การประเมินศักยภาพน้ำบาดาล พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ด้วยแบบจำลอง Visual Modflow

Groundwater Potential Evaluation of Huai Sai Royal Development Study Center Using Visual Modflow Model

ธฤษวรรณ สุพิพัฒนโมลี (Tissawan Suphiphathanamolee)* ดร.นภาพร เปี่ยมสง่า (Dr.Napaporn Piamsa-nga)**
สุรชัย ลิปิวัฒนาการ (Surachai Lipiwattanakarn)***

บทคัดย่อ

พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี มีแผนที่จะพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อการอุปโภค และการเกษตรกรรมที่เพิ่มสูงขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการพัฒนาน้ำบาดาลในพื้นที่ โดยกำหนดให้ระดับน้ำบาดาลที่ขอบนอกพื้นที่โครงการฯ ลดลงไม่เกิน 5 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อบ่อน้ำตื้นของชาวบ้านนอกเขตพื้นที่โครงการฯ โดยใช้โปรแกรมจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน 3 มิติ Visual Modflow 2011.1 ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.922 และ 0.937 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 4.206 และ 4.915 เมตร ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่กลางแอ่งที่มีความต้องการพัฒนา พบว่ามีค่าเพียง 2.284 และ 1.245 เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และได้นำแบบจำลองไปจำลองหