้ำซึมผ่านได้ง่าย
Pond	สระน้ำ
Rainfall	ปริมาณน้ำฝน
Random Index	ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง
Range	การแบ่งช่วง
Rate	ค่าคะแนน
Saturated Zone	ชั้นดินอิ่มตัว
Shaded relief	ความสูงต่ำเชิงเงา
Slope	ความลาดชันของพื้นที่
Soil Aquifer Treatment (SAT)	การบำบัดน้ำโดยการซึมผ่านชั้นดิน
Steady state conditions	การสูบทดสอบในสภาวะสมดุล
Storage Capacity	ความสามารถในการอุ้มน้ำ
Storage Coefficient	สัมประสิทธิ์ความสามารถกักเก็บ
Surface Infiltration	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ
Transmissivity	สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ
Travel Time	เวลาการเดินทาง
Trench and Ditch	คู และ ร่องน้ำ
Triangulated Irregular Network	โครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า
Triangulation	ระบบโครงข่ายสามเหลี่ยม
Unconfined Aquifer	ชั้นน้ำใต้ดินไร้แรงดัน
Unsaturated or Vadose Zone	ชั้นดินไม่อิ่มตัว
Water Quality	คุณภาพน้ำ
Water Table	ระดับน้ำใต้ดิน
Weight	ค่าถ่วงน้ำหนัก

พึ่งพาน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ พื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัดในภาคกลางตอนบนประกอบไปด้วยลุ่มน้ำใหญ่สามลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ลุ่มน้ำ 157,000 ตร.กม. หรือประมาณ 98,125,000 ไร่ มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 1,731.8 ล้านลบ.ม/ปี ลุ่มน้ำป่าสักมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 16,292 ตร.กม. หรือประมาณ 10,182,500 ไร่ มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 2,897.3 ล้านลบ.ม/ปี และ ลุ่มน้ำท่าจีนมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 14,199 ตร.กม. หรือประมาณ 8,874,375 ไร่ มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 1,364.4ล้าน ล.บ.ม/ปี แต่เนื่องจากลักษณะพื้นที่นี้เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงจึงทำให้ในฤดูฝน กระแสน้ำจะไหลจากด้านบนลงมาอย่างรวดเร็ว บ่าล้นตลิ่ง ท่วมและทำความเสียหายให้กับสวนไร่นา ตลอดจนบ้านเรือน และทรัพย์สินของราษฎรดังเช่น ปัญหาอุทกภัยในเขตลุ่มน้ำป่าสักส่งผลกระทบถึงกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ในทางกลับกันในฤดูแล้งมักประสบปัญหาขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตร การอุปโภคบริโภค ซึ่งแม้จะได้รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยามาช่วยเสริมแต่ก็ยังไม่เพียงพอ สาเหตุน่าจะมาจากการขาดการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่สามารถนำน้ำที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าที่ไหลทิ้งอย่างสูญเปล่าสู่ทะเลในปริมาณที่มาก แนวความคิดที่จะนำน้ำท่าส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูฝนมาเก็บกักไว้ในชั้นใต้ดิน เพื่อใช้สำหรับในช่วงเวลาขาดแคลนน้ำ เป็นวิธีหนึ่งของการพัฒนาแหล่งน้ำ

ภาคกลางตอนบนเกือบทุกจังหวัดมีฝนตกน้อยกว่า 1,200 มม. ซึ่งเป็นเกณฑ์ฝนตกน้อย แต่มีลักษ ณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงจึงมีปัญหาน้ำท่วมเนื่องจากได้รับน้ำฝนที่ไหลมาจากภาคเหนือ มีแม่น้ำสายใหญ่ไหลผ่านรวมทั้งพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มทำให้สามารถรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้ ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาปลูกข้าวเป็นหลัก แต่บางส่วนก็มีการปลูกพืชผักผลไม้ จะเห็นได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมของภาคกลางตอนบนที่กล่าวมาข้างต้นมี 10,786 ตร.กม. หรือประมาณ 6,741,250 ไร่ ซึ่งคิดเป็น 55.74% ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมผลิตนม อุตสาหกรรมน้ำตาล ล้วนแล้วต้องใช้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต อย่างไรก็ตามปัจจุบันถึงจะมีระบบชลประทาน และ อ่างเก็บน้ำทั้งขนาดใหญ่ และกลางหลายแห่งแต่ก็ยังไม่พอเพียงกับความต้องการใช้น้ำ ฉะนั้นการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนอีกวิธีหนึ่งคือการกักเก็บน้ำส่วนเกินในฤดูฝนลงสู่ใต้ดิน และ กลับมาใช้เมื่อถึงคราวจำเป็น อีกทั้งยังเป็นการบรรเทาน้ำท่วมในช่วงฤดูน้ำหลาก ส่วนขั้นตอนในการสำรวจ การวิเคราะห์ นั้นก็สะดวก ใช้เวลาไม่มาก ค่าใช้จ่ายในการศึกษา

การเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันสามารถทำได้โดยการเติมน้ำผิวดินลงในอ่างเก็บน้ำ ร่องน้ำ คูน้ำ หรือ สิ่งก่อสร้างอื่นๆซึ่งน้ำจะซึมผ่านชั้นดินและเคลื่อนตัวลงสู่และเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดิน การเติมน้ำลงสู่ใต้ดินเป็นวิธีการที่ใช้เก็บน้ำส่วนเกินในช่วงฤดูน้ำหลากลงไปไว้ในชั้นน้ำใต้ดินทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว ตัวอย่างน้ำส่วนเกิน เช่น น้ำท่าหรือน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าฝนเป็นต้นประโยชน์คือ สามารถเพิ่มระดับแรงดันของน้ำใต้ดิน ลดการทรุดตัวของแผ่นดิน และสามารถนำน้ำที่ถูกเก็บไว้นี้มาใช้อีกได้ในอนาคต ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีหลายอย่างกว่าการเก็บกัก

น้ำบนผิวดิน เช่น อ่างเก็บน้ำทั่วไป คือจะไม่มีการระเหยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจำนวนมากได้ การเติมน้ำลงสู่ใต้ดินต้องมีการซึมผ่านน้ำของผิวดินที่ดี การออกแบบระบบสำหรับการเติมน้ำใต้ดินแบบไร้แรงดัน อัตราการซึมผ่านน้ำของดินต้องถูกพิจารณา ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวระหว่างผิวดินและชั้นให้น้ำต้องตรวจสอบว่ามีความซึมผ่านเพียงพอ และ ปราศจากพื้นที่มลพิษ ชั้นให้น้ำต้องมีการซึมผ่านน้ำในแนวนอนอย่างเพียงพอเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดชั้นน้ำใต้ดินปลอม (Perched Aquifer)

ระบบการเติมน้ำใต้ดินเป็นการวางแผนระบบที่มีน้ำผิวดินเป็นตัวเพิ่ม หรือ เพื่อการซึมน้ำในใต้ชั้นดินและหลังจากนั้นก็จะเคลื่อนลงสู่ชั้นให้น้ำแล้วกลายเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน วัตถุประสงค์อื่นๆ ของการเติมน้ำแบบไร้แรงดันเพื่อเป็นการลดการรุกล้ำของน้ำทะเล หรือ การทรุดตัวของดิน เพื่อกักเก็บน้ำ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นโดยการบำบัดผ่านชั้นให้น้ำ โดยใช้ชั้นให้น้ำ เป็นระบบขนส่งน้ำ และ เพื่อเติมน้ำใต้ดินจากน้ำผิวดิน การซึมผ่านของน้ำ และ การเติมแบบไร้แรงดันสามารถทำได้โดยการขุดบ่อน้ำ หรือ การไหลของน้ำบนผิวดินโดยลุ่มน้ำ ร่องดิน คูน้ำ การแพร่กระจายของน้ำบนผิวดินเป็นเทคนิคการเติมที่นิยมใช้มาก เพราะว่าเป็นการก่อสร้างที่มีราคาถูกและ บำรุงรักษาง่าย คุณลักษณะหลายอย่างที่ประกอบด้วย ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และ อุทกวิทยา จำเป็นต้องพิจารณาร่วมกัน โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการเติมน้ำใต้ดินต้องมีความสามารถของน้ำซึมผ่านสูง และ อัตราการไหลในแนวระนาบของน้ำใต้ดินสูง ชั้นดินในบริเวณเติมน้ำต้องไม่มีชั้นดินเหนียวที่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำที่เติมลงสู่ใต้ดิน และ ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวค่อนข้างที่จะหนา เมื่อน้ำที่เติมไหลผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวแล้วถึงชั้นน้ำใต้ดิน และ จะแพร่กระจายตามแนวนอน ไม่แพร่กระจายตามแนวตั้ง

การเติมน้ำแบบไร้แรงดันเป็นวิธีการที่แพร่หลาย และ อาจจะเป็นสิ่งจำเป็นในอนาคต เมื่อการเจริญเติบโตของประชากรเพิ่มขึ้นความต้องการใช้น้ำก็จะมากขึ้น และ การกักเก็บน้ำที่จำเป็นสูงขึ้นเพราะเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเก็บรักษาน้ำในช่วงที่มีน้ำหลากเพื่อใช้ในเวลาขาดแคลนน้ำ วิธีดั้งเดิมในการกักเก็บน้ำคือการสร้างเขื่อน การกักเก็บน้ำไว้ในใต้ดินเป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำแบบยั้งยืน โดยวิธีการเติมแบบไร้แรงดันมีข้อดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการระเหยที่เกิดขึ้นน้อยมาก อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่าย และ การเติมน้ำลงสู่ใต้ดินจะเป็นที่นิยม ด้วยเหตุผลดังกล่าวการเติมน้ำแบบไร้แรงดันจึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในหลายประเทศทั่วโลก

1.3 วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์หาศักยภาพสำหรับพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันที่พื้นที่ภาคกลางตนบนที่กล่าวมาข้างต้น
2. ศึกษาปัจจัย และ ตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิผลต่อประสิทธิภาพการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน

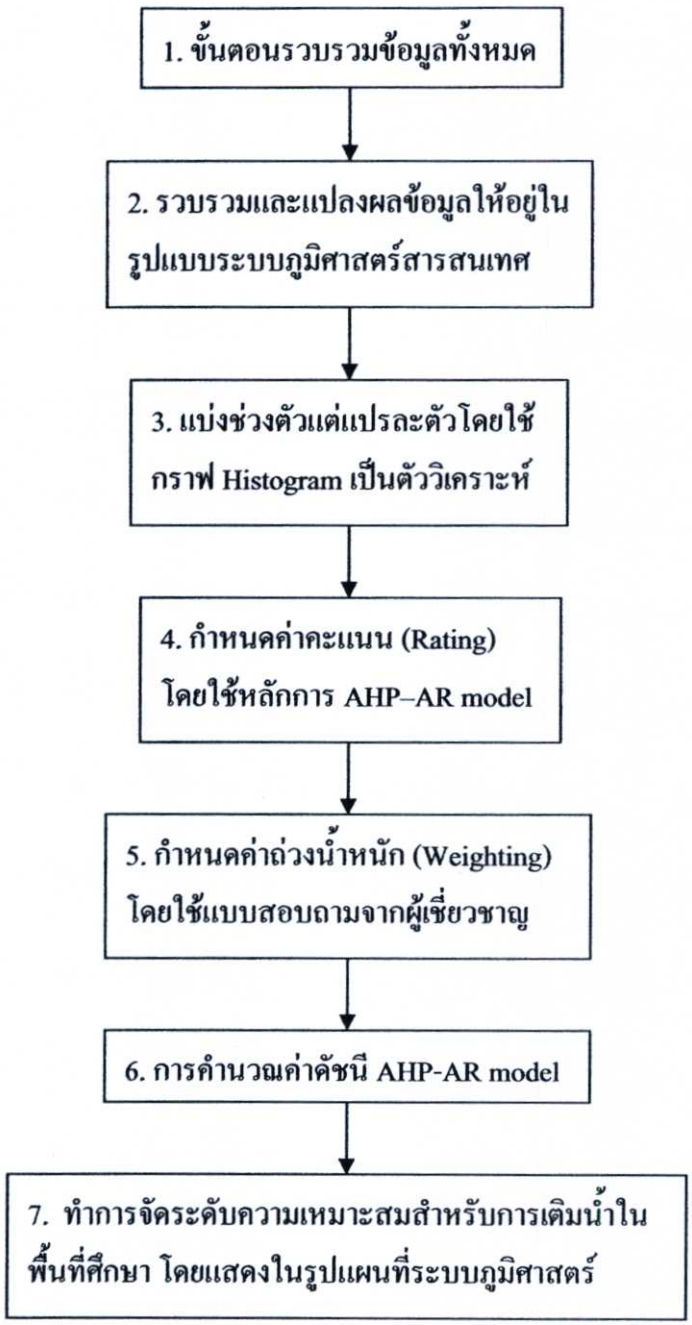
1.4 ขอบเขตการวิจัย

พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ภาคกลางตอนบน 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอ่างทอง สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท และ สุพรรณบุรี

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบไปด้วย

1. ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลทั้งหมด
2. รวบรวมและแปลงผลข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ
3. แบ่งช่วงตัวแต่แปรละตัวโดยใช้กราฟ Histogram เป็นตัววิเคราะห์
4. กำหนดค่าคะแนน (Rating) โดยใช้หลักการ AHP model
5. กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) โดยใช้แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ
6. การคำนวณค่าดัชนี AHP model
7. ทำการจัดระดับความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยแสดงในรูปแผนที่ระบบภูมิศาสตร์ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน																			
	2550		2551												2552					
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ศึกษาบทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→																		
2. ศึกษาข้อมูลและกำหนดตัวแปร				←	—	→																
3. ติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและแผนที่						←	—	→														
4. ทำการรวบรวมข้อมูลและแปลงให้อยู่ในรูป GIS								←	—	—	—	—	→									
5.แบ่งช่วงตัวแต่แปรละตัวโดยใช้กราฟ Histogram เป็นตัววิเคราะห์													←	→								
6. กำหนดค่าคะแนน (Rating) โดยใช้หลักการ AHP model														↔								
7.ทำแบบสอบถามเพื่อกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) จากผู้เชี่ยวชาญ																←	—	→				
8. การคำนวณค่าดัชนี AHP model																		←	—	→		
9. จัดระดับความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยแสดงในรูปแผนที่ระบบภูมิศาสตร์																			←	—	—	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาจะได้แผนที่ที่แสดงให้เห็นถึงระดับความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในแต่ละพื้นที่ของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบนของประเทศไทย ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลที่ได้ไปปฏิบัติได้จริง
2. สามารถวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อเติมน้ำส่วนเกินในฤดูน้ำหลากลงสู่ใต้ดิน
3. พัฒนาความรู้เกี่ยวกับตัวแปร และ ทฤษฎีต่างๆที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดัน
4. เพื่อเป็นการบรรเทาน้ำท่วม และ แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำแบบยั่งยืน
5. เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนให้แหล่งกักเก็บน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม
6. เพื่อพัฒนา และ จัดหาน้ำให้พื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำในบริเวณที่เกี่ยวข้องให้มีน้ำใช้ตลอดปี

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

ในบทนี้จะกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาตำรา เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งจะประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันที่เกี่ยวข้องกับโครงงานฉบับนี้ ว่างานวิจัยที่มีผู้อื่นได้ทำการศึกษาไว้นั้นมีวิธีการศึกษาอย่างไร ทำการวิเคราะห์อย่างไร และปัญหาความยุ่งยากของงานที่ทำการศึกษามีอะไรบ้าง

2.1. นิยามและความหมายของคำต่างๆ

การเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดิน (Recharge) เป็นการเติมน้ำโดยกระบวนการซึมผ่านผิวดินจากฝน ลำน้ำ สระหรือบ่อน้ำ และแหล่งน้ำดิบอื่นๆ หรือโดยการนำน้ำเติมลงในชั้นให้น้ำโดยตรง โดยเติมผ่านชั้นให้น้ำหรืออื่นๆ การเติมน้ำแบ่งเป็นการเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยธรรมชาติ (Natural Recharge) หรือการเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยมนุษย์ (Artificial Recharge)

การเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยมนุษย์ (Artificial Recharge) เป็นการเติมน้ำที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางธรรมชาติเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่ถูกเติมลงไปสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

การเหนี่ยวนำการเติมน้ำ (Recharge Induction) คือ การสูบน้ำหรือการนำน้ำใต้ดินออกจากชั้นชั้นให้น้ำโดยวิธีใดวิธีหนึ่งในพื้นที่บริเวณใกล้ๆลำน้ำ ทำให้ระดับหรือความดันของน้ำใต้ดินในชั้นให้น้ำลดลง ส่งผลให้เพิ่มการไหลซึมผ่านจากลำน้ำนั้นๆสู่ชั้นให้น้ำ

การซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration) คือ ระบบทำการกระจายหรือกักน้ำไว้บริเวณผิวดินเพื่อให้เกิดการซึมผ่านผิวดินและไหลผ่านชั้นดินลงสู่ชั้นให้น้ำ วิธีการซึมผ่านผิวดินนี้ใช้ได้กับการเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันเท่านั้น

การฝากน้ำ (Aquifer Storage and Recovery, ASR) เป็นระบบการเติมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำโดยผ่านบ่อน้ำบาดาล บ่อน้ำบาดาลทำหน้าที่เป็นทั้งบ่อเติมน้ำและบ่อสูบน้ำในตัวเอง ระบบนี้เหมาะสำหรับการเก็บน้ำทั้งช่วงระยะเวลาสั้น ระยะยาว หรือตามฤดูกาล และเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ขาดแคลนน้ำฉุกเฉิน

การบำบัดน้ำโดยการซึมผ่านชั้นดิน (Soil Aquifer Treatment, SAT) เป็นระบบที่ขึ้นอยู่กับความสามารถของดินในการเปลี่ยนแปลงหรือกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำที่ถูกเติมเข้าไปผ่านชั้นดินนั้นๆ

2.2 การศึกษาที่ผ่านมา

จากผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้วสรุปได้ดังนี้

อุมา สีบุญเรือง และ คณะ (2004) ได้สรุปการศึกษาหาพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไม่ใช้แรงดันอยู่จังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทยในจังหวัดพิจิตรบริเวณใกล้ลุ่มน้ำยมทำการวิเคราะห์โดยการเจาะบ่อสังเกตการ 22 บ่อ โดยมี P3 ถึง P24 แต่ละตำแหน่งบ่อจะใช้ 4 ตัวแปรในการวิเคราะห์ซึ่งมีดังนี้

- คุณสมบัติชั้นดิน (Lithology) ที่ได้มาจากการเจาะบ่อในพื้นที่ศึกษาโดยแบ่งเป็นสามประเภทชั้นดินคือ ทราย โคลนและดินเหนียว จากนั้นโปรแกรม Rockwork แจกแจงชั้นดินแต่ละประเภทให้เป็นรูปสามมิติ โดยกำหนดว่าถ้าชั้นผิวดินบนสุดเป็นทราย น้ำที่เติมก็จะไหลลงสู่ชั้นให้น้ำได้ง่าย ตรงกันข้ามน้ำที่เติมจะไหลลงสู่ชั้นให้น้ำได้ต่ำถ้าชั้นผิวดินบนสุดเป็นดินเหนียว

- ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater) คือระดับน้ำใต้ดินได้ทำการวัดในช่วงฤดูน้ำหลาก ทำการ Interpolate และ แสดงเป็นเส้นระดับ (Contour) ในแผนที่ตัวเลขจะชี้ให้เห็นความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน โดยกำหนดว่าตำแหน่งระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกดี แต่ตื้นไม่ดีเพราะน้ำจะซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้มาก

- โอกาสการเกิดน้ำท่วม (Possibility flood) ระบบ Binary ได้ถูกใช้เพื่อบรรยายถึงเงื่อนไขของการเกิดน้ำหลาก เช่นตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงมีโอกาสการถเกิดน้ำท่วม และ มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงไม่มีโอกาสการเกิดน้ำท่วม ความสามารเป็นไปได้ในการเกิดน้ำหลากในทุกตำแหน่งคำนวณได้โดยการสรุปเอาจำนวนวันที่เกิดน้ำหลากแล้วหารด้วยจำนวนวันทั้งหมดที่ได้บันทึก

- ความสามารถในการซึมผ่านของดิน (Infiltrability) คือความสามารถส่งผ่านน้ำของดินเพื่อให้น้ำลงไปถึงชั้นดินที่ลึกกว่า Chuenchooklin (2003) ได้ทำการทดลองคุณสมบัติของชั้นผิวดินทั่วพื้นที่ศึกษา และ ได้อธิบายคุณสมบัติในคำศัพท์ว่าค่า AC โดยอัตราการส่งผ่านของน้ำผ่านผิวดินเป็น (มม./วัน/เมตร)

จากนั้นสร้างตารางเปรียบเทียบบ่อทั้งหมด 22 บ่อ แล้วจัดแบ่งประเภทความเหมาะสมให้ตัวแปร และ บ่อสังเกตการทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็นสามระดับคือ ไม่ดี (Poor) เป็นไปได้ (Possible) และ ดี (Good) การให้ประเภทความเหมาะสมนั้นขึ้นกับคุณลักษณะของตัวแปรนั้น และ ได้อ้างอิงมาจากหนังสือต่างๆ ซึ่งกำหนดว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำแบบไม่ใช้แรงดันนั้นจะต้องไม่มีบ่อไหนที่มีตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งอยู่ในระดับไม่ดี (Poor)

ตารางที่ 2.1 ความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำแบบไม่ใช้แรงดันตามตัวแปรแต่ละตัวแปร ณ ตำแหน่งต่างๆ

	Lithology	Depth to GW	Flood	Infiltrability
P3	Poor	Possible	Possible	Good
P4	Poor	Possible	Poor	Good
P5	Poor	Possible	Poor	Poor
P6	Possible	Possible	Poor	Poor
P7	Poor	Possible	Poor	Poor
P8	Good	Possible	Poor	Poor
P9	Poor	Possible	Poor	Possible
P10	Poor	Possible	Poor	Possible
P11	Poor	Possible	Possible	Poor
P12	Poor	Poor	Possible	Good
P13	Possible	Possible	Possible	Possible
P14	Poor	Possible	Possible	Good
P15	Possible	Possible	Possible	Good
P16	Poor	Possible	Poor	Poor
P17	Poor	Possible	Poor	Poor
P18	Possible	Possible	Poor	Good
P19	Poor	Poor	Possible	Poor
P20	Poor	Poor	Possible	Possible
P21	Good	Possible	Possible	Possible
P22	Poor	Possible	Possible	Possible
P23	Poor	Possible	Possible	Poor
P24	Poor	Possible	Possible	Possible

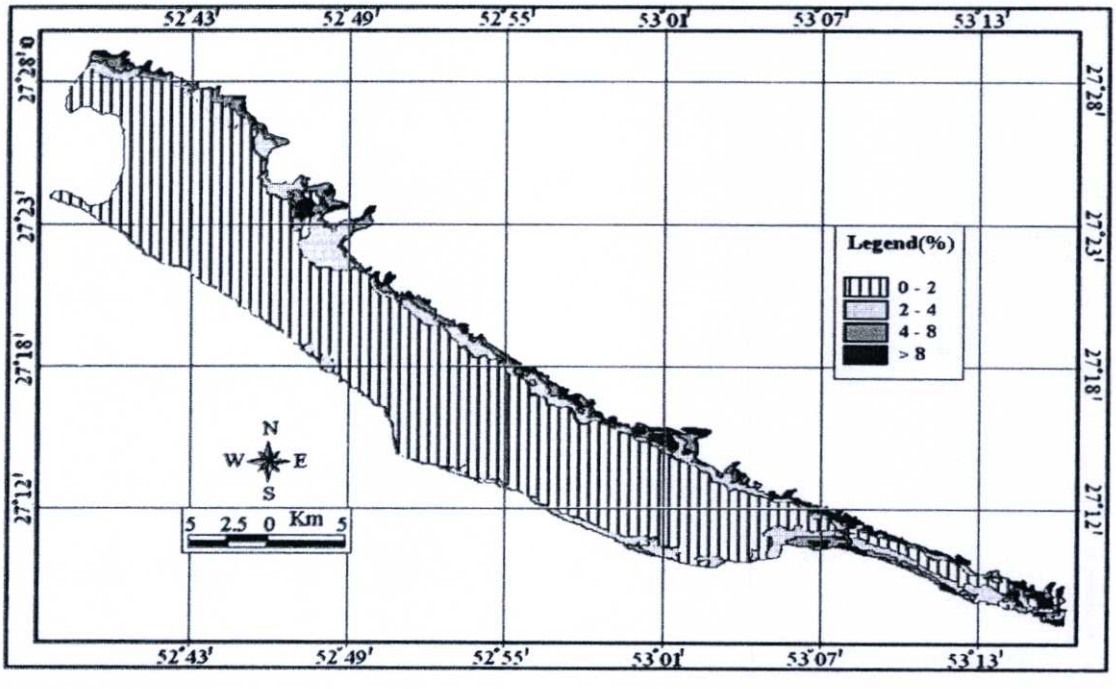
ผลที่ได้จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการเติมน้ำแบบไร้แรงดันคือบริเวณบ่อ P13, P15 และ P21

J. Ghayoumian (2007) ได้สรุปเรื่องการหาพื้นที่เติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดัน (Artificial Recharge) บริเวณแถบชายฝั่งทางภาคเหนือ Gavbandi River Basin ของประเทศอิหร่าน พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการเติมน้ำลงใต้ดินแบบไม่ใช้แรงดันโดยการแพร่กระจายนั้นต้องวิเคราะห์จาก 4 ตัวแปรในพื้นที่ศึกษาเช่น

- ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเลือกพื้นที่การกระจายของน้ำหลาก ความเร็วของน้ำมีความสัมพันธ์กับมุมของความลาดชันและความลึก แผนที่ภูมิประเทศของ Gavbandi Peidmont Plain ที่มีมาตราส่วน 1:25,000 ได้ถูกนำไปใช้ทำเป็นแผนที่ความลาดชันโดยใช้ แบบจำลอง Digital Elevation Model (DEM) เป็นเครื่องมือ จากนั้นทำการแบ่งประเภทออกเป็น 4 ประเภทโดยอ้างอิงจาก (Saraf and Choudhury, 1998) ดังตาราง และ รูปด้านล่าง

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ใน Gavbandi River Basin

ประเภทความเหมาะสม	ความลาดชัน (%)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมมาก	0 – 2	383.5	78.6
เหมาะสม	2 - 4	59	12.1
เหมาะสมปานกลาง	4 - 8	28.5	5.8
เหมาะสมน้อย	> 8	17.2	3.6

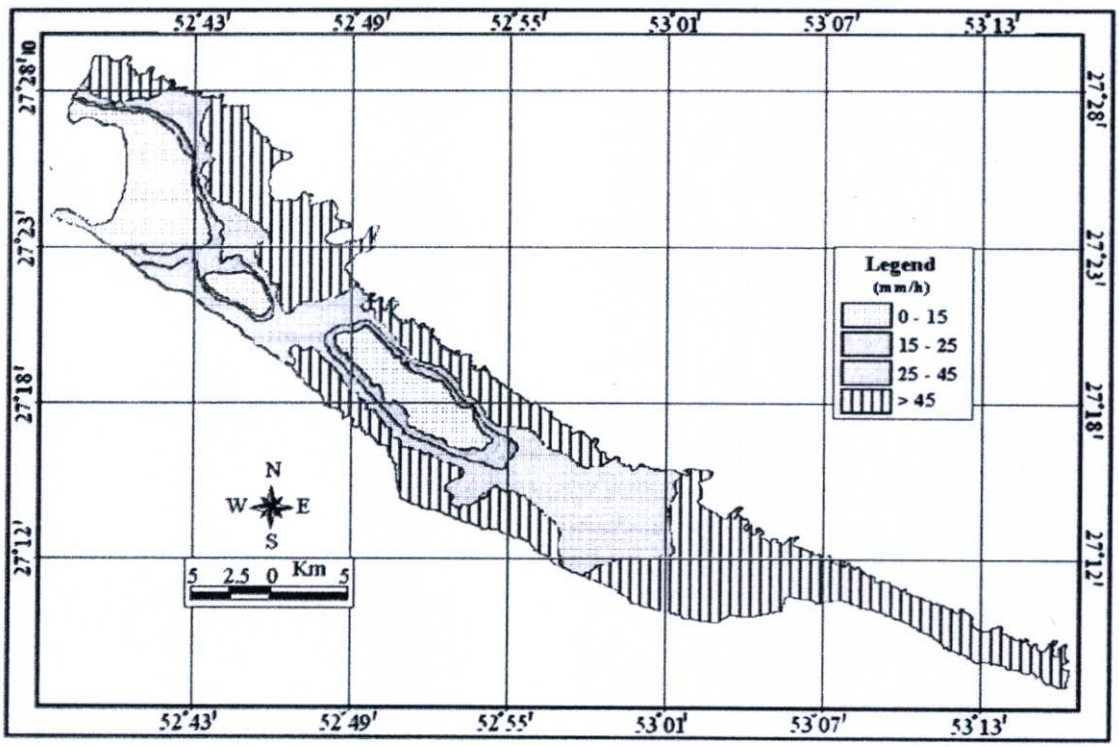


รูปที่ 2.1 แผนที่การแบ่งประเภทความลาดชันใน Gavbandi River Basin

- อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน (Infiltration Rate) การกำหนดค่าการซึมผ่านน้ำของผิวดินได้ยึดเอาคุณสมบัติการซึมผ่านน้ำของดินซึ่งจัดทำโดยองค์การอาหาร และ การเกษตร (FAO, 1979) ตัวอย่าง 35 ชุดดินที่ได้เก็บมาจากพื้นที่ศึกษาเพื่อมาวิเคราะห์โดยได้ใช้วงแหวน Infiltrometer เป็นเครื่องมือในการทดสอบ และ ได้ทำเป็นแผนที่อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดินจากนั้นก็ทำการแบ่งประเภทออกเป็น 4 ประเภท ดังตาราง และ รูปด้านล่างนี้

ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดินใน Gavbandi River Basin

ประเภทความเหมาะสม	อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน (มม./ชม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมมาก	> 45	244.9	50.2
เหมาะสม	25 – 45	130.6	26.7
เหมาะสมปานกลาง	15 – 25	33.7	6.9
เหมาะสมน้อย	0 - 15	79.2	16.2

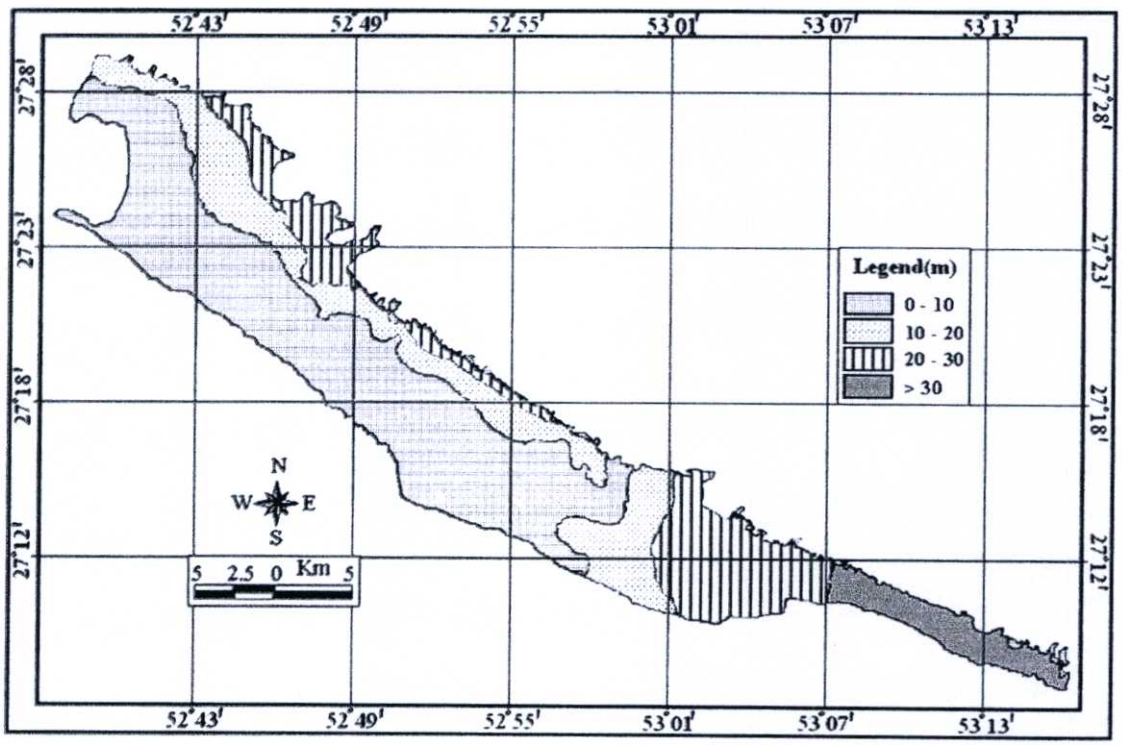


รูปที่ 2.2 แผนที่การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดินใน Gavbandi River Basin

- ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater) การเจาะบ่อสังเกตการ และ ผลการทดลอง Geoelectrical resistivity sounding ได้ถูกใช้ในการกำหนดความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน และระดับน้ำใต้ดิน พื้นที่การศึกษาได้แบ่งประเภทออกเป็น 4 ประเภท โดยใช้ประสบการณ์ในการจัดประเภท (Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 1999) ดังตาราง และรูปด้านล่างนี้

ตารางที่ 2.4 การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินใน Gavbandi River Basin

ประเภทความเหมาะสม	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (ม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมมาก	> 30	31.9	6.5
เหมาะสม	20 – 30	100.1	20.5
เหมาะสมปานกลาง	10 – 20	111.3	22.8
เหมาะสมน้อย	0 - 10	245.1	50.2

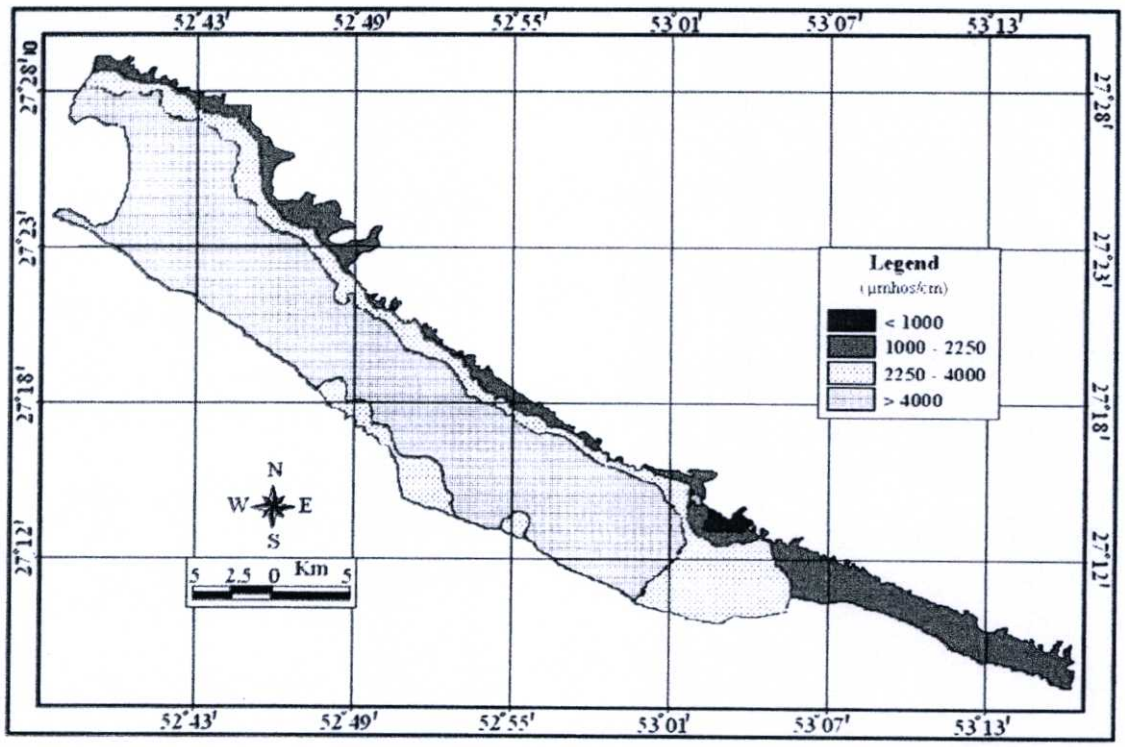


รูปที่ 2.3 แผนที่การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินใน Gavbandi River Basin

- ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ปัจจัยค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นที่ดัชนีแสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำ การจัดประเภทความเค็มของ Raghonath's (1987) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อแบ่งประเภทพื้นที่การศึกษาให้เป็น 4 ระดับ โดยอยู่บนพื้นฐานของค่าการนำไฟฟ้า ค่าเฉลี่ยค่านำไฟฟ้าจากบ่อสังเกตการได้ถูกเก็บข้อมูลมากกว่า 10 ปีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ดังตาราง และ รูปด้านล่าง

ตารางที่ 2.5 การแบ่งประเภทค่านำไฟฟ้าใน Gavbandi River Basin

ประเภทความเหมาะสม	ค่านำไฟฟ้า (µmhos/ซม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมมาก	0 - 1000	3.1	0.6
เหมาะสม	1000 – 2250	87.3	17.9
เหมาะสมปานกลาง	2250 – 4000	102.2	20.9
เหมาะสมน้อย	> 4000	295.7	60.6



รูปที่ 2.4 แผนที่การแบ่งประเภทค่าการนำไฟฟ้าใน Gavbandi River Basin

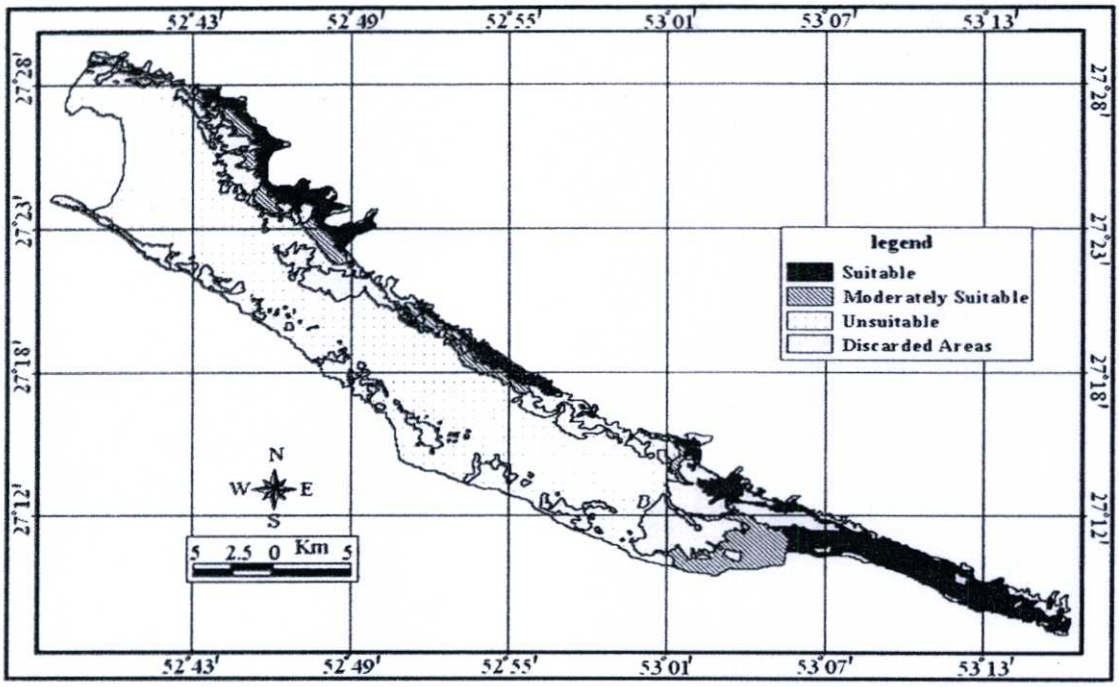
จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดที่อยู่ในรูป Shape File ของ GIS ที่ได้ทำการแบ่งประเภทความเหมาะสมมาทำการวิเคราะห์ได้ใช้หลักการ Boolean และ Fuzzy logic เป็นตัวกำหนดตำแหน่งพื้นที่ที่มีความเหมาะสม

ในการวิเคราะห์โดยใช้ Boolean logic นี้มีสองแบบจำลองคือ Boolean AND และ Boolean OR ซึ่งได้เลือก Boolean AND เป็นตัววิเคราะห์โดยมีเพียงค่า 1 หรือ 0 แบบจำลองนี้มีความหมายว่า 1 คือพื้นที่ที่เหมาะสม และ 0 คือพื้นที่ที่เหมาะสมน้อย จากนั้นเอาตัวแปรทั้งหมดมาวางทับกันโดยใช้โปรแกรม Arcview เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งเห็นได้ว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยใช้ แบบจำลอง Boolean AND มีเนื้อที่ประมาณ 5802.8 ha หรือ 11.88%

ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้ Fuzzy logic (classical set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 {0, 1} เท่านั้น classical set มีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่ง ๆ จะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่าคือ 0 ไม่เป็นสมาชิก และ 1 เป็นสมาชิก Zimmermann and Zysno (1980) ได้บรรยายหลักเกณฑ์ของการวางซ้อนกัน ซึ่งมี 5 ประเภทคือ Fuzzy AND, fuzzy OR, fuzzy algebraic product, fuzzy algebraic sum, and fuzzy gamma operator โดยได้เลือกใช้ fuzzy algebraic product ที่มีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในการรวบรวม ซึ่งมีสมการกำหนดดังนี้

$$\mu_{combination} = \sum_{i=1}^{n} ui$$

μ_i เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับ Shape File ของ GIS ที่ i และ i = 1,2,3….,n เป็น Shape File เพื่อการรวบรวม จากนั้นใช้โปรแกรม Arcview เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งเห็นได้ว่าพื้นที่สำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินโดยไร้แรงดันโดยใช้ แบบจำลอง fuzzy algebraic product มีเนื้อที่ประมาณ 6025.7 ha หรือ 12.3% เป็นพื้นที่เหมาะสมมาก และ 3902 ha หรือ 8% เป็นพื้นที่เหมาะสมมากปานกลาง



รูปที่ 2.5 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินใน Gavbandi River Basinของประเทศอิหร่าน

Ghayoumian (2004) ได้สรุปว่าตัวแปรอื่นๆที่สำคัญในการศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำ บริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh ของประเทศอิหร่าน ซึ่งพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการเติมน้ำลงใต้ดินแบบไม่ใช้แรงดันโดยการแพร่กระจายนั้นต้องวิเคราะห์จาก 5 ตัวแปร คือ

- ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) การเติมน้ำด้วยวิธีปล่อยน้ำบ่าท่วมผิวดินสามารถทำได้ในพื้นที่ราบมีความลาดเอียง 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จุดประสงค์หลักก็เพื่อที่จะกระจายน้ำให้ทั่วพื้นที่กว้างและเคลื่อนที่ไปบนผิวดินช้าๆตามความลาดเอียงของผิวดินน้ำจะถูกปล่อยออกจากหลายๆจุดกระจายทั่วทั้งพื้นที่เพื่อให้น้ำซึมลงใต้ดินด้วยความสม่ำเสมอ จากนั้นก็ทำการแบ่งประเภทออกเป็น 4 ประเภท โดยใช้ประสบการณ์ประกอบกับหนังสือต่างๆ ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh

ประเภท	ความลาดชัน (%)	ความเหมาะสม	พื้นที่ (%)
1	0 - 2	เหมาะสมมาก	60.98
2	2 – 3	เหมาะสม	23.39
3	3 – 4	เหมาะสมปานกลาง	7.04
4	> 4	เหมาะสมน้อย	8.60

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากการพิจารณาความลาดชันเห็นว่ากว่า 84% ของพื้นที่มีความเหมาะสมมาก และ เหมาะสม สำหรับการเติมน้ำลงใต้ดินแบบไม่ใช้แรงดัน

- อัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration Rate) สิ่งที่ทำให้มีผลต่อการเติมน้ำคือ วัสดุในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวต้องมีความซึมผ่านในแนวดิ่งสูงเพื่อการแพร่กระจาย และชั้นให้น้ำต้องมีความสามารถในการส่งผ่านในแนวนอนที่เหมาะสมสำหรับการส่งน้ำไปยังที่อื่น หากชั้นดินมีค่า Hydraulic Conductivity ต่ำในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดชั้นน้ำปลอม (Perched Zone) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านผิวดินจาก (FAO, 1979) ซึ่งได้เก็บตัวอย่างชนิดดินจาก 36 สถานี ในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ และ ทำการจัดแบ่งประเภทออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การแบ่งประเภทอัตราการซึมผ่านผิวดินในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh

ประเภท	อัตราการซึมผ่านผิวดิน (มม. /ชม.)	ความเหมาะสม	พื้นที่ (%)
1	> 45	เหมาะสมมาก	14.46
2	25 – 45	เหมาะสม	75.80
3	15 – 25	เหมาะสมปานกลาง	9.74
4	< 15	เหมาะสมน้อย	0.0

- ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) ค่าความสามารถในการส่งผ่านน้ำในแนวนอน ได้มาจากการทดลอง Pumping Test ซึ่งได้ทำการเจาะบ่อสังเกตการทั่วบริเวณพื้นที่การศึกษา ส่วนวิธีการจัดแบ่งประเภทความเหมาะสมนั้นทำโดยอาศัยประสบการณ์ จัดแบ่งประเภทออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การแบ่งประเภทค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh

ประเภท	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (ตร.ม./วัน)	ความเหมาะสม	พื้นที่ (%)
1	> 900	เหมาะสมมาก	24.20
2	600 – 900	เหมาะสม	30.40
3	300 – 600	เหมาะสมปานกลาง	29.45
4	0 - 300	เหมาะสมน้อย	15.93

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ พบว่าประมาณ 16% ของพื้นที่ศึกษาไม่มีความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดัน

105413

- ระดับน้ำใต้ดิน และ ความหนาชั้นให้น้ำ (Water Table and Aquifer Thickness) สำหรับการแพร่กระจายของน้ำหลากระดับน้ำใต้ดินมีความลึกที่พอเหมาะ และ พื้นที่ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 3 ถึง 4 m จะไม่ถูกนำมาพิจารณา ความหนาของชั้นให้น้ำมีผลต่อการเลือกพื้นที่การเติมน้ำแบบไร้แรงดันคล้ายกับตัวแปรอื่นๆ หากตัวแปรทั้งหมดมีความเหมาะสมยกเว้นความหนาของชั้นให้น้ำ การเติมน้ำอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดชั้นดินอิ่มตัวได้ จากประสบการณ์ได้ทำการแบ่งประเภทความเหมาะสมออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การแบ่งประเภทความหนาชั้นให้น้ำในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh

ประเภท	ความหนาชั้นให้น้ำ (ม.)	ความเหมาะสม	พื้นที่ (%)
1	80 - 120	เหมาะสมมาก	12.21
2	40 – 80	เหมาะสม	37.61
3	20 – 40	เหมาะสมปานกลาง	37.22
4	< 10	เหมาะสมน้อย	12.76

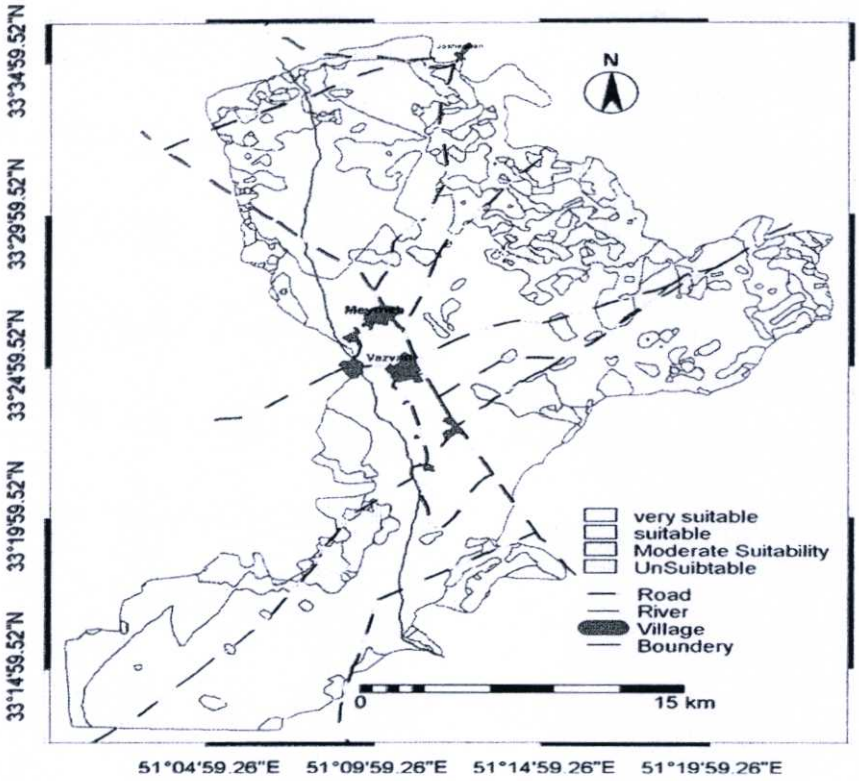
จากการพิจารณาความหนาชั้นให้น้ำพบว่าประมาณ 13% ของพื้นที่ศึกษาไม่มีความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดัน

- คุณภาพน้ำ (Water Quality) น้ำหลากที่มีคุณภาพต่ำเช่น น้ำเค็ม จะทำให้คุณภาพน้ำใต้ดินลดลง ในการเติมน้ำใต้ดินได้มีการนำค่าไฟฟ้าไปใช้เพื่อเป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพน้ำ ซึ่งได้จัดแบ่งประเภทคุณภาพน้ำออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh

ประเภท	คุณภาพน้ำ (μmhos/ซม.)	ความเหมาะสม	พื้นที่ (%)
1	< 1,000	เหมาะสมมาก	30.40
2	1,000 – 3,000	เหมาะสม	42.89
3	3,000 – 6,000	เหมาะสมปานกลาง	26.71
4	> 6,000	เหมาะสมน้อย	0.0

จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดที่ได้จากการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำมารวม และ ทำการวิเคราะห์โดยใช้ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System DSS, Rossuter and other 1995) ใน GIS



รูปที่ 2.6 พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเติมน้ำใต้ดินในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh ของประเทศอิหร่าน

ผลของการวิเคราะห์พบว่าประมาณ 70% ของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสม และเหมาะสมมากสำหรับการเติมน้ำลงใต้ดินแบบไร้แรงดันในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Meimeh ประเทศอิหร่าน

นอกจากนี้ Bouwer (2002) ได้กล่าวถึงเรื่องการเติมน้ำลงสู่ใต้ดิน (Artificial Recharge) ว่าพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันต้องมีดินชั้นบนที่น้ำซึมผ่านได้ง่าย หรือต้องทำการขุดเปิดหน้าดินจนถึงระดับที่น้ำสามารถซึมผ่านได้คือพื้นที่นั้นๆต้องมีอัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration Rate) ที่ค่อนข้างดี ชั้นน้ำใต้ดินต้องสามารถส่งผ่านหรือระบายน้ำที่ถูกเติมได้อย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Groundwater mound ซึ่งทำให้ระบบเติมน้ำมีประสิทธิภาพที่ลดลง นอกจากนั้นแล้ว ประเด็นเรื่องคุณภาพน้ำเป็นอีกเรื่องหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดการอุดตันของบ่อเติมน้ำ (Clogging) ทั้งทางกายภาพและเคมี

จากการศึกษาข้างต้นพบว่ามีหลายๆปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลต่อการเลือกพื้นที่เติมน้ำและศักยภาพของการเติมน้ำ Gau et al. (2006) ได้ทำการประเมินความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวโดยใช้วิธีแบบจำลองทางคณิตศาตร์ FEMWATER คำนวณเวลาการเดินทาง (Travel time) ของน้ำที่เติมจากบ่อเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดินในสภาพดินไม่อิ่มตัวและอิ่มตัว ผลการศึกษาชี้ว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ คุณสมบัติเฉพาะของชั้นดินไม่อิ่มตัว (Characteristic curve) ความสามารถในการกัก

เก็บน้ำ (Storage capacity) และความสามารถในการไหลผ่านของชั้นดิน Munevar and Marino (1999) ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อศักยภาพการเติมน้ำ

(Bouwer, 2002) ในทุกกรณีในการเพิ่มศักยภาพน้ำใต้ดินโดยการเติมน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำหลาก น้ำท่า หรือน้ำฝนโดยตรง น้ำที่ถูกเติมจะต้องผ่านชั้นน้ำไม่อิ่มตัว (Unsaturated or Vadose Zone) เข้าสู่ชั้นดินอิ่มตัว (Saturated Zone) โซนของดินไม่อิ่มตัวนี้เป็นเสมือนอ่างเก็บน้ำและตัวกลางกรองขนาดใหญ่ใต้ดิน เมื่อมีน้ำเติมและสิ่งแปลกปลอมไหลผ่านก่อนที่จะไหลไปเก็บที่ชั้นให้น้ำ คุณสมบัติต่างๆทางอุทกวิทยากายภาพของดินโซนไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่จะเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ ในระบบเติมน้ำทั้งระบบที่เป็นธรรมชาติและไม่ธรรมชาติ นอกเหนือจากนี้คุณสมบัติของชั้นดินทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เป็นผลมาจากการเติมน้ำ ซึ่งในทางกลับกันก็มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำ ดังนั้นการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยเพื่อเพิ่มความเข้าใจในกลไก (Mechanisms) เฉพาะต่างๆที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพการเพิ่มศักยภาพของน้ำใต้ดิน เช่น ความชื้นของดินเริ่มต้น ระดับน้ำบนผิวดิน หรือระยะเวลาในการซึม และ เพื่อสามารถทำนายอนาคตของการซึมได้ของน้ำ และ ผลกระทบของการเติมน้ำต่อชั้นน้ำไม่อิ่มตัวและอิ่มตัวจะเป็นประโยชน์อย่างสูง

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 วิธีการเติมน้ำ

วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินสามารถจำแนกได้เป็นสองวิธีหลัก คือวิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยธรรมชาติและวิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยมนุษย์ วิธีการเติมน้ำโดยมนุษย์มีหลายวิธี นับตั้งแต่วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยผ่านผิวดิน วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยตรงสู่ชั้นให้น้ำ วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยผสมระหว่างโดยผ่านผิวดินและโดยตรงสู่ชั้นให้น้ำ และ วิธีการเติมโดยทางอ้อม

2.3.1.1 วิธีการเติมน้ำลงแหล่งน้ำใต้ดินโดยธรรมชาติ

แหล่งน้ำใต้ดินธรรมชาติ อาจเกิดจากการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยธรรมชาติหรือไม่ก็เกิดจากการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยมนุษย์ การเติมน้ำโดยธรรมชาติได้รับน้ำมาจากหลายแหล่ง อาจจะประกอบด้วยน้ำฝนซึมลงดินแล้วไหลต่อไปถึงชั้นให้น้ำ การซึมของน้ำในแม่น้ำ สระน้ำ สู่ชั้นให้น้ำ หรือการซึมเข้ามาจากแหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ในบางครั้งยังรวมถึงน้ำซึมจากน้ำส่วนเกินจากเขตเกษตรชลประทาน น้ำจากบ้านเรือนและน้ำทิ้งจากโรงงาน หากเป็นการปฏิบัติโดยไม่ได้ตั้งใจถือว่าเป็นการเติมน้ำโดยธรรมชาติ แต่ถ้าเจาะจงก็ถือว่าเป็นการเติมน้ำโดยมนุษย์

2.3.1.2 วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยมนุษย์

การเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน หมายถึง กระบวนการทำเพื่อให้มีน้ำเข้าไปเพิ่มปริมาณสำรองน้ำใต้ดินรวมถึงการออกแบบเพื่อกักเก็บน้ำผิวดิน น้ำส่วนเกินจากการชลประทาน น้ำเสีย น้ำหล่อเย็น และอื่นๆจากโรงงาน วัตถุประสงค์หลักในการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินคือเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินสำรอง และจุดประสงค์อื่นๆดังนี้

(1) เพื่ออนุรักษ์น้ำผิวดินที่มากเกินปริมาณการเก็บกักก่อปัญหาน้ำท่วม

(2) เพิ่มผลตอบแทนและคุณค่าทางเศรษฐกิจแก่แหล่งน้ำใต้ดิน

(3) เพื่อนำน้ำผิวดินส่วนเกินที่ไม่มีประโยชน์มาเก็บไว้ใช้ในฤดูแล้ง ปรับการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำและการวางท่อส่งน้ำ

(4) ลดปัญหาและรักษาสมดุลของชั้นให้น้ำ ป้องกันการแทรกตัวของน้ำเค็ม

(5) ลดปัญหาการทรุดตัวของผิวดิน เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำใต้ดินอย่างรวดเร็ว

(6) ทำให้คุณภาพน้ำเสียดีขึ้นหรือการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ด้วยกระบวนการกรองและอื่นๆ

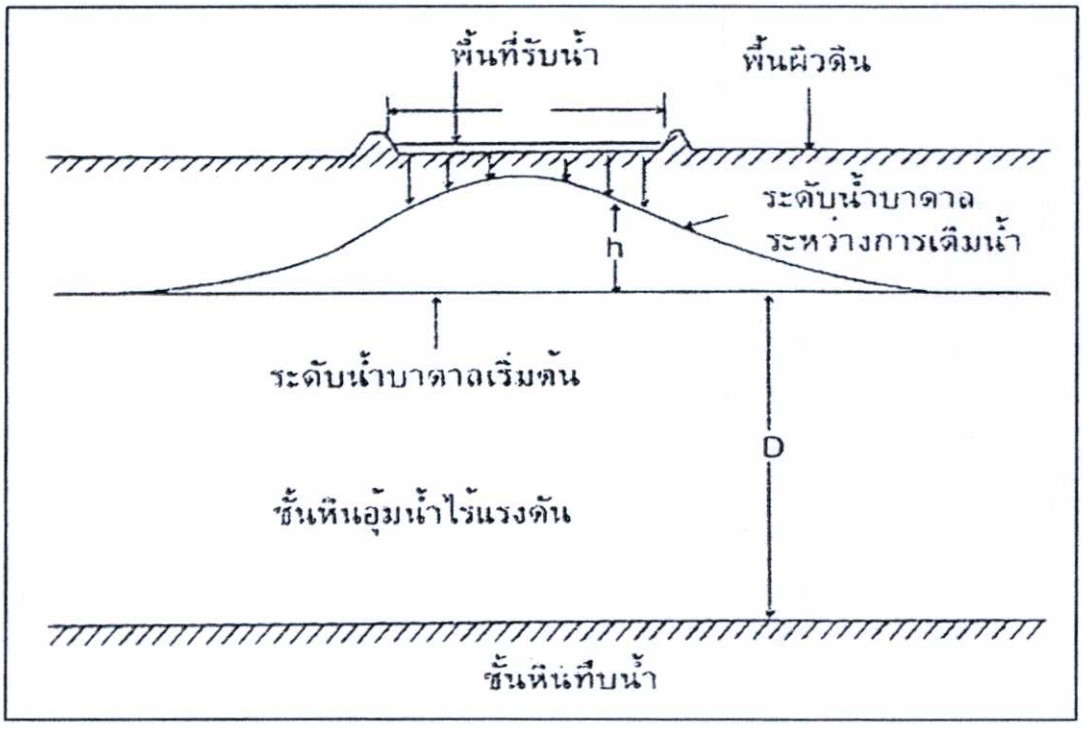
วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยมนุษย์มีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในบางกรณีอาจจะเลือกวิธีเติมน้ำโดยผ่านผิวดิน บางครั้งอาจจะเลือกวิธีใช้บ่อน้ำใต้ดิน และในบางครั้งอาจจะเลือกวิธีผสมระหว่างวิธีผิวดินร่วมกับการใช้บ่อน้ำใต้ดินได้ รายละเอียดการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินมีดังนี้ คือ

2.3.1.3 วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยผ่านผิวดิน

วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยผ่านผิวดินเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน และนิยมใช้กันมากที่สุด ด้วยวิธีนี้น้ำจะซึมจากผิวดินแล้วไหลผ่านลงไปเรื่อยๆจนถึงชั้นให้น้ำ จากการศึกษาภาคสนามพบว่า วิธีนี้มีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุม ได้แก่ ปริมาณน้ำที่จะไหลซึมลงสู่ชั้นให้น้ำ พื้นที่ที่ใช้และเวลาที่ให้น้ำ นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญ วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยผ่านผิวดินนี้ยังแบ่งเป็นวิธีย่อยๆหลายชนิด ประกอบด้วยการเติมน้ำโดยปล่อยให้น้ำบ่าท่วม การเติมน้ำผ่านคูและร่องน้ำ การเติมน้ำผ่านสระน้ำ การเติมน้ำจากฝายต้นน้ำลำธาร และการเติมน้ำโดยใช้น้ำชลประทานที่เกินพอ ดังจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การเติมน้ำโดยปล่อยให้น้ำบ่าท่วม (Flooding) การเติมน้ำด้วยวิธีปล่อยน้ำบ่าท่วมผิวดินสามารถทำได้ในพื้นที่ราบมีความลาดเอียง 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จุดประสงค์หลักก็เพื่อที่จะกระจายน้ำให้ทั่วพื้นที่กว้างและเคลื่อนที่ไปบนผิวดินช้าๆตามความลาดเอียงของผิวดินโดยไม่ไปทำลายหรือรบกวนหน้าดิน น้ำจะถูกปล่อยออกจากหลายๆจุดกระจายทั่วทั้งพื้นที่เพื่อให้น้ำซึมลงใต้ดินด้วยความสม่ำเสมอ น้ำส่วนเกินให้ไหลลงสู่คูหรือคลองท้ายพื้นที่เพื่อปล่อยทิ้งต่อไป โดยทั่วไปอัตราการซึมของน้ำจะสูงสุดเมื่อดินและพืชอยู่ในสภาพปกติ ไม่ถูกรบกวนหรือทำลาย วิธีนี้มักใช้

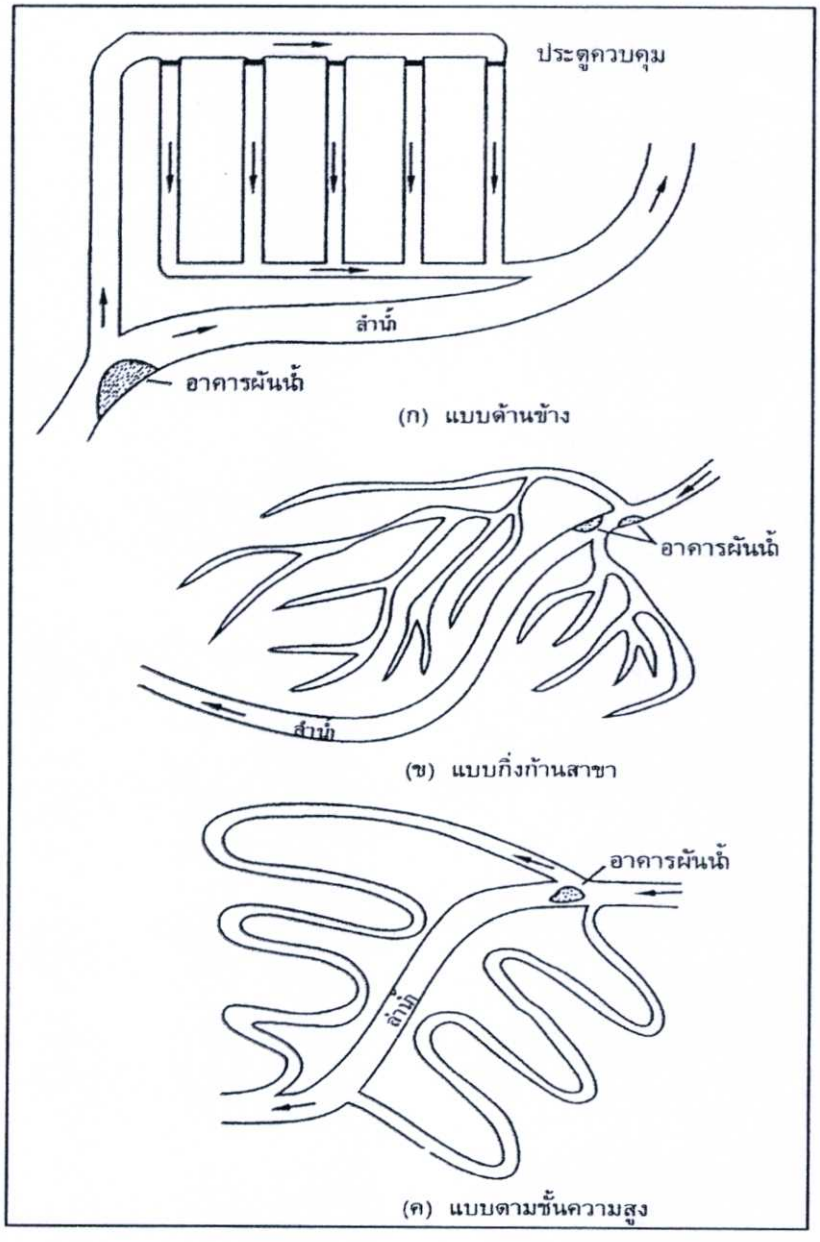
กับพื้นที่มากและอัตราการระเหยของน้ำเสียไปค่อนข้างสูง จึงต้องใช้น้ำมาก แต่ข้อดีของวิธีนี้อยู่ตรงที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำในการก่อสร้างและดูแลบำรุงรักษา (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 การเติมน้ำโดยปล่อยให้น้ำบ่าท่วม (Asano, 1985)

(2) การเติมน้ำผ่านคูและร่องน้ำ (Trench และ Ditch) วิธีนี้จะขุดคูหรือร่องน้ำแล้วปล่อยน้ำไหลผ่าน โดยทั่วไประบบของคูอาจจะวางเป็นหลายแนวกระจายทั่วพื้นที่ มีทั้งวางแนวคูแบบกิ่งไม้หรือขุดตามแนวระดับของพื้นที่ หรือวางเป็นแนวเส้นตรงขนานกันตลอดพื้นที่ ปกติจะต้องมีคลองขนาดใหญ่นำน้ำมาที่หัวร่องน้ำ แล้วปล่อยน้ำผ่านร่องทั่วพื้นที่ ปลายพื้นที่มีคูเก็บน้ำ และนำน้ำส่วนเกินปล่อยทิ้งไป (รูปที่ 2.8)

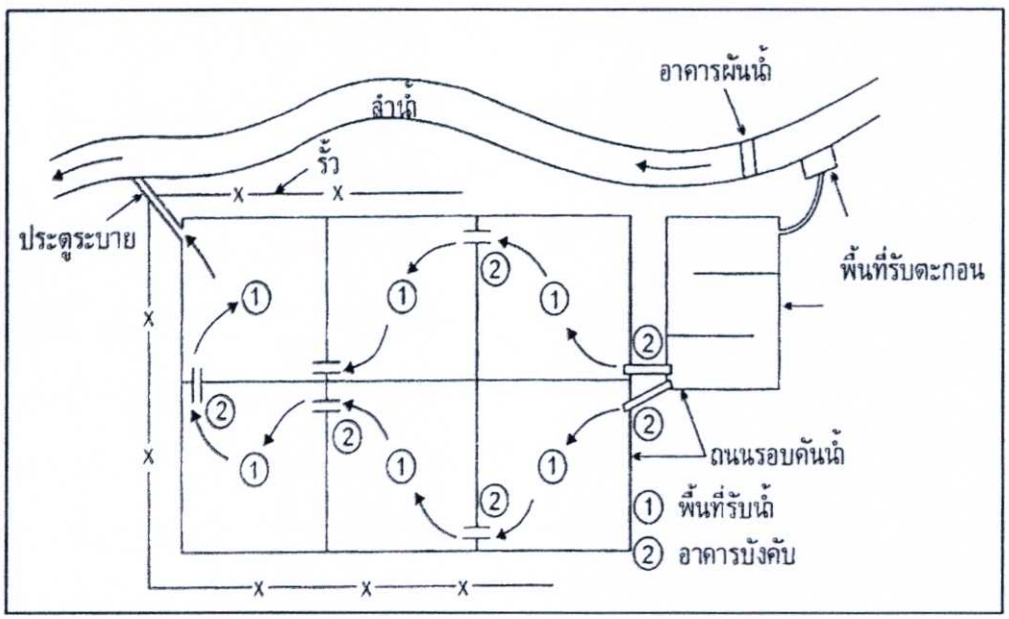
วิธีเติมน้ำด้วยวิธีนี้นิยมใช้กับแหล่งน้ำที่มีตะกอนมาก โดยทั่วไปความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านระบบเพียงพอที่จะนำตะกอนออกไปยังแหล่งน้ำเดิม การซึมของน้ำปกติน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ในบริเวณพื้นที่เติมน้ำที่เป็นคูและร่องน้ำ



รูปที่ 2.8 การเติมน้ำผ่านคูและร่องน้ำ (Asano, 1985)

(3) การเติมน้ำผ่านสระน้ำ (Pond) การเติมน้ำด้วยการเก็บน้ำในสระน้ำเป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและต้องการการดูแลรักษาอย่างง่ายๆ สระน้ำอาจสร้างโดยการทำเขื่อนขนาดเล็กหรือฝายกั้น หรืออาจจะใช้คันดินธรรมชาติ หรือขุดเป็นสระก็ได้ รูปร่าง และขนาดของสระก็พิจารณาตามความเหมาะสม ตามลักษณะภูมิประเทศ สระน้ำอาจจะสร้างเป็นสระเดี่ยวถ้าพื้นที่ขนาดเล็ก หรือสร้างเป็นชุดหลายสระ กักน้ำบ่าผิวดินหรือผันน้ำในแม่น้ำส่วนเกินเข้ามาในสระ (รูปที่ 2.9)

การเติมน้ำด้วยระบบหลายสระ มีข้อดีหลายอย่าง เช่น ช่วยให้มีน้ำอยู่ในสระเป็นเวลานานขึ้น สระแรกทำหน้าที่ดักตะกอนทำให้สระสุดท้ายน้ำซึมดีขึ้น ประสิทธิภาพการซึมของสระ สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยสารปรับปรุงดิน การปลูกพืชและการจัดวิธีให้น้ำเฉพาะ สารปรับปรุงดินปกติใช้สารเคมีเพื่อปรับดินให้มีช่องว่างมากขึ้น น้ำก็จะซึมได้ดี ส่วนการปลูกพืช รากพืชจะช่วยทำให้ดินซึมน้ำได้ดี การวางแผนการให้น้ำจากบางสระและพักบางสระเพื่อซ่อมแซมและขุดลอกเอาตะกอนอุดตันก้นสระออก แล้วปล่อยให้ก้นสระมีสภาพเปียกและแห้งสลับกันจะช่วยให้ประสิทธิภาพการซึมดีขึ้น



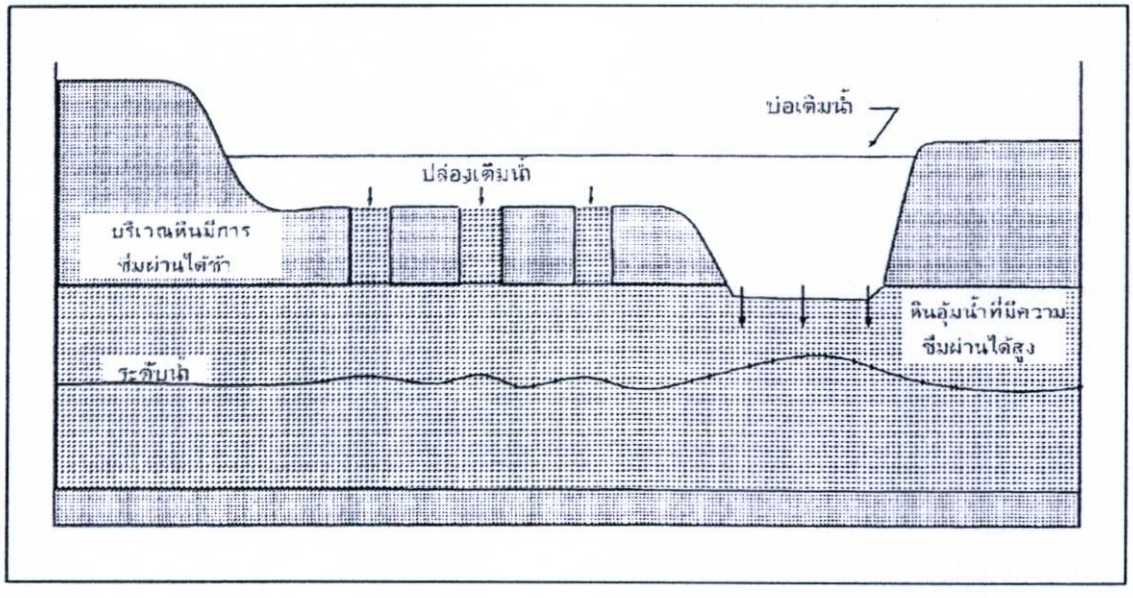
รูปที่ 2.9 การเติมน้ำผ่านสระน้ำ (Asano, 1985)

2.3.1.4 วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยตรงสู่ชั้นให้น้ำ

วิธีการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินโดยตรงสู่ชั้นให้น้ำใช้ในกรณีที่มีชั้นทึบน้ำกั้นระหว่างชั้นผิวดินและชั้นให้น้ำหรือชั้นให้น้ำอยู่ลึก วิธีนี้ประกอบด้วย การเติมน้ำผ่านชั้นให้น้ำที่เปิดตามธรรมชาติ การเติมน้ำผ่านบ่อขุดและท่อ การเติมน้ำผ่านระบบท่อระบายน้ำ การเติมน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาล และการฝากน้ำ วิธีการเหล่านี้ต้องคำนึงถึงคุณภาพน้ำเป็นเรื่องสำคัญ แต่มีข้อดีคือต้องการพื้นที่น้อย

(1) การเติมน้ำผ่านชั้นให้น้ำที่เปิดตามธรรมชาติ วิธีนี้ในการปฏิบัติจะเติมน้ำผ่านรอยแตก รอยแยก หรือรูโพรง ซึ่งเปิดสู่ชั้นน้ำใต้ดิน วิธีนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาและภูมิประเทศแหล่งน้ำ ขนาด การกระจายและตำแหน่งของรอยแตก รอยแยก หรือรูโพรง ค่าใช้จ่ายไม่มากนัก และการป้องกันดูแลรักษาและปรับปรุงอาจไม่จำเป็น

(2) การเติมน้ำผ่านบ่อขุดและปล่องขุด วิธีนี้เหมาะกับการเติมน้ำบริเวณพื้นที่ซึ่งชั้นให้น้ำถูกปิดทับไว้ด้วยชั้นทึบน้ำ (รูปที่ 2.10) เช่น ชั้นดินเหนียว ชั้นหินแข็ง หรืออื่นๆ วิธีการก็จะขุดบ่อตักเอาชั้นทึบน้ำออกจนถึงชั้นให้น้ำ ซึ่งเมื่อเติมน้ำลงในบ่อแล้ว น้ำก็จะซึมเข้าไปสู่ชั้นให้น้ำได้โดยตรง ขนาดของบ่อมีหลายขนาด ความลึกก็ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นทึบน้ำด้านบนด้วย ผนังบ่อมีลักษณะชันจะช่วยลดการอุดตันของตะกอนได้ด้วย แต่จะอุดตันมากที่ก้นของบ่อ วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดูแลรักษามากกว่ากรณีผิวดิน ใช้ปริมาณน้ำน้อย ในบางพื้นที่อาจใช้บ่อลูกรังหรือบ่อทราย บ่อกรวดเก่าๆได้ ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้มาก ท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าบ่อแต่ลึกกว่ามาก การสร้างอาจจะใช้จอบ เสียมขุด รถตัก รถขุด หรือเจาะด้วยสว่านหรือเจาะด้วยเครื่องเจาะแล้วเรียงก้นบ่อด้วยกรวดเพื่อช่วยการซึมของน้ำ แต่ก็อาจถูกอุดตันด้วยตะกอนได้ง่ายและยากต่อการดูแลรักษา ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงจึงมีขีดจำกัดในการใช้ประโยชน์



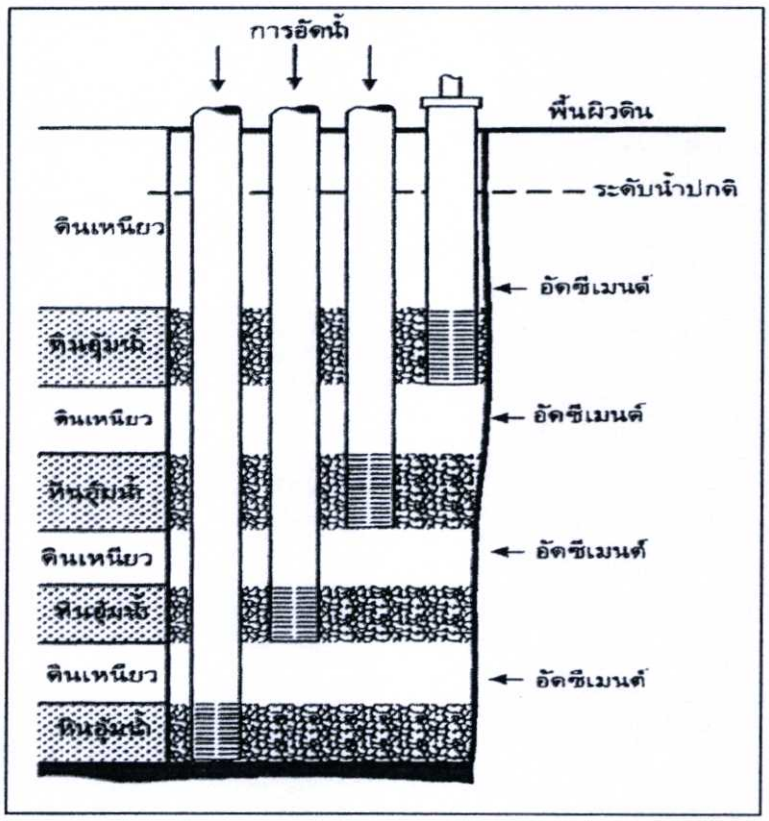
รูปที่ 2.10 การเพิ่มเติมน้ำด้วยบ่อขุด และปล่อง (จาก Asano, 1985)

(3) การเติมน้ำผ่านระบบท่อระบายน้ำ วิธีนี้อาศัยระบบระบายน้ำ (Drainage system) ที่มีอยู่แล้วโดยปล่อยน้ำเข้าไปแล้วให้น้ำซึมลงสู่ชั้นให้น้ำในที่สุด วิธีนี้มีข้อดีที่ระบบอยู่ใต้ดินไม่ต้องการพื้นที่ผิวดิน ในการทำมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายอย่างนับตั้งแต่ขนาดของท่อ ความลึกของระบบท่อที่วางไว้ ระยะห่างของท่อ ปริมาณน้ำที่จะใช้ ความลึกของระดับน้ำใต้ดินและสัมประสิทธิ์ การซึมน้ำของวัสดุล้อมรอบท่อและชั้นดิน

(4) การเติมน้ำผ่านบ่อน้ำใต้ดิน บ่อน้ำใต้ดินสำหรับเติมน้ำ หมายถึง บ่อน้ำใต้ดินซึ่งทำหน้าที่นำน้ำจากผิวดินลงสู่ชั้นให้น้ำในทิศทางตรงกันข้ามกับการสูบน้ำ การเติมด้วยบ่อน้ำใต้ดินนี้

นิยมใช้กับชั้นให้น้ำลึก ซึ่งเป็นชั้นน้ำปิดที่มีแรงดัน อาจจำเป็นต้องอัดและเติมน้ำ หรือบริเวณที่ขาดแคลนพื้นที่หรือพื้นที่มีราคาแพง เมื่อน้ำถูกอัดหรือปล่อยลงสู่บ่อน้ำใต้ดิน ความดันจากการอัดจะทำให้เกิดกรวยน้ำอัดขึ้นรอบๆ บ่ออัดน้ำนั้นคล้ายกับกรวยน้ำลด เมื่อสูบน้ำจากบ่อน้ำใต้ดิน แต่กรวยน้ำอัดนี้จะเป็นกรวยคว่ำ

การอัดน้ำผ่านบ่อน้ำใต้ดิน อาจอัดน้ำลงสู่ชั้นน้ำปิดชั้นเดียวหรือในบางครั้งอาจอัดน้ำพร้อมกันหลายชั้นได้ แต่ควรแยกระบบอัดน้ำแต่ละชั้นดัง รูปที่ 2.11 บ่ออัดน้ำที่ใช้งานนานๆ อัตราการอัดน้ำอาจลดลงเนื่องจากการอุดตันและปฏิกิริยาต่างๆ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาบ่อเป็นระยะ



รูปที่ 2.11 การอัดน้ำพร้อมกันหลายๆ ชั้น (ฉลอง บัวผัน, 2538)

(5) การฝากน้ำ หรือ ASR สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบน้ำโดยทั่วไปได้ ระหว่างช่วงน้ำหลากหรือความต้องการน้ำต่ำ ปริมาณน้ำส่วนเกินจากโรงบำบัดน้ำสามารถใช้อัดน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำเพื่อบำบัดคุณภาพของน้ำใต้ดินได้ น้ำสะอาดที่ถูกอัดเข้าไปจะไปแทนที่น้ำใต้ดินเดิม และรวมตัวกันเป็นกลุ่มของน้ำสะอาดรอบบ่อน้ำใต้ดิน สำหรับการสูบน้ำกลับขึ้นมาใช้เมื่อต้องการภายหลัง

2.3.2 การวิเคราะห์โดย AHP-AR model

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้กระบวนการ Analytic Hierarchy Process (AHP) เพื่อประเมินหาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเติมน้ำส่วนเกินลงสู่ใต้ดิน โดยจะใช้ AHP model นี้เป็นตัวหาค่า Rating จากนั้นก็นำเอามาคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักเข้าไปในแต่ละตัวแปร เนื่องจากแต่ละตัวแปรมีผลต่อการเดินทางถึงชั้นน้ำใต้ดินไม่เท่ากัน ผลคูณที่ได้ของแต่ละตัวแปรจะนำมาบวกกันเพื่อให้ได้ค่าคะแนนสุดท้ายที่สามารถนำมาเทียบค่าคะแนนรวมของพื้นที่หนึ่งเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพที่มีความสามารถเป็นไปได้ โดยค่าคะแนนสูงกว่าจะหมายถึงพื้นที่นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินมากกว่า

AHP เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาเหตุผล ถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์โทมัส สาตตี้ (Thomas Saaty) ซึ่งเป็นผู้ได้รับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเยล ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วนๆในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้นแล้วกำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ และนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อดูว่าปัจจัย และทางเลือกอะไรมีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุด เป็นกระบวนการที่ใช้งานง่าย เพราะมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์และผู้ใช้ไม่ต้องรอเรียนจากประสบการณ์หรือไปฝึกอบรมเพราะ AHP ไม่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุมชี้นำ (วิฑูรย์, 2542)

AHPได้ถูกพัฒนาโดย Saaty(1980) การจัดระบบตามลำดับชั้นเป็นส่วนประกอบของการตัดสินใจที่ใช้ในกระบวนการตัดสินใจ AHP มีผลอย่างยิ่งช่วยในการตัดสินใจที่เป็นบุคคลหรือหมู่คณะเพราะ AHP ช่วยในการปรับแต่งความคิดต่างๆและช่วยให้คำจำกัดความของปัญหาโดยการตั้งสมมติฐานและหาหนทางแก้ไขปัญหาจากสมมติฐานเหล่านั้น โดยผ่านความพึงพอใจด้วยการวิเคราะห์ และ สามารถพิจารณา หรือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผลที่ได้รับ (Proctor,2000) AHP มีหลักการบนพื้นฐานของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair Wise Comparison Matrices) โดยเปรียบเทียบเกณฑ์ทั้งหมดกับเกณฑ์อื่นๆ แบบจำลองนี้ใช้เพื่อประมาณหาค่า Rating หรือWeighting ของแต่ละเกณฑ์ซึ่งได้บรรยายความสำคัญของบรรดาเกณฑ์ต่างๆ

2.3.2.1 การวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญ

ทำการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆโดยการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆเป็นรายคู่ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ เครื่องมือที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair Wise Comparison) คือ ตารางเมตริกซ์ นอกจากจะช่วยอธิบายเกี่ยวกับการเปรียบเทียบแล้ว ตารางเมตริกซ์ยังสามารถทดสอบความสอดคล้องกันของการวินิจฉัย และ สามารถวิเคราะห์ถึงความอ่อนไหวของลำดับความสำคัญ เมื่อการวินิจฉัยเปลี่ยนแปลงได้อีกด้วยโดยขั้นตอนในการวินิจฉัยจะเริ่มต้นจากระดับชั้นบนสุดของแผนภูมิ เพื่อที่จะเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจ ต่อจากนั้นปัจจัยต่างๆที่อยู่

ระดับชั้นถัดลงมาจะถูกนำมาเปรียบเทียบกันต่อไปเรื่อยๆจนถึงระดับชั้นล่างสุดตามลำดับ ซึ่งสามารถเขียนหลักเกณฑ์ในรูปแบบคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดจำนวนเมตริกซ์ n×n ต้องที่ต้องการ และ สร้างเป็นตารางเมตริกซ์เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเป็นคู่ ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบเป็นคู่

เกณฑ์ตัดสินใจ		**ปัจจัย**					
		A_{i1}	A_{i2}	A_{i3}	.	.	A_{in}
ปัจจัย	A_{j1}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.	.	a_{1n}
	A_{j2}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	.	.	a_{2n}
	A_{j3}	a_{31}	a_{32}	a_{33}	.	.	a_{3n}
	.	.	.	.	.	.	.
	A_{jn}	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	.	.	a_{nn}

โดยที่ A เป็นปัจจัยหรือองค์ประกอบต่างๆในลำดับชั้นที่จะทำการวินิจฉัย โดยทำการวินิจฉัยที่ละคู่ปัจจัย A_i กับ A_j ในการเปรียบเทียบ A_i สมาชิกในแถวที่ i (ในแนวนอน) A_j สมาชิกในหลักที่ j (ในแนวตั้ง) ของเมตริกซ์ หมายถึง ผลการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัย A_i และ A_j ซึ่ง A_i A_j มีค่าเท่ากัน

การกำหนดมาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบมีดังนี้

ถ้า $a_{ij} = 1$ หมายถึงปัจจัย A_i และ A_j มีความสำคัญเท่ากัน

ถ้า $a_{ij} = 3$ หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญกว่า A_j เล็กน้อย

ถ้า $a_{ij} = 5$ หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญกว่า A_j ปานกลาง

ถ้า $a_{ij} = 7$ หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญกว่า A_j มากสุด

จำนวนระดับของมาตราส่วนในการเปรียบเทียบนี้ ขึ้นอยู่กับตัวผู้ทำการวิเคราะห์เองว่าต้องการรายละเอียดในการเปรียบเทียบมากแค่ไหน ถ้าต้องการรายละเอียดมากขึ้น ก็อาจจะกำหนดระดับการเปรียบเทียบหลายระดับมากขึ้น เช่น อาจจะเพิ่มจำนวนระดับขึ้นไปอีก คือ ถ้า $a_{ij} = 9$ หมายถึง ปัจจัย A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j อย่างยิ่งยวด หรือถ้าคิดว่าระดับของมาตราส่วนดังกล่าวมีความแตกต่างเกินไป ก็อาจจะกำหนดใหม่ ให้มาตราส่วนในการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันน้อยลงก็ได้ เช่น ให้ $a_{ij} = 2$ หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j เล็กน้อย และ $a_{ij} = 3$ หมายถึงปัจจัย A_i มีความสำคัญมากกว่า A_j ปานกลางเป็นต้น และ แถวทแยงมุมของตารางมีค่าเท่ากับ 1

เสมอ เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบของเกณฑ์ที่เหมือนกัน ทำให้มีความสำคัญเท่ากันตามตาราง ระดับความสำคัญ หรือความชอบ ดังนี้

ตารางที่ 2.12 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบรายคู่

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้งสองปัจจัยส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่าๆกัน
3	สำคัญกว่าเล็กน้อย	ประสบการณ์และการววินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าปานกลาง	ประสบการณ์และการววินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	สำคัญกว่ามาก	ปัจจัยหนึ่งได้รับความพึงพอใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง ในทางปฏิบัติปัจจัยนั้นได้มีอิทธิพลเหนือกว่าอย่างเห็นได้ชัด
9	สำคัญกว่ามากที่สุด	มีหลักฐานยืนยันความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในระดับที่สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2,4,6,8	สำหรับในกรณีประนีประนอมเพื่อลดช่องว่างระหว่างระดับความรู้สึก	บางครั้งผู้ทำการตัดสินใจต้องการวินิจจัยในลักษณะที่ก้ำกึ่งกันและไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสมได้

ขั้นตอนต่อไปเป็นการคำนวณหาค่า Normalized Matrix ของเมตริกซ์ หรือ Eigen Vector ของเมตริกซ์ A ในแต่ละแถวโดยที่ค่า Normalized หาได้จากค่าเฉลี่ยของความสำคัญในแต่ละแถว

การคำนวณหา Normalized matrix หรือ δ

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} = \dfrac{a_{11}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}} & \cdots & \delta_{1n} = \dfrac{a_{in}}{\sum_{i=1}^{n} a_{in}} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \delta_{n1} = \dfrac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}} & \cdots & \delta_{nn} = \dfrac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^{n} a_{in}} \end{pmatrix}$$

จากนั้นเป็นการหาลำดับความสำคัญในลำดับชั้นถัดมา ทำได้โดยการทำย้อนกลับไปในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จากนั้นนำค่าเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้ จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ชั้น มาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับชั้นที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณ ก็จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมาตามเกณฑ์ของปัจจัยนั้นๆ ทำเช่นนี้จนครบทุกปัจจัย

การคำนวณหาผลรวมของแถว β คือผลรวมในแนวนอนหลังจากการหาค่า Normalized matrix

$$\begin{pmatrix} \beta_1 = \sum_{j=1}^{n} \delta_{1j} \\ \beta_2 = \sum_{j=1}^{n} \delta_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_n = \sum_{j=1}^{n} \delta_{nj} \end{pmatrix}$$

การหาค่าลำดับความสำคัญ โดยการหาค่าเฉลี่ยผลรวมของแถวคือเอาผลรวมของแถวหารด้วยขนาดสแควร์เมตริกซ์หรือ ค่าคะแนน (Rating) สุดท้ายที่ต้องการหา

$$\begin{pmatrix} r_1 = \frac{\beta_1}{n} \\ r_2 = \frac{\beta_2}{n} \\ \cdot \\ \cdot \\ r_n = \frac{\beta_n}{n} \end{pmatrix}$$

2.3.2.2 การคำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio :C.R.)

เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลของการเปรียบเทียบรายคู่ที่ได้ดำเนินมาในส่วนที่แล้วนั้นมีความสอด คล้องกันของเหตุผลหรือไม่ เราจะทำการคำนวณค่าความสอดคล้องของเหตุผล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณค่า α ซึ่งก็คือค่าที่คำนวณได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัยในแถวตั้งแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถวแล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบซึ่งในกรณีที่การวินิจฉัยในปัจ จัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\alpha_{max} = n$

\

สัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.1}$$

CR = ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

CI = ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

RI = ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.)หาได้จากสูตร

$$CI = \frac{\alpha - n}{n-1} \tag{2.2}$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i / r_i}{n} \tag{2.3}$$

$$\begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ . \\ . \\ k_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & . & . & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & . & . & a_{2n} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1 & . & . & a_{3n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & . & . & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ . \\ . \\ r_n \end{pmatrix}$$

n = ขนาดของสแควร์เมตริกซ์ หรือจำนวนเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index : R.I.) โดยที่ค่า R.I. ได้จากการรวบรวมของ Oak Ridge National Laboratory และคณะทำงาน เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดของเมตริกซ์ ตั้งแต่ 1x1 จนถึง 15x15 ผลของค่า R.I. ดังแสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ค่าของดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

ขั้นตอนที่ 4 แทนค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล คือ เอาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า C.I. ที่คำนวณได้จากตารางเมตริกซ์ กับค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางค่า C.R. โดยใช้กสูตร

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.4}$$

ถ้าผลจากการคำนวณได้ค่า C.R. < 0.10 หรือ 10% ถือว่าการเปรียบเทียบรายคู่นั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่หากค่า C.R. > 0.10 จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ ผู้ตัดสินใจจะต้องทบทวนการวินิจฉัยและการจัดลำดับความสำคัญในการเปรียบเทียบรายคู่ใหม่อีกครั้ง

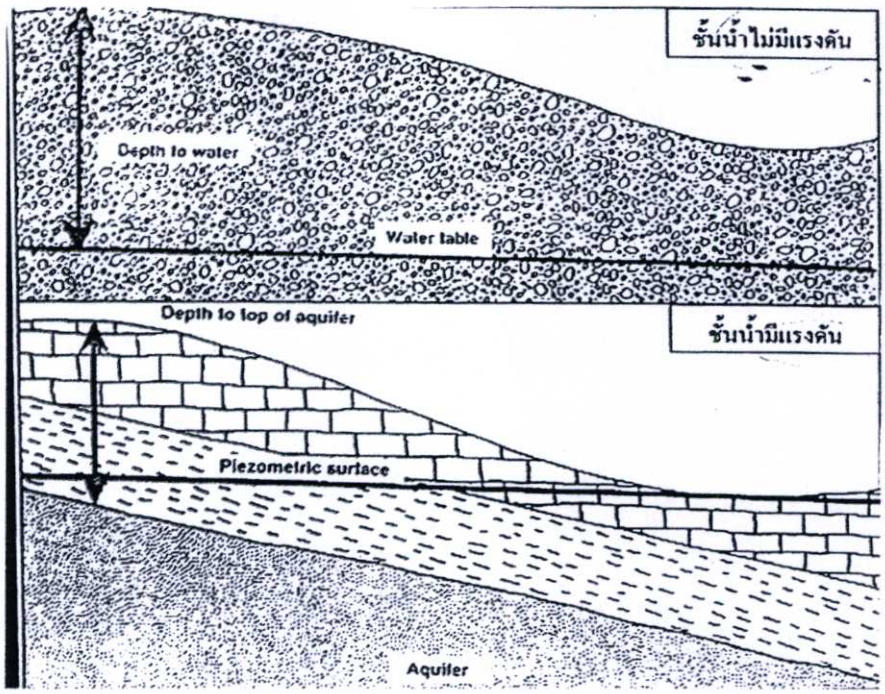
2.3.3 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยแต่ละตัวแปร

จากการศึกษาค้นคว้าบทความวิจัยทั้งภายใน และ ต่างประเทศ ทางคณะวิจัยเห็นว่าตัวแปรที่สำคัญ และ เหมาะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่สำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายในภาคกลางตอนบนของประเทศไทยมีดังนี้

2.3.3.1 วิธีการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater)

ตัวแปรนี้แสดงถึงระยะทางที่น้ำจะต้องเดินทางไปก่อนที่จะถึงระดับน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปแล้วน้ำจะใช้เวลาลงไปสู่ระดับน้ำใต้ดินนานขึ้นตามระยะทาง หรือความลึกของตัวกลางที่มากขึ้น การคิดความลึกของระดับน้ำใต้ดินพิจารณาจากชนิดของชั้นน้ำใต้ดิน (ดังแสดงในรูปที่ 2.12) กล่าวคือ ถ้าเป็นชั้นน้ำใต้ดินแบบมีแรงดัน (Confined Aquifer) ค่าความลึกของระดับน้ำใต้ดิน จะเท่ากับระยะทางจากผิวดินถึงขอบเขตด้านบนของชั้นน้ำใต้ดิน ส่วนกรณีของชั้นน้ำใต้ดินแบบไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) ค่าความลึกของระดับน้ำใต้ดินเท่ากับระยะทางทางจากผิวดินถึงชั้นให้น้ำ

เนื่องจากพื้นที่บางส่วนของพื้นที่ศึกษามีลักษณะทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์บางประการที่ทำให้หน้าดินหายไปมาก นั้นคือ บริเวณที่เป็นแม่น้ำและบริเวณที่มีการทำอุตสาหกรรมเหมืองทราย การคิดค่าความลึกของระดับน้ำใต้ดิน จึงต้องนำข้อมูลความลึกของแม่น้ำและบ่อทรายมาพิจารณาประกอบด้วย



รูปที่ 2.12 การพิจารณาความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน กรณีชั้นให้น้ำแบบไม่มีแรงดัน และชั้นให้น้ำแบบมีแรงดัน

เมื่อมีข้อมูลความลึกของน้ำใต้ดินจากระดับผิวดิน ข้อมูลความลึกของบ่อทรายและข้อมูลความลึกของแม่น้ำ นำข้อมูลทั้งหมดเข้าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และ แปลงเป็นRaster ขนาดกริด 50x50 m^2 หลังจากนั้นหาความลึกของน้ำใต้ดินจากระดับผิวดินที่จะนำมาใช้คำนวณความอ่อนไหวโดยการคำนวณค่าความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน (D) ของแต่ละกริดเซลล์ได้ตามสมการ 2.5 และหลักการคิดนี้แสดงในรูปที่ 2.13 ดังนี้

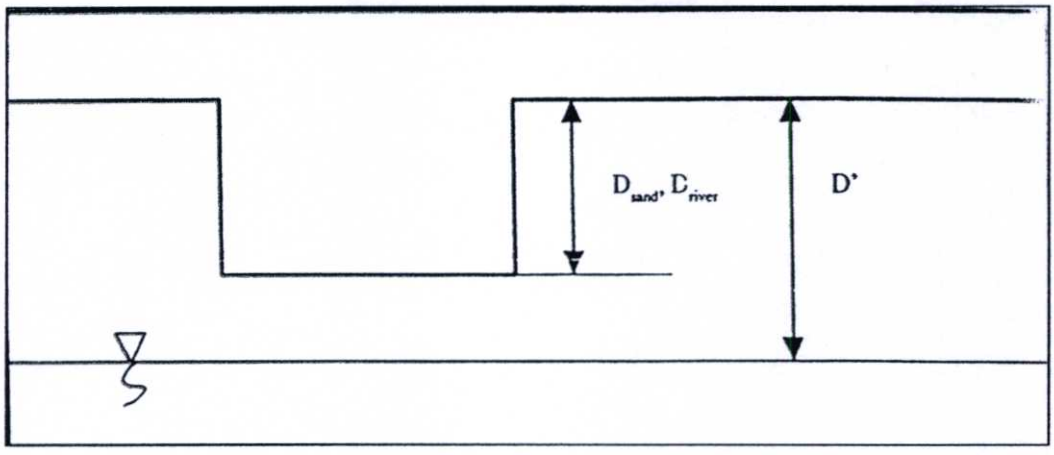
$$D = D' - D_{sand} - D_{river} \qquad (2.5)$$

เมื่อ D = ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดินที่จะนำมาใช้แบ่งช่วงค่า (Rating)

D' = ความลึกของระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการพิจารณาข้อมูลบ่อเจาะสำรวจ

D_{sand} = ความลึกของบ่อทราย

D_{river} = ความลึกของแม่น้ำ



รูปที่ 2.13 หลักการคิดค่าความลึกของชั้นน้ำใต้ดินจากผิวดิน

2.3.3.2 วิธีการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration)

การระบุค่าปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในเวลาต่างๆนั้น ไม่สามารถทำการวัดได้อย่างแท้จริง แต่สามารถตั้งสมมุติฐานเพื่อประเมินได้ตามความเหมาะสม โดยที่ปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการซึมลงสู่น้ำใต้ดิน ปริมาณฝนและชนิดของดินที่ปิดทับด้านบน หากเป็นวัสดุที่มีขนาดใหญ่และอุ้มน้ำได้น้อย น้ำจะซึมผ่านได้มาก หากเป็นวัสดุขนาดเล็กและอุ้มน้ำได้มาก น้ำจะซึมผ่านได้น้อย

ลักษณะและคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการจำแนกดินจะต้องเด่นชัด สังเกตุและตรวจสอบได้ง่าย ในภาคสนาม โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีหลักกระบวนการเกิดดิน และผลการวิเคราะห์ดิน ในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนมีความคงทน และยากต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เพื่อให้การจำแนกดิน มีความถูกต้องลักษณะและคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในการจำแนกดิน ได้แก่ชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพพื้นที่ที่เกิดดิน สีดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน การเกาะยึดตัวของดิน ปฏิกิริยาดิน ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ความอิ่มตัวเบส การแช่ขังน้ำหรือการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน การมีเศษหินกรวดในดิน ชั้นหินพื้น หรือชั้นเชื่อมแข็งชนิดต่างๆ ชนิดของวัสดุประกอบดิน เช่น สะสมปูน เกลือ สารประกอบ กำมะถัน ศิลาแลงอ่อน รอยไถล ความแข็งและอ่อนของชั้นดิน เป็นต้น

อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ จะขึ้นอยู่กับชุดดินแต่ละชนิดแต่ละชุดดินนั้นจะมีอัตราความซึมน้ำของดินแตกต่างกันไป ความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ช่องว่างในดินมีลักษณะเป็นช่องเล็กๆ คดเคี้ยวไปมาต่อเนื่องถึงกันระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำจะไหลผ่านได้และเมื่อน้ำมีความดันหรือระดับต่างกันระหว่าง 2 จุดในดินก็จะมีการไหลของน้ำผ่านช่องว่างเหล่านี้ ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้นี้เรียกว่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำหรือค่า Hydraulic Conductivity การที่น้ำจะไหลซึมผ่านไปได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินที่น้ำซึมผ่านได้ง่าย

เช่น ดินพวกกรวดหรือทรายค่า K ก็จะสูงเรามักเรียกว่า"Pervious soil" ถ้าน้ำซึมผ่านได้ยากเช่น พวกดินตะกอนหรือดินเหนียวค่า K จะต่ำเรียกว่า"Impervious Soil"

จากนั้นใส่สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ หรือค่า K ให้กับชุดดินแต่ละชนิดโดยเอามาจากหนังสือ"การวิจัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย"โดย สุวณี ศรีธวัช ณ อยุธยา กองสำรวจ และ จำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษ และ สหกรณ์ ธันวาคม 2538

ความซึมน้ำของผิวดินที่หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน (Hydraulic Conductivity) ซึ่งมีช่วงค่าดังต่อไปนี้

ตาราง 2.14 ความซึมน้ำของดินหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน

Permeability Class (O'Neal 1952)	Hydraulic Conductivity	
	Inches/Hour	Cm/Hour
Very Slow	< 0.05	< 0.125
Slow	0.05 – 0.2	0.125 – 0.5
Moderately Slow	0.2 – 0.8	0.5 – 2.0
Moderately	0.8 – 2.5	2.0 – 6.25
Moderately Rapid	2.5 – 5.0	6.25 – 12.5
Rapid	5.0 – 10.0	12.5 – 25.0
Very Rapid	> 10.0	> 25

2.3.3.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

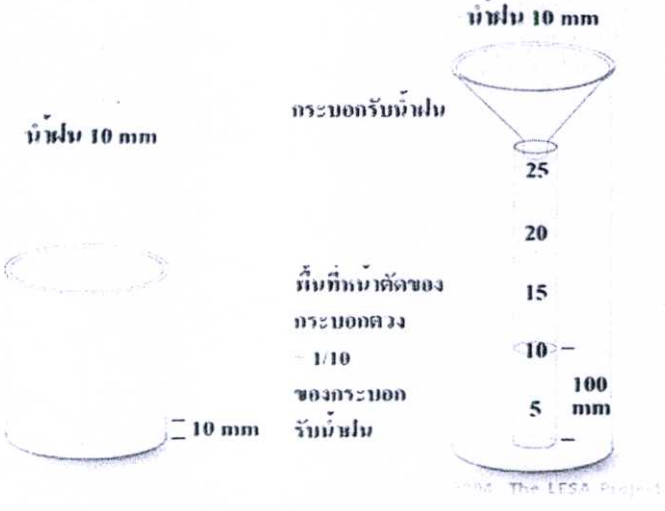
น้ำฝนเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินเพราะน้ำฝนที่ตกลงมาจะกลายเป็นน้ำท่าและซึมผ่านดินลงไปสู่ชั้นให้น้ำ ถ้าหากพื้นที่ไหนมีปริมาณน้ำฝนน้อยก็จะเหมาะสมน้อยกับการเติมน้ำ แต่ถ้าหากมีปริมาณมากเกินไปก็อาจจะทำให้น้ำไหลลงสู่ชั้นให้น้ำไม่ทัน และ จะเกิดน้ำท่วม อุณหภูมิของโลกที่ร้อนขึ้นจะทำให้น้ำระเหยเร็วขึ้น และเกิดฝนตกมากขึ้นในบางพื้นที่ แต่ในบางพื้นที่ก็อาจจะประสบกับปัญหาภัยแล้งเนื่องจากฝนไม่ตกตามฤดูกาล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และปริมาณแสงแดด ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณน้ำของแหล่งน้ำต่างๆ และ การสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งจะกลับมามีผลต่อการระเหยของน้ำ การก่อตัวของเมฆ และปริมาณน้ำฝนอีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้วัฏจักรการระเหยของน้ำเร็วขึ้น และมีฝนตกมากขึ้นในบางพื้นที่ ทำให้เกิดน้ำท่วมและปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น แต่ในพื้นที่ซึ่งฝนไม่ตก น้ำที่ระเหยเร็วขึ้นจะทำให้เกิดความ

แห้งแล้งในพื้นที่เพาะปลูก และแหล่งน้ำสำคัญได้ ทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค อันจะส่งผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในท้ายที่สุด

ในการวัดปริมาณน้ำฝน เราใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร เช่น ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น 10 มิลลิเมตร หมายความว่า ฝนตกวัดได้ 10 มิลลิเมตร ถ้าฝนตกลงมาทำให้ระดับน้ำฝนในภาชนะที่รองรับสูงขึ้น 25 มิลลิเมตร หมายความว่า ฝนตกวัดได้ 25 มิลลิเมตร ดังในภาพที่ 14 ด้านซ้าย

อุปกรณ์วัดน้ำฝน (Rain gauge) ขนาดมาตรฐานเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร บนปากกระบอกมีกรวยรอรับน้ำฝน ให้ตกลงสู่กระบอกตวงซึ่งอยู่ภายในซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กกว่ากระบอกนอก 10 เท่า (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม.) ทั้งนี้เพื่อขยายมาตราส่วนขยายขึ้น 10 เท่า ทำให้เกิดความสะดวกในการอ่านค่าปริมาณน้ำฝน ได้ละเอียดยิ่งขึ้น ดังในภาพที่ 14 ด้านขวา



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์วัดน้ำฝนรายวัน

ในการรายงานปริมาณน้ำฝนนั้น จะรายงานว่าฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ฝนตกหนัก หรือฝนตกหนักมาก แต่การจะตั้งเกณฑ์สากลไม่อาจทำได้ เพราะสภาพฝนในแต่ละประเทศมีปริมาณไม่เหมือนกัน เฉพาะประเทศไทยใช้รายงานเป็นจำนวนมิลลิเมตร (mm) ต่อ 24 ชั่วโมง โดยมีหลักเกณฑ์ในการรายงานดังนี้

ปริมาณฝนต่อ 24 ชั่วโมง

ฝนตกเล็กน้อย 0.1-10 มิลลิเมตร

ฝนตกปานกลาง 10.0-35.0 มิลลิเมตร

ฝนตกหนัก 35.1 –90.0 มิลลิเมตร

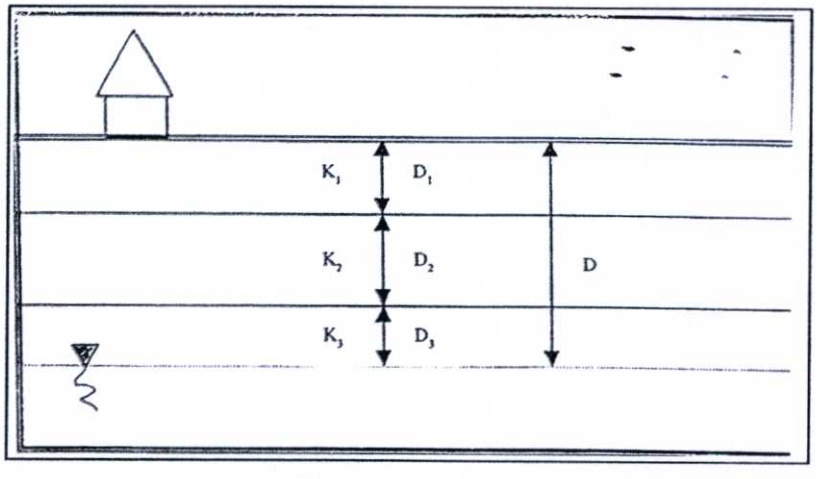
ฝนหนักมาก 90.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป

ถ้ามีฝนน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร จะรายงานว่า "มีฝนตกเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้" สำหรับมาตราวัดฝนแบบไทย ๆ ที่เรียกวา "ห่าฝน" นั้นใช้ฝาบาตรตั้งไว้กลางแจ้ง ถ้าได้น้ำเต็มฝาบาตรเรียกว่า "ฝนตกห่าหนึ่ง"

2.3.3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of vadose media)

ชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ คือดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Zone) บริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน การวิเคราะห์องค์ประกอบของชั้นนี้สามารถแสดงถึงเวลาที่น้ำถูกเติมเดินทางผ่านไปถึงน้ำใต้ดินได้

เนื่องจากบริเวณปิดทับชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นดินหลายชนิดซ้อนทับกัน การประเมินความสามารถในการให้ซึมผ่านของชั้นดินที่ปิดทับจึงสามารถทำได้โดยการเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่งของดินแต่ละชั้น ข้อมูลที่ใช้ได้แก่ข้อมูลบ่อเจาะสำรวจน้ำใต้ดิน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล) และ ข้อมูลการศึกษาด้านอุทกธรณีวิทยาที่ผ่านมา โดยข้อมูลที่ใช้จากบ่อเจาะสำรวจ คือ ตำแหน่งบ่อสำรวจ ชนิดและความหนาของชั้นดิน/หินต่างๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity: K) ของแต่ละบ่อ ดังรูปที่ 2.15 และสมการ 2.6 (เกรียงศักดิ์ ศรีสุข, 2543) ค่าเฉลี่ยที่ได้นี้แสดงถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำต่อการที่น้ำจะซึมผ่านลงไป



รูปที่ 2.15 แนวคิดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยของชั้นปิดทับชั้นให้น้ำ

$$K_{AV} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{\sum_{i=1}^{n} (D_i / K_i)} \qquad (2.6)$$

เมื่อ K_{AV} = ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ

K_i = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของแต่ละชนิดดิน

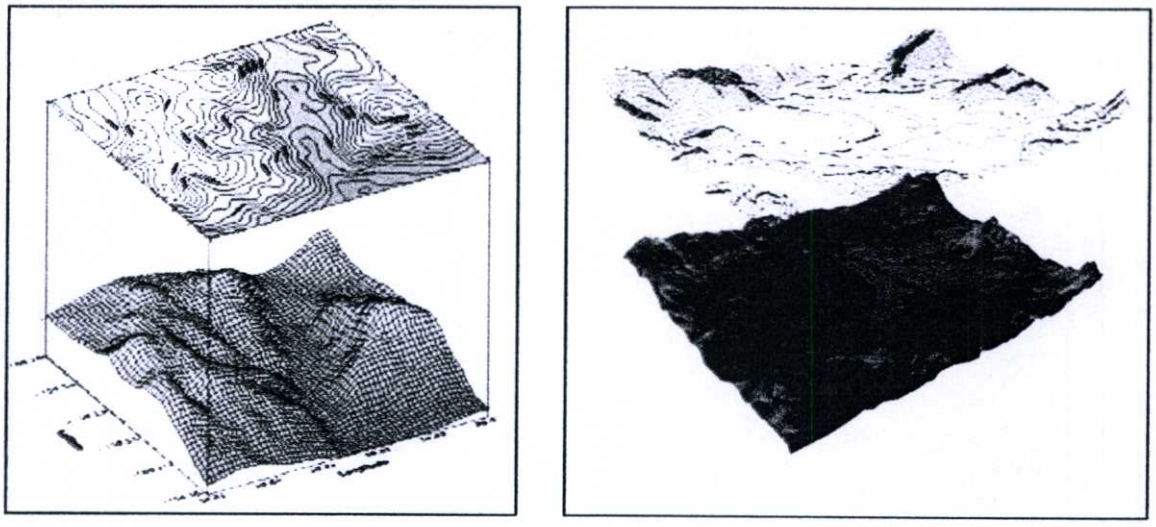
D_i = ความหนาของดินชนิด i

N = จำนวนชนิดของดินปิดทับ

2.3.4.5 วิธีการวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)

โดยปกติแล้วแผนที่จะแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากการใช้หน่วยพื้นที่แสดงการใช้ที่ดิน หรือ ชุดดิน ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) พื้นผิวที่ต่อเนื่องสามารถแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour line) ซึ่งเสมือนเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่ซ้อนกันอยู่เป็นชั้นๆ ชุดหนึ่งก็ได้ อย่างไรก็ตามเส้นชั้นความสูงไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numeric analysis) หรือการทำแบบจำลองมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ที่จะสามารถแสดงการแปรเปลี่ยนทางความสูงต่ำของพื้นที่เชิงตัวเลขคือ แบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีแต่ข้อมูลระดับความสูงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Terrain Model หรือ DTM) ที่มิได้หมายถึงเฉพาะระดับความสูงเท่านั้น แต่ยังแสดงถึงข้อมูลลักษณะอื่น ๆ ของภูมิประเทศด้วย เช่น ความชัน (Slope) การหันรับแสง (Aspect) หรือความสูงต่ำเชิงเงา (Shaded relief) เป็นต้น

การสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข จากข้อมูลจุดที่กระจายอย่างไม่สม่ำเสมอมีอยู่ 2 วิธี (ภาพที่ 2.16) คือ วิธีแรกได้แก่การวางแผ่นกริดที่สม่ำเสมอซ้อนบนแผ่นข้อมูลจุด แล้วใช้เทคนิคการประมาณค่าเพื่อสร้าง "แมทริกซ์ระดับความสูง" วิธีที่สองคือการใช้ข้อมูลจุดที่ไม่สม่ำเสมอเป็นฐานสำหรับการสร้าง "ระบบโครงข่ายสามเหลี่ยม" (Triangulation) เช่น โครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Triangulated Irregular Network-TIN)



กริดระดับความสูง โครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (TIN)

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างข้อมูลภาพ DEM ในรูปแบบการแสดงด้วยแมทริกซ์ระดับความสูงและโครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า

2.3.4.6 วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)

การสูบทดสอบชั้นให้น้ำ (Aquifer test) เป็นวิธีการสูบทดสอบที่ใช้แพร่หลายที่สุด มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ (Hydraulic properties) ของชั้นให้น้ำ กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (Hydraulic Conductivity :K) สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity :T) และ สัมประสิทธิ์ความสามารถกักเก็บ (Storage Coefficient :S) โดยวิธีการแล้วการสูบทดสอบในลักษณะนี้จะเป็นการสูบทดสอบแบบ Drawdown-Recovery test กล่าวคือ จะทำการสูบทดสอบโดยการสูบน้ำออกจากบ่อทดสอบด้วยปริมาณหรืออัตราที่คงที่ และ ทำการวัดระดับน้ำในบ่อทดสอบ และ บ่อสังเกตการณ์ ระยะเวลาของการสูบทดสอบจะเป็นอย่างน้อย 8 ชั่วโมง และ อาจจะยืดออกไปเป็นหนึ่งหรือแม้กระทั่งสองสัปดาห์ และ เมื่อหยุดการสูบแล้วจะปล่อยให้ระดับน้ำกลับคืนตัว และ ทำการวัดระดับน้ำในช่วงคืนตัวทั้งในบ่อทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติชลศาสตร์ของชั้นให้น้ำ โดยใช้สูตรหรือสมการที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของการสูบทดสอบ และของข้อมูลที่ใช้ต่อไป ดังนี้

(1) การสูบทดสอบในสภาวะสมดุล (Steady state conditions)

ในกรณีที่การสูบทดสอบดำ เนินการไปจนถึงสภาวะสมดุล กล่าวคือ ระดับน้ำจะไม่ลดลงต่อไปอีกแล้ว สามารถทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นให้น้ำตามกรณี และเงื่อนไขดังนี้

กรณีชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (Confined aquifer) โดยใช้ Theim Equation ตามสมการ (2.7) ดังนี้

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \tag{2.7}$$

กรณีชั้นน้ำใต้ดินไร้แรงดัน (Unconfined aquifer) โดยใช้ Theim Equation ตามสมการ (2.8) ดังนี้

$$K = \frac{Q}{\pi(b_2^2 - b_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \tag{2.8}$$

โดยมี T = ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (L^2/T; m^2/d or ft^2/d)

K = สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (L/T; m/d or ft/d)

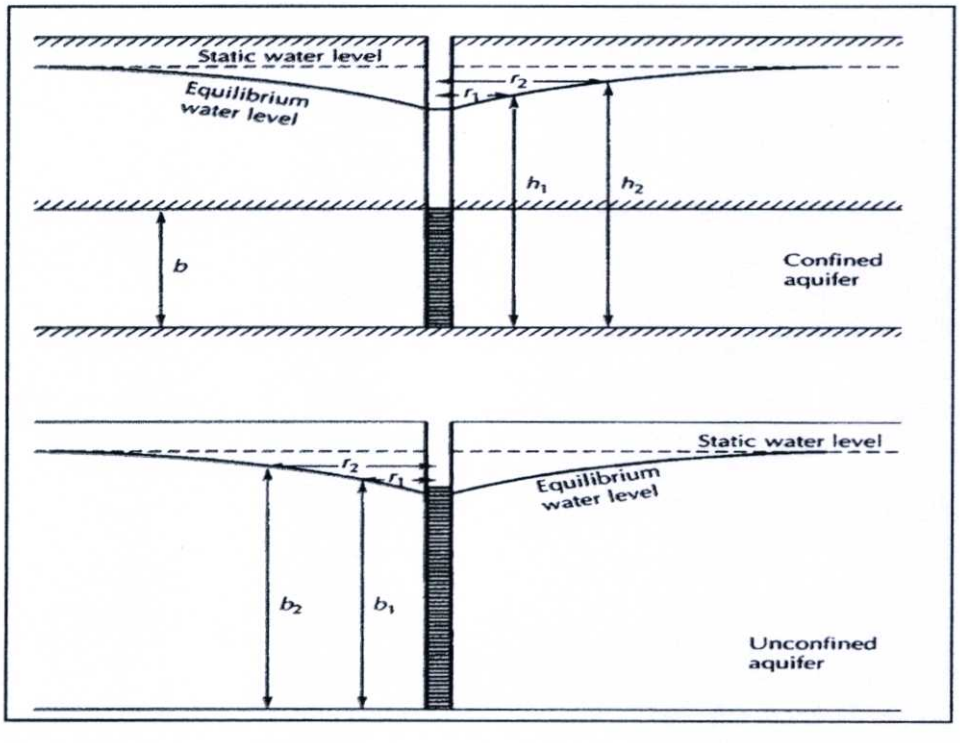
Q = อัตราการสูดน้ำคงที่ (L^3/T; m^3/d or ft^3/d)

h_1 = ความสูงที่ระยะ r_1 จากบ่อสูดน้ำ (L; m or ft)

h_2 = ความสูงที่ระยะ r_2 จากบ่อสูดน้ำ (L; m or ft)

b_1 = ความหนาชั้นดินอิ่มตัวที่ระยะ r_1 จากบ่อสูดน้ำ (L; m or ft)

b_2 = ความหนาชั้นดินอิ่มตัวที่ระยะ r_2 จากบ่อสูดน้ำ (L; m or ft)



รูปที่ 2.17 การไหลคงที่แบบรศัมีเข้าสู่บ่อในชั้นน้ำใต้ดินแบบมีแรงดันและไร้แรงดัน (จาก Fetter, 2001)

(2) การสูบทดสอบในสภาวะไม่สมดุล (Non-steady state or Non-equilibrium conditions)

โดยทั่วไปการสูบทดสอบเพื่อให้ถึงสภาวะสมดุลอาจจะใช้เวลานานมาก และ ในหลายๆ กรณีจะไปไม่ถึงสภาวะสมดุล ดังนั้นการใช้ข้อมูลการสูบทดสอบในสภาวะไม่สมดุล(Non-equilibrium หรือ Transient conditions) จึงใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากกว่า ข้อมูลที่สำคัญคือ Time-drawdown data จากบ่อสังเกตการณ์ซึ่งสามารถนำ มาวิเคราะห์หา ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (Hydraulic Conductivity :K) สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity :T) และ สัมประสิทธิ์ความสามารถกักเก็บ (Storage Coefficient :S) ของชั้นให้น้ำที่เจาะผ่านได้ ในขณะที่ข้อมูลจากหลุมทดสอบเอง สามารถนำ มาวิเคราะห์หาค่า K และ T ได้ แต่ไม่สามารถหาค่า S ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบสามารถทำ ได้หลายวิธี ดังนี้

Theis Method

โดยอาศัย Theis (Non-equilibrium) Equation ซึ่งอาจเขียนใหม่ในรูปของ

$$T = \frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} W(u) \tag{2.9}$$

และ

$$S = \frac{4\ Tut}{r^2} \tag{2.10}$$

โดยมี T = ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (L^2/T; m^2/d or ft^2/d)

S = สัมประสิทธิ์ความสามารถกักเก็บ (ไม่มีหน่วย)

Q = อัตราการสูบน้ำคงที่ (L^3/T; m^3/d or ft^3/d)

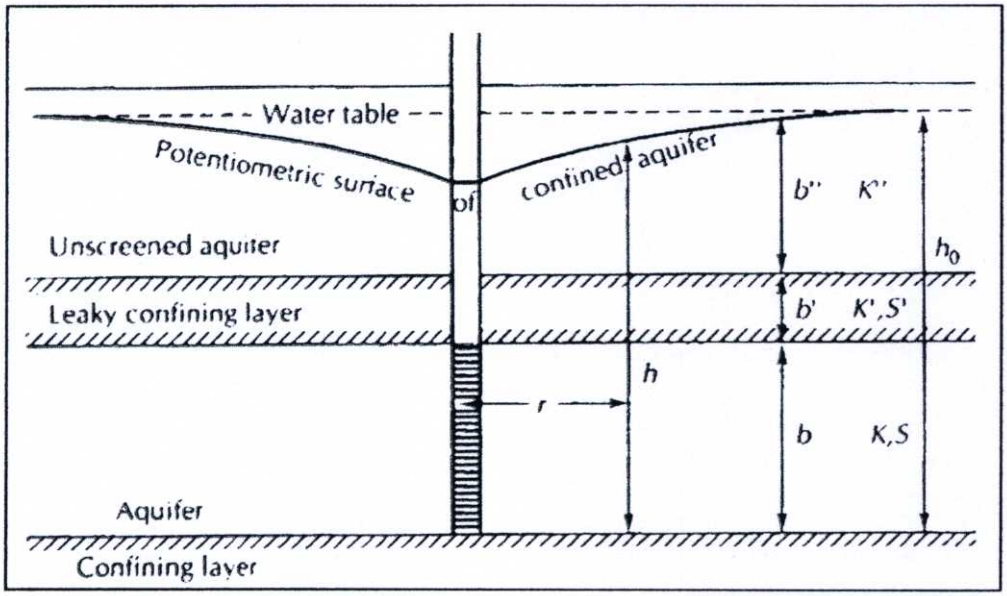
$h_0 - h$ = ระยะน้ำลด (L; m or ft)

W (u) = Well function

t = เวลาที่ใช้ในการสูบน้ำ (T; d)

r = ระยะห่างจากบ่อสูบน้ำ (L; m or ft)

u = ค่าคงที่



รูปที่ 2.18 การไหลไม่คงในแนวรัศมีเข้าสู่บ่อในชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (จาก Fetter, 2001)

2.3.4 การแบ่งช่วงข้อมูล Range

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละตัวแปรจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% 50% 75% และ 100% โดยใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วเอาทำเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่สะสมของตัวแปรต่างๆเป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (2.11) ซึ่งเป็นกระบวนการหาค่าประมาณโดยผ่านสองจุดคือ (x_1,y_1) และ (x_2,y_2)

$$P(x) = \frac{(x-x_2)}{(x_1-x_2)} y_1 + \frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)} y_2 \qquad (2.11)$$

P(x) คือค่าที่ต้องการหาที่ตำแหน่งจุด X

x_1 , x_2 คือค่าความถี่สะสมของความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินที่มีตำแหน่ง x อยู่ภายในขอบเขต (x_1 , x_2)

y_1 , y_2 คือค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมของความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินที่ตำแหน่ง x_1 และ x_2

2.3.5 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก Weighting

ขั้นตอนการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักหรือ Weighting ในการศึกษาครั้งนี้ทางคณะวิจัยได้ทำแบบสอบถามเพื่อหาค่าความถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปร โดยมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 ตามลำดับซึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุดจะมีค่าความถ่วงน้ำหนัก 5 และ ตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยที่สุดจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 และ ผู้ที่ตอบแบบสอบถามเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานทางด้านอุทกธรณีวิทยา โดยจากการวิเคราะห์แล้วจะมีค่าถ่วงน้ำหนักดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยาของ AHP model

ตัวแปรทางอุทกธรณีวิทยา	ค่าถ่วงน้ำหนัก
D - Depth to Ground Water	4
R - Rainfall	2
S - Slope	1
T - Transmissivity	2
I - Surface Infiltration	5
K - Impact of Vadose Media	3

จากนั้นทำการคำนวณค่าดัชนี AHP-AR model โดยสมการ 2.12 เพื่อแสดงให้เห็นถึงระดับความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในแต่ละพื้นที่

$$\text{AHP-AR model} = D_rD_w+R_rR_w+S_rS_w+T_rT_w+I_rI_w+K_rK_w \quad (2.12)$$

เมื่อ D,R,S,T,I,H หมายถึงตัวแปรทั้ง 6

r คือ ค่าที่ได้จากการแบ่งช่วงของแต่ละตัวแปรต่างๆ (rating)

w คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปร (weight)

ดังนั้นค่าต่ำสุดของค่าดัชนี AHP-AR model คือ 1.034 และ ค่าสูงสุดคือ 8.614

บทที่ 3
พื้นที่การศึกษา

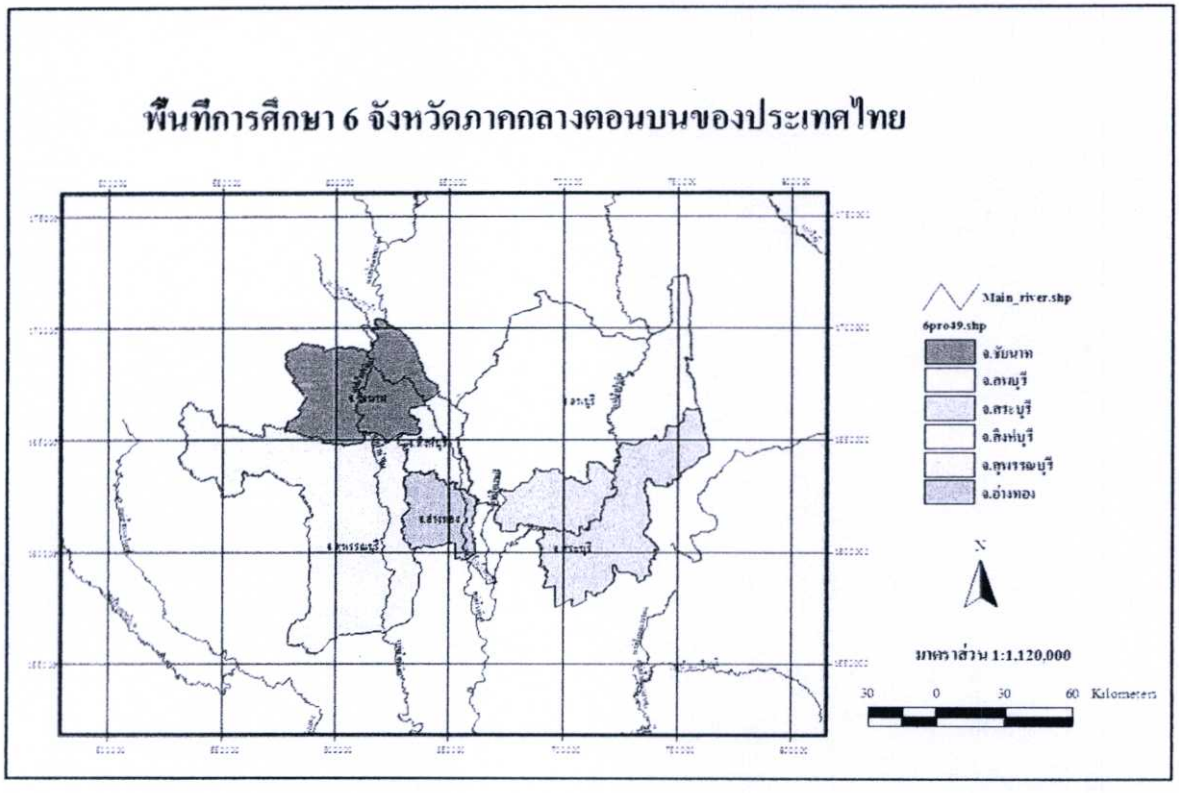
3.1 ลักษณะทั่วไป

พื้นที่การศึกษาในครั้งนี้เป็นพื้นที่ที่อยู่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วยจังหวัด อ่างทอง สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท และ สุพรรณบุรี ซึ่งอยู่ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่อ้างอิงจากทิศเหนือระหว่าง (UTMN) 500,000 ถึง 800,000 และ อ้างอิงจากทิศทิศตะวันออกระหว่าง (UTME) 1,500,000 ถึง 1,750,000 มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 19,837 ตร.กม. หรือประมาณ 12,398,125 ไร่ ทิศเหนือจดกับจังหวัดอุทัยธานี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดชัยภูมิ ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดนครนายก จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดนครปฐม ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดนครราชสีมา ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรี

ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยาด้านตะวันตกของกลุ่มจังหวัด คือ จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี มีพื้นที่รวมกันประมาณ 2.1 ล้านไร่ นับเป็น “อู่ข้าวอู่น้ำ” ของประเทศ เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มและอยู่ในเขตชลประทาน ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาปลูกข้าวเป็นหลัก พื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มสลับที่ดอนด้านตะวันออกของกลุ่มจังหวัด คือ จังหวัดลพบุรี และสระบุรี มีพื้นที่รวมกันประมาณ 5.6 ล้านไร่ เป็นที่ราบเชิงเขา พื้นที่บริเวณตอนใต้ของกลุ่มจังหวัดในเขตจังหวัดสระบุรี มีพื้นที่รวมกันประมาณ 0.8 ล้านไร่ เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง พื้นที่ของจังหวัดสุพรรณบุรี อาจจำแนกลักษณะตามระดับความสูงของพื้นที่ที่เป็นที่ราบลุ่มเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนเป็นที่ราบสูง โดยมีความลาดเทระหว่าง 0-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด

ตลอดแนวตั้งแต่เหนือจรดใต้ บริเวณพื้นที่ต่ำสุดอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ของจังหวัดส่วนใหญ่เหมาะสำหรับการทำนา มีแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง อยู่ทั่วไป มีแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี เป็นแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านจากเหนือสุดถึงใต้สุด ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเขตอำเภออู่ทอง ทอดขึ้นไปทางเหนือขนานกับเส้นกั้นเขตแดนระหว่างจังหวัด สุพรรณบุรีกับจังหวัดกาญจนบุรี มีลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทระหว่าง 2-8 เปอร์เซนต์สลับกับเนินเขา ส่วนด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้าง มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับลอนชั้นจนถึงเทือกเขาสูงชันที่ติดกับเทือกเขาตะนาวศรี ประกอบด้วยภูเขาสูงซึ่งมีลักษณะเป็นภูเขาครงสร้างและมียอดเขาสูงสุดอยู่ใกล้กับบ้านห้วยดินดำ สูงประมาณ 1,002 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง จังหวัดอ่างทองมีเนื้อที่เป็นที่ราบลุ่มเกือบทั้งจังหวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ในเขตอำเภอไชโย อำเภอเมืองอ่างทอง อำเภอป่าโมก อำเภอวิเศษชัยชาญและอำเภอโพธิ์ทอง เป็นที่

ราบรลุ่มแบบแอ่งกระทะ พื้นที่บางส่วนในเขตอำเภอแสวงหา สามโก้ และวิเศษชัยชาญที่ติดต่อกับจังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะเป็นดินดอน เป็นป่าไผ่และป่าละเมาะบ้าง ไม่มีป่าไม้ ภูเขา และแร่ธาตุ



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาภาคกลางตอนบน

3.2 ทรัพยากรน้ำ

แหล่งน้ำธรรมชาติของ 6 จังหวัดพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็นสองประเภท แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำชลประทาน แหล่งน้ำผิวดินมีแม่น้ำใหญ่ที่สำคัญไหลผ่านอยู่สี่สายคือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน และ แม่น้ำลพบุรี นอกจากนี้ยังมีแม่น้ำสายเล็กๆไหลผ่านอำเภอต่างในพื้นที่ศึกษาเช่น

คลองไชโย แยกจากแม่น้ำน้อยที่ตำบลบางระกำ อำเภอโพธิ์ทอง ไหลลงแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลไชโย อำเภอไชโย คลองนี้ยาวประมาณ 4 กิโลเมตรมีน้ำตลอดปี

คลองศาลาแดง คลองเชื่อมระหว่างแม่น้ำน้อยกับแม่น้ำเจ้าพระยา แยกจากแม่น้ำน้อยที่ตำบลบางพลับ อำเภอโพธิ์ทอง ตรงข้ามกับที่ว่าการอำเภอ ไหลผ่านตำบลป่างิ้ว ตำบลศาลาแดง อำเภอเมืองฯ มาออกแม่น้ำเจ้าพระยาที่วัดสนามชัย ตำบลตลาดหลวง อำเภอเมืองฯ คลองนี้ยาวประมาณ 12 กิโลเมตร ช่วงหน้าแล้งน้ำมักจะแห้ง

คลองศรีบัวทอง คลองนี้ไหลแบ่งเขตจังหวัดสิงห์บุรีและสุพรรณบุรี ลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้เข้าเขตอำเภอแสวงหาผ่านตำบลศรีบัวทอง อำเภอแสวงหา ตำบลแสวงหา ตำบลบ้านพราน

เข้าเขตอำเภอโพธิ์ทอง ผ่านตำบลรำมะสัก ตำบลยางซ้ายเขาเขตอำเภอวิเศษชัยชาญ ไปลงแม่น้ำน้อย ในเขตตำบลม่วงเตี้ย คลองนี้ยาว 65 กิโลเมตร เรียกชื่อต่างกันไปเป็นตอน ๆ

ห้วยกระเสียวเป็นสาขาที่สำคัญของแม่น้ำสุพรรณบุรี เกิดจากลำน้ำต่างๆ ที่ไหลมาจากทางใต้อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และเขาพุกำ รวมทั้งเขาพระ ทุ่งดินดำตอนใต้ลงมา ทางน้ำเหล่านี้จะไหลมารวมกันที่ด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้าง กลายเป็นห้วยกระเสียว แล้วไหลมาทางตะวันออกผ่านที่ราบสูงลงสู่แม่น้ำสุพรรณบุรีที่อำเภอสามชุก เป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี และ ยังมีแม่น้ำลำแม่ลา ลำการ้อง ลำเชียงราก และลำโพธิ์ชัย

แหล่งน้ำชลประทาน

พื้นที่เขตชลประทานจังหวัดสุพรรณบุรีมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดหาน้ำชลประทานให้เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูก สำหรับกักเก็บระบายน้ำใช้ในชีวิตประจำวัน และ ดูแลโครงการต่างๆของจังหวัด โดยสามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรีประมาณ 1,713,691 ไร่

แหล่งน้ำชลประทานจังหวัดชัยนาทมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อส่งน้ำเพื่อการเกษตร มีโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาต่าง ๆ มีหน้าที่ในการบริหารงาน ด้านการจัดสรรน้ำนำไปใช้ให้ถึงมือเกษตรกร มีพื้นที่ทั้งหมด 1,543,591 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ในเขตโครงการชลประทาน 776,208 ไร่ และ พื้นที่นอกเขตโครงการชลประทาน 767,383 ไร่

จังหวัดอ่างทอง มีพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการเกษตรกรรม โดยมีแหล่งน้ำชลประทานส่งน้ำให้แก่เกษตรกร เพื่อช่วยเหลือการเพาะปลูกพืชต่าง ๆ ซึ่งมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 560,414 ไร่ แหล่งน้ำชลประทานที่สำคัญ ๆ สามารถจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรครอบคลุมพื้นที่ 500,055 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นของอำเภอวิเศษชัยชาญ รองลงมาคืออำเภอโพธิ์ทอง

แหล่งน้ำชลประทานที่มีอยู่ภายในจังหวัดสรบุรีประกอบด้วย แหล่งน้ำตามโครงการขนาดใหญ่และขนาดกลาง โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและโครงการขนาดเล็กที่สร้างเสร็จแล้วถึงสิ้นปีงบประมาณ 2548 รวม 106 โครงการซึ่งสามารถกักเก็บน้ำได้ 22 ล้าน ลบ.ม. และ มีพื้นที่ประมาณ 294,097 ไร่

จังหวัดสิงห์บุรีนับว่ามีพื้นที่ในเขตชลประทานมากที่สุดจังหวัดหนึ่ง โดยมีพื้นที่การเกษตรที่อยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทาน 6 โครงการ โดยมีพื้นที่ชลประทานประมาณ 429,512 ไร่ และ มีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ 459,512 ไร่ หรือ ร้อยละ 89.4 ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด

จังหวัดลพบุรีนับว่ามีโครงการชลประทาน 4 โครงการ โดยสามารถกักเก็บน้ำได้ 896 ล้าน ลบ.ม และ มีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ 667,864 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละของพื้นที่ถือครองทำการเกษตร ประมาณ 18%

3.3 ทรัพยากรป่าไม้

พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดสุพรรณบุรี มีจำนวน 361,750 ไร่ พื้นที่ส่วนป่า 12,687 ไร่ พื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ 16,187 ไร่ และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า 2,982,937.50 ไร่ เดิมลักษณะของป่าไม้เป็นป่าไม้เบญจพรรณ ได้แก่ไม้เต็ง รัง มะค่าโมง มะค่าแต้ ชิงชัน ฯลฯ แต่ปัจจุบันได้ถูกทำลาย จนหลายแห่งถูกเปลี่ยนสภาพเป็นไร่อ้อย มันสำปะหลัง และที่นาเป็นต้น

พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดลพบุรีในปี 2540 มีการสำรวจพบว่าพื้นที่ป่าได้ถูกบุกรุกทำลายไปจนเหลือป่าที่สมบูรณ์เพียง 123,125 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 3.18 ของพื้นที่จังหวัด จากการที่ป่าไม้ในจังหวัดมีสภาพลดลง กรมป่าไม้จึงได้อนุรักษ์ป่าที่ยังมีสภาพสมบูรณ์ไว้ ปัจจุบันมีป่าสงวนแห่งชาติอยู่ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี 4 แห่ง รวมเนื้อที่ 1,110,108 ไร่ (1,776 ตร.กม.) ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน

จังหวัดชัยนาทมีพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ 2 แห่ง คือ

1. ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาช่องลม และป่าเขาหลัก ตามกฎกระทรวง ฉบับ188 (พ.ศ. 2506) ออกตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองและสงวนป่าพุทธศักราช 2481 เนื้อที่ประมาณ 54.99 ตารางกิโลเมตร หรือ 34,368.75 ไร่ อยู่ในพื้นที่ตำบลวังเดียน ตำบลหนองมะโมง และ ตำบลสะพานหิน กิ่งอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท

2. ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาราวเทียน ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 406 (พ.ศ. 2512) ออกตามความในพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 เนื้อที่ประมาณ 70.34 ตารางกิโลเมตร หรือ 43,962 ไร่ อยู่ในท้องที่ตำบลไพรนกยูง อำเภอหันคา ตำบลเนินขาม ตำบลสุขเดือนห้า และตำบลกระบกเตี้ย กิ่งอำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท

ในปี พ.ศ.2543 หน่วยงานที่รับผิดชอบสำนักงานป่าไม้จังหวัดอ่างทอง ได้ขึ้นทะเบียนสวนป่าของเอกชนที่แจ้งกับสำนักงานฯ ทั้ง 7 อำเภอ ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอวิเศษชัยชาญ อำเภอป่าโมก อำเภอโพธิ์ทอง อำเภอไชโย อำเภอแสวงหา อำเภอสามโก้ รวมทั้งสิ้น 719 ไร่ 10 งาน 389 ตารางวา รวม 131 โครงการ ส่วนอีก 3 อำเภอ กำลังดำเนินการฯ นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการในส่วนป่าที่ทำการปลูกเพื่อนำไม้มาใช้สอย จำนวน 728 ไร่ และปลูกเพื่อการอนุรักษ์ ตามโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ โครงการ 12 สิงหา เทิด 72 พรรษามหาราช โครงการโพธิ์ทองของชาวไทย ตั้งแต่ปี 2537 - 2541 รวม 118 ไร่

จังหวัดสระบุรีมีเนื้อที่ทั้งสิ้น 2,235,304 ไร่ มีพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ประมาณ 460,522 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.60 สภาพป่าโดยทั่วไปเป็นป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ไม้ที่สำคัญได้แก่ ไม้ยาง ไม้ตะเคียน ไม้เต็ง ไม้มะค่า และ ไม้ประดู่ เป็นต้น

จังหวัดสิงห์บุรี ไม่มีพื้นที่ป่าไม้ แต่มีพื้นที่สาธารณประโยชน์ สำหรับปลูกป่าชุมชนใน 6 อำเภอ รวม 26 แปลง จำนวน 1,078 ไร่

3.4 ทรัพยากรดิน

สภาพของดินในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี มีความเหมาะสมกับการทำนา พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผลต่าง ๆ การปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ ทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ถาวรสำหรับการปศุสัตว์ ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพและเคมี ในด้านเนื้อดิน ความลึกของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ชนิดของแร่ดินเหนียวและปริมาณแร่ธาตุของดิน

จังหวัดชัยนาทมีพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 1,543,591 ไร่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 1,219,669 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 79.02 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ในการทำนา ปลูกพืชไร่ นอกนั้นเป็นพื้นที่ทำสวน ปลูกผัก ไม้ดอกไม้ประดับ

สระบุรีโดยทั่วไปพบดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้งที่มีการระบายน้ำเลวหรือค่อนข้างเหลวใช้ทำนาปลูกข้าว บางแห่งมีชั้นของสารจาไรไซท์อยู่ตื้นมีปฏิกิริยาเป็นกรดซึ่งเป็นพิษต่อข้าว บางแห่งอาจมีน้ำท่วมทำให้ผลผลิตสูญเสียสำหรับดินเหนียวที่มีการระบายน้ำดีและมีความลาดชันใช้สำหรับปลูกพืชไร่และไม้ผลบางแห่งพบชั้นหินพื้นอยู่ตื้นและบางแห่งถูกกัดกร่อน ส่วนที่มีความลาดชันสูงๆ จะเป็นภูเขาบางแห่งพบชั้นหินพื้นอยู่ตื้นซึ่งใช้เป็นที่ป่า

ทรัพยากรดินของจังหวัดอ่างทอง เป็นดินที่มีศักยภาพเหมาะสมแก่การปลูกพืชหลายชนิด ได้แก่ กลุ่มดินที่เหมาะสมกับการปลูกพืชทุกชนิด กระจายอยู่ทางฝั่งตะวันออกของจังหวัดบริเวณอำเภอไชโย อำเภอเมือง อำเภอโพธิ์ทอง และ อำเภอแสวงหา, กลุ่มดินที่เหมาะกับการปลูกข้าวและพืชไร่ที่ทนต่อความแห้งแล้ง เช่น อ้อย กระจายอยู่ทางตะวันตกของอำเภอแสวงหา อำเภอโพธิ์ทอง อำเภอสามโก้และอำเภอวิเศษชัยชาญบางส่วน, กลุ่มดินเหมาะกับการปลูกพืชไร่ ไม้ผล พืชผัก จะกระจายอยู่บริเวณตะวันออกและตอนกลางของจังหวัด บริเวณอำเภอเมือง อำเภอป่าโมก อำเภอโพธิ์ทอง และอำเภอแสวงหา, กลุ่มดินที่เหมาะกับการปลูกไม้ผล จะอยู่ทางด้านใต้สุดของจังหวัด ในเขตอำเภอวิเศษชัยชาญ อำเภอป่าโมก อำเภอเมืองและบางส่วนของอำเภอสามโก้ และ กลุ่มดินที่เหมาะสมกับการปลูกข้าว และในฤดูแล้งอาจปลูกพืชล้มลุก จัดเป็นกลุ่มดินที่มีลักษณะเด่นที่สุดกระจายอยู่ทั่วไป

สิงห์บุรีมีที่ดินทำการเกษตรทั้งหมด 412,495 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 80.24 ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่ทำนา 377,350 ไร่ พื้นที่ทำไร่ 10,041 ไร่ พื้นที่ปลูกไม้ผล 28,582 ไร่ พื้นที่ปลูกพืชผัก 2,744 ไร่ และอื่น ๆ 84,650 ไร่ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง

อ้อย ถั่วลิสง และถั่วเขียว พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมใช้เพาะปลูก ได้แก่ สุพรรณบุรี 1.35 ชัยนาท 1 ปทุมธาน

3.5 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดสุพรรณบุรีมี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พาดผ่านจากทะเลอันดามัน ฤดูหนาวตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ด้วยอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกออกเฉียงเหนือ และ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกลางเดือนพฤษภาคม ด้วยอิทธิพลจากลมฝ่ายตะวันตก

ในปี พ.ศ. 2541 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 37.6 องศาเซลเซียล เดือนที่มีอากาศร้อนที่สุด คือ เดือนเมษายน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 21.7 องศาเซลเซียล เดือนที่มีอากาศหนาวเย็นที่สุดคือเดือนธันวาคม เดือนที่มีฝนตกชุกที่สุดคือเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำฝน 1,305 มิลลิเมตรต่อปี และฝนตกเฉลี่ย 104 วันต่อปี

จังหวัดลพบุรีสภาพโดยทั่วไปมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ยังได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นอีกด้วย โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.3 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละประมาณ 1, 147 มิลลิเมตร สำหรับมีฤดูกาลต่าง ๆ มี 3 ฤดู คือ

- ฤดูร้อน ระหว่างเดือน มีนาคม-พฤษภาคม อากาศจะร้อน และแห้งแล้ง
- ฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม อากาศจะชุ่มชื้นในเดือนกันยายน
- ฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ อากาศจะหนาวเย็นสลับกับอากาศร้อน

จังหวัดชัยนาท อยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดผ่านประจำฤดู ทำให้สามารถ แบ่งฤดูกาลออกได้ 3 ฤดู คือ

- ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณกลางเดือน พฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคมโดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมร้อนและชื้น พัดจากมหาสมุทร อินเดียผ่านอ่าวไทย ปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีฝนตกชุกทั่วไป
- ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือน กุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะพัดพาเอาความแห้งแล้งและหนาวเย็นจากประเทศจีนเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีอากาศหนาวเย็นโดยทั่วไป
- ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางปลายเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนเมษายน ระยะนี้เป็นช่วงว่างของฤดูมรสุมจึงมีลมจากทิศใต้ และตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป

จากข้อมูลภูมิอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท เฉลี่ยในคาบ 25 ปี พ.ศ. 2521-2545 สรุปได้ดังนี้

ปริมาณน้ำฝน ในรอบปีมีฝนตกเฉลี่ย 1,015 มิลลิเมตร มีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 102 วัน ฝนตกมากที่สุดเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ย 243.8 มิลลิเมตร มีวันฝนตก 12 วัน เดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด คือเดือน มกราคม มีปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ย 3.3 มิลลิเมตร มีวันฝนตก 1 วัน

อุณหภูมิ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.4 องศาเซลเซียส เดือนที่มีอากาศร้อน อบอ้าวที่สุด คือ เดือนเมษายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดถึง 36.6 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนที่มี อากาศหนาวเย็นสุด คือ เดือนธันวาคม อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 19.2 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยตลอดปี 70 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยสูงสุดเดือนกันยายน มีค่าเฉลี่ย 97 เปอร์เซ็นต์ และเฉลี่ยต่ำสุด 35 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกุมภาพันธ์

จังหวัดอ่างทอง มีลักษณะภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนและชุ่มชื้น ทั้งยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เช่นเดียวกับจังหวัดอื่น ๆ ในภาคกลาง ทำให้มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยมี 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว

ปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดอ่างทองมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1,182 มิลลิเมตร ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ฝนตกน้อย แต่ไม่ค่อยมีปัญหาความแห้งแล้ง เนื่องจากมีแม่น้ำสายใหญ่ไหลผ่านกอปรกับลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม สามารถรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้นานและมีระบบชลประทานที่ดี

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จังหวัดอ่างทองมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี ประมาณ 28.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน ประมาณ 31 องศาเซลเซียส และต่ำสุดเดือนธันวาคม ประมาณ 24.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีของจังหวัดอ่างทองมีค่าค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 71.5 เปอร์เซ็นต์ สูงสุดเดือนตุลาคม 78.9 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุดเดือนเมษายน 65.1 เปอร์เซ็นต์

สภาพโดยทั่วไปของจังหวัดสระบุรีมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และยังได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นอีกด้วย โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.3 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละประมาณ 1147.6 มิลลิเมตร มีฤดูต่าง ๆ 3 ฤดูคือ

1. ฤดูร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม อากาศร้อนและแห้งแล้ง
2. ฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม อากาศจะชุ่มชื้นในเดือนกันยายน
3. ฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ อากาศจะหนาวเย็นสลับกับอากาศร้อน

จังหวัดสิงห์บุรีมีลักษณะของภูมิอากาศโดยทั่วไปคล้ายกับจังหวัดอื่นๆในภาคกลางบนแบ่งออกเป็น 3 ฤดู

- ฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 36.30 องศาเซลเซียส
- ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,047 มิลลิเมตรต่อปี
- ฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มกราคม อุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 27 องศาเซลเซียส

โดยในปี 2548 จังหวัดสิงห์บุรีมีปริมาณน้ำฝนทั้งปี 1,056.90 มิลลิเมตร ฝนตกมากที่สุดในเดือนกันยายน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 36.2 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคม 19.8 องศาเซลเซียส

บทที่ 4

วิธีการดำเนินการและผลการศึกษา

4.1 การรวบรวมข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆจากหน่วยงานเช่น ข้อมูลความลึกระดับน้ำใต้ดิน จากสำนักประเมินศักยภาพและดุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นข้อมูลที่แสดงผลของระดับน้ำปกติจากผิวดินถึงชั้นให้น้ำ ข้อมูลอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ จากกรมพัฒนาที่ดินซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติของดิน 62 ชุดในประเทศไทย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จากสำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลที่แสดงถึงค่าการวัดปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลคุณสมบัติชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ จากสำนักพัฒนาน้ำบาดาล เป็นข้อมูลความลึกของบ่อสังเกตการณ์ และ ชั้นดินแต่ละประเภท ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ จากกรมแผนที่ทหาร เป็นข้อมูลที่แสดงจุดระดับความสูง และ ข้อมูลอัตราค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ จากสำนักประเมินศักยภาพและดุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้ว ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ AHP-AR model

ข้อมูล	แหล่งที่มา	ปี
ข้อมูลการสูบน้ำของบ่อบาดาล	สำนักประเมินศักยภาพและดุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2550
ข้อมูลระดับความสูง	กรมแผนที่ทหาร	2545
ข้อมูลน้ำฝน	สำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยา	2540 - 2550
ข้อมูลหลุมเจาะชั้นดิน	สำนักพัฒนาน้ำบาดาล	2541
แผนที่ประเภทหรือชนิดของกลุ่มดินประเทศไทย	กรมพัฒนาที่ดิน	2538
สมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ของดินชนิดต่างๆ	กรมพัฒนาที่ดิน	2540
แผนที่อุทกธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2542
ข้อมูลความลึกระดับน้ำใต้ดิน	สำนักสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล	2550

เมื่อรวบรวมข้อมูลได้ครบแล้วก็จะนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาช่วงของตัวแปร ใส่ค่าคะแนน และ กำหนดพื้นที่ที่ศักยภาพในการเติมน้ำใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายตามหลักเกณฑ์ของ AHP-AR Model ดังขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไปนี้

4.2 ขั้นตอนการศึกษาหาพื้นที่ที่มีศักยภาพการเติมน้ำส่วนเกินลงสู่ชั้นใต้ดิน

4.2.1 วิธีการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater)

ตัวแปรนี้แสดงให้เห็นถึงระยะทางที่น้ำจะต้องเดินทางไปก่อนที่จะถึงระดับน้ำใต้ดิน หรือระยะห่างจากผิวดินถึงชั้นให้น้ำ ซึ่งวัดจากบ่อสังเกตการ (Well log) โดยทั่วไปแล้วน้ำจะใช้เวลาลงไปสู่ระดับน้ำใต้ดินนานขึ้นตามระยะทาง หรือความลึกของตัวกลางที่มากขึ้น การคิดความลึกของระดับน้ำใต้ดินพิจารณาจากชนิดของชั้นน้ำใต้ดิน กล่าวคือ ถ้าเป็นชั้นน้ำใต้ดินแบบมีแรงดัน (Confined Aquifer) ค่าความลึกของระดับน้ำใต้ดิน (D) จะเท่ากับระยะทางจากผิวดินถึงขอบเขตด้านบนของชั้นน้ำใต้ดิน ส่วนกรณีของชั้นน้ำใต้ดินแบบไม่มีแรงดัน (Unconfined Aquifer) ค่าความลึกของระดับน้ำใต้ดิน เท่ากับระยะทางจากผิวดินถึงระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) ความสำคัญของตัวแปรนี้ก็คือถ้าพื้นที่มีความลึกชั้นน้ำใต้ดินตื้นก็จะทำให้น้ำที่เติมลงไปเต็มเร็ว

4.2.1.1 การหาค่าความลึกระดับน้ำใต้ดิน

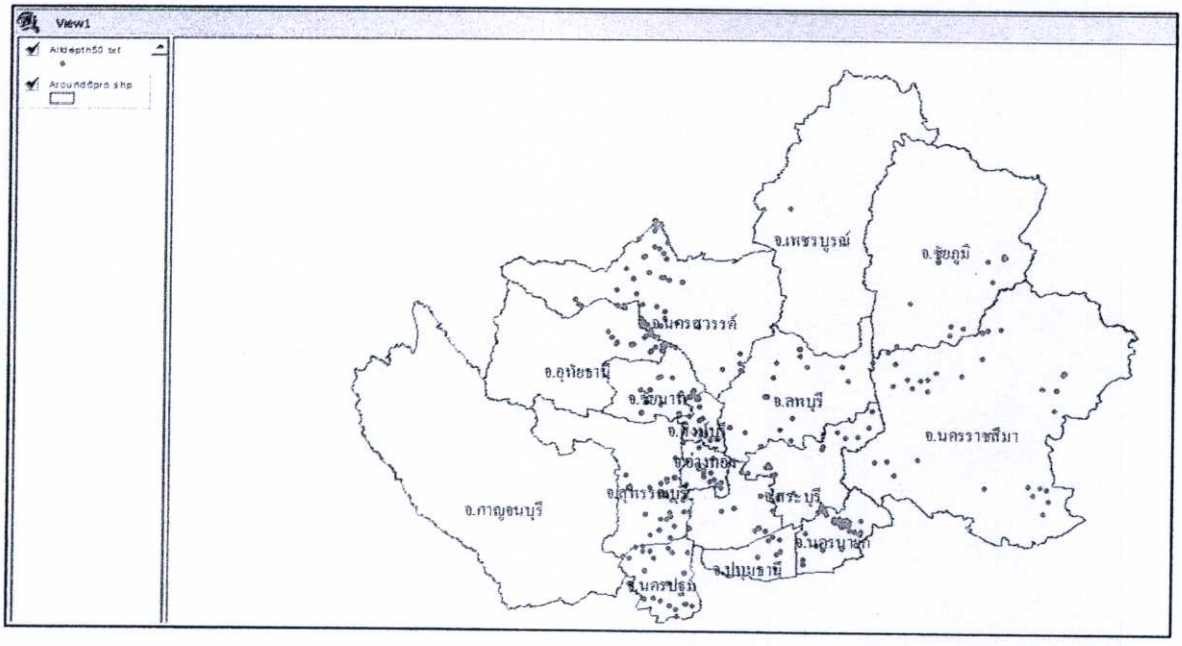
(1) รวบรวมข้อมูลหลุมเจาะ (Well log) จากสำนักประเมินศักยภาพและคุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาลโดยข้อมูลที่ได้มานั้นทางสำนักดังกล่าวได้ทำการลงมือปฏิบัติงานทดสอบในปี 2007 ซึ่งข้อมูลบ่อจะบอกระดับความลึกจากผิวดินถึงระดับน้ำใต้ดินและค่าตำแหน่งพิกัดของแต่ละบ่อที่ทำการเจาะในพื้นที่จังหวัดที่ทำการศึกษา เพื่อให้การศึกษาครั้งมีความแน่นอนมากขึ้นทางคณะวิจัยยังได้นำข้อมูลบ่อโดยรอบของพื้นที่จังหวัดที่ทำการศึกษามาช่วยในการวิเคราะห์อีกด้วย เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอจากการใช้น้ำใต้ดิน ซึ่งข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้ทำการสำรวจครั้งก่อน ๆ เป็นข้อมูลที่ค่อนข้างเก่าอยู่ในช่วงปี 1972-1993 ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลครั้งล่าสุดที่ได้ทำการสำรวจในปี 2007

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างค่าพิกัด ชื่อบ่อและความลึกระดับน้ำใต้ดินของแต่ละบ่อ

ผลการปฏิบัติงานทดสอบปริมาณน้ำบาดาล ส่วนอุทกธรณีวิทยาและชลศาสตร์น้ำบาดาล
สำนักประเมินศักยภาพและคุณภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
จังหวัดอ่างทอง ปีงบประมาณ 2550

ลำดับที่	หมายเลขบ่อ	พิกัด		ตำบลที่				ความลึก (ม.)	ขนาดบ่อ (มม.)	ระดับน้ำ ปกติ (ม.)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม ชม.)	ระดะน้ำ ลด (ม.)	ระยะเวลา ที่สูบ (ชม.)	อัตราสูบ (ม.)	คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ			วันที่ ทำงาน
		E	N	บ้าน	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด							T (m^2/d)	K (m/d)	S	
1		654595	1605099	วัดปราสาท	2	มะดัง	ป่าโมก	อ่างทอง	116.0	150	16.41	10.00	18.41	12	30	5.24E-01	7.87E-01		11 ก.พ. 50
2	570350	657525	1602565	บ้านวิหารแดง	4	โรงช้าง	ป่าโมก	อ่างทอง	196.0	150	16.51	14.49	0.88	12	33	9.76E-02	6.06E-01	1.29E-04	19-20 มี.ค. 50
3	290350	651644	1622930	บางเค้าผา	2	บางเค้าผา	โพธิ์ทอง	อ่างทอง	136.0	150	10.22	14.49	0.39	12	21	1.69E-03	1.21E-02	1.96E-02	9-10 มี.ค. 50
4	270350	640913	1618610	อ่างข้าว	1	อ่างข้าว	โพธิ์ทอง	อ่างทอง	154.0	150	8.87	14.49	0.53	12	21	6.35E-02	3.97E-01	1.48E-02	5-6 มี.ค. 50
5	260350	633963	1621102	แสวนแวนหม้อ	7	ร้านสะอัก	โพธิ์ทอง	อ่างทอง	123.0	150	6.69	14.49	0.09	12	21	7.64E-02	4.78E-01	6.80E-03	7-8 มี.ค. 50
6	590350	652716	1608265	บ้านคาหลง	7	จำปาหล่อ	เมือง	อ่างทอง	134.0	150	14.32	12.12	1.59	12	30	1.66E-02	1.40E-01	3.40E-01	23-24 มี.ค. 50
7	580350	650766	1613409	บ้านโรงนา	6	มหาดไทย	เมือง	อ่างทอง	150.0	150	12.08	12.12	7.58	12	30	5.29E-01	6.62E-00	6.05E-04	21-22 มี.ค. 50
8	310350	645561	1613050	วัดวิเศษชัยชาญ	2	ไก่จ้าเหิง	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	208.0	150	22.57	12.33	4.28	12	30	7.60E-01	3.76E-00	2.20E-02	13-14 มี.ค. 50
9	110460	645935	1615042	ไทยทีมนา	6	ไก่จ้าเหิง	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	156.0	150	15.14	18.00	7.15	12	30	7.51E-01	1.25E-01	1.99E-03	22 เม.ย 50
10	320350	649536	1607203	ไก่ดำทีมนา	1	ไก่ดำทีมนา	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	126.0	150	13.45	12.12	1.66	12	30	3.02E-02	8.36E-01		15-16 มี.ค. 50
11	330350	634265	1604955	บ้านล้อล้อม	7	ไก่รง	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	196.0	150	16.12	14.49	12.46	12	36	6.25E-01	1.04E-01	5.63E-04	17-18 มี.ค. 50
12	460422D005	645895	1610752	ร.ร. วัดโพธิ์ธรรมโรจน์ธาราม	5	ทะร้าง	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	163.0	150	11.67	12.12	2.77	12	24	2.63E-02	4.70E-01	1.03E-01	20 เม.ย 50
13	500410109	642192	1615920	คลองแคว	4	อีล้น	วิเศษชัยชาญ	อ่างทอง	170.0	150	13.50	14.49	2.99	12	21	1.55E-02	9.69E-00	4.79E-03	18 เม.ย 50
14		631590	1633661	อารดลาร	3	สิบัวทอง	แสวรหา	อ่างทอง	160.0	150	7.79	25.51	2.91	12	45	1.37E-03	9.11E-01	4.12E-03	13 ก.พ. 50
15	300350	642346	1630975	แสวรหา	4	แสวรหา	แสวรหา	อ่างทอง	110.0	150	6.69	14.49	1.28	12	15	5.31E-02	8.63E-01	5.55E-03	11-12 มี.ค. 50
16	600350	657125	1606446	วัดเสารทอง	1	จำปาหล่อ	เมือง	อ่างทอง	120.0	150	19.63	18.00	3.35	72	30	4.97E-02	1.24E-02	1.29E-02	26-31 มี.ค. 50
	610350	657105	1606443	วัดเสารทอง	1	จำปาหล่อ	เมือง	อ่างทอง	113.0	150	18.25	-	0.67	72	-				

(2) นำข้อมูลบ่อทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาและจังหวัดโดยรอบมา Plot ในโปรแกรม Arcview ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Shapefile



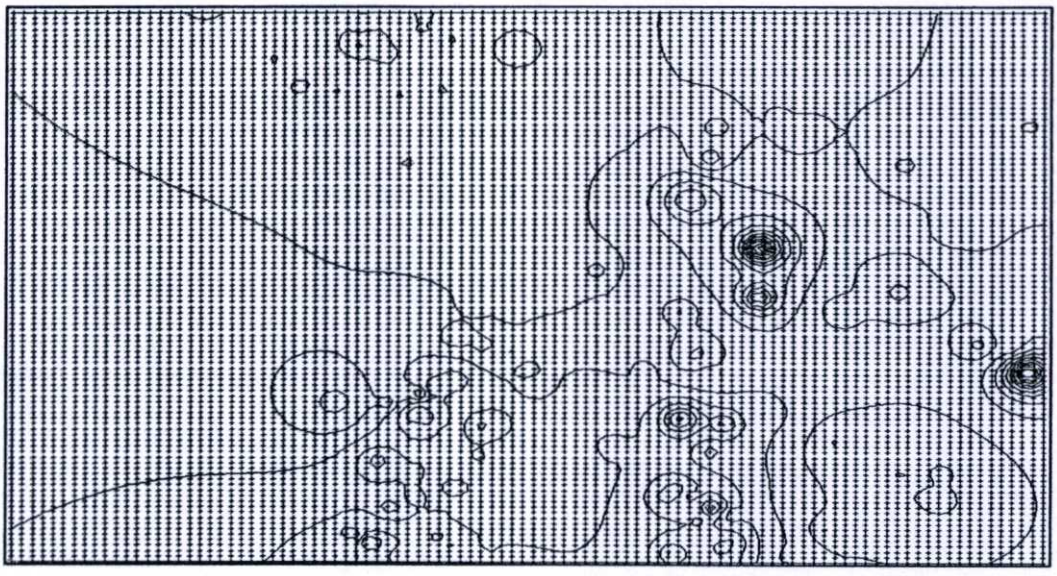
รูปที่ 4.1 จุดที่มีการเจาะสำรวจหาความลึกระดับน้ำใต้ดินทั้งหมดของปี 2007

(3) จากนั้นนำข้อมูล ที่แสดงตำแหน่งพิกัดค่า UTME UTMN และ ความลึกระดับน้ำใต้ดิน แต่ละหลุมเจาะทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัดมาจัดไว้หน้าเดียวกันในโปรแกรม Excel เพื่อจัดเตรียมในขั้นตอนทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าพิกัด และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินของแต่ละบ่อก่อนทำการ Interpolate

Utme	Utmn	D (m)
624072	1679263	5.62
629622	1667996	5.06
630154	1668224	5.33
638285	1670008	9.34
638653	1670779	8.35
610885	1569747	9.54
606622	1661882	8.38
619733	1700848	6.35
619754	1700846	6.09
622834	1701639	11.00
622838	1701641	11.26
618260	1697422	5.69
618234	1697435	5.72

(4) ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Excel ไปทำการ Interpolate เพื่อหาค่าเฉลี่ยความลึกระดับน้ำใต้ดินให้กับพื้นที่การศึกษา โดยใช้โปรแกรม Surfer เป็นเครื่องมือ ซึ่งขั้นตอนแรกนั้นต้องกำหนดค่า X, Y หรือ ค่าตำแหน่งพิกัด (UTME,UTMN) ทั้งที่มีค่าน้อยที่สุด และ ค่ามากที่สุด เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ และ จำนวนช่องกริดที่ต้องการให้โปรแกรมคำนวณออกมาเป็นตารางกริด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดช่องกริดให้มีจำนวน 100*100 หรือ 10000 แถว จากนั้นก็เลือกในช่อง Gridding Method เป็นวิธี Inverse Distance to Power เพื่อทำการ Interpolate เหตุผลที่เลือกใช้วิธี Inverse Distance to Power เพราะว่าเมื่อทำการ Interpolate ออกมาแล้วค่าเฉลี่ยความลึกระดับน้ำใต้ดินที่ตำแหน่งตารางกริดทุกตัวจะมีค่าเป็นบวกทั้งหมด ค่าต่ำสุด และ มากสุดหลังจากการ Interpolate แล้วจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความลึกที่มีอยู่เดิม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ โดยมีทั้งหมด 7 วิธีในโปรแกรม Surfer แล้วเห็นว่าวิธี Inverse Distance to Power เป็นวิธีเหมาะสมมากที่สุด



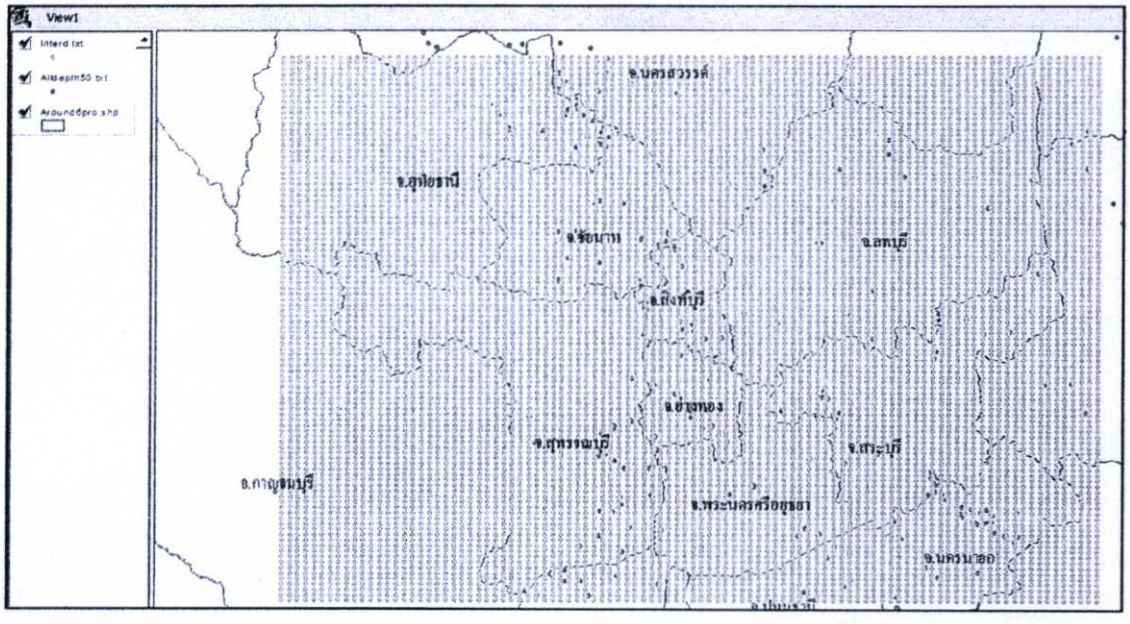
รูปที่ 4.2 เส้น Contour ค่าความลึกระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

(5) จากนั้นเราจะได้ค่าเฉลี่ยของความลึกระดับน้ำใต้ดินที่ตำแหน่งกริดต่างๆ (Depth to Ground Water) โดยโปรแกรม Surfer

ตารางที่ 4.4 ค่าพิกัด และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรม Surfer

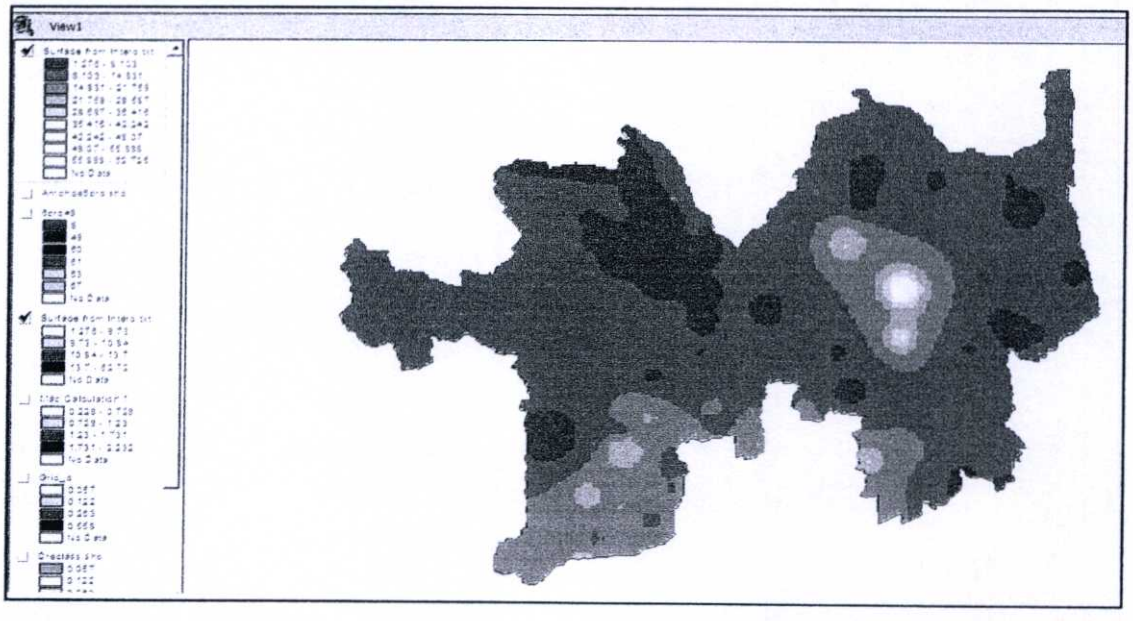
Utme	Utmn	D av (m)
515445	1552220	15.39406
518072.1	1552220	15.48065
520699.2	1552220	15.57139
523326.3	1552220	15.66658
525953.4	1552220	15.76657
528580.5	1552220	15.87174
531207.5	1552220	15.98253
533834.6	1552220	16.09942
536461.7	1552220	16.22298
539088.8	1552220	16.35381
541715.9	1552220	16.49263
544343	1552220	16.64022
546970.1	1552220	16.79749

(6) นำข้อมูลค่าเฉลี่ยค่าความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Ground Water) ที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer ไปใส่ตารางในโปรแกรม Arcview เพื่อดำเนินงานในขั้นต่อไป



รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer

(7) ขั้นตอนต่อไปนำข้อมูลที่ได้ทำการ Interpolate จากโปรแกรม Surfer มาทำการ Interpolate ต่อในโปรแกรม Arc View อีกเพื่อให้มีความละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 4.4 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS

4.2.1.2 การกำหนดค่า Range

สำหรับการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรนี้ ได้ใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วนำมาทำเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่ของความลึกระดับน้ำใต้ดินเป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องการในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1) ซึ่งเป็นสมการเส้นตรงโดยผ่านสองจุดคือ (x_1,y_1) และ (x_2,y_2)

$$P(x) = \frac{(x - x_2)}{(x_1 - x_2)} y_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} y_2 \qquad (4.1)$$

P(x) คือค่าที่ต้องการหาที่ตำแหน่งจุด X

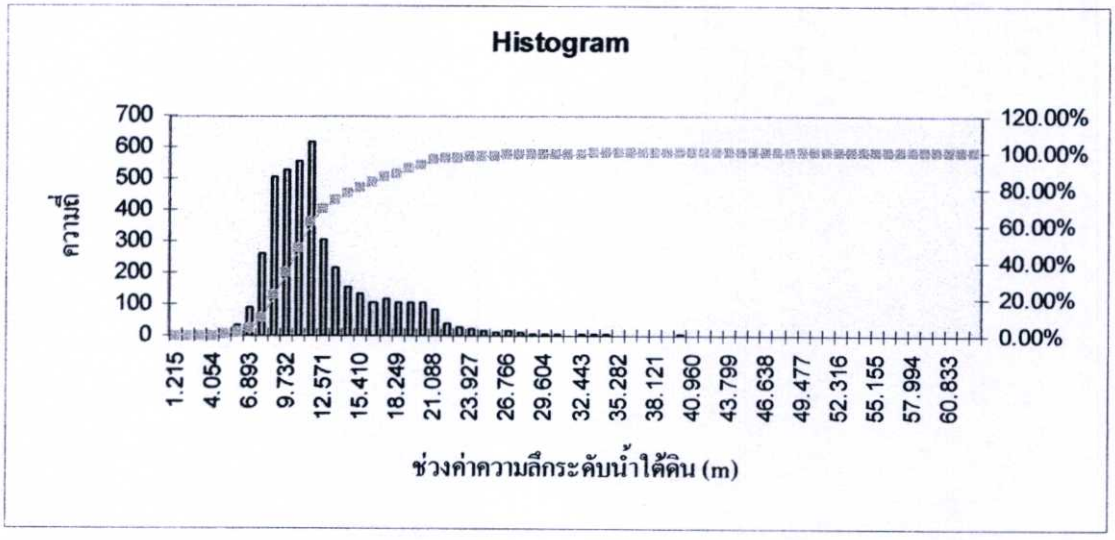
x_1 , x_2 คือค่าความถี่สะสมของความลึกระดับน้ำใต้ดินที่มีตำแหน่ง X อยู่ภายในขอบเขต (x_1 , x_2)

y_1 , y_2 คือค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมของความลึกระดับน้ำใต้ดินที่ตำแหน่ง x_1 และ x_2

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดินออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 25% 50% 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	21.90	34.36	8.78	9.73	9.02
50%	47.45	61.99	10.68	11.62	10.84
75%	74.26	77.96	13.52	14.46	13.71
100%	99.98	100.00	61.78	62.73	62.73



รูปที่ 4.5 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของความลึกระดับน้ำใต้ดิน

4.2.1.3 การกำหนดค่า Rating

ส่วนขั้นตอนการหาค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ใช้ตามทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP-AR Model (ตารางที่ 4.6) เพื่อให้เหมาะสมกับการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับเติมน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นพื้นที่ดังกล่าวมีระดับความลึกระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างสูงและอยู่ในช่วงกว้าง ในขณะเดียวกันตัวแปรนี้ก็ถือว่ามีความสำคัญในการแพร่กระจายของน้ำมาก

ตารางที่ 4.6 การคำนวณหาค่า Rating โดยใช้ AHP-AR Model

Range of Depth to GW	PCM elements				Rating of ranges
	62.726 – 13.7	13.7 – 10.84	10.84 – 9.02	9.02 – 1.276	AHP derived rating
62.726 – 13.7	1	3	5	7	0.558
13.7 – 10.84	1/3	1	3	5	0.263
10.84 – 9.02	1/5	1/3	1	3	0.122
9.02 – 1.276	1/7	1/5	1/3	1	0.057

การคำนวณความสอดคล้องของเหตุผล

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i / r_i}{n} \qquad \lambda = 4.12$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \qquad CI = 0.039489$$

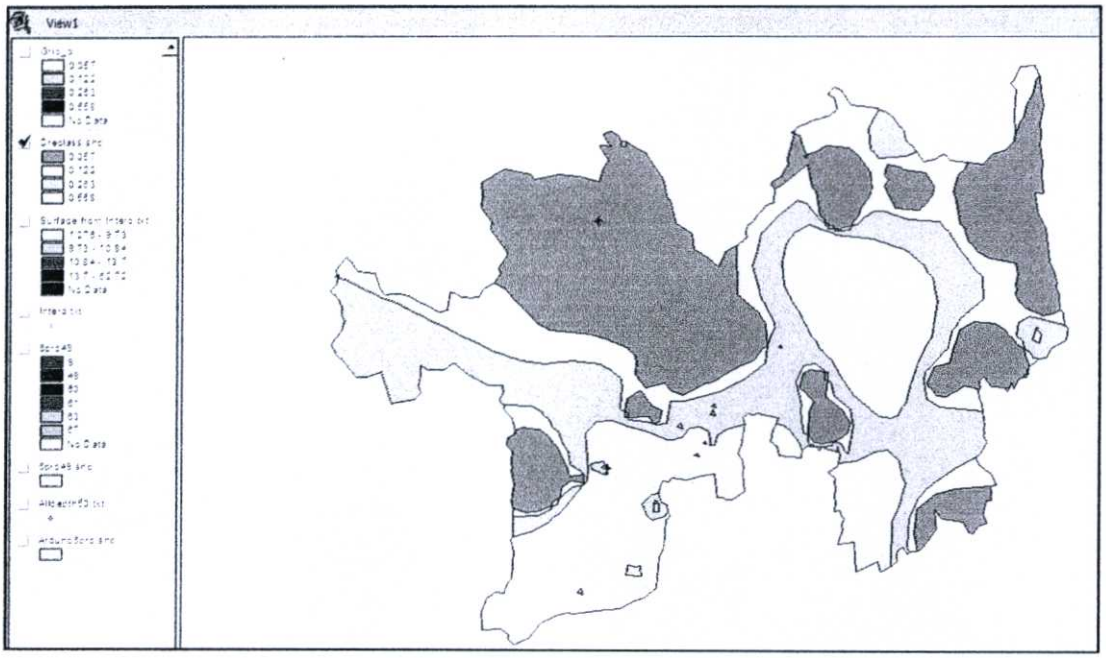
$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad CR = 0.043876 \langle 0.1$$

ดังนั้น การคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลสำหรับตัวแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.7 ช่วง และ ค่าคะแนนความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D – Depth to Ground Water) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (D_r)	ช่วงค่าความลึกระดับน้ำใต้ดิน D (เมตร)
0.558	13.7 - 62.72
0.263	10.84 – 13.7
0.122	9.73 – 10.84
0.057	1.27 – 9.73

จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดินซึ่งต่อไปจะเรียกว่าการ Rate ตามตารางที่ 4.7 จะได้ค่าคะแนนความลึกระดับน้ำใต้ดิน Grid Dr



รูปที่ 4.6 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน D (Dr)

4.2.1.4 การกำหนดค่า Weighting

ขั้นตอนการหาค่า Weighting หรือการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับตัวแปรทั้งหมดในกรณีการศึกษาครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำแบบสอบถามไปยังผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงาน และศึกษาวิจัยทางด้านอุทกธรณีวิทยาเพื่อให้คะแนนความสำคัญของค่าความถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 ตามลำดับซึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุดจะมีค่าความถ่วงน้ำหนัก 5 และ ตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยที่สุดจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 โดยผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ตามหน่วยงานของรัฐ และ บริษัทเอกชนต่างๆที่มีผลงานทางด้านงานวิจัยน้ำใต้ดินซึ่งมีทั้งหมด 7 ท่านดังนี้

ตารางที่ 4.8 ชื่อ-นามสกุล ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน ของผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	สถาที่ทำงาน
ดร.กัมปนาท มันตาพันธ์	นักธรณีวิทยา	บ.ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด
รศ. ฉลอง บัวผัน	อาจารย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีสุข	ผู้อำนวยการศูนย์	ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล ม.ขอนแก่น
ดร. ธนู หาญพัฒนาพานิชย์	ที่ปรึกษาอาวุโส-นักธรณีวิทยา	บ.ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด
ดร. อรัญญา เฟื่องสวัดดิ์	ผู้อำนวยการสำนักบริหารกลาง	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
ผศ.ดร. ธนิต เฉลิมยานนท์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.กิจการ พรหมมา	อาจารย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.9 การให้คะแนนค่าถ่วงน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำใต้ดิน

ตัวแปร	ดร.กัมปนาท	รศ. ฉลอง	รศ.ดร. เกรียงศักดิ์	ดร. ธนู	ดร. อรัญญา	ผศ.ดร. ธนิต	รศ.ดร. กิจการ
ความลึกระดับน้ำใต้ดิน(Depth to Ground Water)	5	3	4	3	5	4	1
ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)	4	3	2	2	4	3	4
ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)	1	1	3	3	1	3	5
ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)	3	4	2	4	3	3	2
อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน(Surface Infiltration)	3	4	4	5	5	5	5
คุณสมบัติของดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ(Impact of Vadose Media)	3	4	3	5	3	5	3

ขั้นตอนต่อไปเป็นการตัดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักที่มีค่าไม่ร่วมกลุ่มโดยจะสังเกตได้ว่า ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดินมีค่าคะแนน 1 ของ รศ.ดร.กิจการ และ ตัวแปรความลาดชันของพื้นที่มีค่าคะแนน 5 ของ รศ.ดร.กิจการ ที่ไม่ร่วมกลุ่มกับตัวเลขอื่นๆในแถวเดียวกันซึ่งจะต้องตัดออก

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยให้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักโดยเอามาบวกกันในแนวนอนแล้วหารด้วยจำนวนคนที่ได้มีการให้คะแนนที่ยังเหลืออยู่ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยค่าถ่วงน้ำหนัก

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยคะแนน
ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Ground Water)	24/6
ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)	22/7
ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)	12/6
ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)	21/7
อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน (Surface Infiltration)	31/7
คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media)	26/7

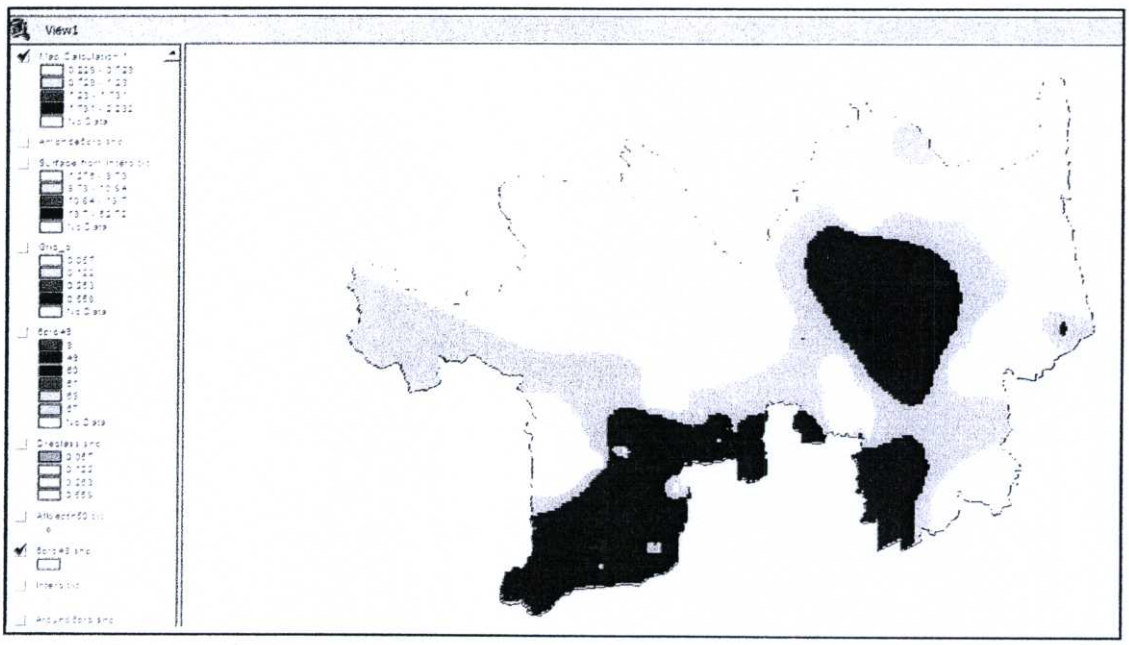
หลักการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักคือ ถ้าตัวแปรตัวใดมีค่าเฉลี่ยมากสุดก็จะกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 5 และ ตัวแปรใดมีค่าเฉลี่ยน้อยก็จะถูกกำหนดมีค่าถ่วงน้ำหนักเรียงไปตามลำดับจากมากจนถึง 1

ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักจากแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญส่วนมากจะให้คะแนนค่าถ่วงน้ำหนักการซึมผ่านน้ำของผิวดิน มีความสำคัญมากที่สุด ส่วนคะแนนค่าถ่วงน้ำหนักความลาดชันของพื้นที่มีความสำคัญน้อยที่สุดดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้สำหรับการศึกษา

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Ground Water)	4	4
ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)	3.143	2
ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)	2	1
ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)	3	2
อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน (Surface Infiltration)	4.428	5
คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media)	3.714	3

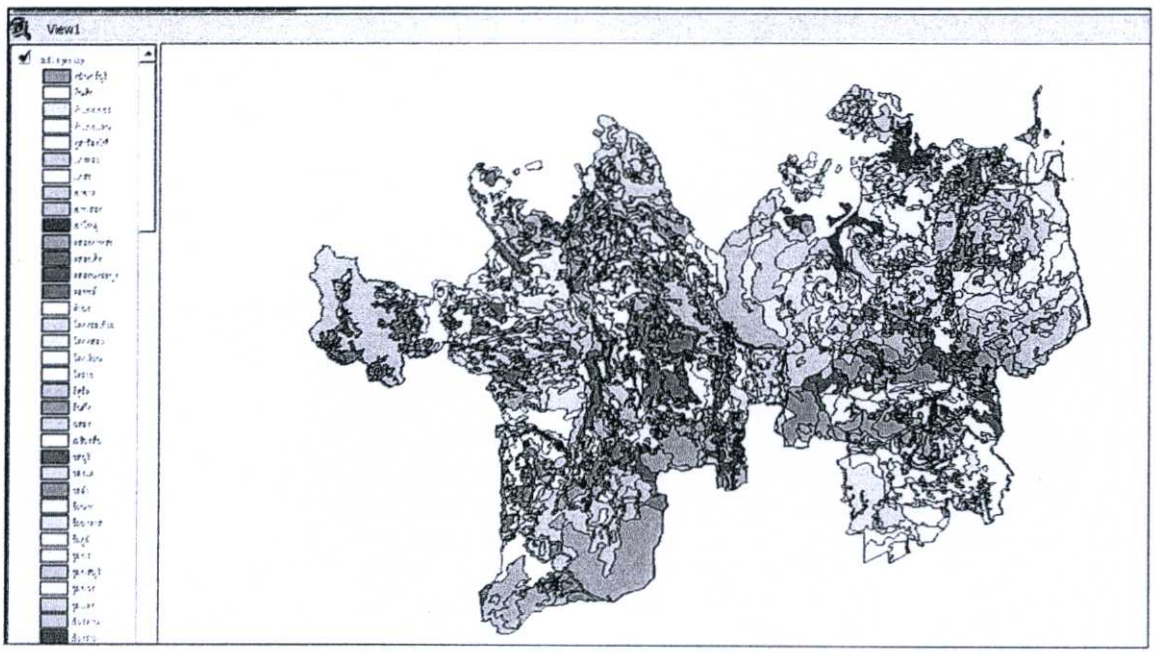
สำหรับ Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดินนี้ คือ 4 จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Dw = 4) จะได้ค่า Grid Dr*Dw ที่แสดงให้เห็นถึงความลึกระดับน้ำใต้ดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย



รูปที่ 4.7 แผนที่ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Grid DrDw)

4.2.2 วิธีการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration)

กรมพัฒนาที่ดินได้ทำแผนที่กลุ่มชุดดินในประเทศไทยในรูปแบบของ Shape.file GIS ซึ่งประกอบมีชุดดินทั้งหมด 62 ชุด ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แผนที่ชุดดินประเทศไทยทั้ง 62 ชุดในรูป GIS

ลักษณะ และ คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการจำแนกดินจะต้องเด่นชัด สังเกตและตรวจสอบได้ง่าย ในภาคสนาม โดยมีความสัมพันธ์อย่างมี หลักการกับกระบวนการเกิดดิน และผลการวิเคราะห์ดิน ในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนมีความคงทน และยากต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เพื่อให้การจำแนกดิน มีความถูกต้องลักษณะและคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในการจำแนกดิน ได้แก่ชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพพื้นที่ที่เกิดดิน สีดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน การเกาะยึดตัวของดิน ปฏิกิริยาดิน ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ความอิ่มตัวเบส การแช่ขังน้ำหรือการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน การมีเศษหินกรวดในดิน ชั้นหินพื้น หรือชั้นเชื่อมแข็งชนิดต่างๆ ชนิดของวัสดุประกอบดิน เช่น สะสมปูน เกลือ สารประกอบ กำมะถัน ศิลาแลงอ่อน รอยไถล ความแข็งและอ่อนของชั้นดิน เป็นต้น

ชุดดินที่ได้จัดตั้งขึ้นเพื่อการสำรวจ จำแนก และทำแผนที่ดินของกอง สำรวจและจำแนกดิน มีประมาณ 300 ชุดดิน และมีการ กำหนดลักษณะ และคุณสมบัติต่างๆ ทางกายภาพและทางเคมีของดินอันเป็นลักษณะ ประจำตัวของชุดดินไว้อย่างชัดเจน ผลการจำแนกดินสามารถนำไปใช้ ถ่ายทอดความรู้หรือนำเทคโนโลยี ใหม่ๆ ในระบบเครือข่ายจากพื้นที่ หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่ง หรือจาก

ประเทศหนึ่ง ไปสู่อีกประเทศหนึ่งที่ใช้ระบบการจำแนกดินเดียวกันได้อย่างเป็นระบบ จึงเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

4.2.2.1 การหาค่าอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ

อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำจะขึ้นกับชุดดินแต่ละชนิดแต่ละชุดดินนั้นจะมีอัตราความซึมน้ำของดินแตกต่างกันไป ความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) เกิดจากช่องว่างในดินมีลักษณะ เป็นช่องเล็กๆคดเคี้ยวไปมาต่อเนื่องถึงกันระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำจะไหลผ่านได้และเมื่อน้ำมีความดันหรือระดับต่างกันระหว่าง 2 จุดในดินก็จะมีการไหลของน้ำผ่านช่องว่างเหล่านี้ ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้นี้เรียกว่าความซึมน้ำของดินหรือค่า K การที่น้ำจะไหลซึมผ่านไปได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินที่น้ำซึมผ่านได้ง่ายเช่น ดินพวกกรวดหรือทรายค่า K ก็จะสูงเรามักเรียกว่า"Pervious soil" ถ้าน้ำซึมผ่านได้ยากเช่น พวกดินตะกอนหรือดินเหนียวค่า K จะต่ำเรียกว่า"Impervious Soil"

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างลักษณะทั่วไปชุดดิน 62 ชุดของประเทศไทย

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	ลักษณะสำคัญของกลุ่มชุดิน	สภาพพื้นที่ๆพบ (%ความลาดชัน)	Permeability
1	บ้านหมี (Bm)	- ดินลึก เหนียวจัด สีดำหรือเทาแก่	- ที่ราบลุ่มหรือ	Very slow
	บ้านโพด (Bpo)	- การระบายน้ำเลว	ราบเรียบ (<1%)	Very slow
	ช่องแค (Ck)	- ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่าง ปานกลาง (pH 6.5-8.0)		Slow
	ท่าเรือ (Tr)			Slow
	วัฒนา (Wa)	- มักมีน้ำแช่ขังในฤดูฝน		Slow
2				
	ชุมแสง (Cs)	- ดินเหนียวสีเทา ดินลึกมีการระบายน้ำเลว	- ที่ราบลุ่มหรือ	Mod. Slow
	ท่าขวาง (Tq)	- ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5)	ราบเรียบ (<1%)	Slow
	บางเขน (Bn)	- ถ้าเกิดบริเวณชายฝั่งทะเลหรือที่ราบลุ่มภาคกลางจะมีจุดสีเหลืองฟางข้าวของสารจาโรไซต์ในระดับความลึกประมาณ 150 cm. ทับอยู่บนดินเลนซึ่งเป็นตะกอนน้ำทะเลสีเทาปนเขียว		Slow
	บางปะอิน (Bin)			Mod. Slow
	อยุธยา (Ay)			Mod. Slow

จากนั้นกรอกค่าความสามารถในการซึมผ่านหรือค่า Permeability ให้กับชุดดินแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษา 6 จังหวัดภาคกลางตอนบน โดยค่า Permeability นี้ได้มาจากตาราง (4.13) ในหนังสือ "การวิจัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย" โดย สุวณี ศรีธวัช ณ อยุธยา (ฉบับที่380 ธันวาคม2538) และ website ที่ทำการทดสอบหาค่า Permeability โดยกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร และ สหกรณ์ (www.ldd.go.th)

ความสามารถในการซึมผ่านหรือค่า Permeability หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity) ซึ่งมีช่วงค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 การแบ่งประเภทความซึมน้ำของดินจากค่า Hydraulic Conductivity

Permeability Class (O'Neal 1952)	Hydraulic Conductivity	
	Inches/Hour	Cm/Hour
Very Slow	< 0.05	< 0.125
Slow	0.05 – 0.2	0.125 – 0.5
Moderately Slow	0.2 – 0.8	0.5 – 2.0
Moderately	0.8 – 2.5	2.0 – 6.25
Moderately Rapid	2.5 – 5.0	6.25 – 12.5
Rapid	5.0 – 10.0	12.5 – 25.0
Very Rapid	> 10.0	> 25

ทำการกรอกข้อมูลค่าความสามารถในการซึมผ่านหรือค่า Permeability จากตาราง (4.13) ให้กับชุดดินซึ่งมีทั้งหมด 62 ชุดดิน ในโปรแกรม Arcview โดยเป็นรูป Shape.file

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดินแต่ละชุด

Attributes of Infil 6 pro.shp

Shape	Color	Text	Soil_code	Soil_thai	Soil_eng	Soil_preci	Num	Permeabili
Polygon	1	1	1	กบินทร์บุรี	Kabin Buri	Kb	4	4.125
Polygon	1	1	1	กบินทร์บุรี	Kabin Buri	Kb	4	4.125
Polygon	1	1	1	กบินทร์บุรี	Kabin Buri	Kb	4	4.125
Polygon	1	1	1	กบินทร์บุรี	Kabin Buri	Kb	4	4.125
Polygon	2	2	2	กันตัง	Kantang	Kat	4	0.125
Polygon	2	2	2	กันตัง	Kantang	Kat	4	0.125
Polygon	5	5	5	กุลาร้องไห้	Kula Ronghai	Ki	1	1.250
Polygon	5	5	5	กุลาร้องไห้	Kula Ronghai	Ki	1	1.250
Polygon	5	5	5	กุลาร้องไห้	Kula Ronghai	Ki	1	1.250
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	6	6	6	แกลง	Klaeng	Kl	2	0.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125
Polygon	8	8	8	กำแพงแสน	Kamphaeng Saen	Ks	4	4.125

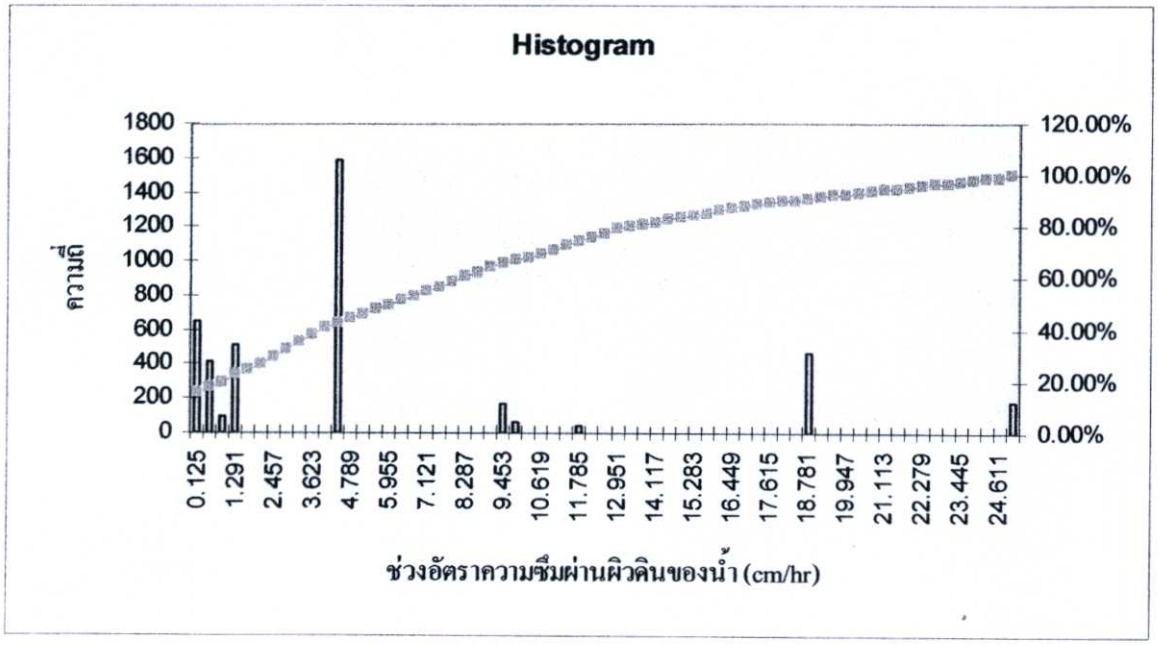
4.2.2.2 การกำหนดค่า Range

ส่วนขั้นตอนการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ได้ใช้กราฟการสะสมของ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่สะสมของอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ เป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1)

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% 50% 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	24.93	27.29	1.679	2.068	1.69
50%	49.89	51.71	5.955	6.343	5.978
75%	74.48	76.12	11.785	12.173	11.908
100%	98.95	100	24.611	25	25



รูปที่ 4.9 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของค่าอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ

4.2.2.3 การกำหนดค่า Rating

การให้ค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ได้ใช้ตามทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP Model ตามตารางที่ 4.6 ที่ได้ทำการคำนวณค่า Rating แล้ว และ มีการคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.16 ช่วง และ ค่าคะแนนอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I – Surface Infiltration) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (I_r)	ช่วงค่าอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ I (ซม./ชม.)
0.558	11.91 - 25
0.263	5.98 – 11.91
0.122	1.69 – 5.98
0.057	0.125 – 1.69

จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าการ Rate ตามตารางที่ 4.16 จะได้ค่า Grid Ir

รูปที่ 4.10 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ I (Ir)

4.2.2.4 การกำหนดค่า Weighting

ส่วนค่า Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ นี้มีค่าเท่า 5 ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญมากที่สุดจากการวิเคราะห์ผลสำรวจแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้ โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงาน และ ศึกษาวิจัยทางด้านอุทกธรณีวิทยา จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Iw = 5) จะได้ค่า Grid Ir*Iw ที่แสดงถึงอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

รูปที่ 4.11 แผนที่อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Grid IrIw)

4.2.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำน้ำส่วนเกินหรือน้ำหลากในช่วงฤดูฝนมาเติมลงสู่ใต้ดิน โดยให้น้ำค่อยๆซึมผ่านผิวดินลงสู่ชั้นให้น้ำ และ แพร่กระจายเป็นพื้นที่กว้างเพื่อยกระดับน้ำใต้ดิน ดังนั้นน้ำฝนจึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกตัวหนึ่งในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน

4.2.3.1 การหาค่าปริมาณน้ำฝน

(1) นำขอข้อมูลน้ำฝนรายวันจากสำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยา โดยข้อมูลที่ได้นั้นทางสำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยาได้เก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 1997 ถึงปี 2007 ข้อมูลน้ำฝนรายวันนั้นเป็นการวัดโดยสถานีตรวจวัดน้ำฝน ซึ่งจะบอกตำแหน่งพิกัดที่ตั้งของแต่ละสถานี ดังตาราง 4.17

ตารางที่ 4.17 สถานีวัดน้ำฝนตำแหน่งค่าพิกัดของแต่ละจังหวัด

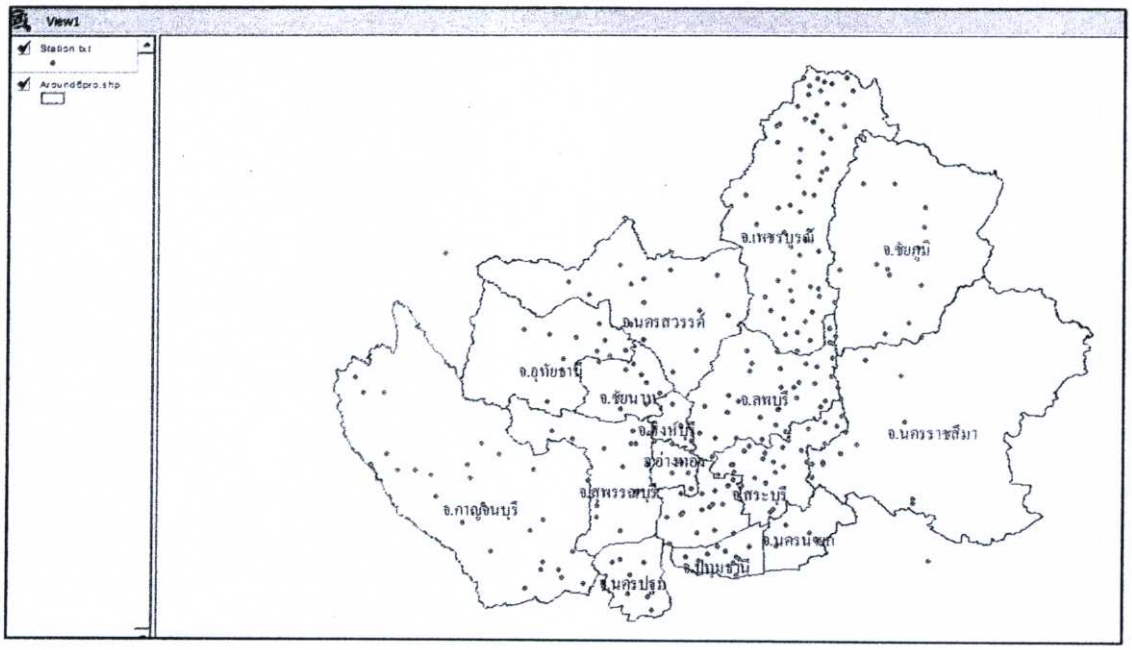
PROVINCE	STATION NAME	STATION	UTME	UTMN
ลพบุรี	สตอ.ลพบุรี*	426201	673984.44	1636832.473
	สอท.บัวชุม*	426401	735378.8555	1688699.25
	บ้านหมี่	426001	666654.2977	1658909.571
	ท่าวุ้ง	426002	663195.2728	1640445.155
	โคกสำโรง	426003	689926.6252	1662772.525
	พัฒนานิคม	426004	715169.2539	1646387.117
	ต.มหาโพธิ์ อ.สระโบสถ์	426005	698670.1221	1688665.654
	ปท.ชัยบาดาล	426006	731026.2584	1676050.024
	ชัยบาดาล	426007	723947.309	1666758.374
	สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง	426008	682729.2906	1666404.499
	สถานีทดลองพืชไร่พระพุทธบาท อ.เมือง	426009	697353.6587	1631479.313
	นิคมสร้างตนเองลพบุรี(สหกรณ์โคนม)	426010	688337.429	1636940.223
	ท่าหลวง	426011	729342.0325	1664965.298
	สระโบสถ์	426012	696926.3267	1683117.698
	โคกเจริญ	426013	695012.2126	1697856.778
	สวนป่าซับลังกา	426014	752127.1296	1713166.864
	ร.ร.บ้านหนองมะค่า	426015	814535.8285	1708089.894
	ร.ร.บ้านวังทอง	426016	754031.1405	1702732.449

ทุกสถานีจะวัดค่าปริมาณน้ำฝนรายวันของแต่ละเดือนในหนึ่งปี และจะเห็นได้ว่าถ้าในช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่าวันนั้นจะไม่มีฝนตกในบริเวณสถานีจะวัดน้ำฝน

ตารางที่ 4.18 การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของหนึ่งสถานีในปี 1997 ถึง 2007

code	Station	Month	day	97	98	99	2000	01	02	03	04	05	06	07
419003	Khlong Luang	5	1	3.2	0	1	0	16	0	0	0	0	0	28.5
419003	Khlong Luang	5	2	0	0	0	0	21	0	0	0	0	4.2	11
419003	Khlong Luang	5	3	0	0	0	0	11	4	0	2.1	0	0	14
419003	Khlong Luang	5	4	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	14.5
419003	Khlong Luang	5	5	0	0	0	5.1	0	1	0	10	0	0	5
419003	Khlong Luang	5	6	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	9
419003	Khlong Luang	5	7	0	0	1	0	10	1	0	2	7.5	0	2
419003	Khlong Luang	5	8	0	0	6	0	1	3	0.5	5	1.3	0	19
419003	Khlong Luang	5	9	0	0	40	0	0	2	4	19	0	0	0
419003	Khlong Luang	5	10	0	0	56	8.2	4	7	10	11	0	0	0
419003	Khlong Luang	5	11	0	0	47	0	13	6	0	0	0	20	25.4
419003	Khlong Luang	5	12	13.5	0	22	0	6	3	67	4	0	0	8
419003	Khlong Luang	5	13	0	0	0	6	2	21	2.4	3	0	0	19
419003	Khlong Luang	5	14	0	0	8	15	0	0	0	26	23	0	20
419003	Khlong Luang	5	15	0	0	14	2	10	2	2.3	12	33	22.5	21.3
419003	Khlong Luang	5	16	0	0	0	0	0.5	4	0	28	1.2	0	16
419003	Khlong Luang	5	17	0	0	13	0	11	3	2	0	7.4	2.1	2
419003	Khlong Luang	5	18	0.2	3	40	8	0	7	7.4	0	0	49.5	2.3

ข้อมูลการวัดค่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่เฉพาะใช้แต่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันใน 6 จังหวัดที่ทำการศึกษาแต่ยังได้นำเอาข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของจังหวัดโดยรอบพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วยทั้งหมด 10 จังหวัดคือ กาญจนบุรี อุทัยธานี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ชัยภูมิ นครราชสิมา นครนายก ปทุมธานี นครปฐม และ อยุธยา มาใช้ในการวิเคราะห์อีกด้วย เพราะต้องการหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่มีความละเอียด และ ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนของพื้นที่ศึกษาและจังหวัดโดยรอบ

การนำเอาข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะพิจารณาในช่วงฤดูฝนเท่านั้น ซึ่งจะพิจารณาในช่วงตั้งแต่ เดือนพฤษภาคมถึง เดือนตุลาคมในช่วงปี 1997 ถึง 2007 เพราะว่าหลักการ การคำนวนหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยนั้นต้องใช้ข้อมูลอย่างน้อย 10 ปี การหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนนั้นคือการคำนวนตั้งแต่วันที่ 1 ของเดือนพฤษภาคมถึง วันที่ 31 ของเดือนตุลาคมของทุกปี โดยการเอาค่าน้ำฝนในแต่ละวันมาบวกกันแล้วหารให้จำนวนวันทั้งหมดที่มีการบันทึก (หมายความว่าในบางวันของช่วงฤดูฝนที่ไม่ได้ทำการบันทึกที่เป็นช่องว่างไม่มีตัวเลขก็จะไม่นับเป็นวันฝนตก แต่ตรงกันข้ามถ้าหากช่องเป็นศูนย์ จะถือว่าวันนั้นได้บันทึกแต่ไม่มีฝนตกและจะนับวันเข้าเพื่อหารกับปริมาณน้ำฝนรายวันทั้งหมด) จากนั้นเราจะได้ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนของสถานีตรวจวัดน้ำฝนในหนึ่งปี ของหนึ่งสถานี และ ดำเนินการวิธีดังกล่าวกับทุกสถานีตรวจวัดน้ำฝนในแต่ละตำบลของแต่ละจังหวัด

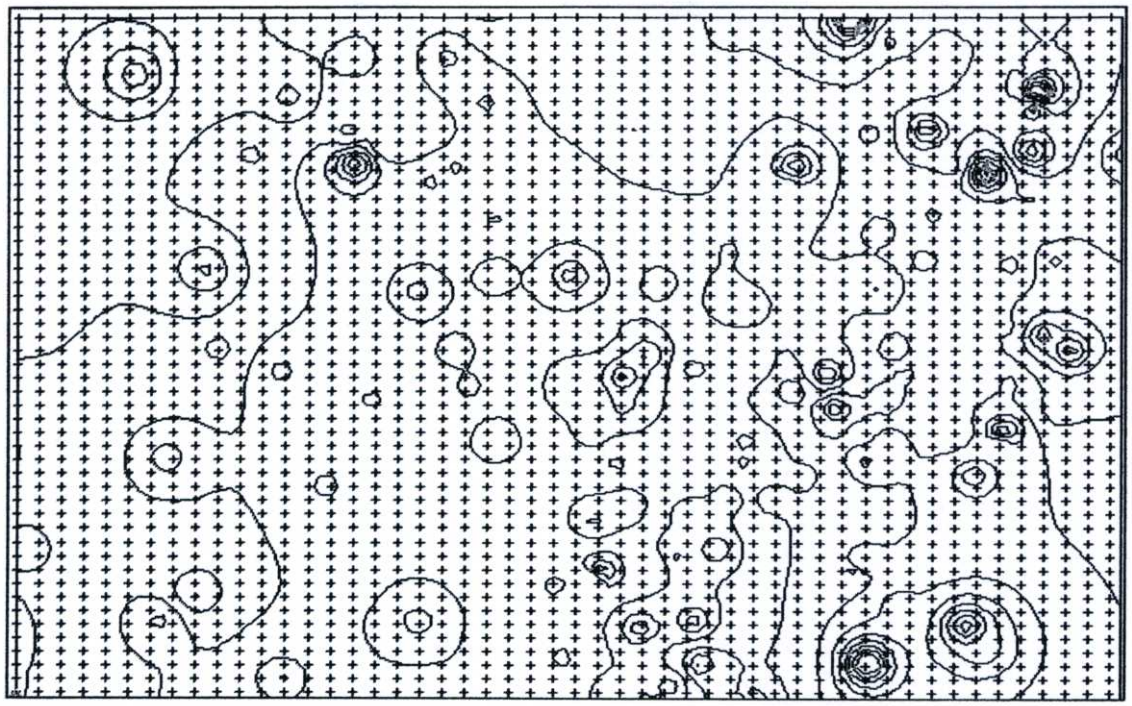
จากนั้นนำเอาข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยของหนึ่งสถานีตรวจวัดน้ำฝนในหนึ่งปี ที่ได้ตั้งแต่ปี 1997 ปี 2007 มาเฉลี่ยเป็นน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี โดยการเอาค่าน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละปีที่ได้เก็บข้อมูลเฉลี่ยรวมกันทั้งหมด สุดท้ายจะได้ค่าปริมาณน้ำฝนที่ต้องการ

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวันในช่วงฤดูฝนตั้งแต่ปี 1997 ถึง 2007

Rainny season during May to October between 1997 to 2007 Unit mm/day

Station name	E	N	year 1997	year 1998	year 1999	year 2000	year 2001	year 2002	year 2003	year 2004	year 2005	year 2006	year 2007	Average
400001	662605.7962	1725269.318	3.676087	6.724457	6.161789	3.510326	5.127717	5.146739	4.590761	4.859239	4.146196			4.88259
400002	587508.1784	1735920.318	3.407065	4.180435	6.246196	5.869022	5.613043	9.132065	2.400543	2.874457	2.835326	3.040217	4.827717	4.58419
400003	616188.0353	1715766.843	2.512903	4.313043	4.683696	1.769022	2.902717	3.617391	4.258696	4.536957	3.489674	6.316304	3.88913	3.844503
400004	644999.5546	1682738.978		2.292391	3.602717	4.229348	4.383696	3.885326	3.130435	5.384239	4.375543	6.378804	5.065761	4.272826
400005	642772.4078	1752797.144	2.503261	5.140217	12.67446	5.539674	4.255435	6.067391	3.68913	5.922283	3.39281			5.464962
400006	625186.6853	1704750.917	4.263043	4.63587	3.571196	4.018478	3.521196		4.140217	4.083152			2.845528	3.884835
400007	608842.5467	1756294.773			4.593496	5.595652	6.216478	5.504348	4.550543	5.39837	3.617391	3.26413	5.802174	4.949398
400008	674931.6639	1749336.011	4.842391	7.044565	8.841304	6.842391	4.719565	5.433152	5.297826	5.916304	4.682609	5.12663	4.177174	5.720356
400009	682295.5487	1721729.365	3.619565	5.438043	6.044565	4.717935	5.139674	5.52337	4.958696	5.372283	4.068478	6.652459	4.005195	5.049115
400010	616047.0257	1743423.792	4.172826	5.763587	5.294022	3.735326	6.974457	5.938043	4.302174	5.375	3.891848	5.004891	5.184239	5.057856
400011	625045.9052	1730564.461	4.350543	5.902717	5.505435	5.018478	5.279348	6.411957	5.392935	4.796196	5.234239	5.333152	6.407792	5.421163
400012	573190.6617	1745087.918	3.521196	5.504891	6.719565	5.022283	4.583152	6.829348	4.883696	4.346739	6.45817	5.872826	5.445752	5.380692
400201	624954.3134	1747159.159					5.320652	6.690761	5.3625			5.591304		5.741304
400301	661011.8266	1697596.201					6.016304	5.471739	4.471196	3.55163	5.597283			5.02163
402001	618116.6759	1688119.477	2.082609	3.970109	3.840217	5.152717	4.247283	5.125543	4.285246		2.456522			3.895031
402002	612764.979	1684405.514	3.8125	5.266304	5.508696	4.439674	4.682065	4.821196	3.769565	3.788043	3.741304	5.990217	4.293478	4.555731
402003	636132.8965	1667934.729	4.445109	4.385326	5.570652	3.5875	4.207609	3.328261	2.802174	2.686957	4.158152	4.441848	4.554348	4.015267
402004	609312.7238	1656733.385	3.389674	2.684783	5.343478	2.888587	2.952717	1.603261	3.092391	2.935326	3.171196	4.55		3.261141
402005	627215.1942	1660509.855	5.619022	3.74	3.203804	3.339674	2.608696	4.829508			3.637097	4.325	2.445752	3.749839
402006	623525.1268	1680772.171	3.879891	4.6375	5.178261	4.232609	4.751087	3.828804	3.803261	3.515761	4.563043	4.936413	4.224457	4.322826
402007	594516.6319	1689179.738			1.890323			2.043478						1.9669
402301	627135.9095	1675259.959					4.323913	3.822283	3.438043	3.32663	4.797826			3.941739
403001	805756.9308	1717508.519	3.179891	4.088587	5.111957	6.314674	3.88913	3.624457	4.609239	4.553261	3.97337			4.371618
403002	198965.9049	1802352.5	2.648913	4.667935	4.082609	6.058152	7.658152	4.405978	4.47663	3.85163	4.240217	7.361957	5.6375	5.008152
403003	817157.6819	1797042.569	3.379348	4.176087	3.336957	4.695109	3.627717	5.664674	4.033696	4.270109	3.209804	4.692935	3.296739	4.034834
403004	814347.0411	1743467.712	2.933696	3.930978	5.992391	5.276087	4.370652	4.920109	1.244565	3.628261	5.740523			4.226362
403005	218667.3254	1809471.969	2.5125	4.137705	2.11413	5.041304	6.596196	4.147826	4.244565	4.57663	2.869565	3.133333	4.057065	3.948256
403006	812199.7293	1769281.294	6.615217	3.990217	4.585326	6.326087	3.40163	6.21087	5.035948	3.75	3.767213	4.432026	5.109239	4.838525
403007	789746.8267	1709918.691	2.953804	4.444565	4.492935	4.726087	3.592935	3.366304	3.004891	3.359239	3.427174	4.825	4.166013	3.850813
403008	210864.1582	1757895.938	2.126087	5.299457	4.299457	5.490761	5.550543	5.545652	3.661413	4.76087	4.825	4.263043	5.715217	4.685227
403009	180421.5376	1752771.351	2.715761	3.861957	5.035326	5.951087	6.01413	3.87337	3.616848	3.515217	4.574457	4.438587	6.319022	4.537796

(2) ขั้นตอนทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำเหมือนกับวิธีการ Interpolate ของข้อมูลหาค่าเฉลี่ยความลึกระดับน้ำใต้ดิน วัตถุประสงค์ คือหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนให้กับพื้นที่การศึกษา โดยขั้นตอนแรกนั้นต้องกำหนดค่า X, Y หรือ ค่าตำแหน่งพิกัด (UTME,UTMN) ทั้งค่าน้อยที่สุดและมากที่สุด เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ และ จำนวนช่องกริดที่ต้องการให้โปรแกรมคำนวณออกมาเป็นตารางกริด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดช่องกริดให้มีจำนวน 10,000 แถว ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ย จากนั้นก็เลือกในช่อง Gridding Method เป็นวิธี Inverse Distance to Power แล้วทำการ Interpolate



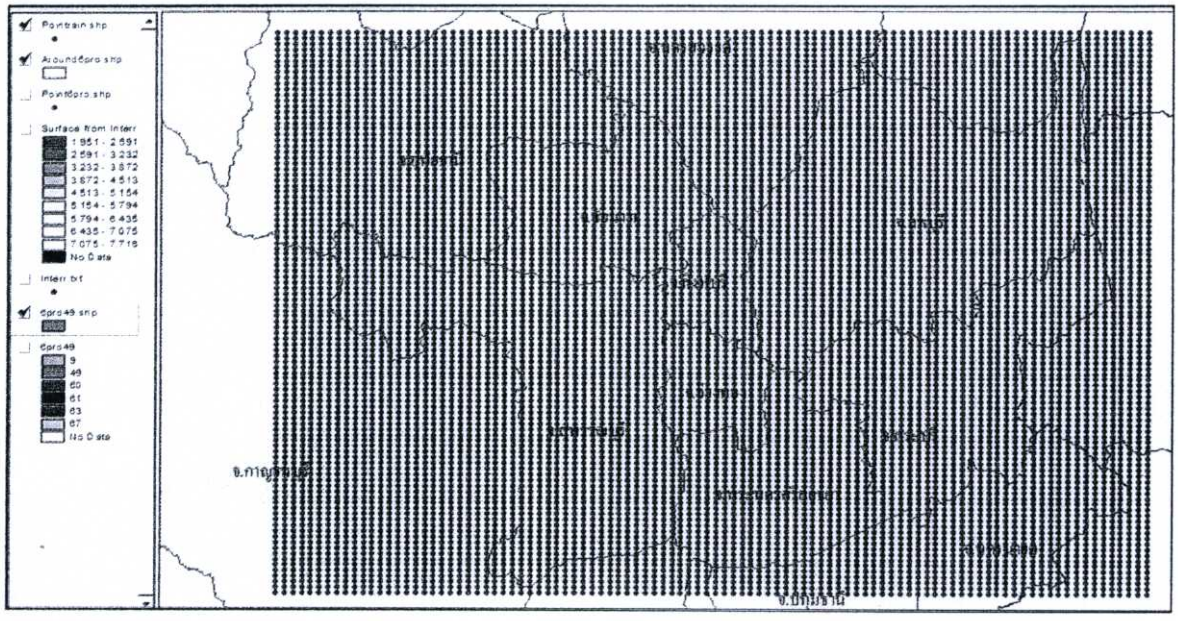
รูปที่ 4.13 เส้น Contour ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

จากนั้นเราจะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายวัน (Average daily Rainfall) และ ค่าตำแหน่งพิกัดโดยใช้โปรแกรม Surfer

ตารางที่ 4.20 ค่าพิกัด และ ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

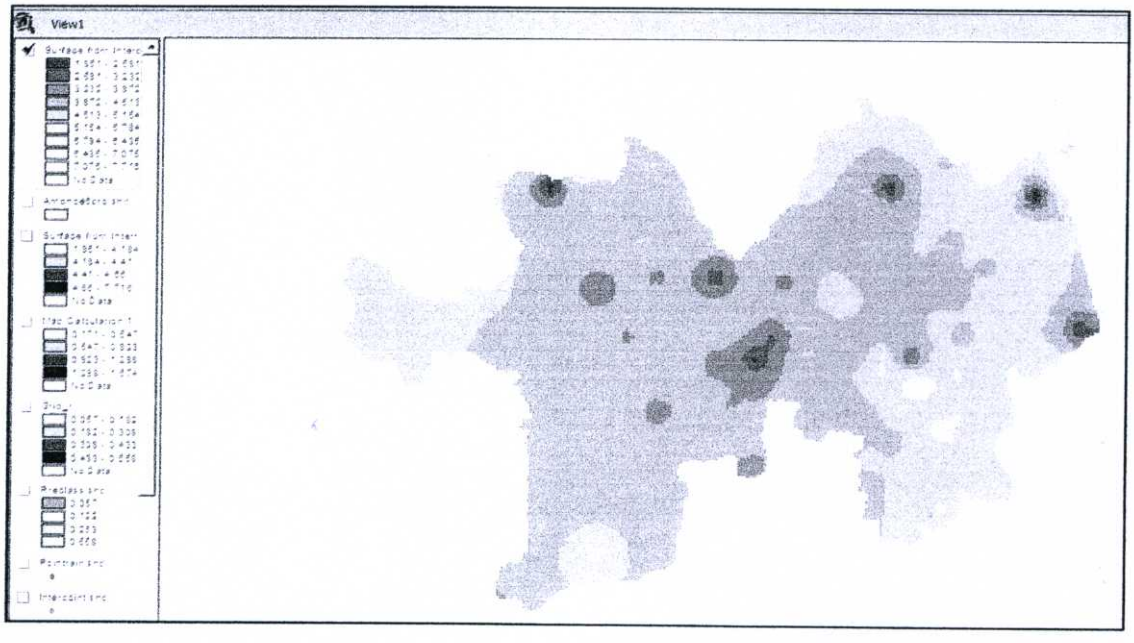
Utme	Utmn	Rav (mm/day)
515445	1552220	5.011143
518072.1	1552220	4.992315
520699.2	1552220	4.982013
523326.3	1552220	4.967995
525953.4	1552220	4.938675
528580.5	1552220	4.89568
531207.5	1552220	4.84694
533834.6	1552220	4.797492
536461.7	1552220	4.748654
539088.8	1552220	4.699841
541715.9	1552220	4.649807

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าน้ำฝนรายวัน (Average daily Rainfall) ที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surferไปใส่ตารางในโปรแกรม Arcview เพื่อดำเนินงานในขั้นต่อไป



รูปที่ 4.14 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer

ทำการ Interpolate ข้อมูลโดยโปรแกรม Arcview GIS อีกครั้งเพื่อความละเอียดมากขึ้นของข้อมูลและเพื่อแปลงข้อมูลเป็น Raster Grid Cell 50 X 50 ตร.ม.



รูปที่ 4.15 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS

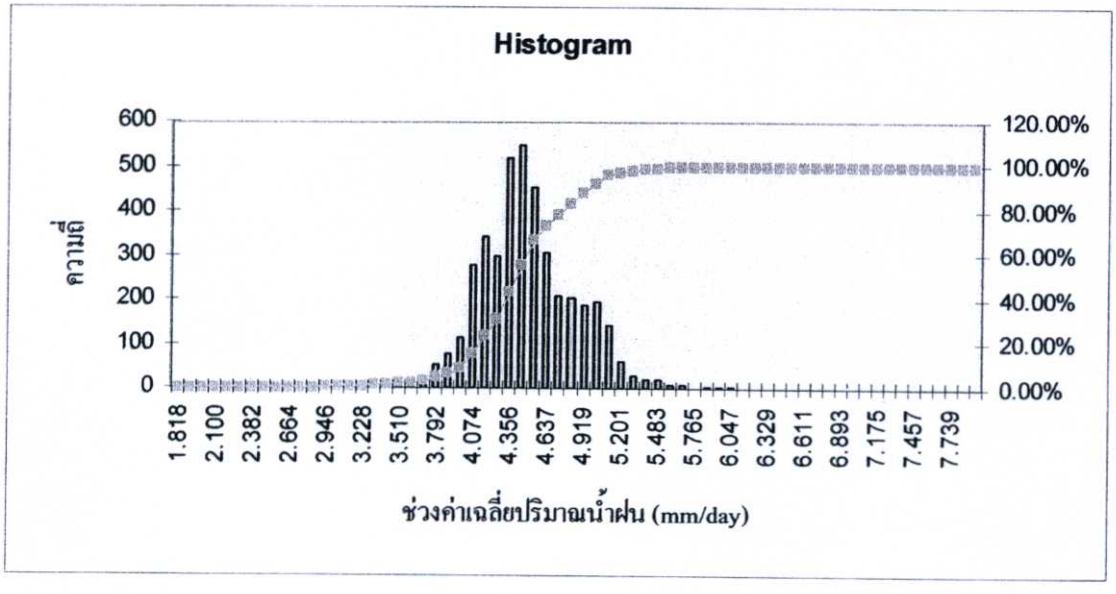
4.2.3.2 การกำหนดค่า Range

สำหรับการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรนี้ ได้ใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วนำมาทำเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่ของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนเป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1)

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% ,50%, 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตาราง 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	24.4	31.48	4.177	4.267	4.185
50%	43.51	55.83	4.358	4.449	4.406
75%	73.34	78.34	4.63	4.721	4.66
100%	99.98	100	7.625	7.716	7.716



รูปที่ 4.16 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของปริมาณน้ำฝน

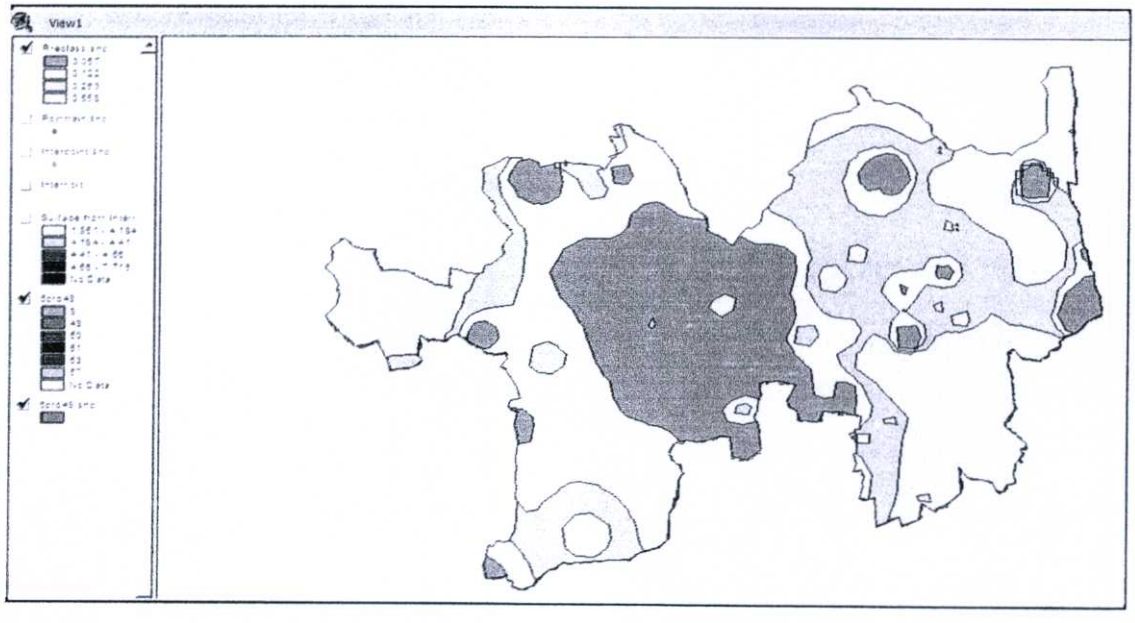
4.2.3.3 การกำหนดค่า Rating

การให้ค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ได้ใช้ตามทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP Model ตามตารางที่ 4.6 ที่ได้ทำการคำนวณค่า Rating แล้ว และ มีการคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.22 ช่วง และ ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (R – Rainfall) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (R_r)	ช่วงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน R (มม./วัน)
0.558	4.66 – 7.716
0.263	4.41 – 4.66
0.122	4.184 – 4.41
0.057	1.951 – 4.184

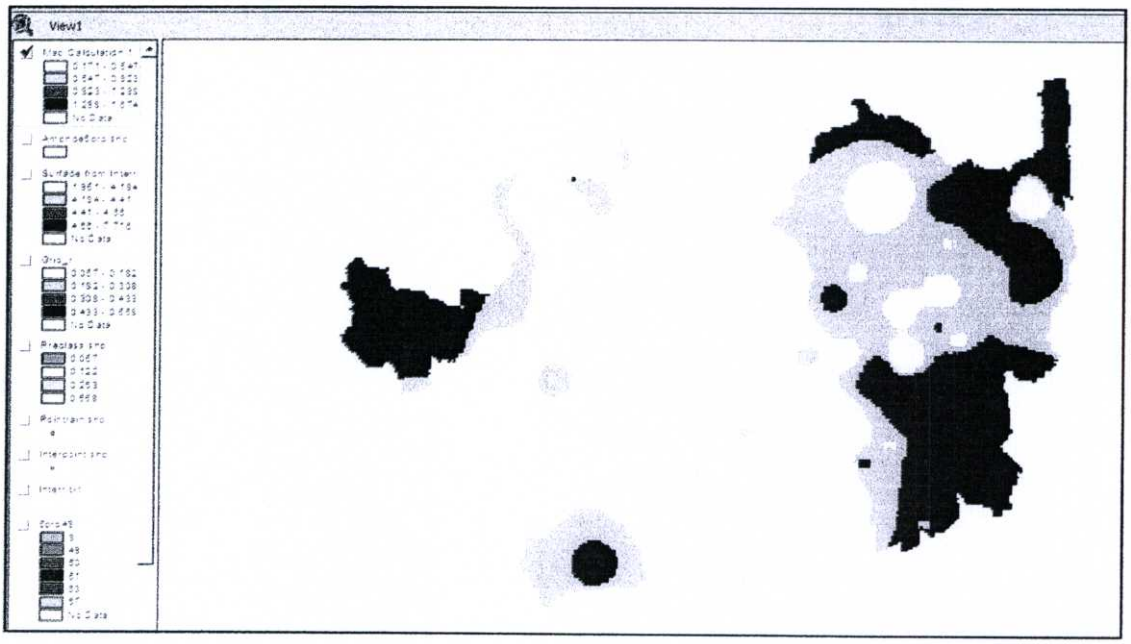
จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า Rate ตามตารางที่ 4.22 จะได้ Grid Rr



รูปที่ 4.17 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน R (Rr)

4.2.3.4 การกำหนดค่า Weighting

ส่วนค่า Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนนี้มีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Rw = 2) จะได้ Grid Rr*Rw ที่แสดงถึงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ที่มีความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย



รูปที่ 4.18 แผนที่ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน (Grid RrRw)

4.2.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media)

เนื่องจากบริเวณปิดทับชั้นให้น้ำในพื้นที่ศึกษาเป็นวัสดุหลายชนิดซ้อนทับกัน การประเมินความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของชั้นดินที่ปิดทับจึงสามารถทำได้โดยการเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่งของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ข้อมูลบ่อเจาะสำรวจน้ำบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล) และ ข้อมูลการศึกษาด้านอุทกธรณีวิทยาที่ผ่านมา โดยข้อมูลที่ใช้จากบ่อเจาะสำรวจ คือ ตำแหน่งบ่อสำรวจ ชนิดดิน และความหนาของชั้นดินหรือ หินต่างๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity:K) ของแต่ละบ่อ

4.2.4.1 การหาค่าคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ

(1) นำข้อมูลที่ได้จากสำนักประเมินศักยภาพและคุลยภาพ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งเป็นข้อมูลหลุมเจาะซึ่งมีความลึกแล้วแต่ละบ่อสังเกตการณ์ โดยแต่ละหลุมเจาะจะบอกชื่อหลุมเจาะ หมู่บ้าน ตำบล อำเภอจังหวัด ตำแหน่งพิกัด ความลึกของชั้นดินแต่ละประเภท และ ชั้นดินนั้นเป็นดินประเภทใด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลดิบที่ยังไม่ได้จัดเป็นระเบียบอยู่ในรูปแบบของ file. Pdf ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ตัวอย่างชื่อหลุมเจาะและชั้นดินแต่ละประเภท

GEOLOGIC LOG
REPORT DATE 05/11/92

GROUNDWATER INVESTIGATION SECTION
DEPARTMENT OF MINERAL RESOURCES

MH0508SB1

WAT YAI SOI MU THI 2 TAMBON BANG RACHAN AMPHOE KHAI BANG RACHAN CHANGWAT SING BURI
Easting 0 Northing 0 Mapsheet
Depth 87 m Aquifer type gravel,sand
Depth to bed rock unconsolidated Perforation interval 72.00-78.00 m.
Logged by Checked by PK

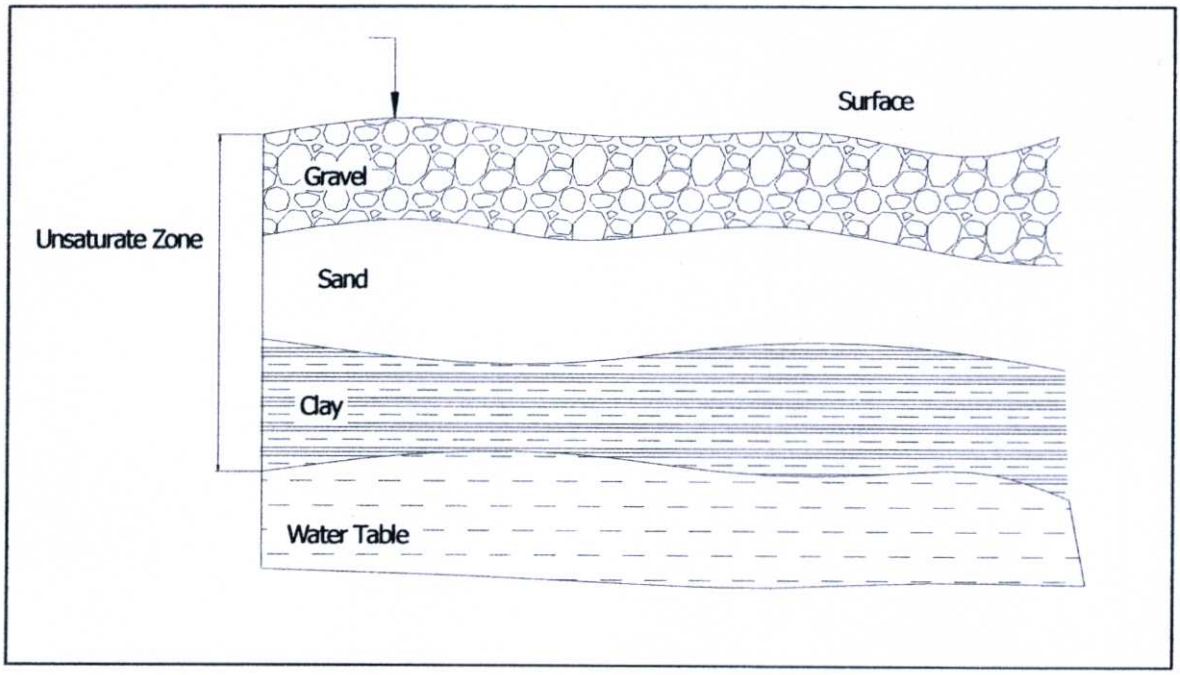
		Depth(m.) from-to
CLAY :	light yellowish brown and grayish brown, sandy.	0 - 20
SAND :	light brownish gray and light yellowish brown, gravelly, lateritic, fine sand to very fine gravel, angular to subrounded, poorly sorted, composed of quartz , feldspars , chert.	20 - 23
GRAVEL :	light brownish gray and various colors, sandy, laterit c, very coarse sand to fine gravel, angular to subrounded, poorly sorted, composed of quartz , feldspars , chert.	23 - 30
CLAY :	dark yellowish brown, sandy.	30 - 32
GRAVEL :	light brownish gray and various colors, sandy, laterit c, very coarse sand to fine gravel, angular to subrounded, poorly sorted, composed of quartz , feldspars , chert.	32 - 39
CLAY :	grayish brown, sandy	39 - 44
GRAVEL :	light brownish gray and various colors, sandy, very coarse sand to fine grave , angular to subrounded, poorly sorted, composed of quartz , feldspars , chert.	44 - 48
CLAY :	yellowish brown, sandy.	48 - 51
GRAVEL & SAND :	light brownish gray and various colors, coarse sand to very fine grave , subangular to subrounded, poorly sorted to moderately sorted, consists of 55% gravel, 45% sand, composed of quartz , feldspars .	51 - 65

(2) นำข้อมูลเบื้องต้นมาทำการจัดให้อยู่ในระบบของโปรแกรม Excel โดยแสดงให้เห็นถึงชื่อบ่อ ตำแหน่งพิกัด ความลึกของชั้นดินแต่ละชั้น และ ประเภทดินแต่ละชั้น ในแต่ละหลุมเจาะ ดังรูปข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.24 ตัวอย่างความลึก และ ประเภทดินของหลุมเจาะ G0122 UTME 621500 UTMN 1679190

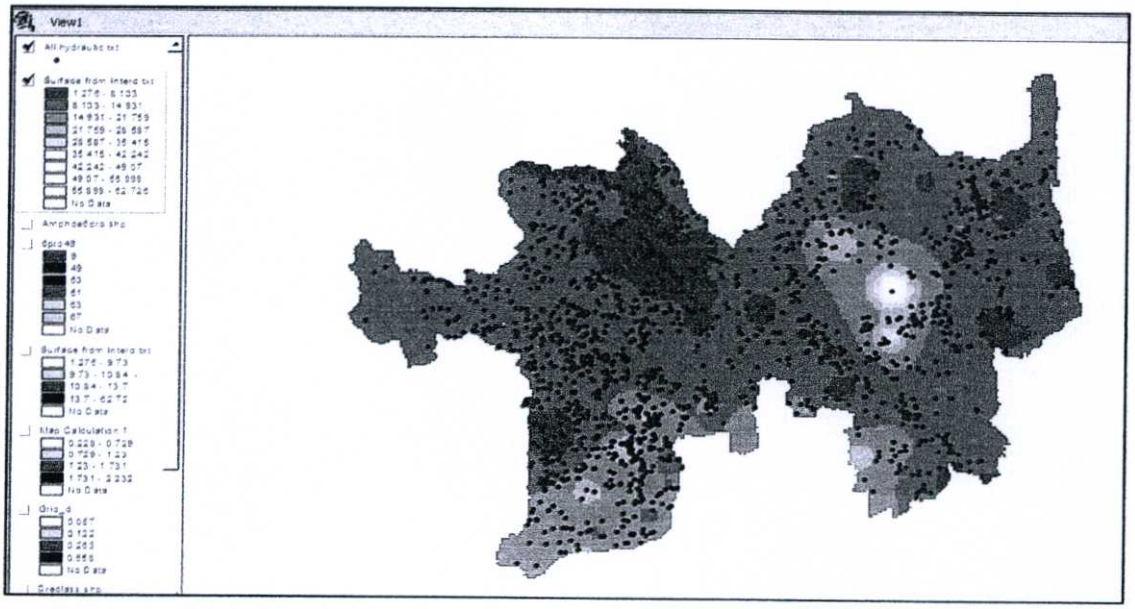
From Depth (m)	To Depth (m)	Lithology
0	6	clay
6	7.6	gravel
7.6	10.6	sand
10.6	15.2	sand
15.2	19.8	sand
19.8	24.3	sand
24.3	25.9	sand
25.9	30.4	sand
30.4	39.6	sand
39.6	48.7	gravel
48.7	60.9	sand
60.9	67	clay
67	77.7	sand

(3) การวิเคราะห์หาความเหมาะสมของข้อมูลคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media) หรือ การหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic conductivity:K) นั้นเป็นการวิเคราะห์จากชั้นดินแต่ละชั้นที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturate Zone) ที่อยู่เหนือระดับชั้นให้น้ำ (Water table) ซึ่งจะประกอบด้วย ชั้นดินหลายชนิดซ้อนทับกัน การประเมินหาความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของชั้นดินปิดทับจึงสามารถทำได้โดยการเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่งของชั้นดินแต่ละชนิด โดยสมการของการหาค่าเฉลี่ยที่แสดงถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ



รูปที่ 4.19 ตัวอย่างชั้นดินประเภทต่างๆที่อยู่เหนือระดับชั้นให้น้ำ

(4) ทำการหาระดับความลึกของชั้นดินที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturate Zone) ที่อยู่เหนือระดับชั้นให้น้ำ (Water table) จากข้อมูลหลุมเจาะ Lithology โดยนำเอาตำแหน่งพิกัดของหลุมเจาะ Lithology ที่ได้ทั้งหมดไป plot ใส่ shape file ของข้อมูลความลึกระดับน้ำใต้ดินที่ได้ทำการ Interpolate ในโปรแกรม Arcview มาแล้ว และ จากนั้นเราจะได้ความลึกของชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวที่อยู่เหนือระดับชั้นให้น้ำ แต่ละหลุมเจาะของข้อมูล Lithology



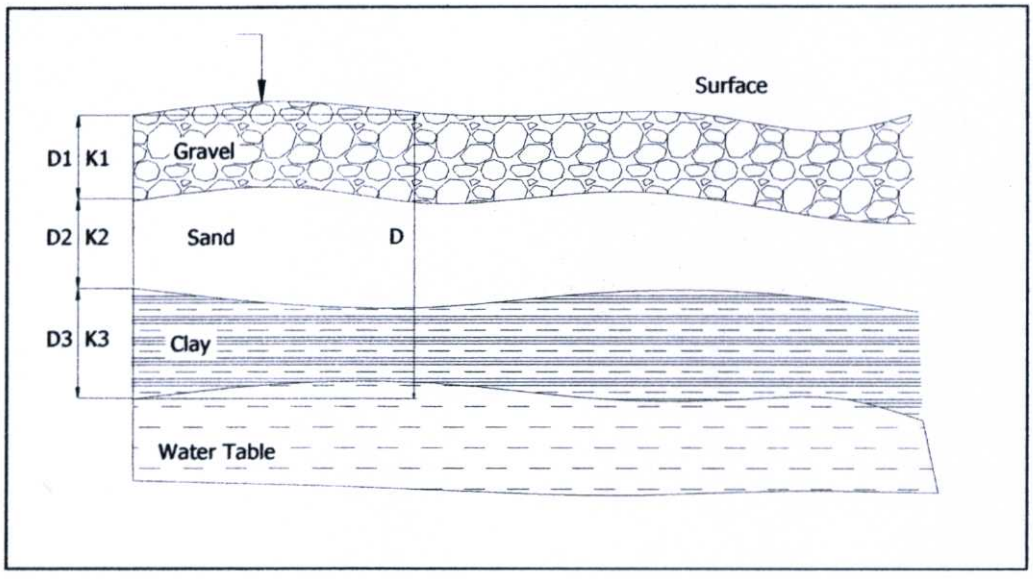
รูปที่ 4.20 ตำแหน่งของหลุมเจาะ Lithology ทั้งหมด

การหาความลึกระดับน้ำใต้ดินของข้อมูลหลุมเจาะ Lithology เป็นการหาโดยใช้โปรแกรม Arc GIS 9.3 คือการเอาตารางตำแหน่งพิกัดของหลุมเจาะ Lithology ทำให้เป็น Shape file แล้วใช้คำสั่ง Extract value to point เพื่อให้ file ที่อยู่ในรูปแบบ Grid ของข้อมูลความลึกระดับน้ำใต้ดินกับตารางตำแหน่งพิกัดของหลุมเจาะมาร่วมกันเป็นอีก Column ใหม่ โดยโปรแกรมจะแสดงค่าความลึกระดับน้ำใต้ดินของแต่ละบ่อ จากนั้นเราก็กรอกข้อมูลใส่ในตาราง Excel ที่แสดงให้เห็นรายละเอียดต่างๆที่ต้องการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.25 ตัวอย่างความลึก ประเภทดิน และ ความลึกระดับน้ำใต้ดินของหลุมเจาะ G0122 UTME 621500 UTMN 1679190

From Depth (m)	To Depth (m)	Lithology	Depth to GW (m)
0	6	clay	
6	7.6	gravel	6.326
7.6	10.6	sand	
10.6	15.2	sand	
15.2	19.8	sand	
19.8	24.3	sand	
24.3	25.9	sand	
25.9	30.4	sand	
30.4	39.6	sand	
39.6	48.7	gravel	
48.7	60.9	sand	
60.9	67	clay	
67	77.7	sand	

(5) ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity : K) ของชั้นดิน แต่ละชนิดที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ซึ่งการซึมผ่านน้ำของชั้นดินในที่นี้เป็นการซึมผ่านในแนวดิ่งของชั้นดินแต่ละประเภทที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ โดยข้อมูลที่ใช้จะได้มาจากบ่อเจาะสำรวจ คือ ตำแหน่งบ่อสำรวจ ชนิดและความหนาของชั้นดิน หินต่างๆของแต่ละบ่อ ดังรูปที่ 4.30 และ สมการ (2.4 เกรียงศักดิ์ ศรีสุข, 2543) ค่าเฉลี่ยที่ได้นี้แสดงถึงคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ



รูปที่ 4.21 แนวคิดการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยชั้นดินปิดทับชั้นให้น้ำ

$$K_{AV} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{\sum_{i=1}^{n} (D_i / K_i)} \qquad (4.2)$$

เมื่อ K_{AV} = ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ

K_i = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของแต่ละชนิดดิน

D_i = ความหนาของดินชนิด i

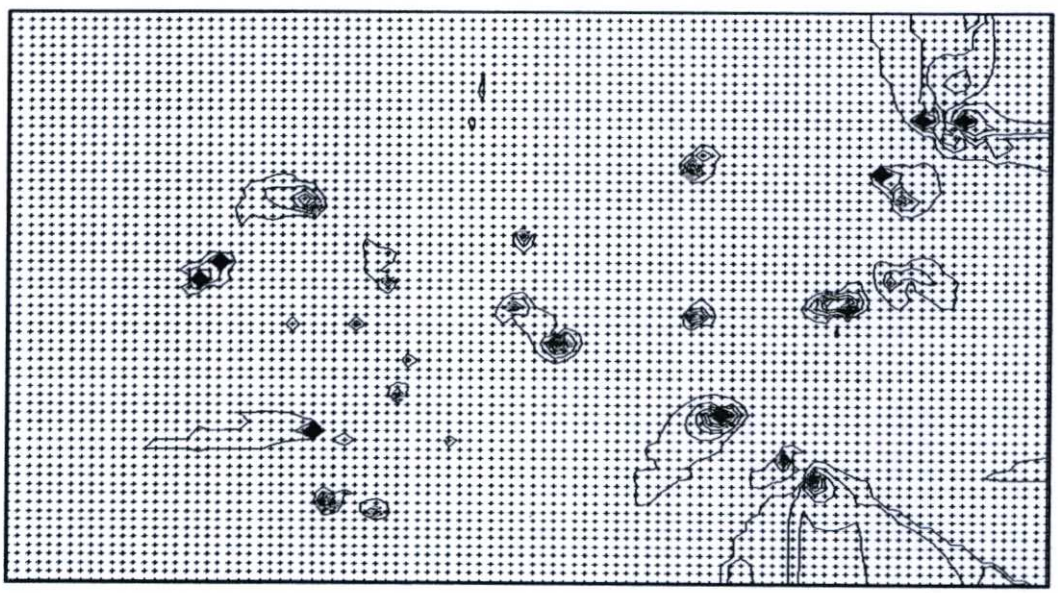
n = จำนวนชนิดของดินปิดทับ

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดิน แต่ละชนิดที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ นั้นจะใช้สมการ (4.2) คำนวณ โดยจะใส่ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินแต่ละชนิด (Hydraulic Conductivity) ความหนาของชั้นดินแต่ละชนิด แล้วใช้โปรแกรม Excel สร้างสมการในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินแต่ละชนิด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.26 ตัวอย่างแสดงการคำนวณค่า K เฉลี่ยของชั้นดินแต่ละชนิด

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1					Layer 1					Layer 2					Layer 3						
2	well name	utme	utmn	Material	K1		d1	d2	D1	Material	K2		d1	d2	D2	Material	K3		d1	d2	D3	∑Di	∑(Di/Ki)	Ka
3	MN508SB1	645200	1636190	CLAY	1 5E-09		0	8 041	8 041		1				0		1				0	8 041	5360666667	1 5E-09
4	MN510SB3	633590	1644190	SAND	0 00015		0	8 123	8 123		1				0		1				0	8 123	54153 33333	0 00015
5	MN512SB5	633790	1650590	SILT	0 000015		0	6 996	6 996		1				0		1				0	6 996	466400	0 000015
6	MN513SB6	634200	1650690	SILT	0 000015		0	5	5	SAND	0 00015		5	6 952	1 952		1				0	6 952	346346 6667	2 00724E-05
7	MN514SB7	630840	1651340	CLAY	1 5E-09		0	6 66	6 66		1				0		1				0	6 66	4440000000	1 5E-09
8	MN515SB8	638900	1644400	CLAY	1 5E-09		0	6	6	SAND	0 00015		6	7 411	1 411		1				0	7 411	4000009407	1 85275E-09
9	MN517SB10	639750	1657440	CLAY	1 5E-09		0	7 608	7 608		1				0		1				0	7 608	5072000000	1 5E-09
10	MN521SB14	640750	1656500	SAND	0 00015		0	7 662	7 662		1				0		1				0	7 662	51080	0 00015
11	MN522SB15	645500	1666550	CLAY	1 5E-09		0	3	3	CLAY	1 5E-09		3	7 527	4 527		1				0	7 527	5018000000	1 5E-09
12	MN523SB16	652500	1661940	CLAY	1 5E-09		0	3	3	CLAY	1 5E-09		3	8 432	5 432		1				0	8 432	5621333333	1 5E-09
13	MN526SB19	649340	1656250	CLAY	1 5E-09		0	5	5	CLAY	1 5E-09		5	8 105	3 105		1				0	8 105	5403333333	1 5E-09
14	MN530SB22	655900	1636690	CLAY	1 5E-09		0	9 187	9 187		1				0		1				0	9 187	6124666667	1 5E-09
15	MN531SB23	642750	1636650	LATERITE	1 52E-02		0	7 698	7 698		1				0		1				0	7 698	508 1188119	0 01515
16	MN552SB26	655340	1637400	CLAY	1 5E-09		0	3	3	CLAY	1 5E-09		3	9 115	6 115		1				0	9 115	6076666667	1 5E-09
17	MN560SB94	656040	1631690	CLAY	1 5E-09		0	9 721	9 721		1				0		1				0	9 721	6480666667	1 5E-09
18	MN565SB32	645450	1661340	CLAY	1 5E-09		0	7 68	7 68		1				0		1				0	7 68	5120000000	1 5E-09
19	MN569SB36	639450	1648150	CLAY	1 5E-09		0	7 493	7 493		1				0		1				0	7 493	4995333333	1 5E-09
20	MN605SB57	655500	1630800	CLAY	1 5E-09		0	6	6	SAND	0 00015		6	9 865	3 865		1				0	9 865	4000025767	2 46623E-09
21	MN608SB60	627650	1649900	CLAY	1 5E-09		0	7 094	7 094		1				0		1				0	7 094	4729333333	1 5E-09
22	MN609SB61	639290	1657940	SILT	0 000015		0	7 568	7 568		1				0		1				0	7 568	504533 3333	0 000015
23	MN610SB62	650790	1646550	CLAY	1 5E-09		0	8 212	8 212		1				0		1				0	8 212	5474666667	1 5E-09
24	MN611SB63	634750	1650150	CLAY	1 5E-09		0	7 081	7 081		1				0		1				0	7 081	4720666667	1 5E-09
25	MN613SB65	647450	1660800	CLAY	1 5E-09		0	7 859	7 859		1				0		1				0	7 859	5239333333	1 5E-09
26	MN614SB66	649500	1655500	CLAY	1 5E-09		0	8 104	8 104		1				0		1				0	8 104	5402666667	1 5E-09
27	MN615SB67	641650	1637750	CLAY	1 5E-09		0	7 307	7 307		1				0		1				0	7 307	4871333333	1 5E-09
28	MN616SB68	643234	1637344	CLAY	1 5E-09		0	7 394	7 394		1				0		1				0	7 394	4929333333	1 5E-09
29	MN617SB69	637450	1645500	CLAY	1 5E-09		0	5	5	CLAY	1 5E-09		5	7 688	2 688		1				0	7 688	5125333333	1 5E-09
30	MN618SB70	658150	1634900	CLAY	1 5E-09		0	9	9	SAND	0 00015		9	9 309	0 309		1				0	9 309	6000002060	1 5515E-09

(6) จากนั้นนำเอาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดิน (Hydraulic Conductivity) ที่ทำการเฉลี่ยในแต่ละบ่อโดยโปรแกรม Excel มาแล้วนั้น ไปทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer เป็นเครื่องมือในการดำเนินงานขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.22 เส้น Contour สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

(7) จากนั้นเราจะได้ข้อมูลตารางค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ(Hydraulic Conductivity:K) ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำโดยโปรแกรม Surfer ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.27 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

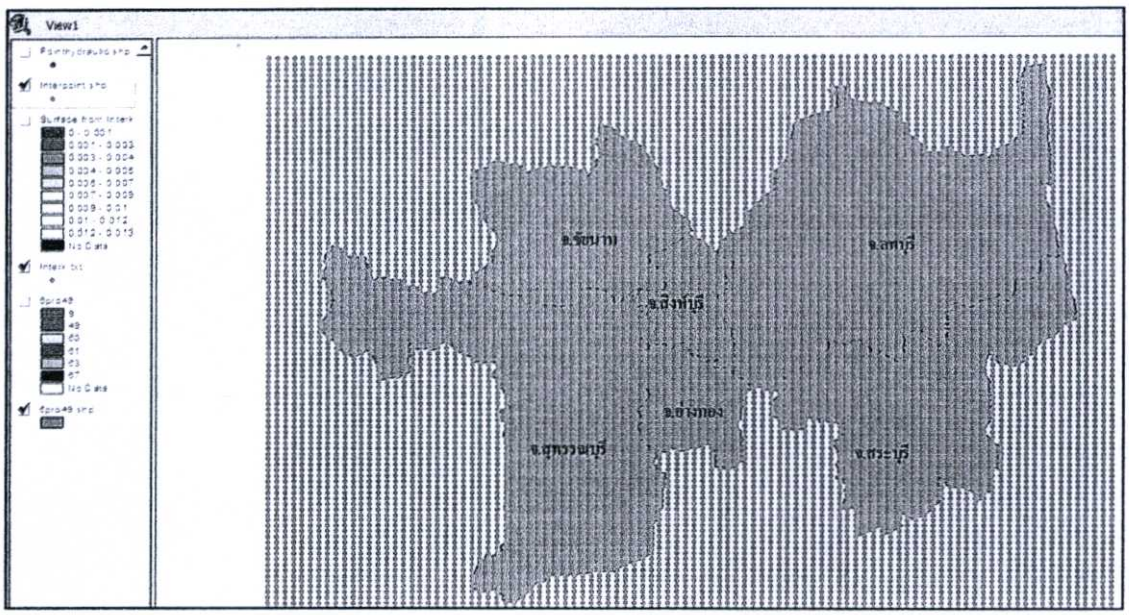
Utme	Utmn	K av (mm/s)
515445	1552220	2.4E-05
518072.1	1552220	2.4E-05
520699.2	1552220	2.39E-05
523326.3	1552220	2.38E-05
525953.4	1552220	2.37E-05
528580.5	1552220	2.36E-05
531207.5	1552220	2.35E-05
533834.6	1552220	2.34E-05
536461.7	1552220	2.18E-05

จากการ Interpolate โดยโปรแกรม surfer แล้วเห็นว่าค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำมีค่าน้อย ทำให้มีช่วงระยะห่างมาก ดังนั้นตัวแปรนี้จึงต้องใส่ฟังก์ชันลอการิทึม (Log)

ตารางที่ 4.28 ตัวอย่างข้อมูลหลังการ Interpolate และใส่ฟังก์ชันลอการิทึม (Log)

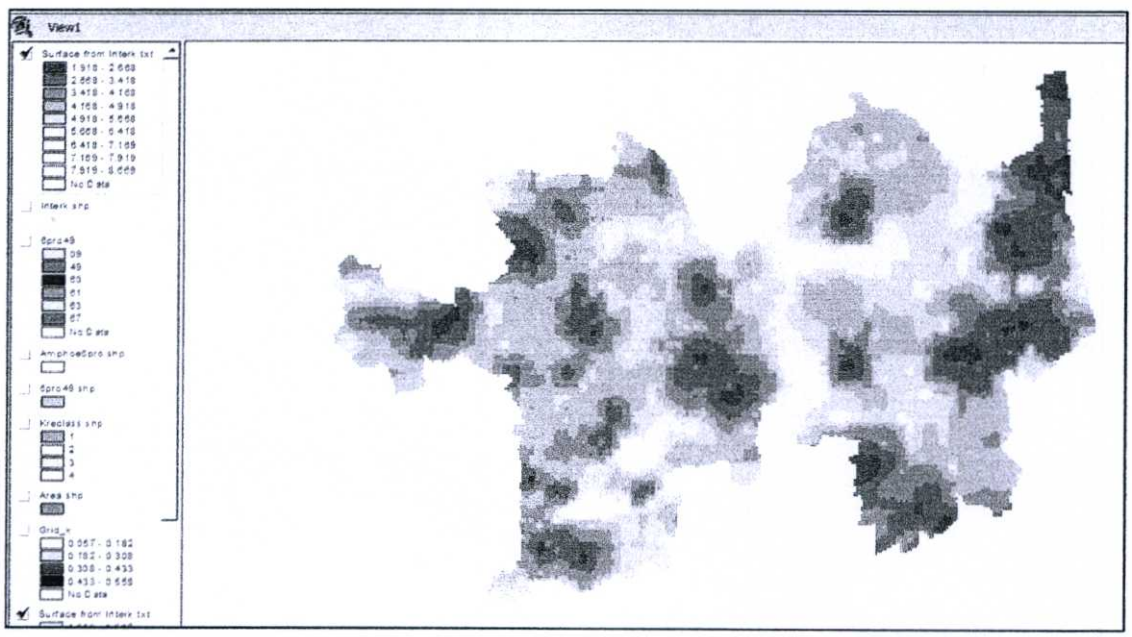
Utme	Utmn	K av (mm/s)	K av (Log(mm/s))
515445	1552220	2.4E-05	4.619
518072.1	1552220	2.4E-05	4.621
520699.2	1552220	2.39E-05	4.622
523326.3	1552220	2.38E-05	4.623
525953.4	1552220	2.37E-05	4.625
528580.5	1552220	2.36E-05	4.627
531207.5	1552220	2.35E-05	4.629
533834.6	1552220	2.34E-05	4.631
536461.7	1552220	2.18E-05	4.662

(8) นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำที่ได้จากการ Interpolate โดยโปรแกรม surfer ไปใส่ตารางในโปรแกรม Arcview เพื่อดำเนินงานในขั้นต่อไป



รูปที่ 4.23 ข้อมูลค่าเฉลี่ยของค่า K ของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำนำเข้า GIS โดย surfer

(9) ทำการ Interpolate ข้อมูลค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ โดยใช้โปรแกรม Arcview GIS อีกครั้งเพื่อให้ข้อมูลมีความละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 4.24 ผลที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม Arcview GIS

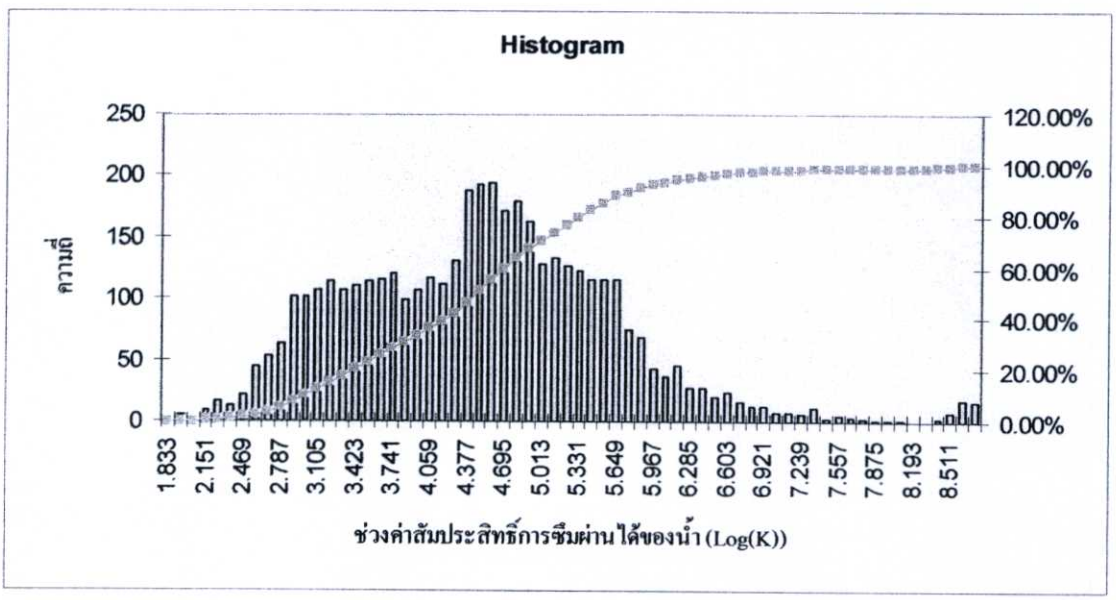
4.2.4.2 การกำหนดค่า Range

สำหรับการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรนี้ ทำเหมือนกับตัวแปรที่ทำมาข้างต้น โดยใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วนำมาคำนวณเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่สะสมค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำเป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องการในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1)

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K – Hydraulic Conductivity) ออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% ,50%, 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตาราง 4.29

ตารางที่ 4.29 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	23.24	25.96	3.529	3.635	3.597
50%	46.58	51.13	4.377	4.483	4.456
75%	73.97	76.97	5.119	5.225	5.155
100%	99.62	100.00	8.617	8.669	8.669



รูปที่ 4.25 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ

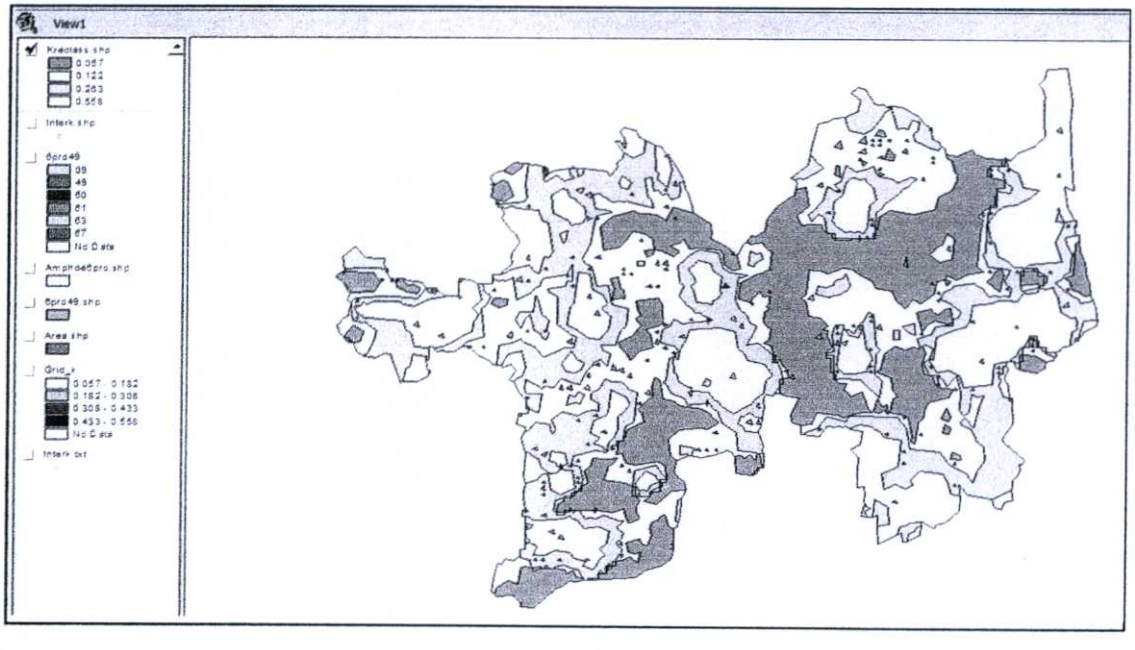
4.2.4.3 การกำหนดค่า Rating

ขั้นตอนการกำหนดค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ทางคณะวิจัยได้ปฏิบัติเหมือนกับตัวแปรอื่นๆ โดยใช้ทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP Model ตามตารางที่ 4.6 เพื่อให้เหมาะสมกับการหาพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้ทำการคำนวณค่า Rating แล้ว และ มีการคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.30 ช่วง และ ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K – Hydraulic Conductivity) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (K_r)	ช่วงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Log(มม./วินาที))
0.558	1.918 – 3.597
0.263	3.597 – 4.456
0.122	4.456 – 5.155
0.057	5.155 – 8.669

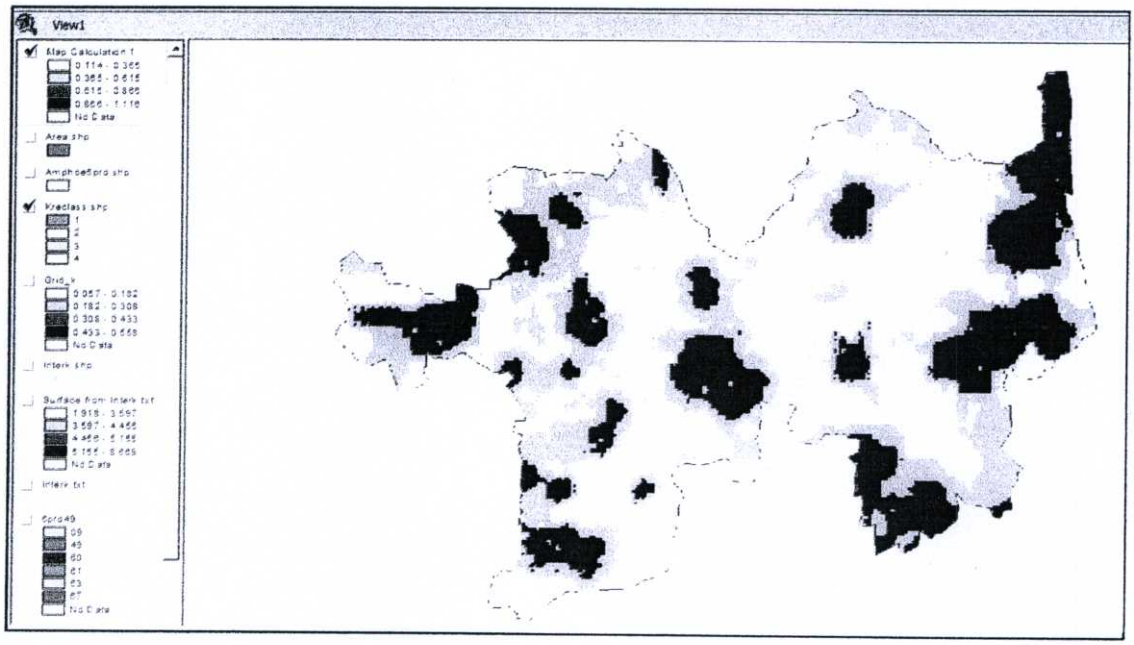
จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าการ Rate ตามตารางที่ 4.30 จะได้ Grid Kr



รูปที่ 4.26 การใส่ค่าคะแนนค่าเฉลี่ยความซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ K (Kr)

4.2.4.4 การกำหนดค่า Weighting

ส่วนค่า Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ นี้มีค่าเท่ากับ 3 จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Kw = 3) จะได้ค่า Grid Kr*Kw ที่แสดงค่าเฉลี่ยความซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย



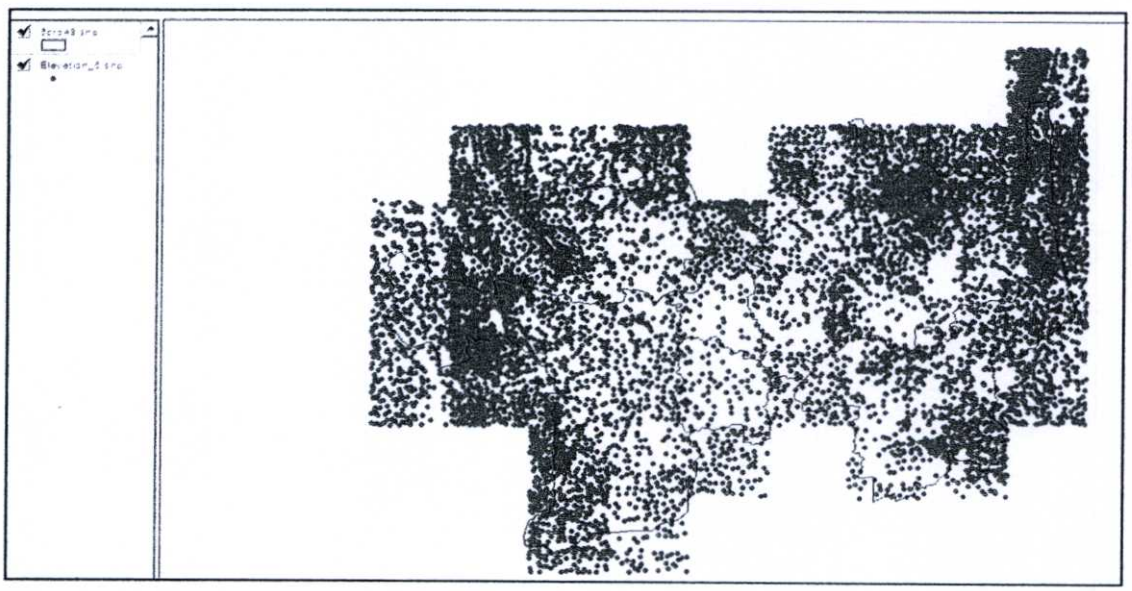
รูปที่ 4.27 แผนที่ค่าเฉลี่ยความซึมผ่านน้ำของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Grid KrKw)

4.2.5 วิธีการวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)

โปรแกรม ArcView สามารถสร้างแบบจำลอง Digital Elevation Model (DEM) มาจากข้อมูลจุดระดับความสูง (spot height) ด้วยวิธีการประมาณค่าช่วงทางพื้นที่ (Interpolation) จากสองเทคนิคคือ (1) Inverse Distance Weighted (IDW) และ (2) Spline วิธีการประมาณค่าแบบ IDW (ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก) จะสมมติว่าจุดระดับความสูงจะมีอิทธิพลในทางผกผันกับระยะทางสำหรับการกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) กล่าวคือจุดระดับความสูงที่อยู่ใกล้กว่าจะมีค่าความสำคัญหรืออิทธิพลในการกำหนดค่าความสูงของกริด (cell) นั้น ๆ มากกว่าจุดระดับความสูงที่อยู่ไกลออกไป ส่วนวิธีการประมาณค่าแบบ Spline (ฟังก์ชันกระดูกงู) จะเป็นวิธีการประมาณค่าทางพื้นที่เป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของไม้บรรทัดที่งอได้ โดยกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) ด้วยการสร้างความโค้งตามพื้นผิวอย่างเหมาะสม สามารถปรับให้สอดคล้องกับจุดข้อมูลจำนวนไม่มากได้พอดี ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะกับข้อมูลจุดที่มีไม่มากนักในพื้นที่ โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกวิธีการประมาณค่าแบบ Spline มาใช้ในการวิเคราะห์

4.2.5.1 การหาค่าความลาดชันของพื้นที่

(1) ขั้นตอนแรกคือ การไปขอข้อมูลจุดระดับความสูง (Elevation point) จากกรมแผนที่ทหารใน บริเวณพื้นที่การศึกษามีทั้งหมด 42 ตาราง ซึ่งเป็นข้อมูล Elevation point_6 ในรูป shape file แต่เป็นข้อมูลในแบบ String ที่หมายถึงเป็นตัวอักษรซึ่งโปรแกรม Arcview จะสามารถอ่านแต่ไม่สามารถใช้ทำในการวิเคาะห์ได้ ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลในแบบ String มาเป็นค่า Elevation ในแบบชนิด Number ก่อน

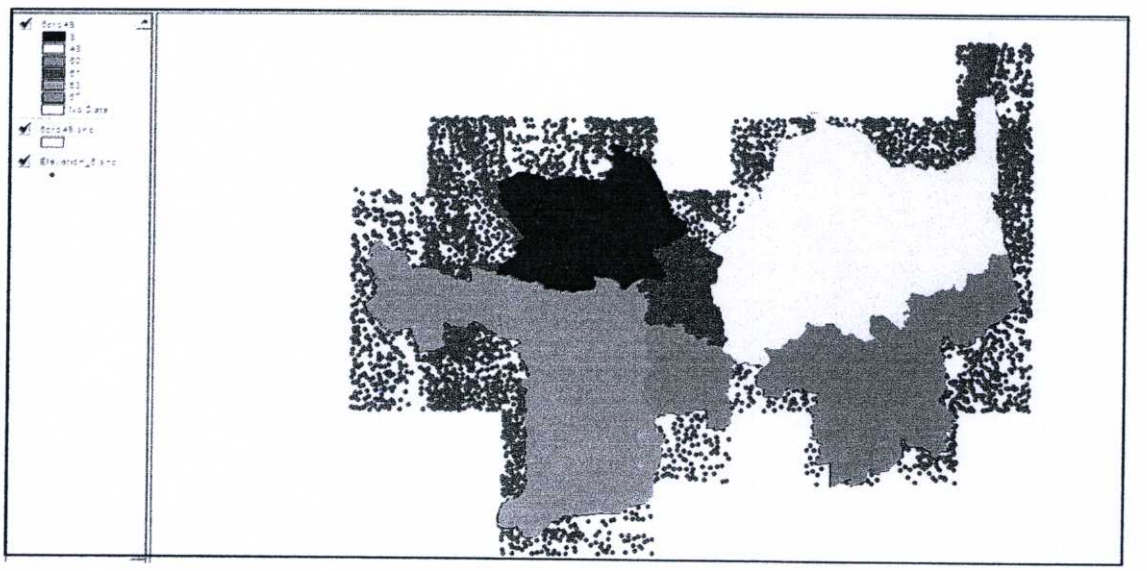


รูปที่ 4.28 จุดระดับความสูงทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.31 การแปลงข้อมูลค่าระดับความสูงจากรูปแบบ String มาเป็นรูปแบบของ Number

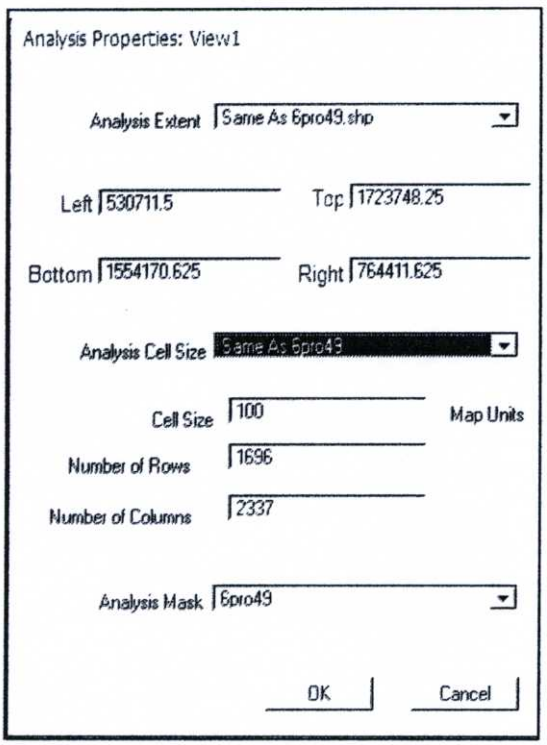
Shape	E	N	String	
Point	581350.743	1576155.63	12	12
Point	582245.776	1575951.21	11	11
Point	583627.000	1576006.46	11	11
Point	585013.750	1576255.08	9	9
Point	586278.951	1576221.93	198	198
Point	586726.468	1577260.61	9	9
Point	584527.559	1577404.25	10	10
Point	582693.293	1577415.30	55	55
Point	581638.038	1577586.58	17	17
Point	580941.901	1576851.76	18	18
Point	580941.901	1578144.59	19	19
Point	584411.536	1579260.62	15	15
Point	585422.592	1578111.44	9	9
Point	588096.642	1577978.84	11	11
Point	586615.970	1579050.67	13	13
Point	584422.586	1579244.04	15	15
Point	582964.013	1580255.10	15	15
Point	584422.586	1580658.42	16	16
Point	585925.358	1581166.71	14	14
Point	587522.053	1581962.29	17	17
Point	582781.691	1581995.44	17	17
Point	583278.932	1583697.11	18	18
Point	584312.088	1582741.30	18	18
Point	585312.100	1583056.22	17	17
Point	585019.274	1585962.32	24	24
Point	585814.860	1584360.10	24	24
Point	586814.866	1585857.35	28	28
Point	582173.953	1585907.07	22	22
Point	582577.270	1587100.45	23	23
Point	584417.061	1587354.59	26	26
Point	585809.335	1587360.12	29	29
Point	581836.934	1589111.51	27	27

(2) จากนั้นแปลงข้อมูลพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัดที่อยู่ในรูปของ Shape.file ไปเป็นข้อมูล GRID theme ที่อยู่ในรูปแบบ Raster format และ กำหนดชื่อให้กับชั้นข้อมูลในช่อง Grid Name (ใช่ชื่อว่า "6pro49")



รูปที่ 4.29 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการ Convert to Grid แล้ว

(3) ต่อไปกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ข้อมูลหรือกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาให้มีขนาดเท่ากับขอบเขตของข้อมูล Elevation_6.shp โดยกำหนดขนาดของกริดที่ได้จากการวิเคราะห์ให้เท่ากับขนาดช่องกริดของ "6pro49" grid theme และกำหนดรูปร่างขอบเขตของข้อมูล grid theme ใหม่ที่จะสร้าง ให้เหมือนกับ "6pro49" โดยใช้คำสั่งจากเมนู Analysis เลือกคำสั่ง Analysis Properties



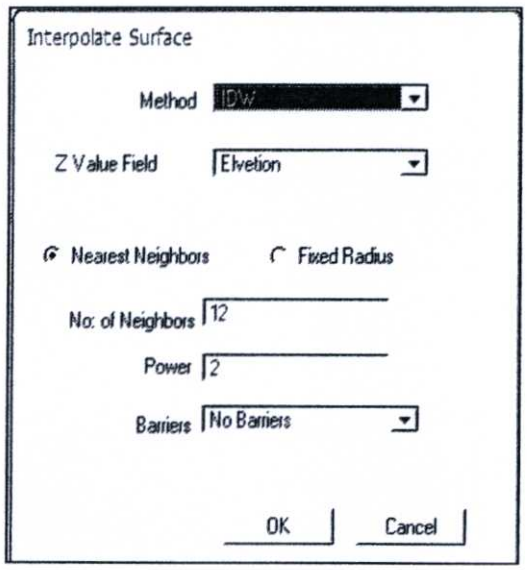
Analysis Extent : ขอบเขตของการวิเคราะห์ข้อมูล

Analysis Cell Size : ขนาดของกริดที่ถูกสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์

Analysis Mark : รูปร่างขอบเขตของข้อมูล grid theme ใหม่ที่สร้าง

รูปที่ 4.30 วิธีแปลงข้อมูลจาก Shape.file ให้อยู่ในรูป Grid

(4) คลิกที่ชั้นข้อมูล “Elevation_6.shp” แล้วเลือกคำสั่ง Interpolate Grid จากเมนู Surface เลือกวิธีการทำการประมาณค่าทางพื้นที่เป็น “IDW” กำหนดการคำนวณค่าระดับความสูงจากเขตข้อมูลที่ชื่อว่า “Elevation”

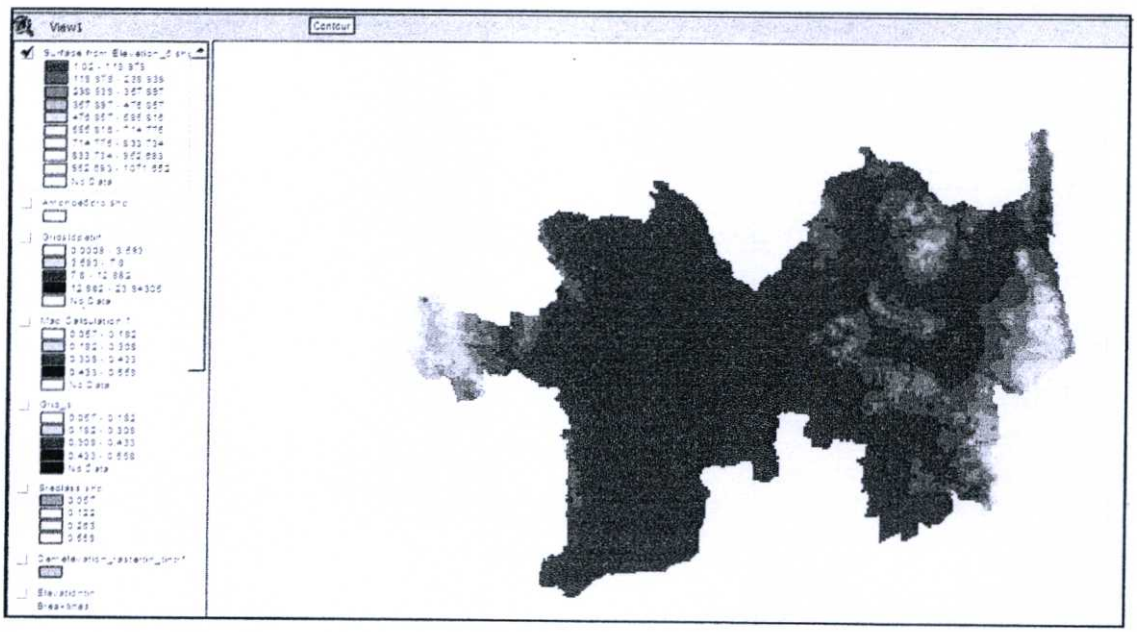


Method : วิธีการประมาณค่าทางพื้นที่

Z Value Field : เขตข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าระดับความสูง

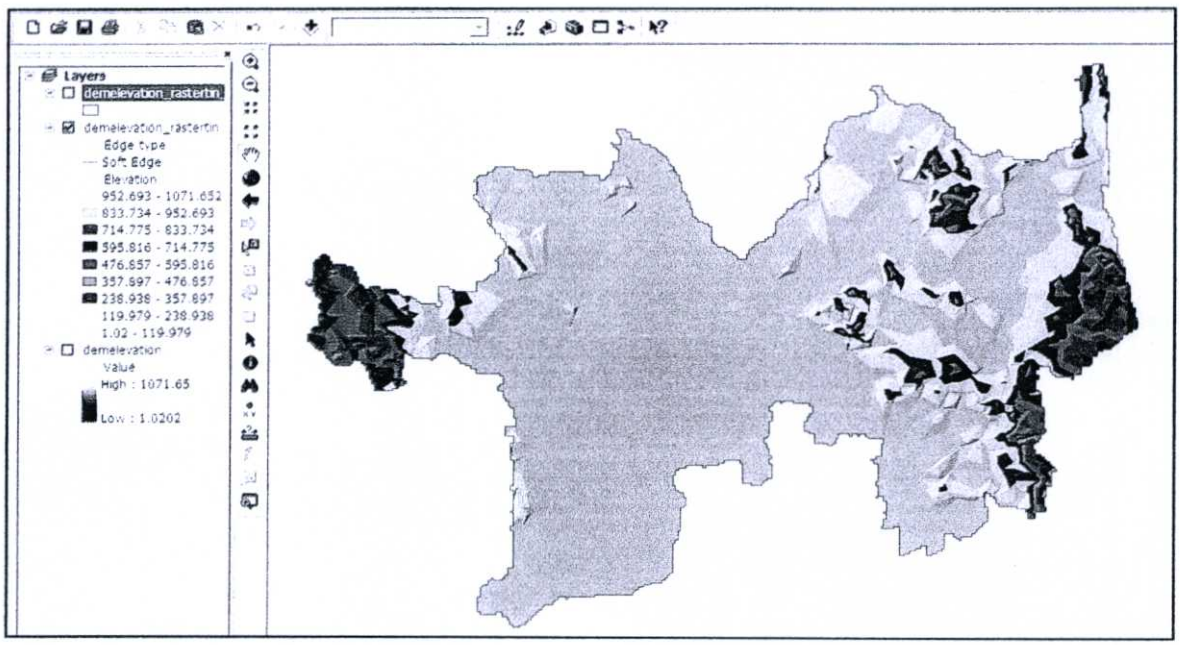
รูปที่ 4.31 วิธีการ Interpolate ค่า Elevation

(5) ข้อมูลพื้นผิวที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่จากชั้นข้อมูล “Elevation_6.shp” จะถูกแสดงใน View document window



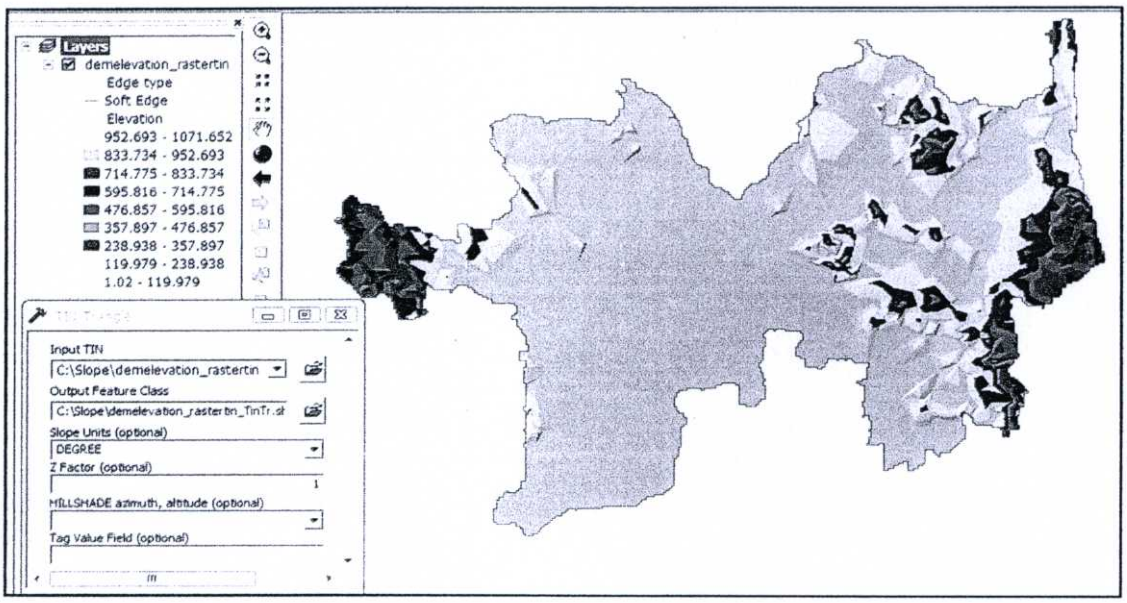
รูปที่ 4.32 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ทำการ Interpolate แล้ว

(6) จากนั้นนำข้อมูลที่เป็น Grid them โดยได้ทำการแปลงในโปรแกรม Arc view 3.3 มาทำการแปลงข้อมูลอีกครั้ง โดยใช้โปรแกรม Arc Gis 9.3 เป็นโปรแกรมช่วยอีกตัวหนึ่งเพื่อแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูล Grid TIN หรือข้อมูลในรูปแบบสามมิติ



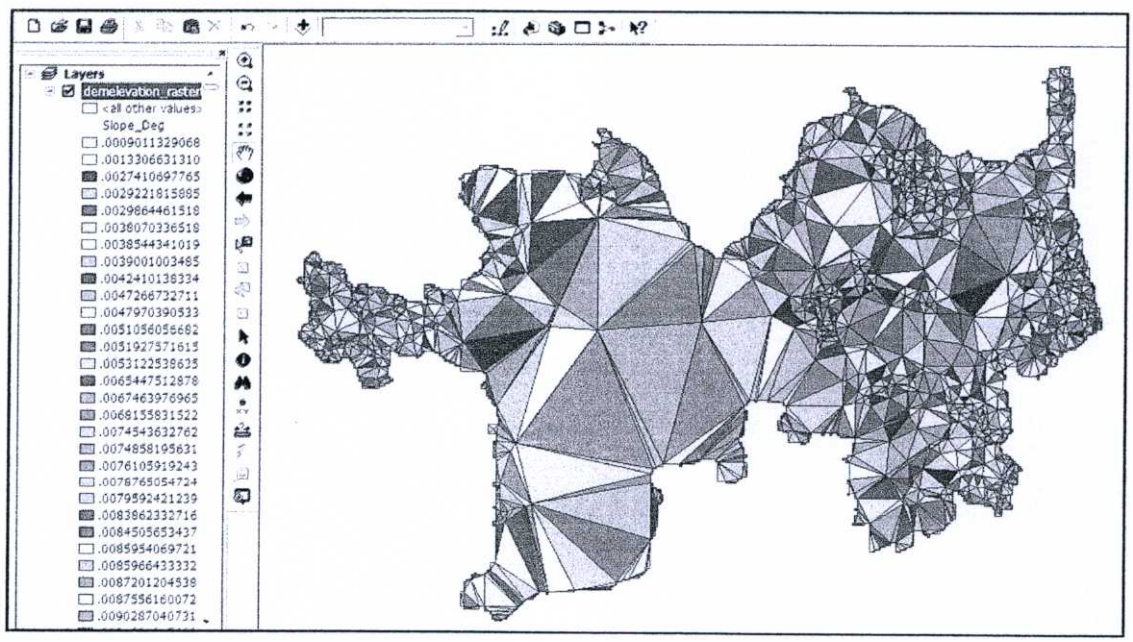
รูปที่ 4.33 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ทำการ Convert to TIN หรือในรูปแบบสามมิติ

(7) ในการสร้างความลาดชันของพื้นที่นั้น โปรแกรม Arc Gis 9.3 สามารถคำนวณได้สองแบบคือ ความลาดชันของพื้นที่ที่มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (Percentage) และ ความลาดชันของพื้นที่ที่มีค่าเป็นองศา (Degree) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกค่าความลาดชันของพื้นที่เป็นองศา (Degree)



รูปที่ 4.34 การเลือกความลาดชันของพื้นที่ศึกษาให้มีค่าเป็นองศา (Degree)

8. ขั้นตอนต่อไปทำการกำหนดความลาดชันของพื้นที่ โดยให้มีหน่วยเป็นองศา (Degree)



รูปที่ 4.35 ความลาดชันของพื้นที่ศึกษาที่มีค่าเป็นองศา

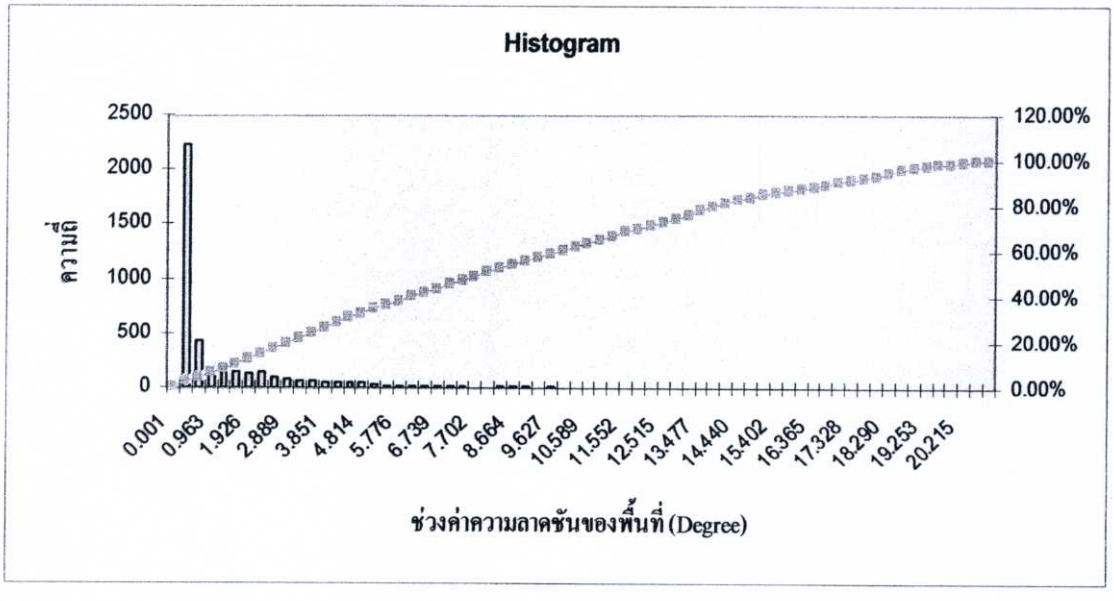
4.2.5.2 การกำหนดค่า Range

สำหรับการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรนี้ ได้ใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วเอาทำเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่สะสมของความลาดชันของพื้นที่เป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1)

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรค่าความลาดชันของพื้นที่ ออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% ,50%, 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตาราง 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	24.55	26.85	3.53	3.85	3.59
50%	49.45	51.25	7.70	8.02	7.799
75%	74.75	76.45	12.84	13.16	12.88
100%	99.98	100.00	20.54	23.94	23.94



รูปที่ 4.36 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของความลาดชันของพื้นที่

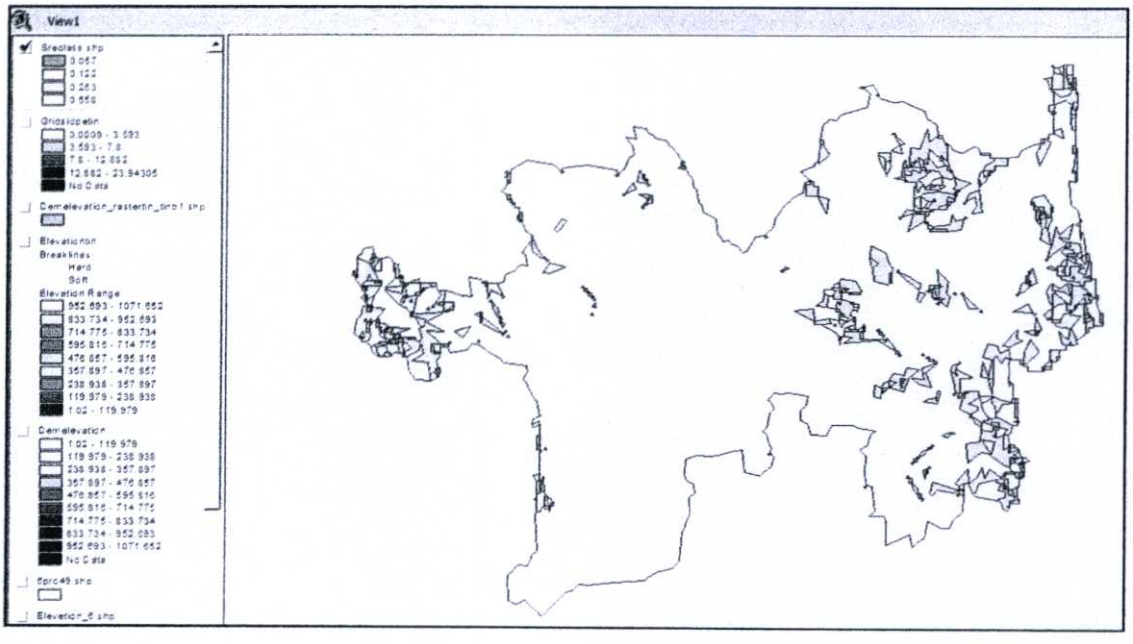
4.2.5.3 การกำหนดค่า Rating

การให้ค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ได้ใช้ตามทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP Model ตามตารางที่ 4.6 เพื่อให้เหมาะสมกับการหาพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้ทำการคำนวณค่า Rating แล้ว และ มีการคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.33 ช่วง และ ค่าคะแนนความลาดชันของพื้นที่ (S – Slope) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (S_r)	ช่วงค่าความลาดชันของพื้นที่ S (องศา)
0.558	0.001 – 3.593
0.263	3.593 – 7.8
0.122	7.8 – 12.882
0.057	12.882 – 23.943

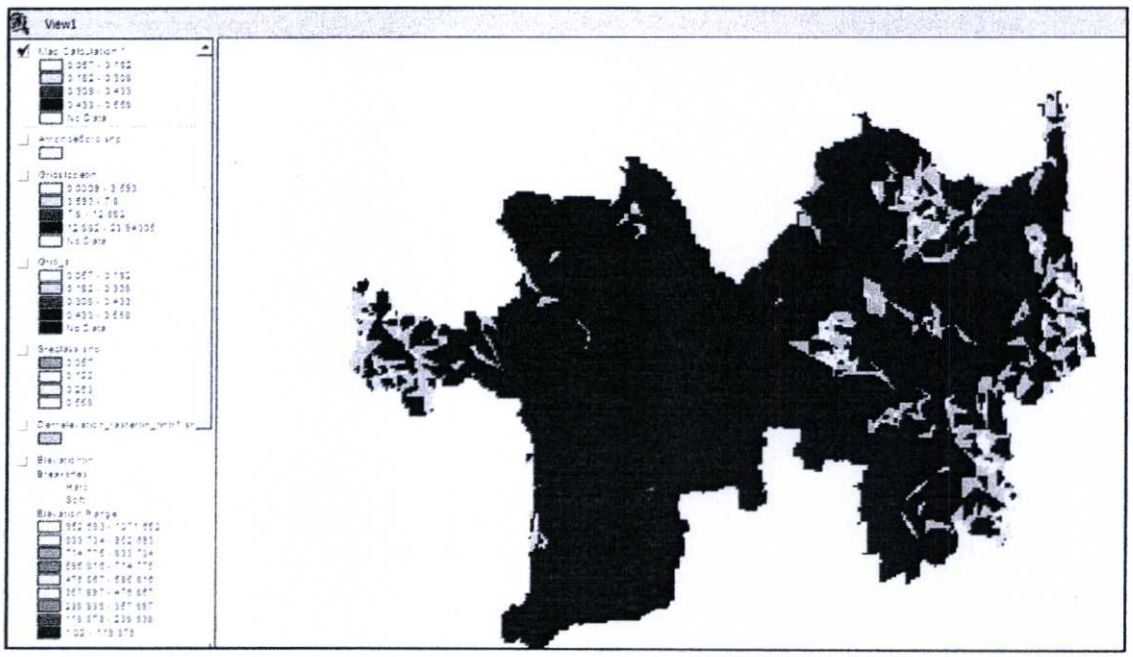
จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าการ Rate ตามตารางที่ 4.33 จะได้ Grid Sr



รูปที่ 4.37 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรความลาดชันของพื้นที่ S (Sr)

4.2.5.4 การกำหนดค่า Weighting

ส่วนค่า Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรความลาดชันของพื้นที่ มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ผลสำรวจแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้ โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงาน และ ศึกษาวิจัยทางด้านอุทกธรณีวิทยา จากการทำผลสำรวจแบบสอบถามในการศึกษาครั้งนี้ จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Sw = 1) จะได้ Grid Sr*Sw ที่แสดงให้เห็นความลาดชันของพื้นที่ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย



รูปที่ 4.38 แผนที่ความลาดชันของพื้นที่ (Grid SrSw)

4.2.6 วิธีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)

ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) คือการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นน้ำใต้ดินโดยกระจายไปทางด้านข้าง โดยมีความสัมพันธ์กันกับอัตราการซึมผ่านแนวดิ่ง (Infiltration) อยู่ว่าถ้าชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นระดับให้น้ำมีอัตราการซึมผ่านแนวดิ่งสูงแต่การซึมผ่านแนวนอนต่ำจะทำให้ชั้นให้น้ำ (Aquifer) เต็มเร็วและจะเป็นการเติมในจุดเดียวโดยไม่มีการแพร่กระจายไปพื้นที่อื่น

4.2.6.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ

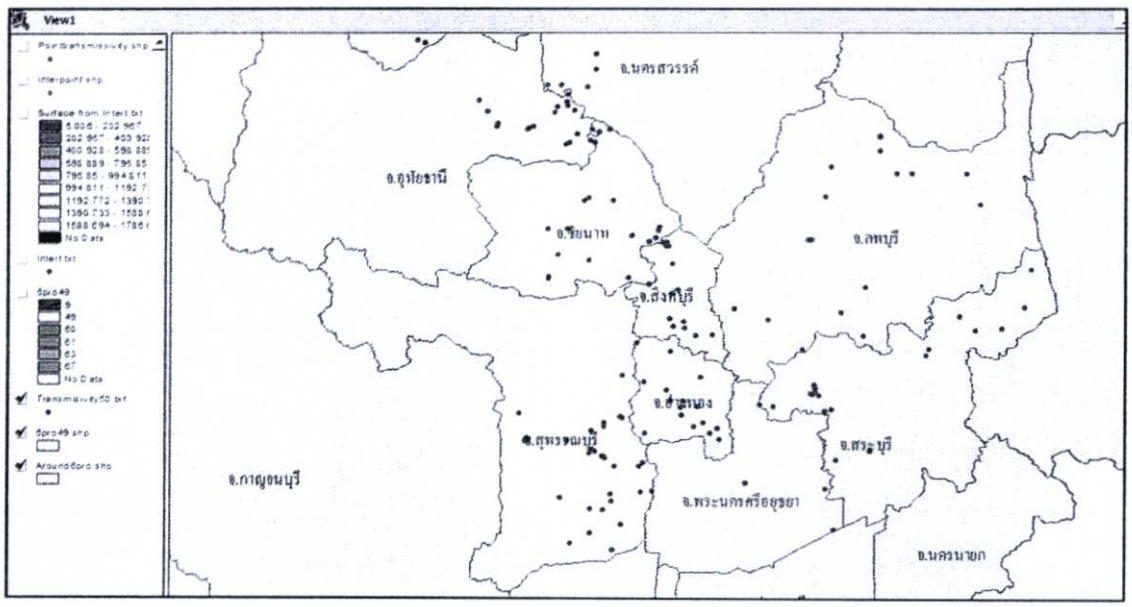
(1) ขั้นตอนแรกเป็นการนำข้อมูลหลุมเจาะการทดสอบอัตราการสูบ pumping test จากสำนักประเมินศักยภาพและดุลยภาพ โดยข้อมูลดังกล่าวจะแสดงให้เห็นชื่อบ่อ ตำแหน่งพิกัด ชื่อสถานที่ของแต่ละบ่อที่มีการเจาะทดสอบ ซึ่งการทดสอบอัตราการสูบนั้นได้ใช้โปรแกรม Aquifer test เป็นเครื่องมือในการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity

ตารางที่ 4.34 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งพิกัดชื่อสถาที่และค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ

ผลการปฏิบัติงานทดสอบปริมาณน้ำบาดาล สำนักอุทกธรณีวิทยาและธรณีศาสตร์น้ำบาดาล
สำนักประเมินศักยภาพและดุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
จังหวัดสิงห์บุรี ปีงบประมาณ 2550

ลำดับที่	หมายเลขบ่อ	พิกัด		ตอบที่				ความลึก	ขนาดบ่อ	ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำ	ระดะน้ำ	ระดะเวลา	องพุ่งสูง	คุณสมบัติทางอุทกธรณีของชั้นหินอุ้มน้ำ			วันที่
		E	N	บ้าน	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	(ม.)	(มม.)	บ่อที่ (ม.)	(ลบ.ม. ชม.)	ลด (ม.)	ที่สูบ (ชม.)	(ม.)	T (m^2/d)	K (m/d)	S	ดำเนินงาน
1	370650	642256	1638599	ร.ร. วัดวิรกระจัน	1	ต้นโพธิ์	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	96.0	150	6.47	18	1.80	12	21	1.30E-02	2.71E-01	1.40E-03	21-22 มี.ค.
2	370450	644667	1638364	ทางเข้าบ้านกลาง	4	ท่าข้าม	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี		150	6.63	18.00	0.71	12	18	1.20E-03	1.99E-02	1.25E-02	24 เม.ย. 50
3	370450	642475	1649934	บางมัน	3	โพธิ์ทะเล	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	96.0	150	7.14	12.93	0.64	12	24	4.77E-02	3.97E-01	3.40E-02	6 พ.ค. 50
4	380450	633500	1652500	วัดวิรธรณ์	10	โพธิ์ทะเล	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	80.0	150	6.20	14.49	0.63	12	24	7.26E-02	9.06E-01	1.10E-02	10 พ.ค. 50
5	380650	646254	1640479	บางโค้	11	โพธิ์ทะเล	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	96.0	150	6.06	18	1.17	12	18	1.45E-03	1.81E-02	1.40E-03	19-20 มี.ค.
6	390450	644600	1650614	วัดสะแก	1	แม่ลา	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	84.0	150	6.58	12.12	2.28	12	30	3.62E-02	2.32E-01	1.91E-03	12 พ.ค. 50
7	380650	635247	1636499	อนามัย ต.โรงช้าง	3	โรงช้าง	บรหมญ	สิงห์บุรี	49.0	150	9.20	14.41	1.25	12	21	5.02E-01	8.36E+00	5.11E-03	23-24 มี.ค. 50
8	390650	641555	1664616	โคมเหรี	1	ป่าโร่าย	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	66.0	150	6.26	18	2.50	12	21	1.03E-02	3.43E-01	7.95E-04	13-14 มี.ค. 50
9	340650	640660	1664622	ทัวแหลม	2	ป่าโร่าย	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	54.0	150	7.10	18	2.27	12	21	8.04E-02	1.34E-02	8.06E-03	15-16 มี.ค. 50
10	350650	639593	1665574	สามแยกบ้านราษ	5	ป่าโร่าย	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	60.0	150	6.35	14.41	0.63	12	21	1.62E-03	1.62E-02	5.45E-03	17-18 มี.ค.
11	200450	642736	1659031	หมวดการทางอินทร์บุรี	2	อินทร์บุรี	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	84.0	150	8.04	12.93	0.26	12	24	2.09E-03	2.61E-02	2.77E-02	14 พ.ค. 50
12	130450	650162	1636186	วัดท่าหลวง	5	โพธิ์ประสาท	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	72.0	150	7.76	18.00	0.66	72	21	1.91E-03	1.39E-02	6.15E-02	27-30 เม.ย. 50
	140450	650191	1636125	วัดท่าหลวง	5	โพธิ์ประสาท	ท่าวุ้ง	สิงห์บุรี	63.0	150	7.71	-	0.11	72	-				
13	150450	642045	1641546	ร.ร.เรืองเดชประชานุเคราะห์	12	ไผ่ดัด	บางระจัน	สิงห์บุรี	63.0	150	5.73	18.00	0.46	72	24	1.40E-03	1.75E-02	1.49E-02	3-6 พ.ค. 50
	160450	642027	1641552	ร.ร.เรืองเดชประชานุเคราะห์	12	ไผ่ดัด	บางระจัน	สิงห์บุรี	63.0	150	5.57	-	0.05	72	-				
14	310650	640943	1665656	วัดราษฎร์	3	ป่าโร่าย	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	75.0	150	7.31	18	3.71	72	21	6.99E-02	8.76E-01	4.50E-03	7-12 มี.ค. 50
	320650	640944	1665556	วัดราษฎร์	3	ป่าโร่าย	อินทร์บุรี	สิงห์บุรี	72.0	100	6.61	-	0.58	-	-				

(2) นำข้อมูลบ่อทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาและจังหวัดโดยรอบมา Plot ในโปรแกรม Arcview ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Shapefile



รูปที่ 4.39 จุดที่ทำการเจาะเพื่อทำการทดสอบ Pumping test

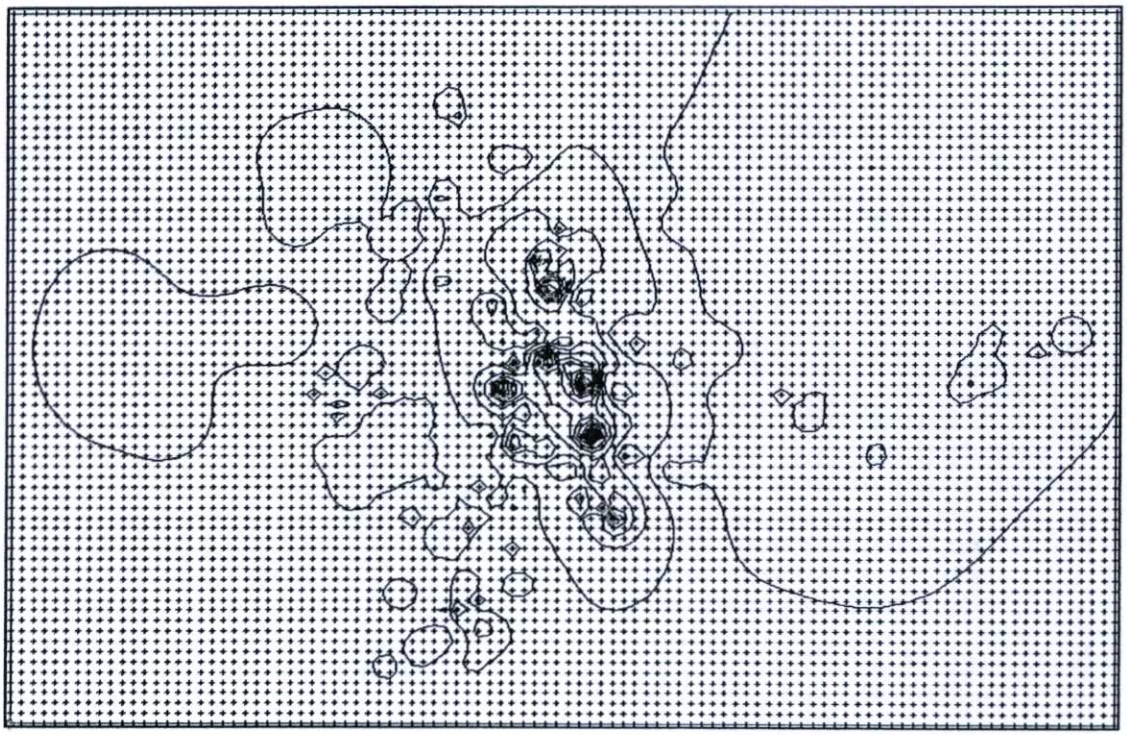
(3) จากนั้นนำข้อมูล ที่แสดงตำแหน่งพิกัดค่า UTME UTMN และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ แต่ละหลุมเจาะทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัดมาจัดไว้หน้าเดียวกันในโปรแกรม Excel เพื่อจัดเตรียมในขั้นตอนทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.35 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของแต่ละบ่อก่อนทำการ Interpolate

Utme	Utmn	T (m^2/day)
654593	1605099	5.24E+01
657525	1602868	9.76E+02
651844	1622930	1.69E+03
640912	1618610	6.35E+02
633963	1621202	7.54E+02
652716	1608265	1.68E+02
650786	1613409	5.29E+01
645561	1613050	7.50E+01
645935	1615042	7.51E+01

(4) นำข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity ของพื้นที่ศึกษา 6 จังหวัด และจังหวัดโดยรอบมาจัดไว้หน้าเดียวกันในโปรแกรม Excel แล้วทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer ซึ่งขั้นตอนนี้ก็ทำเหมือนกับวิธีการของข้อมูลตัวอื่นๆที่ได้ทำมา คือหาค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity ให้กับพื้นที่การศึกษา โดยใช้โปรแกรม Surfer เป็นเครื่องมือ ซึ่งเริ่มต้นด้วยการกำหนดค่า X, Y ทั้งค่าน้อยที่สุดและมากที่สุด เพื่อกำหนดขอบเขตให้ครอบคลุมพื้นที่ในการคำนวณ จากนั้นก็เลือกในช่อง Gridding Method เป็นวิธี Inverse Distance to Power เพื่อทำการ Interpolate

จากนั้นนำเอาค่าข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity ไปทำการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer เป็นเครื่องมือในการทำขั้นตอนต่อไป



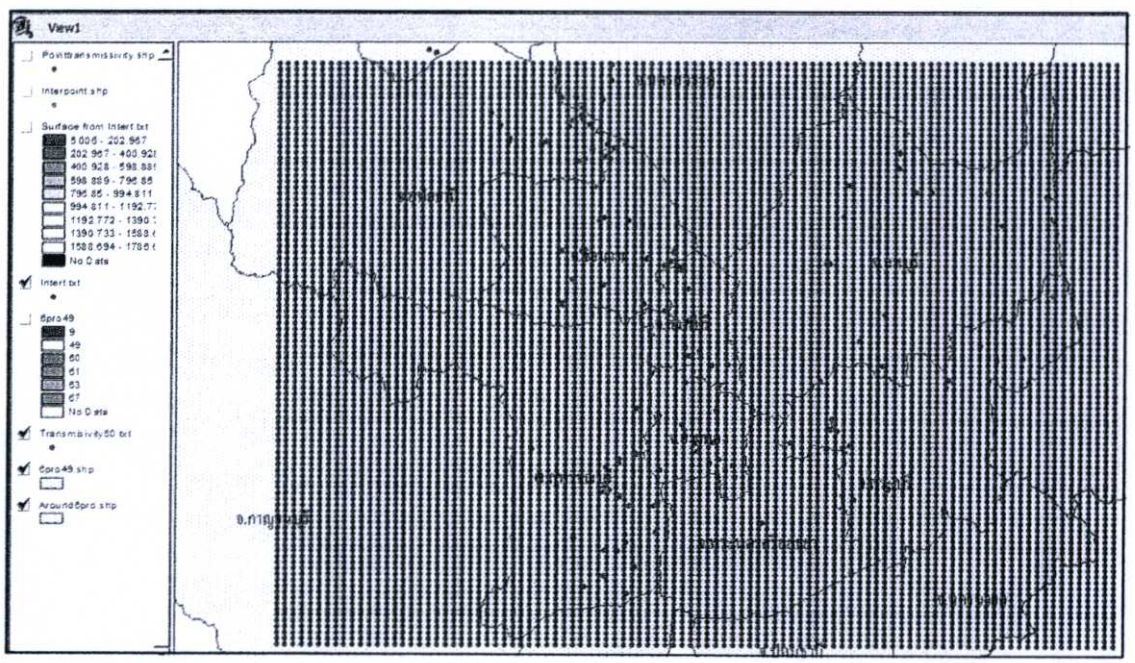
รูปที่ 4.40 เส้น Contour ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำโดยใช้โปรแกรม Surfer

หลังจากการ Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer แล้วเราจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity ดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 ค่าพิกัด และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ เฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม Surfer

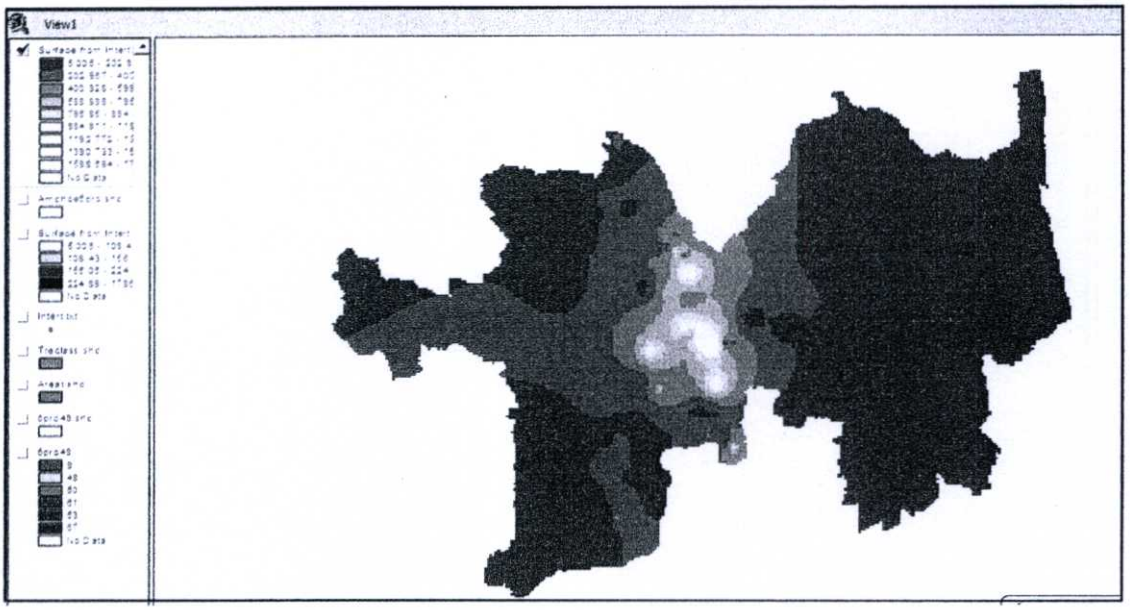
Utme	Utmn	Tav (m^2/day)
515445	1552220	211.3084
518072.1	1552220	211.2161
520699.2	1552220	211.0991
523326.3	1552220	210.9556
525953.4	1552220	210.7838
528580.5	1552220	210.582
531207.5	1552220	210.3482
533834.6	1552220	210.0807
536461.7	1552220	209.7777

(5) นำข้อมูลค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ Transmissivity ที่ได้จากการ interpolate โดยโปรแกรม surfer ไปใส่ตารางในโปรแกรม Arcview เพื่อดำเนินงานในขั้นต่อไป



รูปที่ 4.41 ข้อมูลที่นำเข้า GIS ซึ่งได้จากการ Interpolate โดยโปรแกรม surfer

(6) ขั้นตอนต่อไปนำข้อมูลที่ได้ทำการ Interpolate จากโปรแกรม Surfer มาทำการ Interpolate ต่อในโปรแกรม Arc View อีกเพื่อให้มีความละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 4.42 ข้อมูลหลังการ Interpolate จากโปรแกรม Arcview GIS

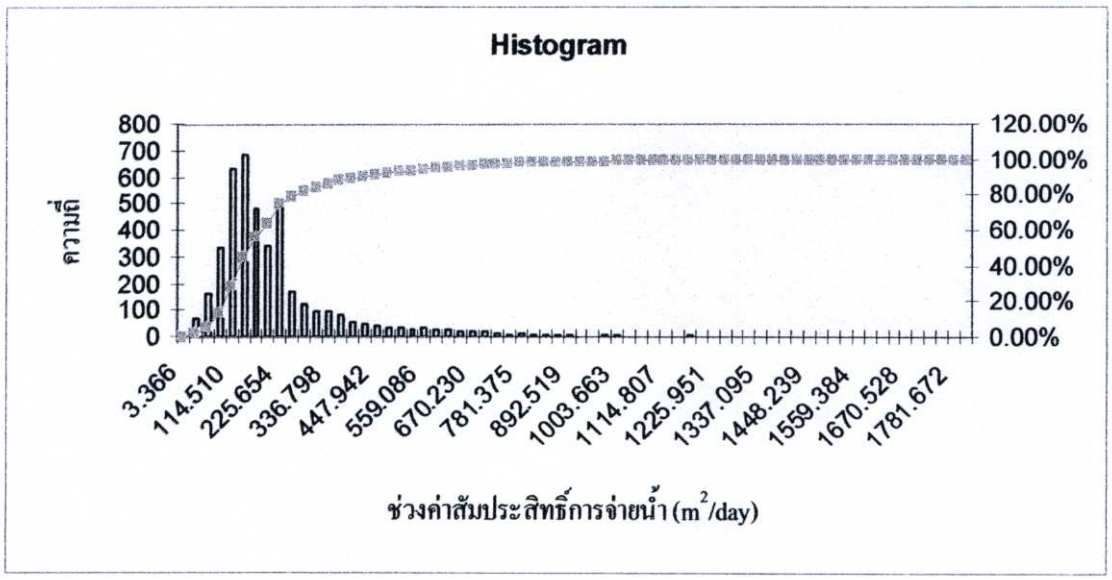
4.2.6.2 การกำหนดค่า Range

สำหรับการแบ่ง Range หรือการแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรนี้ ได้ใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer แล้วเอาทำเป็นกราฟ Histogram ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมซึ่งเป็นแกน Y กับความถี่สะสมของสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ เป็นแกน X แล้วทำการแบ่ง Range หาค่าระดับที่ต้องในแกน X โดยการใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial (4.1)

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปรค่าค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ 25% ,50%, 75% และ 100% ซึ่งจากการคำนวณโดยสมการ (4.1) แล้วจะได้ผลการแบ่ง Range ดังตาราง 4.37

ตารางที่ 4.37 ผลการคำนวณหาค่าช่วงการสะสมของข้อมูล

เปอร์เซ็นต์	x_1	x_2	y_1	y_2	P
25%	13.43	28.24	86.72	114.51	108.43
50%	44.41	55.69	142.29	170.08	156.06
75%	63.69	75.32	197.87	225.65	224.89
100%	99.98	100.00	1781.67	1786.66	1786.65



รูปที่ 4.43 Histogram ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสะสมกับความถี่สะสมของค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ

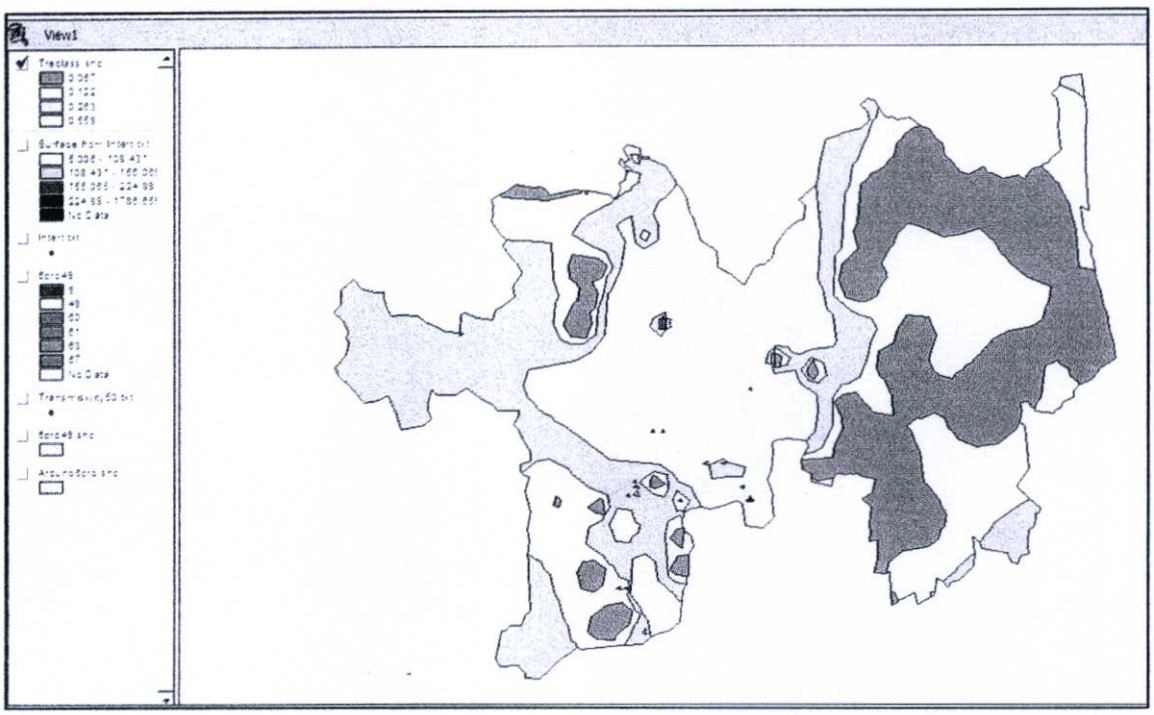
4.2.6.3 การกำหนดค่า Rating

การให้ค่า Rating หรือการให้ค่าคะแนนของตัวแปรนี้ ได้ใช้ตามทฤษฎีการศึกษาของ EPA (Aller, L.et al, 1987) และได้มีการดัดแปลงการให้ค่าคะแนนต่างๆตามแบบจำลองของ AHP Model ตามตารางที่ 4.6 เพื่อให้เหมาะสมกับการหาพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้ทำการคำนวณค่า Rating แล้ว และ มีการคำนวณความสอดคล้องของเหตุผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4.38 ช่วงและค่าคะแนนค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T – Transmissivity) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ค่าคะแนน (T_r)	ช่วงค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ T (ตร.ม./วัน)
0.558	224.889 - 1786.655
0.263	156.065 – 224.889
0.122	108.431 – 156.065
0.057	5.006 – 108.431

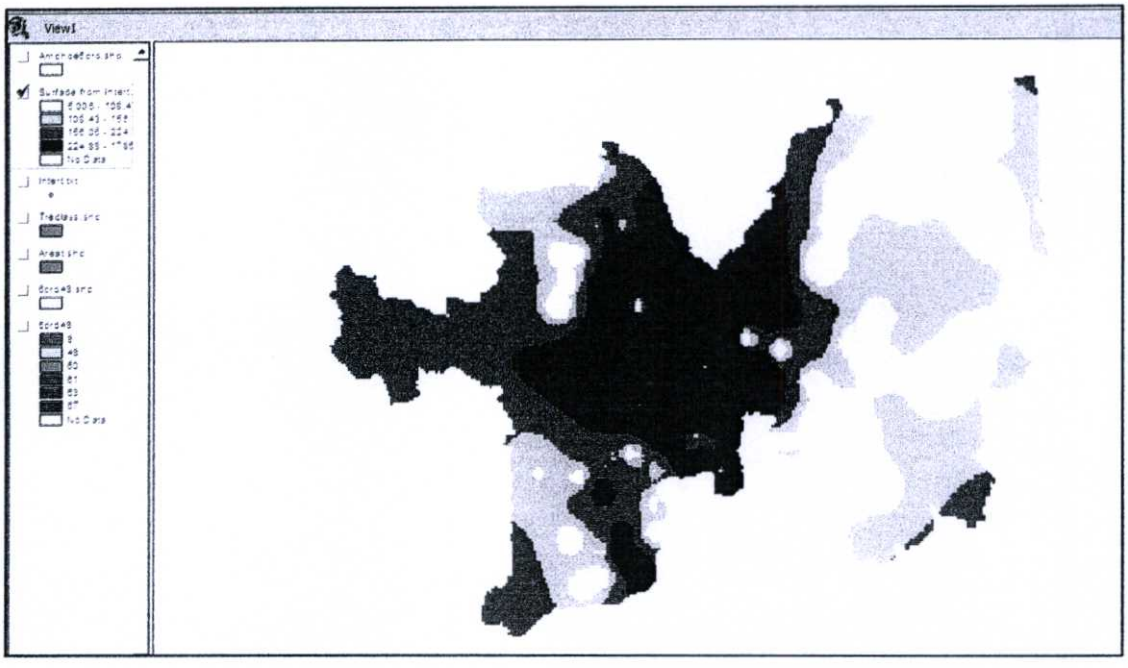
จากนั้นทำการใส่ค่าคะแนนให้กับตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าการ Rate ตามตารางที่ 4.38 จะได้ Grid Tr



รูปที่ 4.44 การใส่ค่าคะแนนของตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ T (Tr)

4.2.6.4 การกำหนดค่า Weighting

ส่วนค่า Weight หรือค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณกับตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำนี้มีค่าเท่า 2 จากนั้นทำการคูณค่าถ่วงน้ำหนัก (Tw = 2) จะได้ค่า Grid Tr*Tw ที่แสดงให้พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจาย



รูปที่ 4.45 แผนที่ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Grid TrTw)

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์

จากการรวบรวมข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำใต้ดิน และ ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการของ Analytic Hierarchy Process – Artificial Recharge model (AHP-AR model) ตามสมการที่ได้กำหนดเพื่อหาค่าดัชนีให้กับตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาหาพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบนประเทศไทย ซึ่งทางคณะวิจัยสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์แต่ละตัวแปร

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Groundwater)

เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ค่าความลึกระดับน้ำใต้ดินแตกต่างกันไปตามประเภทของชั้นน้ำใต้ดิน ความลึกระดับน้ำใต้ดินต้องจำแนกลักษณะของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะชั้นดินหรือหินได้เป็น 2 แบบคือ ชั้นน้ำใต้ดินไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) และ ชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (Confined Aquifer)

จากแผนที่ผลการวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (รูปที่ 5.1) พื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดชัยนาท สิงห์บุรีได้แก่ อำเภอ วัดสิงห์ หนองมะโมง มโนรมย์ สรรคบุรี หันคา สรรพยา เมืองชัยนาท บางระจัน ค่ายบางระจัน อินทร์บุรี เมืองสิงห์บุรี มีความลึกระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ประมาณ 1.28-9.73 เมตร จากผิวดิน ทำให้ระยะทางของน้ำซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้เร็ว ทำให้พื้นที่ทั้งหมดที่กล่าวมานี้มีศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันค่อนข้างต่ำ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางในบริเวณนี้มีระดับความลึกระดับน้ำใต้ดิน 9.73–13.7 เมตร จึงมีศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำในระดับปานกลาง

ส่วนพื้นที่ส่วนใหญ่อำเภอโคกเจริญ พัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี อำเภอหนองแค หนองแซง จังหวัดสระบุรี อำเภอสองพี่น้อง บางปลาม้า ศรีประจันต์ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอป่าโมก วิเศษชัยชาญ อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง มีความลึกระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 50 - 62 เมตร ดังนั้นจึงทำให้มีค่าดัชนี AHP-AR model สูงซึ่งหมายความว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเติมน้ำโดยการแพร่กระจายสูง โดยเมื่อคำนวณเป็นเนื้อที่แล้วมีประมาณ 6,059,310 ไร่หรือเท่ากับ 49.75% ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ตารางที่ 5.1 การแบ่งประเภทความลึกระดับน้ำใต้ดินของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน(ม.)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	1.276 – 9.02	4,209,391	34.56
เหมาะสมปานกลาง	9.02 – 10.84	1,910,515	15.69
เหมาะสม	10.84 – 13.7	3,025,230	24.84
เหมาะสมมาก	13.7 – 62.72	3,034,081	24.91

5.1.2 ผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration)

คุณสมบัติของผิวดินพิจารณาได้จากแผนที่ประเภทหรือชนิดของกลุ่มดิน(กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) ร่วมกับลักษณะของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย และ ผลการศึกษาร้อยละอัตราการซึมผ่านของน้ำ โดยกลุ่มดินทั้งหมดสามารถนำมาแบ่งกลุ่มตามระดับอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน ด้วยการพิจารณาจากความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ของดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษาโดยประกอบด้วยกลุ่มดินทั้งหมด 62 ประเภท

จากแผนที่อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration : I) (รูปที่ 5.2) บริเวณพื้นที่มีความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำมากที่สุด คือบริเวณอำเภอบ้านหมี่ โคกสำโรง กิ่งอำเภอหนองม่วง จังหวัด ลพบุรี อำเภอมวกเหล็ก กิ่งอำเภอวังม่วง แก่งค่อย เสาไห้ บ้านหมอ ดอนพุด หนองโดน อำเภอเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี อำเภอวิเศษชัยชาญ ป่าโมก อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง อำเภอสองพี่น้อง บางปลาม้า อู่ทอง อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีความซึมผ่านน้ำของผิวดิน ในช่วง 11.91 – 25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านไปได้อย่างรวดเร็ว จากการวิเคราะห์ตัวแปรอัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันนั้น มีลักษณะกระจายทั่วตามจังหวัดต่างๆ และ เมื่อคำนวณเป็นเนื้อที่แล้วมีประมาณ 2,575,150 ไร่หรือเท่ากับ 21.41% ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด แผนที่ผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน (Surface Infiltration : I) เป็นดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การแบ่งประเภทอัตราซึมผ่านผิวดินของน้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (ซม./ชม.)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	0.12 – 1.69	4,792,766	39.85
เหมาะสมปานกลาง	1.69 – 5.98	4,657,851	38.73
เหมาะสม	5.98 – 11.91	783,726	6.52
เหมาะสมมาก	11.91 – 25.00	1,791,425	14.90

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

ข้อมูลน้ำฝนจากการวัดของสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณ 6 จังหวัดพื้นที่ศึกษา และ จังหวัดโดยรอบ เมื่อนำมาทำการ Interpolate ด้วยวิธี Inverse distance to a power ในโปรแกรม Surfer ทำเป็นแผนที่แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนแล้ว สรุปได้ว่าปริมาณฝนตกมากที่สุดอยู่ที่จังหวัด สระบุรีโดยเฉพาะอำเภอ มวกเหล็ก แก่งค่อย วิหารแดง หนองแค พระพุทธบาท กิ่งอำเภอวังม่วง อำเภอเมืองสระบุรี รองลงมาก็คือจังหวัด ลพบุรีได้แก่ อำเภอ ชัยบาดาล ท่าหลวง กิ่งอำเภอลำสนธิ โคกเจริญ และ จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอด่านช้าง อำเภอสองพี่น้อง มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 4.66 – 7.716 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นจึงมีศักยภาพสูงสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันเมื่อคิดเป็นพื้นที่แล้วมีประมาณ 6,002,944 ไร่ หรือเท่ากับ 49.28% ของพื้นที่ทั้งหมด

ส่วนพื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดสิงห์บุรี และ บริเวณพื้นที่อำเภอ สรรพยา หันคา สรรคบุรี อำเภอเมืองชัยนาท จังหวัดชัยนาท อำเภอบ้านหมี่ ท่าวุ้ง ดอนพุด อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี อำเภอเดิมบางนางบวช สามชุก ศรีประจันต์ ดอนเจดีย์ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอโพธิ์ทอง ไชโย สามโก้ วิเศษชัยชาญ ป่าโมก จังหวัดอ่างทอง มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1.951 – 4.41 มิลลิเมตรต่อวัน แผนที่ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Rainfall : R) ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 การแบ่งประเภทค่าปริมาณน้ำฝน ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ปริมาณน้ำฝน (มม./วัน)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	1.951 – 4.184	3,034,047	24.91
เหมาะสมปานกลาง	4.184 – 4.41	3,143,758	25.81
เหมาะสม	4.41 – 4.66	2,969,268	24.38
เหมาะสมมาก	4.66 – 7.716	3,033,676	24.91

5.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media)

เมื่อนำข้อมูลบ่อเจาะสำรวจน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมาสร้างเป็นแผนที่คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (รูปที่ 5.4) และ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำซึ่งพิจารณาได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity) พบว่าชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นทราย ดินเหนียว และกรวด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (K) อยู่ในช่วง 1.5E-09 ถึง 0.015 มม./วินาที เนื่องจากชั้นดินเหล่านี้มักจะวางตัวสลับกันในลักษณะของชั้นทรายและดินเหนียว หรือ ชั้นทรายและกรวด

จากแผนที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำเฉลี่ยของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media : I) (รูปที่ 5.4) จะเห็นได้ว่าบริเวณอำเภอ ชัยบาดาล กิ่งอำเภอลำสนธิ กิ่งอำเภอหนองม่วง จังหวัด ลพบุรี อำเภอ มวกเหล็ก กิ่งอำเภอวังม่วง วิหารแดง หนองแค หนองแซง จังหวัด สระบุรี อำเภอ ด่านช้าง อู่ทอง สองพี่น้อง จังหวัด สุพรรณบุรี อำเภอ มโนรมย์ หันคา วัดสิงห์ กิ่งอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท อำเภอ อินทร์บุรี ค่ายบางระจัน ท่าช้าง พรหมบุรี จังหวัด สิงห์บุรี อำเภอ โพธิ์ทอง ไชโย จังหวัด อ่างทอง ปิดทับด้วยชั้น กรวด ดินร่วน ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำเฉลี่ย ในช่วง 2.53E-04 ถึง 12.08E-02 มม./วินาที หรือหลังจากการใส่ ฟังก์ชันลอการิทึม (Logarithm) กับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำจะมีค่าประมาณอยู่ในช่วง 1.918 ถึง 3.597 และ มีพื้นที่ประมาณ 2,788,705 ไร่ หรือ 22.907% ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ส่วนบริเวณอื่นนั้นปิดทับด้วยชั้นดินเหนียวหนา ดังนั้นจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำเฉลี่ยในช่วง2.143E-09 ถึง 6.998E-06มม./วินาที หรือหลังจากการใส่ ฟังก์ชันลอการิทึม ให้กับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำจะอยู่ในช่วง 5.155 ถึง 8.669 ดังนั้นพื้นที่ข้างต้นจึงมีศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันจากคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำมากกว่า ดังแสดงในแผนที่ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media) ตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 การแบ่งประเภทคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบนประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Log(K)มม./วินาที)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	5.155 – 8.669	2,854,923	23.45
เหมาะสมปานกลาง	4.456 – 5.155	3,311,772	27.2
เหมาะสม	3.597 – 4.456	3,218,324	26.44
เหมาะสมมาก	1.918 – 3.597	2,788,705	22.9

5.1.5 ผลการวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)

จากการพิจารณาข้อมูลภูมิศาสตร์ของกรมแผนที่ทหาร พบว่าระดับความสูง (Elevation Point) ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และตอนกลางของจังหวัด ลพบุรี เช่นเดียวกับจังหวัดสุพรรณบุรีทางด้านทิศตะวันตก และ จังหวัด สระบุรีทางด้านทิศตะวันออก เป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูงเฉลี่ยตั้งแต่ 315 – 709 เมตร ดังนั้นจึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีความลาดชัน (Slope) มากซึ่งมีค่าระหว่าง 7.8 ถึง 23.94 องศา (Degree) ทำให้เกิดการไหลเทของน้ำท่าได้เร็ว จะทำให้น้ำจะซึมผ่านลงสู่ใต้ดินได้ยาก ดังนั้นพื้นที่บริเวณนี้จึงมีศักยภาพในการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินค่อนข้างต่ำ พื้นที่ดังกล่าวคือทิวเขาเพชรบูรณ์ และ ดงพญาเย็น

ส่วนพื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัด สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี และ จังหวัดชัยนาท มีระดับความสูงเฉลี่ย ประมาณ 9 – 163 เมตร จึงทำให้มีความลาดชันน้อยโดยมีค่าระหว่าง 0.014 ถึง 0.43 อาศา (Degree) เมื่อฝนที่ตกลงมาน้ำฝนจะกลายเป็นน้ำท่าทำให้มีการไหลเทช้า และ ค่อยๆซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำได้ดี ดังนั้นพื้นที่นี้จึงมีค่าดัชนี AHP-AR model สูง ซึ่งหมายความว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการเติมน้ำลงสู่ใต้ดิน และ เมื่อคำนวณเป็นพื้นที่แล้วมีประมาณ 10,595,415 ไร่ หรือประมาณ 88.98% ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด แผนที่ผลการวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ (Slope : S) เป็นดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การแบ่งประเภทความลาดชันของพื้นที่ ของจังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ความลาดชันของพื้นที่ (องศา)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	12.88 - 23.94	45,574	0.38
เหมาะสมปานกลาง	7.80 - 12.88	240,375	2.02
เหมาะสม	3.59 - 7.80	1,026,878	8.62
เหมาะสมมาก	0.001 - 3.59	10,595,415	88.98

5.1.6 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transsmisivity)

จากการทำแผนที่สรุปผลการปฏิบัติงานทดสอบปริมาณน้ำ ส่วนอุทกธรณีวิทยา และ ชลศาสตร์น้ำบาดาลสำนักประเมินศักยภาพ และ คุลยภาพแหล่งน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ด้วยการเจาะบ่อสังเกตการณ์ และ ทดสอบโดยวิธี Pumping Test เห็นว่า พื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดสิงห์บุรี และ อ่างทอง มีศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันสูง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ตั้งแต่ 224.89 - 1786.65 ตารางเมตรต่อวัน นอกจากนี้ยังมีบริเวณ อำเภอ สรรพยา สรรคบุรี จังหวัดชัยนาท อำเภอ เดิมบางนางบวช สามชุก หนองหญ้าไซ ศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอ บ้านหมี่ ท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี โดยมีพื้นที่ประมาณ 3,049,976 ไร่ หรือประมาณ 25.04 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ส่วนพื้นที่บริเวณพื้นที่อำเภอ ชัยบาดาล สระโบสถ์ และ พื้นที่บางส่วนของอำเภอ โคกเจริญ โคกสำโรง กิงอำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี อำเภอ วังม่วง พระพุทธบาท บ้านหม้อ เสาไห้ หนองแซง และ พื้นที่บางส่วนของอำเภอ หนองแค แก่งค่อย มวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี มีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ตั้งแต่ 5.006 – 108.43 ตารางเมตรต่อวัน แผนที่ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity : T) เป็นดังรูปที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 การแบ่งประเภทค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ของจังหวัดภาคกลางตอนบนประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (ตร.ม./วัน)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	5.006 - 108.43	2,967,304	24.37
เหมาะสมปานกลาง	108.43 - 156.06	3,174,907	26.07
เหมาะสม	156.06 - 224.89	2,985,805	24.52
เหมาะสมมาก	224.89 - 1786.65	3,049,976	25.04

5.2 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของแต่ละตัวแปรต่อการซึมน้ำลงสู่ใต้ดิน

ตัวแปรแต่ละตัวแปรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้พื้นที่นั้นๆมีศักยภาพการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันต่างกัน ในการคำนวณหาความสำคัญ (Significance) ของแต่ละตัวแปรสามารถคำนวณได้โดยหลักการต่อไปนี้

ในการวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันหรือพื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ 4 ข้อมูลอยู่ในรูปของ Shape file ซึ่งวิเคราะห์โดยโปรแกรม Arc view แล้ว ได้นำเอา Shape file ดังกล่าวไปทับซ้อนกับแผนที่ผลการวิเคราะห์แต่ละตัวแปรที่เป็นค่า Index ผลคูณระหว่างค่าคะแนน (Rating) กับค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting)

ขั้นตอนต่อเป็นการแบ่งขอบเขตอำเภอ และ หาเนื้อที่ทั้งหมดของ Shape file ที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ในอำเภอนั้น และ หาเนื้อที่ของ Shape file ดังกล่าวที่อยู่ตาม Index ในระดับต่างๆ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อที่ที่อยู่ตาม Index ในระดับต่างๆ แล้วเอาคูณด้วยค่า Index ของแต่ละเนื้อที่สุดท้ายเอา Index ของแต่ละเนื้อที่มาบวกกันจะได้ค่า Index เฉลี่ยของตัวแปรนั้น

ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินในอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ซึ่งคำนวณเนื้อที่ Shape file ที่เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดของอำเภอบ้านหมี่ได้ 78,322 ไร่ โดย Shape file นี้มีซ้อนทับ Index ที่มีค่า 2.232 และ 1.052 จากนั้นหาเปอร์เซ็นต์เนื้อที่ของ Shape file ที่อยู่ในสอง Index นั้นซึ่งมีเนื้อที่ 39,125 ไร่ และ 39,197 ไร่ และ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้ 49.95% และ 50.046%. จากนั้นเอา 49.95% คูนด้วย 2.232 และ 50.04% คูณด้วย1.052 จะได้ค่า Index ของแต่ละส่วนคือ 1.115 และ 0.526 สุดท้ายเอา Index ของแต่ละเนื้อที่มาบวกกันจะได้ 1.641

ตาราง 5.7 ตัวอย่างการคำนวณ Significance เฉลี่ยของตัวแปรความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินที่มี ความเหมาะสมมาก อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

Index Level	Index Value	Area (Rai)	Area (%)	Average Significance
ระดับ 4	2.232	39,125	49.95%	1.115
ระดับ 3	1.052	39,197	50.04%	0.526
รวม		78,322	100 %	1.641

จากนั้นทำการคำนวณด้วยวิธีนี้ให้กับตัวแปรทั้งหมด ในแต่ละอำเภอ และ แต่ละจังหวัด และสุดท้ายจะได้ค่า Significance เฉลี่ยของแต่ละตัวแปรดังตาราง 5.8

ตาราง 5.8 การคำนวณหา Significance เฉลี่ยของตัวแปรของแต่ละอำเภอในจังหวัดพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	อำเภอ	D	I	R	K	S	T	Total
ลพบุรี	โคกสำโรง	2.232	2.790	0.475	0.187	0.588	0.669	6.940
	บ้านหมี	2.232	2.790	0.437	0.171	0.588	0.813	7.031
	กิ่งอ.หนองม่วง	1.052	2.790	0.526	1.674	0.588	0.249	6.879
	อ.เมือง	2.232	2.790	0.510	0.900	0.534	0.170	7.136
	ท่าหลวง	0.488	2.790	1.087	1.492	0.588	0.244	6.689
	พัฒนานิคม	1.153	2.790	0.723	1.544	0.550	0.154	6.914
สระบุรี	แก่งคอย	2.232	2.790	1.023	1.674	0.550	0.114	8.383
	หนองแค	2.232	1.243	1.102	1.674	0.588	0.135	6.974
	พระพุทธบาท	2.188	2.304	1.045	0.321	0.588	0.128	6.574
	มวกเหล็ก	1.968	2.790	0.193	1.674	0.310	0.114	7.049
	อ.เมือง	2.023	1.602	1.023	1.324	0.588	0.126	6.686
	ดอนพุด	2.232	2.307	0.114	0.789	0.588	0.244	6.274
	เสาไห้	1.896	2.790	0.526	0.789	0.588	0.114	6.703
	บ้านหมอ	1.330	1.287	0.244	1.674	0.588	0.114	5.236
อ่างทอง	สามโก้	2.161	2.563	0.114	0.212	0.588	1.103	6.741
	วิเศษชัยชาญ	2.225	2.790	0.114	0.402	0.588	1.038	7.157
	ป่าโมก	2.232	2.360	0.114	0.432	0.588	1.101	6.827
	อ.เมือง	2.081	2.415	0.241	0.597	0.588	1.070	6.993
	โพธิ์ทอง	1.230	2.509	0.114	1.495	0.588	1.107	7.044
	ไชโย	1.052	1.568	0.114	1.674	0.588	1.116	6.112
	แสวงหา	0.290	2.699	0.114	1.674	0.588	1.116	6.481
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	2.223	2.522	0.685	0.753	0.588	0.533	7.304
	บางปลาม้า	2.232	2.790	0.324	0.512	0.588	0.754	7.200
	อ.เมือง	2.226	2.790	0.244	0.354	0.588	1.077	7.279
	อู่ทอง	2.232	1.315	0.540	1.647	0.588	0.504	6.826
	ด่านช้าง	1.052	2.790	1.116	1.405	0.500	0.526	7.389
สิงห์บุรี	ท่าช้าง	0.450	2.790	0.114	1.674	0.588	1.116	6.732
	พรหมบุรี	0.488	2.221	0.114	1.674	0.588	1.116	6.201

ขั้นตอนสุดท้ายทำการคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความสำคัญ (Significance) ของแต่ละตัวแปรที่ส่งผลต่อการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย โดยการคิดหาเปอร์เซ็นต์จากผลร่วมค่า Significance เฉลี่ยของตัวแปรทั้งหมด 6 ตัวแปร ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.9 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดลพบุรี

จังหวัดลพบุรี	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D%)	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I%)	ปริมาณน้ำฝน (R%)	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K%)	ความลาดชันของพื้นที่ (S%)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T%)
อำเภอโคกสำโรง	32.16	40.2	6.84	2.69	8.47	9.64
อำเภอบ้านหมี่	31.75	39.68	6.2	2.43	8.36	11.57
กิ่งอำเภอหนองม่วง	15.29	40.56	7.65	24.34	8.55	3.62
อำเภอเมืองลพบุรี	31.28	39.09	7.14	12.61	7.49	2.38
ท่าหลวง	7.29	41.71	16.25	22.3	8.79	3.65
พัฒนานิคม	16.67	40.35	10.46	22.32	7.96	2.23

ตารางที่ 5.10 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดสิงห์บุรี

จังหวัดสิงห์บุรี	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D%)	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I%)	ปริมาณน้ำฝน (R%)	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K%)	ความลาดชันของพื้นที่ (S%)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T%)
อำเภอท่าช้าง	6.69	41.44	1.69	24.86	8.73	16.57
อำเภอพรหมบุรี	7.87	35.82	1.84	26.99	9.48	17.99

ตารางที่ 5.11 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดสุพรรณบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D%)	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I%)	ปริมาณน้ำฝน (R%)	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K%)	ความลาดชันของพื้นที่ (S%)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T%)
อำเภอสองพี่น้อง	30.43	34.53	9.38	10.3	8.05	7.29
อำเภอบางปลาม้า	31.00	38.75	4.50	7.1	8.17	10.47
อำเภอเมืองสุพรรณบุรี	30.58	38.33	3.35	4.87	8.08	14.79
อำเภออู่ทอง	32.70	19.26	7.91	24.13	8.61	7.38
อำเภอด่านช้าง	14.24	37.76	15.1	19.02	6.76	7.12

ตารางที่ 5.12 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดอ่างทอง

จังหวัดอ่างทอง	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D%)	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I%)	ปริมาณน้ำฝน (R%)	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K%)	ความลาดชันของพื้นที่ (S%)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T%)
อำเภอสามโก้	32.052	38.02	1.69	3.14	8.72	16.37
อำเภอวิเศษชัยชาญ	31.09	38.98	1.59	5.62	8.22	14.5
อำเภอป่าโมก	32.69	34.56	1.67	6.33	8.61	16.12
อำเภอเมืองอ่างทอง	29.76	34.53	3.45	8.53	8.4	15.3
อำเภอโพธิ์ทอง	17.46	35.63	1.62	21.22	8.35	15.72
อำเภอไชโย	17.21	25.65	1.86	27.39	9.62	18.26
อำเภอแสวงหา	4.48	41.64	1.76	25.83	9.07	17.22

ตารางที่ 5.13 เปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดสระบุรี

จังหวัดสระบุรี	ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (D%)	อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (I%)	ปริมาณน้ำฝน (R%)	คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (K%)	ความลาดชันของพื้นที่ (S%)	ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (T%)
อำเภอแก่งคอย	26.62	33.28	12.2	19.97	6.56	1.36
หนองแค	32.00	17.82	15.79	24.00	8.43	1.94
อำเภอพระพุทธบาท	33.27	35.05	15.9	4.88	8.94	1.94
มวกเหล็ก	27.91	39.58	2.74	23.75	4.39	1.62
อำเภอเมืองสระบุรี	30.25	23.95	15.30	19.80	8.79	1.89
ดอนพุด	35.57	36.77	1.82	12.57	9.37	3.89
เสาไห้	28.28	41.62	7.85	11.77	8.77	1.7
บ้านหมอ	25.39	24.57	4.66	31.97	11.23	2.17

จากการนำผลการศึกษามาแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ของพื้นที่ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบนของประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังนี้

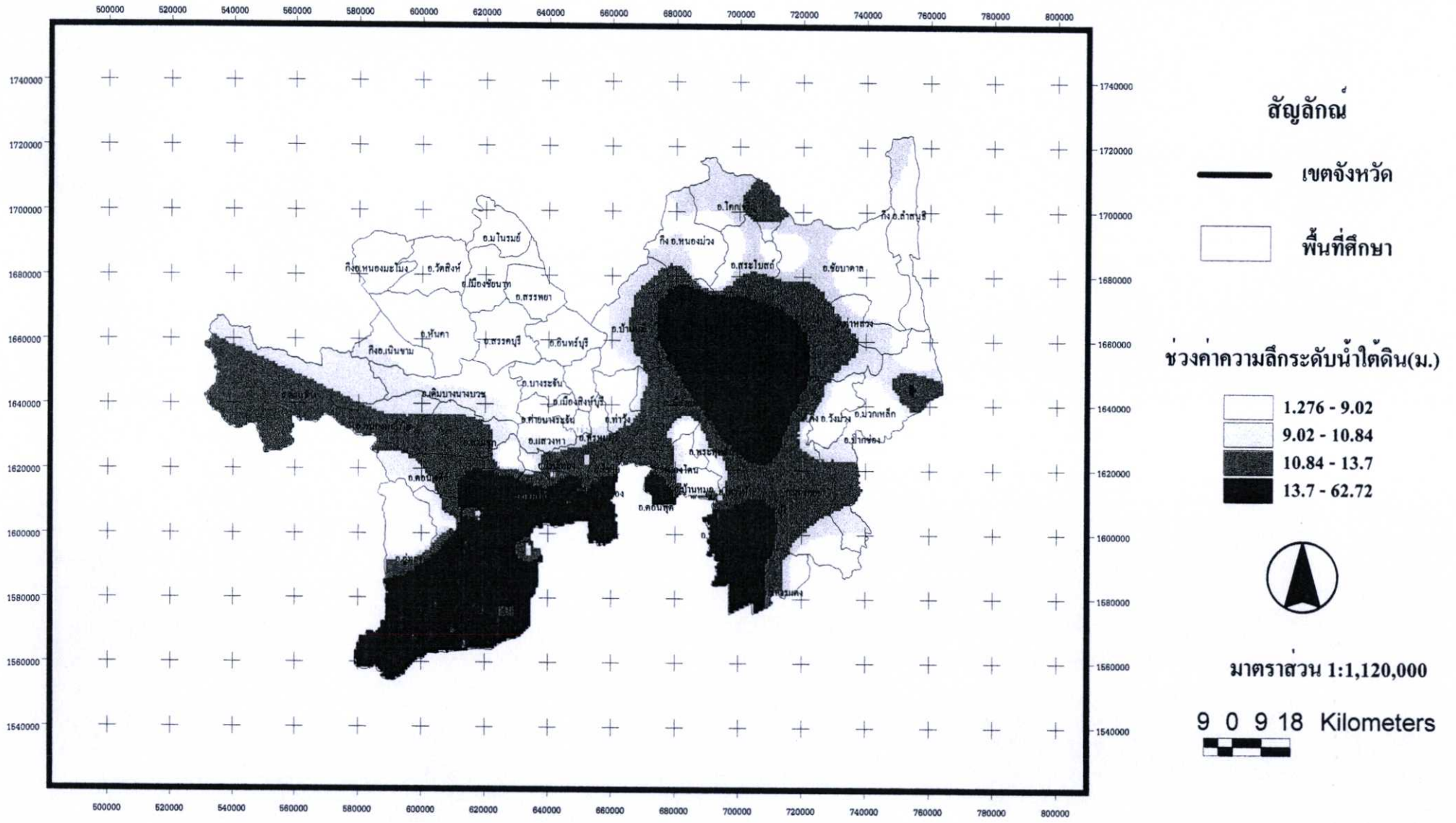
จากตารางที่ 5.9 แสดงเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดลพบุรี ขึ้นอยู่กับ ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน และอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ซึ่งมีค่า Significance 22.40% และ 40.26 % ตามลำดับ ส่วนตัวแปรปริมาณน้ำฝน คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ความลาดชันของพื้นที่ และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ มีค่า Significance 9.09 % 14.45 % 8.27% และ 5.51% ตามลำดับ ถือว่ามีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันน้อย

จากตารางที่ 5.10 แสดงเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดสิงห์บุรี ขึ้นอยู่กับ ตัวแปรอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ และ คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ซึ่งมีค่า Significance 38.63 % และ 25.92 % ตามลำดับ ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ มีค่า Significance 17.28 % มีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำปานกลาง ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำฝน และ ความลาดชันของพื้นที่ มีค่า significance 7.27 % 1.76% และ 9.11 % ตามลำดับ ถือว่ามีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันน้อย

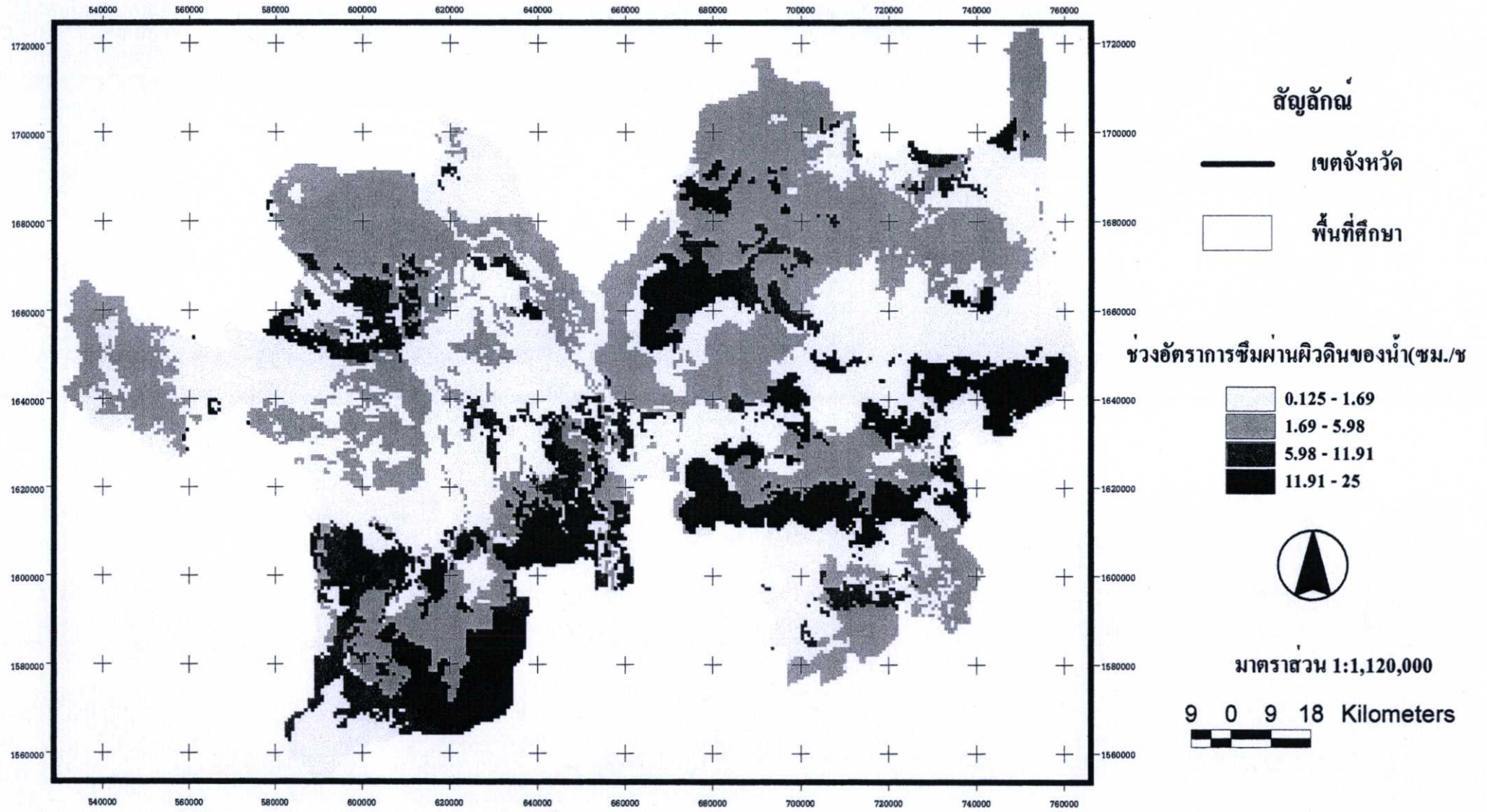
จากตารางที่ 5.11 แสดงเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดสุพรรณบุรีขึ้นอยู่กับ ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน และ อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ซึ่งมีค่า Significance 27.79 % และ 33.73 % ตามลำดับ ตัวแปรคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ มีค่า Significance 13.08 % มีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำปานกลาง ตัวแปรปริมาณน้ำฝน ความลาดชันของพื้นที่ และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ มีค่า Significance 8.05 % 7.94 % และ 9.41% ตามลำดับ ถือว่ามีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันน้อย

จากตารางที่ 5.12 แสดงเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำของจังหวัดอ่างทอง ขึ้นอยู่ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน และอัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ซึ่งมีค่า Significance 23.54 % และ 35.57 % ตามลำดับ ตัวแปรคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ มีค่า Significance 14.01 % และ 16.21% มีผลต่อศักภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำปานกลาง ตัวแปรปริมาณน้ำฝน และ ความลาดชันของพื้นที่ มีค่า Significance 1.95 % และ 8.71% ตามลำดับ ถือว่ามีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันน้อย

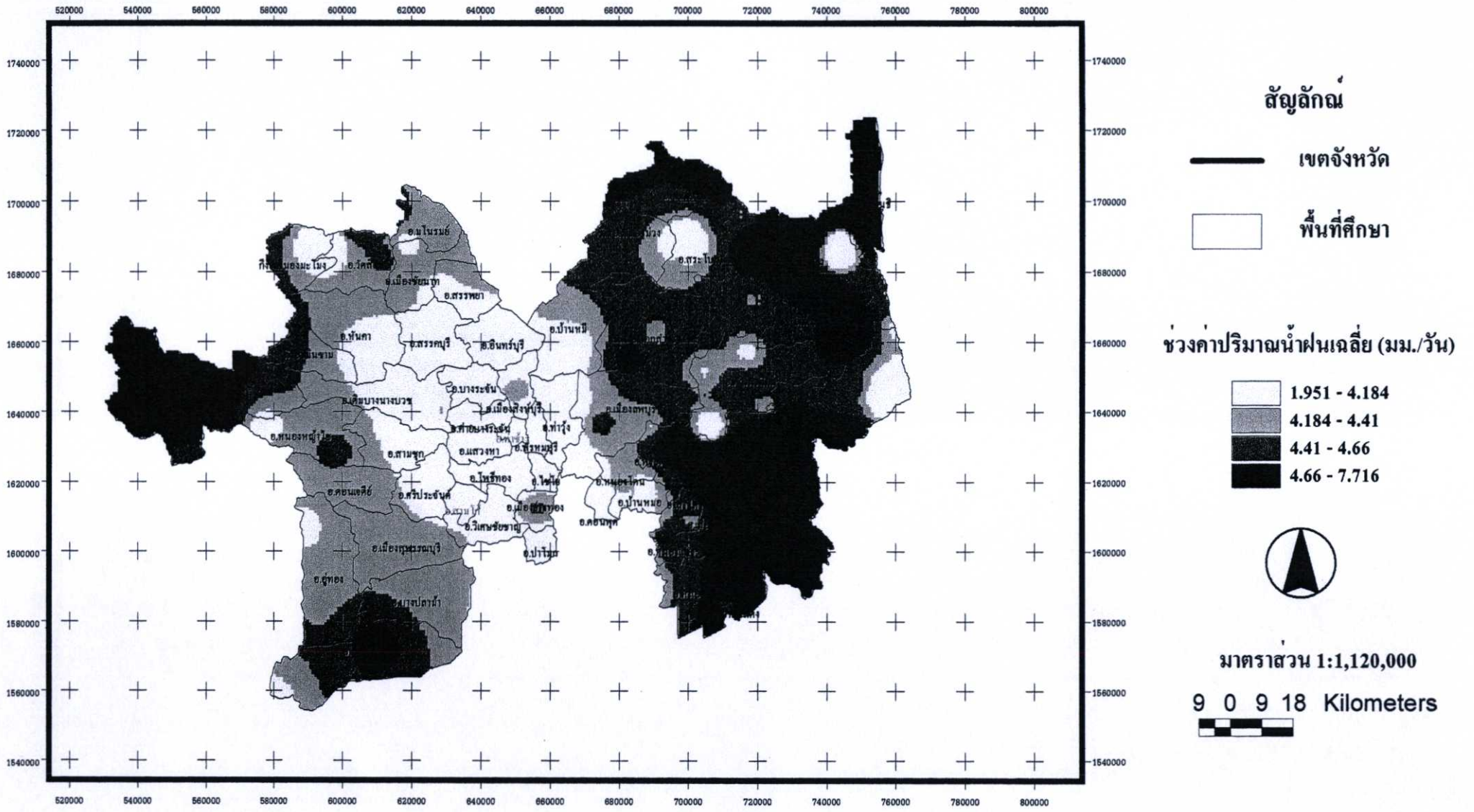
จากตารางที่ 5.13 แสดงเปอร์เซ็นต์แต่ละตัวแปรที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำจังหวัดสระบุรี ขึ้นอยู่ตัวแปรความลึกระดับน้ำใต้ดิน และ อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ซึ่งมีค่า Significance 29.92 % และ 31.58 % ตามลำดับ ตัวแปรคุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ มีค่า Significance 18.59 % โดยมีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันอยู่ระดับปานกลาง ตัวแปรปริมาณน้ำฝน ความลาดชันของพื้นที่ และ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ มีค่า Significance 9.53 % และ 8.31 % ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแปรเหล่านี้มีผลต่อศักยภาพในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันน้อย



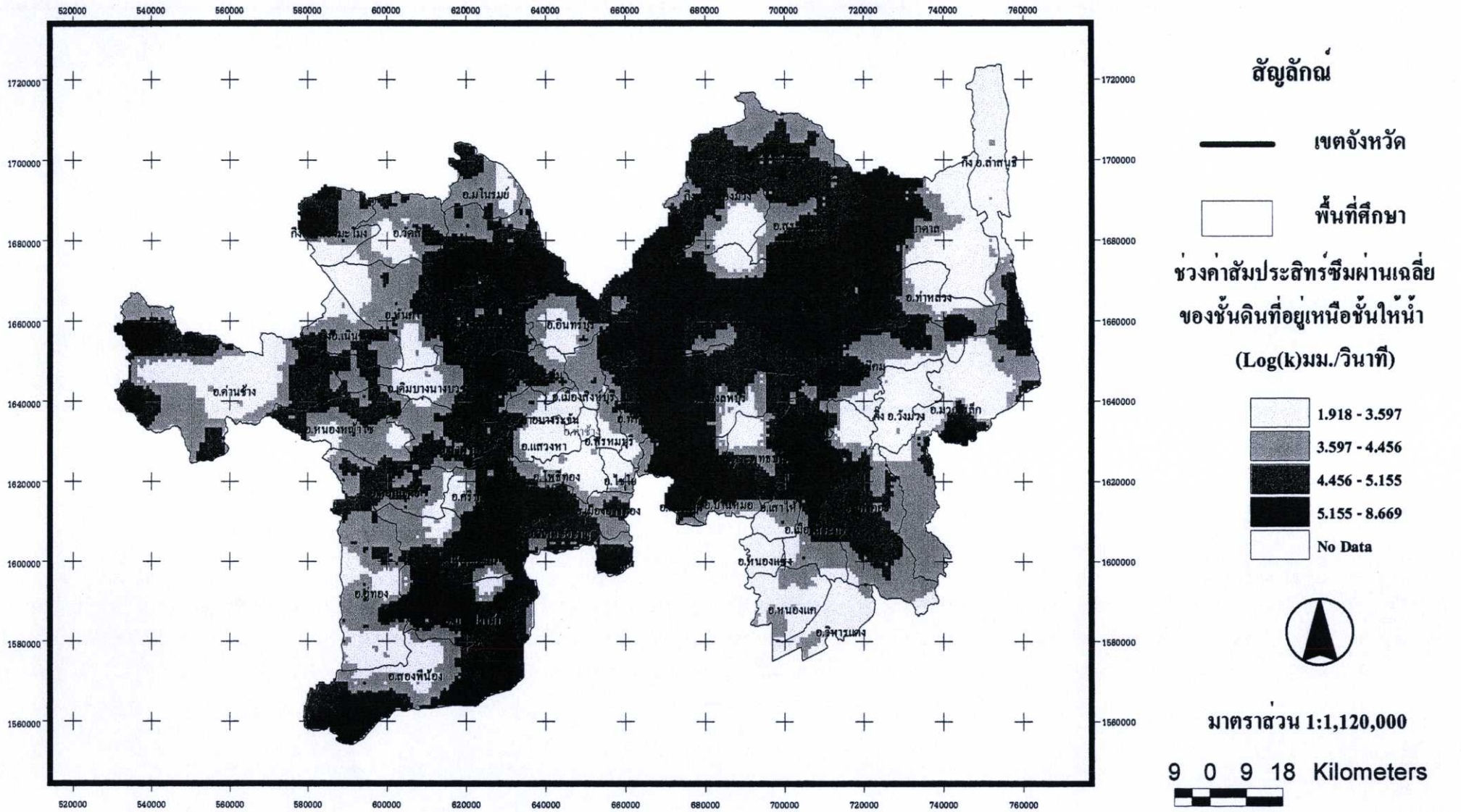
รูปที่ 5.1 แผนที่การวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน



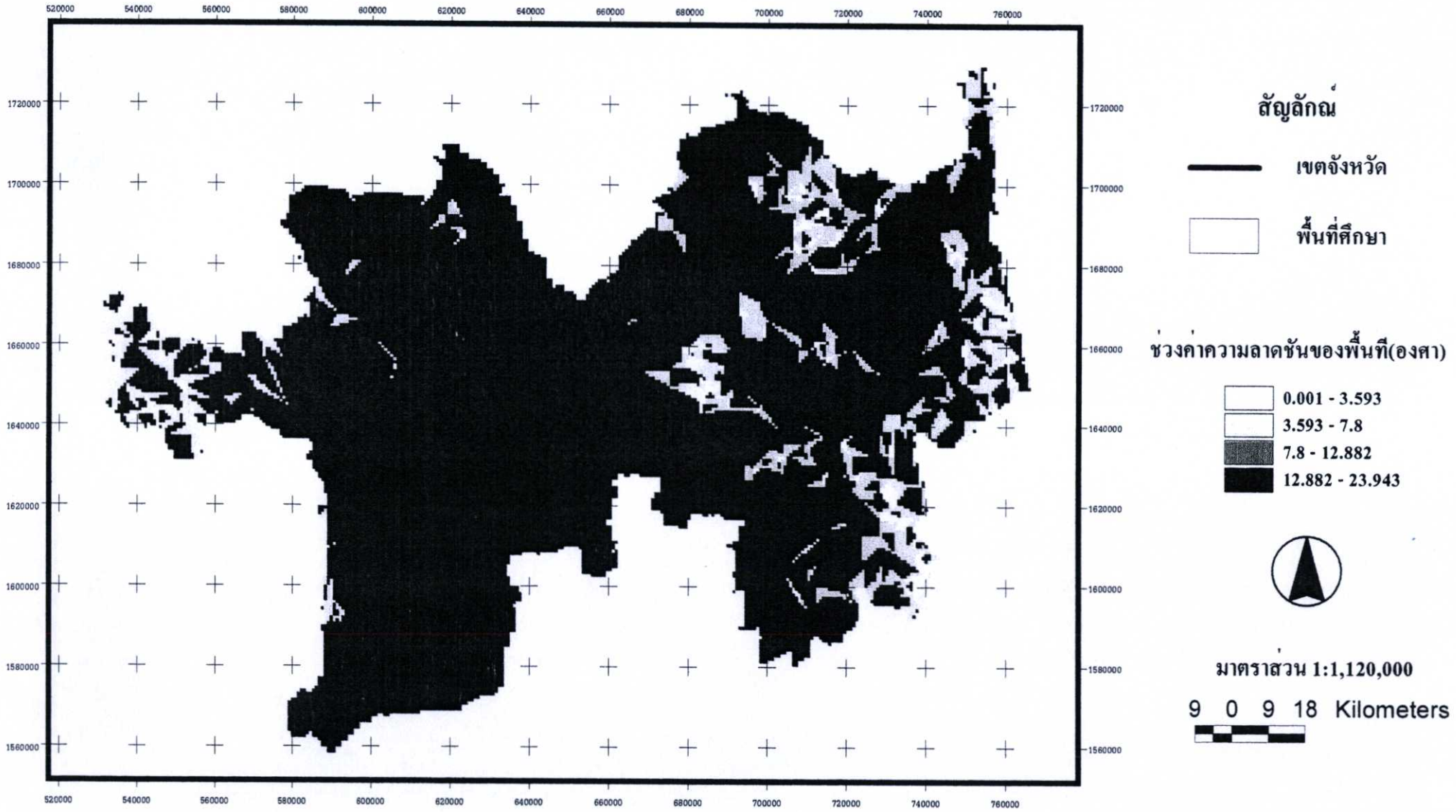
รูปที่ 5.2 แผนที่การวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ



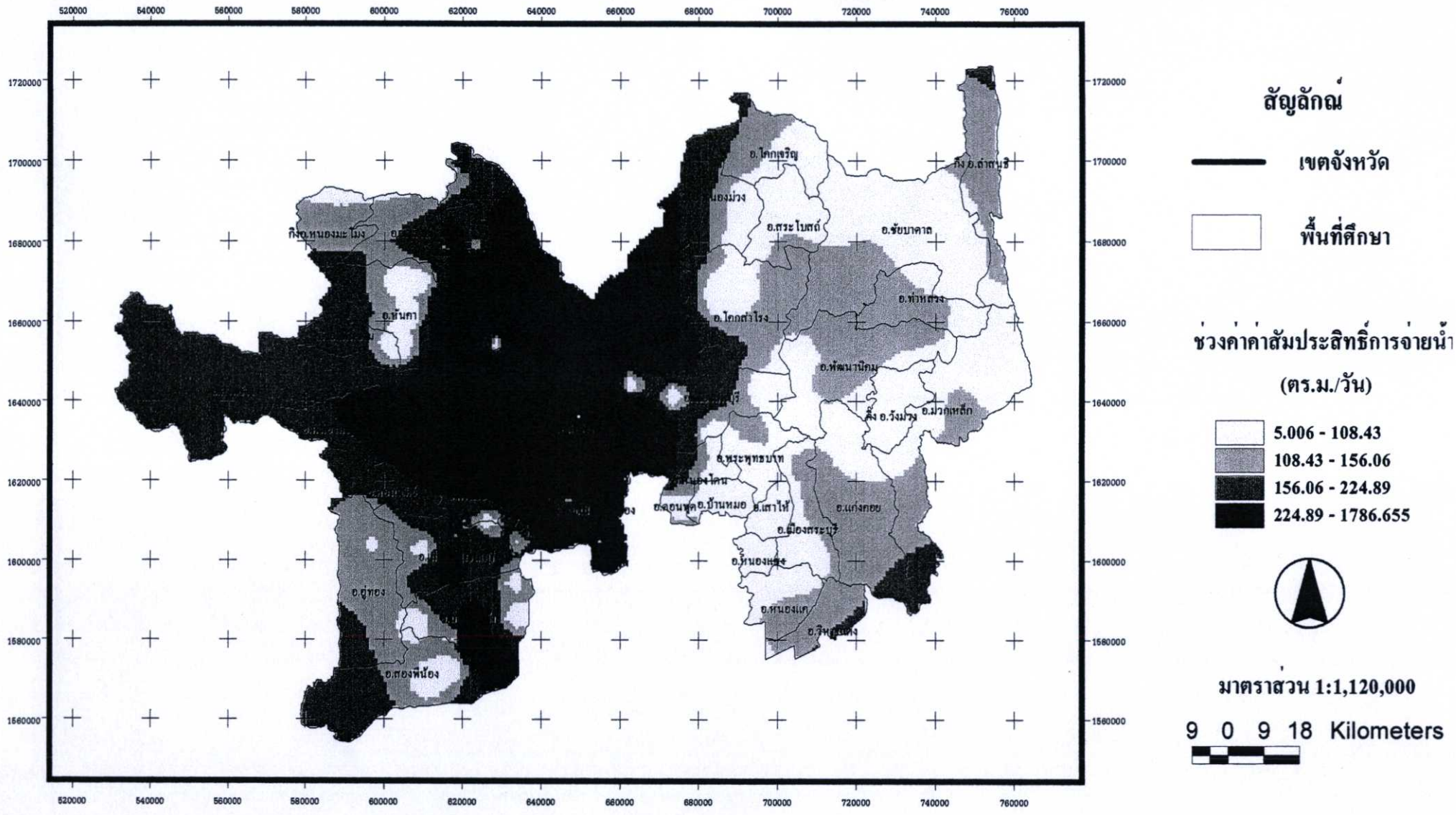
รูปที่ 5.3 แผนที่การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย



รูปที่5.4 แผนที่การวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ



รูปที่ 5.5 แผนที่การวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่



รูปที่ 5.6 แผนที่การวิเคราะห์ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ

บทที่ 6
สรุปการศึกษา

จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำใต้ดิน ข้อมูลด้านต่างๆของพื้นที่ที่ศึกษา ทำให้ได้ข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันในพื้นที่ภาคกลางตอนบนของประเทศไทย ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นและได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่างๆ สามารถนำมาศึกษาและวิเคราะห์ ตัวแปรที่ใช้คือ ข้อมูลระดับน้ำปกติถึงชั้นให้น้ำใช้ศึกษาวิเคราะห์ความลึกระดับน้ำใต้ดิน ข้อมูลคุณสมบัติของดิน 62 ชุดในประเทศไทยใช้ศึกษาวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ ข้อมูลค่าการวัดปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลความลึกของบ่อสังเกตุการณ์และชั้นดินแต่ละประเภทใช้ศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ข้อมูลจุดระดับความสูงใช้ศึกษาวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ และข้อมูลหลุมเจาะการทดสอบอัตราการสูบ Pumping test ใช้ศึกษาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ในการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วย

ขั้นตอนแรกคือศึกษาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลความสำคัญของตัวแปร ศึกษานิยามความหมาย และรายละเอียดเกี่ยวกับตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อสถาพพื้นที่ที่ศึกษาคือพื้นที่ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

การแบ่งช่วงค่าระดับของตัวแปร (Range) โดยใช้กราฟการสะสมของข้อมูลที่ได้ทำการเฉลี่ยโดยโปรแกรม Surfer ทำเป็นกราฟ Histogram แสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของการสะสมกับค่าความถี่ของตัวแปรแต่ละตัว ทำการแบ่ง Range ของค่าระดับที่ต้องการในความถี่โดยใช้สมการ Lagrange Interpolation Polynomial ซึ่งแบ่งช่วงค่าระดับตัวแปรออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 25 % , 50 % , 75 % และ 100 %

การให้ค่าคะแนนหรือการหาค่า Rating ใช้ทฤษฎีการศึกษาของ EPA และดัดแปลงการให้คะแนนตามแบบจำลองของ AHP-AP Model ให้เหมาะกับตัวแปรแต่ละชนิด ซึ่งค่าคะแนนของแต่ละช่วงตัวแปรมี 0.057 , 0.122 , 0.263 , 0.558 ตามลำดับความเหมาะสมของตัวแปรนั้น

การหาค่า Weighting หรือการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้ตัวแปร เป็นการให้คะแนนความสำคัญของค่าตัวแปรโดยตัวแปรแต่ละตัวจะมีเกณฑ์ในการตัดสินใจแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบสอบไปยังผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงาน และ ศึกษาวิจัยทางด้านอุทกธรณีวิทยาเพื่อให้คะแนนความสำคัญของค่าความถ่วงน้ำหนักค่าน้ำหนักของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคาระห์โดยมีค่าตั้งแต่ 1 – 5 ตามลำดับความสำคัญของตัวแปรนั้น

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละตัวแปร

6.1.1 ความลึกระดับน้ำใต้ดิน (Depth to Ground Water)

ค่าความลึกของชั้นน้ำใต้ดินจะแตกต่างกันตามประเภทของชั้นน้ำใต้ดิน ความลึกระดับน้ำใต้ดิน จึงจำแนกตามลักษณะชั้นดินหรือชั้นหินได้ 2 แบบคือ ชั้นน้ำใต้ดินไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) และ ชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน(Confined Aquifer) ผลการวิเคราะห์ คือ พื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดชัยนาท และสิงห์บุรี มีระดับความลึกชั้นน้ำบาดาลประมาณ 1.28 – 9.73 เมตร จากผิวดิน น้ำสามารถซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้เร็ว ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพค่อนข้างต่ำในการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ส่วนพื้นที่บางอำเภอในจังหวัดลพบุรี สระบุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง มีระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาล 50 – 62 เมตร จากผิวดิน น้ำสามารถซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ช้า ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการเติมน้ำแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจาย ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 49.75 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด

6.1.2 อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Surface Infiltration)

พิจารณาจากความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ของดินแต่ละประเภทที่มีลักษณะกายภาพที่แตกต่างกันซึ่งพบว่าในพื้นที่ที่ศึกษาประกอบด้วยกลุ่มดินทั้งหมด 62 ประเภท จากพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำมากที่สุดคือ บางพื้นที่ของจังหวัดลพบุรี สระบุรี และ สุพรรณบุรีซึ่งมีความซึมผ่านของน้ำผิวดินอยู่ในช่วง 11.91 – 25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง น้ำสามารถซึมผ่านได้อย่างรวดเร็ว ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 21.41 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด

6.1.3 ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

จากข้อมูลการวัดน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ที่ศึกษาโดยสำนักพัฒนากรมอุตุนิยมวิทยา และ ได้ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายวัน พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนตกมากสุดที่จังหวัดสระบุรี รองลงมาคือ จังหวัดลพบุรี และ สุพรรรบุรี ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 4.66 – 7.716 มิลลิเมตรต่อวัน ทำให้มีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะเกิดโอกาสน้ำท่วมขังได้ ดังนั้นเป็นพื้นที่ดังกล่าวจึงมีศักยภาพสูง สำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน โดยคิดเป็น 49.28 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด

6.1.4 คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ (Impact of Vadose Media)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity ;K_{sv}) พบว่าชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำในพื้นที่ที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินทราย ดินเหนียว และกรวด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (K) อยู่ในช่วง 1.5E-09 ถึง 0.015 มิลลิเมตรต่อวินาที เนื่องจากชั้นดินเหล่านี้มักจะวางตัวสลับกันในลักษณะของชั้นทรายและชั้นดินเหนียวหรือชั้นทรายและกรวด ซึ่งจะพบว่าบางพื้นที่ใน 6 จังหวัด

จะพบว่าเป็นบริเวณที่ปิดทับด้วยชั้นกรวด ดินร่วนทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.53E-04 ถึง 12.08E-02 มิลลิเมตรต่อวินาทีหรือหลังจากการใส่ ฟังก์ชันลอการิทึม (Log) กับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำจะได้ค่าประมาณอยู่ในช่วง 1.918 ถึง 3.597 เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง สำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน คิดเป็น 22.907 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด ส่วนบริเวณอื่นปิดทับด้วยชั้นดินเหนียวหนา มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.143E-09 ถึง 6.998E-06มิลลิเมตรต่อวินาที หรือหลังจากการใส่ ฟังก์ชันลอการิทึม ให้กับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำจะอยู่ในช่วง 5.155 ถึง 8.669 เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ สำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน

6.1.5 ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)

จากข้อมูลภูมิศาสตร์ของกรมแผนที่ทหาร พบว่าทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และตอนกลางของจังหวัดลพบุรี ทางด้านทิศตะวันตกของจังหวัดสุพรรรบุรี และทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดสระบุรี เป็นพื้นที่ที่มีระดับความสูงฉลี่ย 315 - 709 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากอยู่ที่ 7.8 - 23.94 องศา เมื่อฝนตกจะเกิดการไหลของน้ำท่าที่รวดเร็วทำให้น้ำซึมผ่านลงสู่ใต้ดินได้ยาก ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ สำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ส่วนพื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดสิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรรบุรี ชัยนาท มีระดับความสูงฉลี่ยประมาณ 9 - 163 เมตร เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย คือมีค่าระหว่าง 0.014 - 0.43 องศา เมื่อฝนตกจะเกิดการไหลของน้ำท่าที่ไหลเทช้าและค่อยๆซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ดี ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ สำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน คิดเป็น 88.98 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด

6.1.6 ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity)

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลหลุมเจาะการทดสอบอัตราการสูบ pumping test พบว่าพื้นที่เกือบทั้งหมดของจังหวัดสิงห์บุรี และ อ่างทอง มีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ อยู่ระหว่าง 224.89 - 1786.65 ตารางเมตรต่อวัน เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน คิดเป็น 25.04 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด ส่วนพื้นที่บางพื้นที่ในบริเวณจังหวัดลพบุรี และ สระบุรี มีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ อยู่ระหว่าง 5.006 – 108.43 ตารางเมตรต่อวัน เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพค่อนข้างต่ำสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันคิดเป็น 24.37 % ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมด

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของตัวแปรทั้งหมดในขั้นตอนสุดท้ายจะได้เป็นรูปแบบ Grid ซึ่งได้จากการคูณกันระหว่างค่าคะแนน (rating) โดยทำการแบ่งออกเป็นช่วงๆ ซึ่งค่าคะแนนของแต่ละช่วงตัวแปรมี 0.057, 0.122, 0.263, 0.558 ตามลำดับความเหมาะสมของตัวแปรนั้น ส่วนค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 (ดังแสดงในตารางที่ 4.11) ตามลำดับความสำคัญของตัวแปรนั้น เพื่อให้ได้ค่าดัชนี AHP-AR model ตามสมการ 2.12 ที่แสดง

ถึงระดับความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน ในแต่ละพื้นที่ของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

6.2 สรุปผลการศึกษา และ ระดับความเหมาะสม

จากแผนที่การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายใน 6 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทย (รูปที่6.1) สามารถสรุปผลการศึกษา และ แบ่งระดับความเหมาะสมได้เป็น 4 ระดับดังนี้

1. พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ 1 เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมระดับต่ำคือ บริเวณอำเภอ สระโบสถ์ โคกเจริญ พื้นที่บางส่วนของอำเภอชัยบาดาล บ้านหมี กิ่งอำเภอหนองม่วง อำเภอเมืองจังหวัดลพบุรี พื้นที่บางส่วนอำเภอ อำเภอ หนองมะโมง หันคา สรรคบุรี มโนรมย์ อำเภอเมืองจังหวัดชัยนาท พื้นที่บางส่วนของอำเภอ มวกเหล็ก หนองโดน บ้านหมอ จังหวัดสระบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ ดอนเจดีย์ อู่ทอง ด่านช้าง เดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ บางระจัน ท่าวุ้ง จังหวัด สิงห์บุรี ซึ่งมีค่า AHP-AR INDEX อยู่ในช่วง 1.034 - 2.929 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 2,544,111 ไร่ หรือประมาณ 21.675 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

2. พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ 2 เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ ปานกลาง คือบริเวณอำเภอท่าหลวง พัฒนานิคม พื้นที่บางส่วนของอำเภอ โคกเจริญ โคกสำโรง กิ่งอำเภอลำสนธิ อำเภอเมืองจังหวัดลพบุรี อำเภอ สามชุก หนองหญ้าไซ เดิมบางนางบวช ด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ แก่งคอย มวกเหล็ก พระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี อำเภอ หันคา วัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท อำเภอ อินทร์บุรี ท่าวุ้ง ค่ายบางระจัน อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ซึ่งมีค่า AHP-AR INDEX อยู่ในช่วง 2.929 - 4.824 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 6,672,496 ไร่ หรือประมาณ 53.216 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

3. พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ 3 พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ ค่อนข้างสูง คือบริเวณอำเภอดอนพุด พื้นที่บางส่วน หนองแค หนองแซง เสาไห้ มวกเหล็ก กิ่งอำเภอวังม่วง อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ บ้านหมี่ โคกสำโรง กิ่งอำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี พื้นที่บางส่วนอำเภอ ด่านช้าง อู่ทอง สองพี่น้อง บางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอ ไชโย พื้นที่บางส่วนอำเภอ โพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง พื้นที่บางส่วนของกิ่งอำเภอ เนินขาม จังหวัดชัยนาท ซึ่งมีค่า AHP-AR INDEX อยู่ในช่วง 4.824 - 6.719 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 2,409,395 ไร่ หรือประมาณ 20.528 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

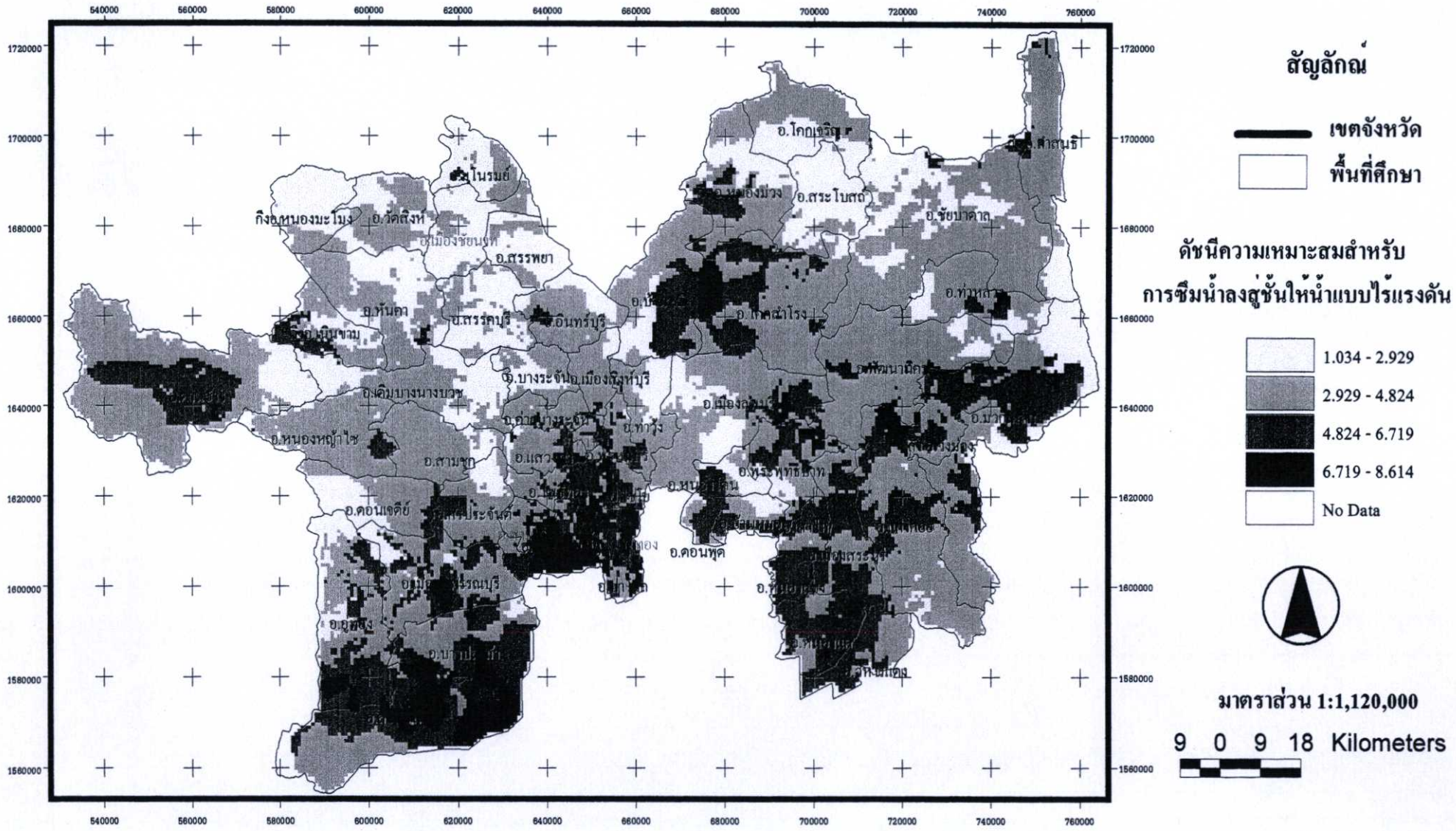
4. พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับ 4 พื้นที่ที่มีศักยภาพในระดับสูงคือบริเวณอำเภอ วิเศษชัยชาญ พื้นที่บางส่วนอำเภอ ป่าโมก อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง พื้นที่บางส่วนของอำเภอ อู่ทอง สองพี่น้อง บางปลาม้า อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ บ้านหมี โคกสำโรง จังหวัดลพบุรี พื้นที่บางส่วนของอำเภอ แก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งมีค่า AHP-AR INDEX อยู่ในช่วง 6.719 – 8.614 ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 537,651 ไร่ หรือประมาณ 4.58 % ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

ตารางที่ 6.1 การแบ่งประเภทความเหมาะสมสำหรับการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย

ประเภทความเหมาะสม	ช่วงค่าดัชนี AHP-AR model	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เหมาะสมน้อย	1.034 - 2.929	2,544,111	21.675
เหมาะสมปานกลาง	2.929 - 4.824	6,246,053	53.216
เหมาะสม	4.824 - 6.719	2,409,395	20.528
เหมาะสมมาก	6.719 – 8.614	537,651	4.58

จากผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันของ 6 จังหวัดภาคกลางตอนบน ประเทศไทย โดยตัวแปรที่ได้ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีทั้งหมด 6 ตัวแปร และ ได้ใช้การวิเคราะห์โดยหลักการ AHP-AR model ร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันมากที่สุดคือจังหวัดอ่างทอง

จากการคำนวณค่า Significance เฉลี่ยของตัวแปรทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่มีศักยภาพของการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดันใน 6 จังหวัดภาคกลางบนของประเทศไทยได้แก่ ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน อัตราการซึมผ่านน้ำของผิวดิน และ คุณสมบัติของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับแบบสอบถาม โดยตัวแปรทั้ง 3 ตัวมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) สูง



รูปที่ 6.1 แผนที่ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพการซึมน้ำลงสู่ชั้นให้น้ำแบบไร้แรงดัน

บรรณานุกรม

[1] Uma Seeboonruang, Sombat Chuenchooklin, Phattaporn Mekpruksawong and Tsutomu Ichikawa. "Feasibility study for artificial recharge at a field in Northern part of Thailand." Pro. Of the 1st KMITL International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development Bangkok. Vol.1, August 2004. 179-182.

[2] Jafar Ghayoumain, B. Ghermezcheshme, S. Feiznia and A. A. Noroozi.2004. "Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran." **Environmental Geology International Journal of Geosciences**, 10.1007/s00254-004-1169-y:331-342.

[3] J. Ghayoumian, M. Mohseni Saravi, S. Feiznia, B. Nouri, A. Malekian. 2007. "Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in Southern Iran." **Journal of Asian Earth Sciences,** vol.30, pp. 364-374.

[4] Saraf, A. K. and Choudhury, P. R.1998. "Integrated Remote Sensing and GIS for Groundwater Exploration and Identification of artificial recharge sites." **International Journal of Remote Sensing.** 19(10), 1825-1841.

[5] Herman Bouwer. 2002. "Artificial recharge of groundwater hydrogeology and engineering." **Hydrogeology Journal**, 10:121-142.

[6] Saraf ,a.k and p.r. choud hury, 1998 ."Integrated remote sensing and GIS for ground water exploration and identification of artificial recharge sites." **International journalof remote sensing**.vol.19 no.10:2595-2618

[7] D. Thirumalaivasan, M. Karmegam, K. Venugopal. 2003. "AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS." **Environmental Modelling & Software** 18:645–656.

[8] Alexandra Gemitzi, Christos Petalas, Vassilios A. Tsihrintzi, Vassilios Pisinaras. 2006. "Assessment of groundwater vulnerability to pollution a combination of GIS, fuzzy logic and decision making techniques.".**Environ Geol** 49: 653-673.

[9] D. Thirumalaivasan, Dr. M. Karmegam. 2001. "Aquifer Vulnerability Assessment Using Analytic Hierarchy Process and GIS for Upper Palar Watershed." Asian Association on Remote Sensing (AARS).

[10] Dr. Gholan Reza Zehtabian, Dr. Seyed Kazem Alavipanah and Rahin Hamedpanah. 2001. "Determination of an Appropriate Area for Flood Water Spreading by Remote Sensing Data and GIS in the Tagharood Catchment (IRAN)." International Conference FIG working.

[11] สุวณี ศรีธวัช ณ อยุธยา.2538. **การวิจัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มดินในประเทศไทย.** ฉบับที่ 380. กรุงเทพฯ: กองสำรวจ และ จำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษ และ สหกรณ์

[12] ปาริสา หนูแสง, วัชราพร ชัชวรัตน์. 2548. "การประเมินความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนของน้ำบาดาล จ. นครนายก." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรม โยธา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[13] มหาวิทยาลัยขอนแก่น.2551. **ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล.** เล่มที่ 9/10. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และ สิ่งแวดล้อม

[14] 2535. **รายงานการสำรวจดิน จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดอ่างทอง และ จังหวัดสุพรรณบุรี** กรมพัฒนาที่ดิน

[15] วิฑูรย์ ตันศิริคงคล.2542. **AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก.** กรุงเทพมหานคร : กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง เซ็นเตอร์.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย อริยศักดิ์ ตุนาลม
วัน เดือน ปีเกิด	28 กุมภาพันธ์ 2522
ที่อยู่	เวียงจันทน์ สาธารณรัฐ ประชาธิปไตย ประชาชนลาว
ประวัติการศึกษา	2546 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัย คมนาคม และ ขนส่ง (ฮานอย ประเทศเวียดนาม) 2549 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การประชุมวิชาการ
วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13

THE 13th NATIONAL CONVENTION ON CIVIL ENGINEERING

วิศวกรรมโยธาภายใต้ปรัชญา

เศรษฐกิจพอเพียง

14-16 พฤษภาคม 2551

ณ โรงแรม จอมเทียน ปาล์ม บีช, พัทยา

ร่วมจัดโดย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

การศึกษาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการเติมน้ำแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายในภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

A Study on Potential Areas for Artificial Recharge by Spreading Basin in the Upper Central Plain of Thailand

อริยศักดิ์ ตุนาลม (Aliyasack Tounalom)[1]
อุมา สีบุญเรือง (Uma Seeboonruang)[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท E-mail:Aliyasack@hotmail.com
[2]ดร. E-mail:kseuma@kmitl.ac.th
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ : ภาคกลางตอนบนของประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และ ลุ่มน้ำป่าสัก ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดต่างๆเช่น อ่างทอง สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท และ สุพรรณบุรี มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 19,346.844 กม^2 สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง เหมาะแก่การทำนา และ เพาะปลูกพืชต่างๆดังนั้นน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน และ ขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง การแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนคือการนำน้ำที่เหลือใช้เติมลงใต้ดิน ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการเติมน้ำส่วนเกินในช่วงฤดูฝนลงสู่ใต้ดินด้วยการเติมน้ำแบบไร้แรงดัน โดยตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ความลาดชันของพื้นที่, การระบายน้ำของพื้นที่, ความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน, และ คุณสมบัติชั้นผิวดิน จากนั้นใช้โปรแกรม Arcview ในการรวบรวม และ เปลี่ยนตัวแปรทั้งหมดที่กล่าวมาให้อยู่ในรูปแบบ GIS หลังจากนั้นวิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่โดยใช้สมการ Potential Index ผลที่ได้อยู่ในรูปแผนที่ที่แสดงถึงศักยภาพของพื้นที่ภาคกลางตอนบนในการเป็นพื้นที่เติมน้ำ

ABSTRACT : The upper central plain of Thailand locates on the Chaopraya and Pasakik river basins and includes provinces such as Angthong, Saraburi, Lopburi Singburi, Chainat and Suphanburi. The total area is about 19,346.844 km^2. Generally, the topography is relatively flat and area is floodplain and thus it is very suitable for rice farming and planting. Therefore, water is an important factor for the area production. However, the region faces with the problem of inundation in wet season and water scarcity in dry season. Therefore, the sustainable solution requires inputting the surplus water underground and extracting it when water shortage comes. The main objective of this research is locating potential locations for recharge by using a spreading basin. Parameters used for analysis are slope, drainage, depth to groundwater and texture of soil surface. Arcview program is applied to integrate and convert all parameters into GIS shapefiles and data tables. The subsequent analysis requires the potential index equation. The result reveals the map showing the potential of the upper middle area as an artificial recharge site.

KEYWORDS : Spreading Basin, Surplus Water, Artificial Recharge.

1. คำนำ

ประชากรส่วนใหญ่ในจังหวัดภาคกลางตอนบนเช่น อ่างทอง สระบุรี ลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท และ สุพรรณบุรี ประ กอบอาชีพทำนาปลูกข้าวเป็นหลัก แต่บางส่วนมีการปลูกพืชผักผลไม้ จะเห็นได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดกลางตอนบนที่กล่าวมาข้างต้นมี 10,783.656 กม^2 นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอุตสาหกรรม กระดาษ อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมผลิตนม อุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งล้วนแล้วต้องใช้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต แต่พบว่ามีพื้นที่เป็นบริเวณกว้างประสบกับปัญหาพื้นที่แห้งแล้ง เนื่องจากไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง พื้นที่ศึกษาทั้ง 6 จังหวัดในภาคกลางตอนบนประกอบไปด้วยลุ่มน้ำใหญ่สามลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ 157,000 กม^2 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประ มาณ 1,731.8 ล้าน ลบ.ม ลุ่มน้ำป่าสักมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 16,292 กม^2 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 2,897.3 ล้าน ลบ.ม และ ลุ่มน้ำท่าจีน 14,199 กม^2 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 1,364.4ล้าน ล.บ.ม

แต่เนื่องจากลักษณะพื้นที่แห่งนี้เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง จึงทำให้ในฤดูฝนมีกระแสน้ำจะไหลจากด้านบนลงมาอย่างรวดเร็ว บ่าล้นตลิ่งท่วม และ ทำความเสียหายให้กับสวนไร่นา ตลอดจนบ้านเรือน และ ทรัพย์สินของราษฎร ปัญหาอุทกภัยในเขตลุ่มน้ำป่าสักส่งผลกระทบถึงกรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑลที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ในทางกลับกันในฤดูแล้งมักประสบปัญหาขาดแคลนน้ำใช้เพื่อการเกษตร การอุปโภคบริโภค อย่างไรก็ตามปัจจุบันถึงจะมีระบบชลประทาน และ อ่างเก็บน้ำทั้งขนาดใหญ่ กลางหลายแห่งแต่ก็ยังไม่พอเพียงกับความต้องการใช้น้ำ ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการเติมน้ำส่วนเกิน และ น้ำท่าในช่วงฤดูฝนลงสู่ใต้ดินด้วยการเติมน้ำแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจาย เพื่อเป็นการบรรเทาน้ำท่วม และ แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งแบบยั่งยืน

2. การศึกษาที่ผ่านมา

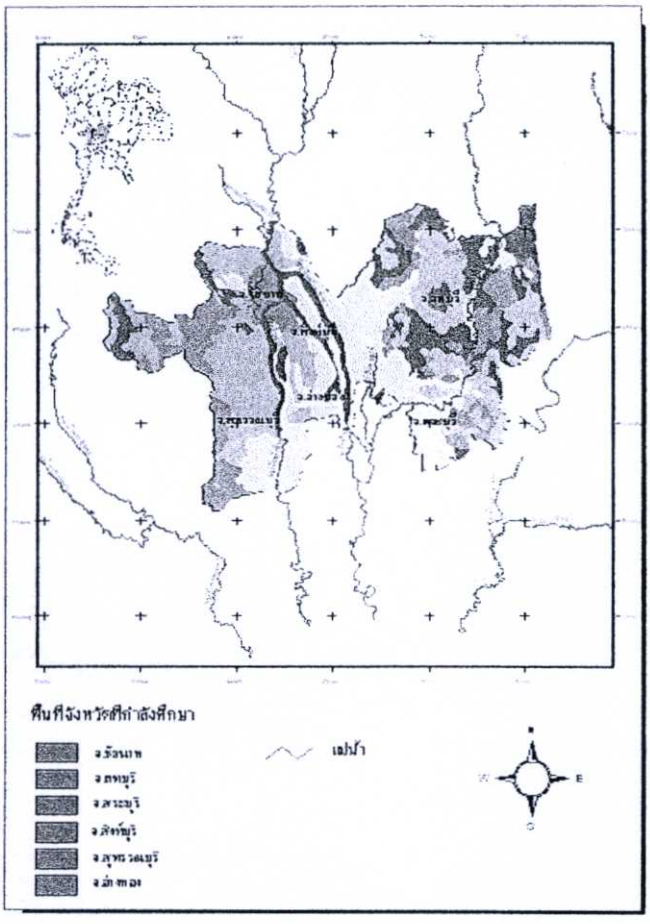
J. Ghayoumian (2006) [5] ได้สรุปเรื่องการหาพื้นที่เติมน้ำลงสู่ใต้ดิน (Artificial Recharge) ว่าพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการเติมน้ำลงใต้ดินแบบไม่ใช้แรงดันโดยการแพร่กระจายนั้นต้องวิเคราะห์จากตัวแปรในพื้นที่ศึกษาเช่น ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) อัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration rate) ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน (Depth to groundwater) และ ค่านำไฟฟ้า (Electric conductivity) จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดมาทำการแบ่งประเภทความเหมาะสม แล้วนำมาแปลงให้อยู่ในรูปของ GIS ส่วนขั้น ตอนการวิเคราะห์ได้ใช้หลักการ Boolean และ Fuzzy logic เป็นตัวกำหนดตำแหน่งพื้นที่เหมาะสม

J. Ghayoumian [6] ยังได้สรุปว่าตัวแปรอื่นๆที่สำคัญในพื้นที่ศึกษานอกจาก ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) อัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration rate) ยังมีความหนาของชั้นอุ้มน้ำ (Aquifer thickness) ความสามารถในการส่งผ่านน้ำ (Transmissivity) และ คุณภาพน้ำ (Water quality) จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดมาทำการแบ่งประเภทความเหมาะสม แล้วนำมาแปลงให้อยู่ในรูปของ GIS ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ใช้หลักการ Decision System Supportเป็นตัวกำหนดตำแหน่งพื้นที่เหมาะสม

ในการศึกษาครั้งนี้ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ความลาดชันของพื้นที่ (Slope), การระบายน้ำของพื้นที่ (Drianage), ความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน (Depth to groundwater), และ คุณสมบัติชั้นผิวดิน (Texture of soil surface)

3. พื้นที่ศึกษา

เนื่องจากภาคกลางตอนบนเกือบทุกจังหวัดมีฝนตกน้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์ฝนตกน้อย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง แต่ภาคนี้จะมีปัญหาน้ำท่วมเนื่องจากได้รับน้ำฝนที่ไหลมาจากภาคเหนือ รวมทั้งพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มทำให้สามารถรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้ มีแม่น้ำสายใหญ่ไหลผ่านเช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำท่าจีน และ แม่น้ำลพบุรี ซึ่งแม่น้ำเจ้าพระยามีจุดกำเนิดอยู่ที่ปากน้ำโพจังหวัดนครสวรรค์ โดยจะไหลจากทิศเหนือลงสู่อ่าวไทย ส่วนลุ่มน้ำป่าสักมีลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก วางตัวตามแนวทิศเหนือถึงทิศใต้ บริเวณตอนบนของลุ่มน้ำมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ล้อมรอบ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและมีที่ราบเพียงเล็กน้อย ส่วนตอนกลางเป็นที่ราบสลับกับเนินเขา ตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะโดยรวมจะถูกล้อมรอบด้วยภูเขาทั้ง 2 ด้าน มีแม่น้ำป่าสักไหลอยู่ตรงกลางจากทิศเหนือลงทิศใต้แล้วไหลผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี และ สระบุรี มาบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยา ดังภาพที่1 แสดงพื้นที่ศึกษา



ภาพที่1 แผนที่แสดงให้เห็นพื้นที่จังหวัดที่กำลังศึกษา

4. อุปกรณ์และวิธีการ

1. เก็บรวบรวมข้อมูลชุดดิน และ การระบายน้ำของดินจากกรมพัฒนาที่ดิน [1] เส้นชั้นความสูงจากกรมแผนที่ทหาร [2] ข้อมูลอุทกภัย และ การใช้น้ำเพื่อการเกษตรจากกรมชลประทาน [3] ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล [4] ของแต่ละจังหวัดภาค กลางตอนบนที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2. จากนั้นนำตัวแปรแต่ละตัวมาแบ่งความเหมาะสมเป็นช่วงซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1- 4 โดยตำแหน่งที่มีศักยภาพสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 4 และ ตำแหน่งที่มีศักยภาพต่ำที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 1 ถึง 4 หลังจากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้มาคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรที่มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อให้ได้ค่าดัชนี Potential ที่แสดงถึงความเหมาะสมของการเติมน้ำในแต่ละจังหวัด ดังสมการ Potential Index

$$\text{Potential Index} = S_r.S_w+Dr_r.Dr_w+D_r.D_w+T_r.T_w$$

S คือ ความลาดชันของพื้นที่

Dr คือ การระบายน้ำ

D คือ ความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน

T คือ คุณสมบัติของผิวดิน

r คือ ค่าที่ได้จากการแบ่งช่วงของแต่ละตัวแปรต่างๆ (rating)

w คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวแปรเท่ากับ 1 (weight)

ตารางที่1 การแบ่งระดับความเหมาะสมของแต่ละตัวแปร

	Slope(S)	Drain(Dr)	Depth(D)	Texture(T)
เหมาะสมมาก	4	4	4	4
เหมาะสม	3	3	3	3
ค่อนข้างเหมาะสม	2	2	2	2
ไม่เหมาะสม	1	1	1	1

ตารางที่2 การแบ่งช่วง (Rate) ของความลาดชันของพื้นที่ (S)

ประเภท	ความลาดชันของพื้นที่ (S) %	ความเหมาะสม
1	> 8	ไม่เหมาะสม
2	4 – 8	ค่อนข้างเหมาะสม
3	2 – 4	เหมาะสม
4	0 – 2	เหมาะสมมาก

ตารางที่3 การแบ่งช่วง (Rate) ของความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน (D)

ประเภท	ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน (D) เมตร	ความเหมาะสม
1	ลึกมาก (>150)	ไม่เหมาะสม
2	ลึก (100-150)	ค่อนข้างเหมาะสม
3	ลึกปานกลาง (50-100)	เหมาะสม
4	ตื้น (25-50)	เหมาะสมมาก

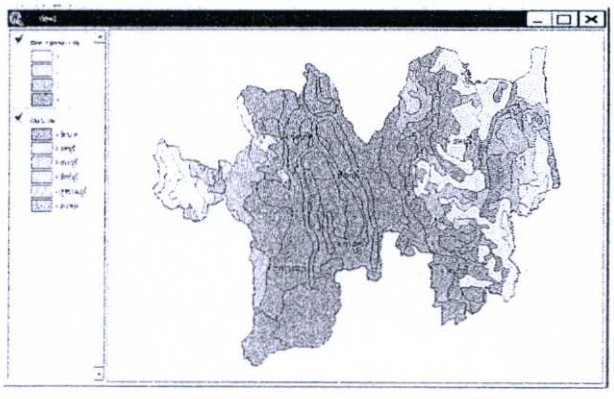
ตารางที่4 การแบ่งช่วง (Rate) ของการระบายน้ำ (Dr)

ประเภท	การระบายน้ำ (Dr)	ความเหมาะสม
1	เลว	ไม่เหมาะสม
2	ค่อนข้างเลว	ค่อนข้างเหมาะสม
3	ดีปานกลาง	เหมาะสม
4	ดี	เหมาะสมมาก

ตารางที่5 การแบ่งช่วง (Rate) ของคุณสมบัติผิวดิน (T)

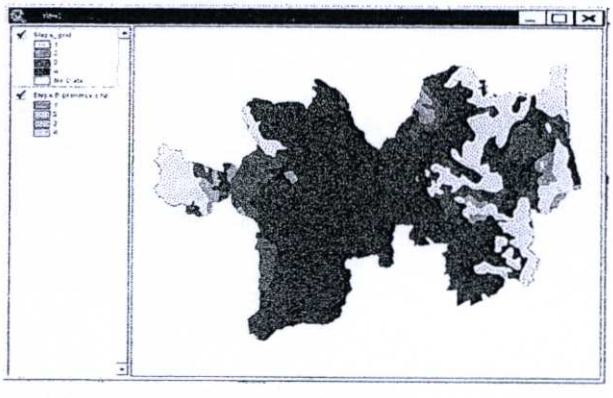
ประเภท	คุณสมบัติผิวดิน (T)	ความเหมาะสม
1	C, Cl,	ไม่เหมาะสม
2	SGCL, SGC, L, SCL	ค่อนข้างเหมาะสม
3	SIL, SL, LS	เหมาะสม
4	GL, GSIL, SGSL, SGLS	เหมาะสมมาก

3. นำข้อมูลที่ได้จากข้างต้นมาแปลงเป็นข้อมูล GIS โดยใช้ Program Arcview 3.3 เป็นเครื่องมือในการแปลงให้อยู่ในรูป Shapefile ดังภาพที่ 2



ภาพที่2 Shapefile ที่แสดงให้เห็นระดับของความลาดชันของพื้นที่

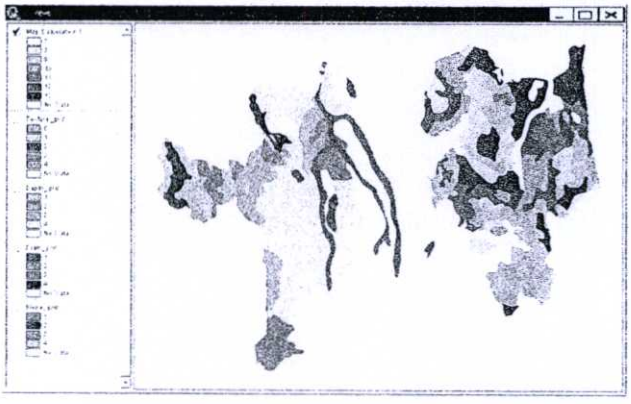
4. จากนั้นนำข้อมูลแต่ละตัวแปรในรูป Shapefile ไปทำการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบ Grid เพื่อใช้ในการคำนวณ โดยแบ่งตาราง Grid ให้มีขนาด 50 * 50 ตร.ม. ดังภาพที่ 3



ภาพที่3 Shapefile ที่แสดงให้เห็นระดับของความลาดชันของพื้นที่ในรูป Slope_grid

5. จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดที่อยู่ในรูป Grid มารวมไว้ใน view เดียวกันแล้วทำการคำนวณค่าคะแนน โดยเอา Grid แต่ละตัวแปรคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก, แต่ w คือ ค่าถ่วงน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 1 แล้วเอามาบวกกันทั้งหมด

ดังนั้น Potential Index = $S_r + Dr_r + D_r + T_r$



ภาพที่4 Shapefile ที่แสดงให้เห็นผลการคำนวณของตัวแปรทั้งหมด

6. จากนั้นทำการ Reclassify ให้อยู่ใน 4 ระดับตามที่ได้แบ่งไว้ในข้างต้น

ตารางที่6 การจัดแบ่งระดับความเป็นไปได้ Reclassify

ระดับ	ค่าที่ได้หลังจาก Reclassify	ความเหมาะสม
1	7	ต่ำสุด
2	8 – 9	ค่อนข้างต่ำ
3	10 – 11	มาก
4	12 – 13	มากที่สุด

5. ผลการศึกษา และ การวิเคราะห์

5.1 จากการวิเคราะห์เบื้องต้นเห็นได้ดังนี้

1) ความลาดชันของพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ที่จังหวัดลพบุรี และ มีศักยภาพต่ำสุดอยู่จังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี

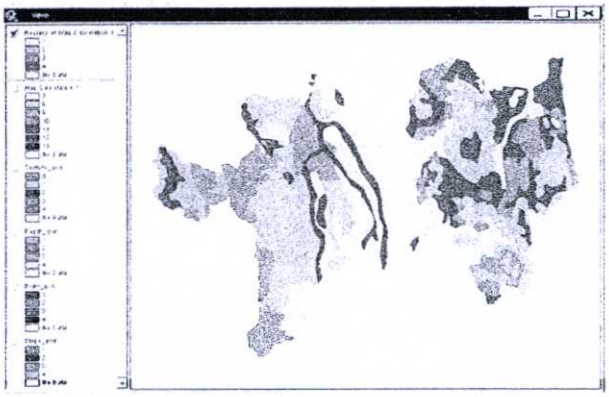
2) การระบายน้ำที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ที่จังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี และ มีศักยภาพต่ำสุดอยู่จังหวัดลพบุรี

3) ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ที่จังหวัดชัยนาท

อ่างทอง สิงห์บุรี สุพรรณบุรี และ มีศักยภาพต่ำสุดอยู่จังหวัดลพบุรี

4) คุณสมบัติผิวดินที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่ที่จังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี และ มีศักยภาพต่ำสุดอยู่จังหวัดสระบุรี

5.2 จากนั้นนำตัวแปรทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนสุดท้าย เอา Grid ที่ได้ทำการคูณกันระหว่างค่าคะแนน (rating) ซึ่งมีค่าความเหมาะสมตั้งแต่ 1 – 4 และ ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ที่มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อให้ได้ค่าดัชนี Potential Index ที่แสดงถึงระดับความเป็นไปได้สำหรับการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายในแต่ละพื้นที่

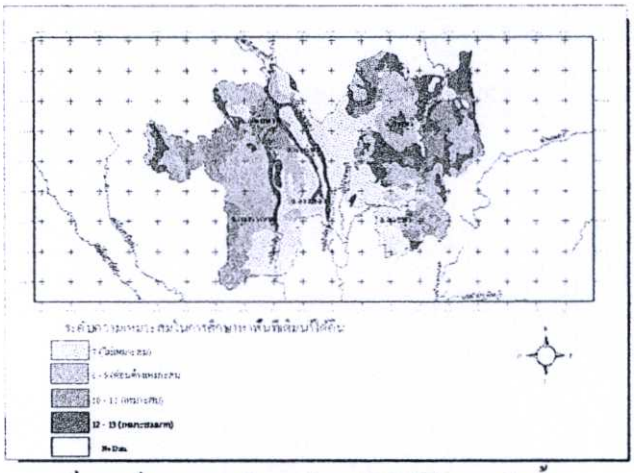


ภาพที่5 Shapefile ที่แสดงให้เห็นผล Reclassify ของตัวแปรทั้งหมด

จากแผนที่ที่แสดงผล Reclassify ของตัวแปรทั้งหมดสามารถวิเคราะห์ได้ว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดอยู่ที่จังหวัดอ่างทอง และ สิงห์บุรี พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางอยู่ที่จังหวัด ชัยนาท สระบุรี และ สุพรรณบุรี ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดอยู่จังหวัด ลพบุรี

6. สรุปการศึกษา

จากการศึกษาหาความเหมาะสมของพื้นที่ใน 6 จังหวัดของภาคกลางตอนบน เพื่อการเติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจาย และ จากการจัดแบ่งระดับความเป็นไปได้ Reclassify ในตารางที่ 6 สรุปได้ว่าจังหวัดลพบุรีเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ เนื่องจากมีความลาดชันของพื้นที่, การระบายน้ำ, ความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดิน และ ลักษณะผิวดิน ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังภาพที่6 แผนที่แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการเติมน้ำ



ภาพที่6 แผนที่แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการเติมน้ำ

7. การศึกษาในอนาคต

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาจึงมีเพียงแค่ 4 ตัวแปร หลักการในการวิเคราะห์ยังไม่ชัดเจนมากเท่าที่ควร ฉะนั้นสำหรับการศึกษาในอนาคตทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางปฏิบัติให้มีประสิทธิภาพในการหาพื้นที่เติมน้ำลงสู่ใต้ดินแบบไร้แรงดันโดยการแพร่กระจายดังนี้

1. กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (wieght) ให้มีความละเอียด และเหมาะสมกับตัวแปรที่จะนำมาคูณกันให้มากขึ้น
2. กำหนดค่าระดับความเหมาะสมแต่ละช่วงของแต่ละตัวแปร (rating) ให้มีความละเอียด
3. หาข้อมูลให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มตัวแปร และ ประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ให้มีความชัดเจน และ แน่นอนมากที่สุด
4. ศึกษาหาหลักการใหม่เพื่อใช้วิเคราะห์ให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมพัฒนาที่ดิน กรมแผนที่ทหารที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำงานวิจัย ขอบคุณ นางสาว ปาริสา หนูแสง นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2548 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สจล. ที่ให้ข้อมูล และ คำแนะนำ ขอบพระคุณผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือทุกท่านในการทุ่มเทแรงกายแรงใจในการทำงานครั้งนี้ด้วย

บรรณานุกรม

[1] 2535. รายงานการสำรวจดิน จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดอ่างทอง และ จังหวัดสุพรรณบุรี กรมพัฒนาที่ดิน

[2] แผนที่ทางภูมิศาสตร์กรมแผนที่ทหาร

[3] กรมชลประทาน

[4] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

[5] Jafar Ghayoumian, B. Ghermezcheshme, S. Feiznia, and A.A. Noroozi, 2005. Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran. Environ Geol, 47: 493–500

[6] J. Ghayoumian, M. Mohseni Saravi, S. Feiznia, B. Nouri, A. Malekian, 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 30 : 364–374

[7] ปาริสา หนูแสง, วัชราพร ชัชวรัตน์. 2548. การประเมินความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนของน้ำบาดาล จ. นครนายก. ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง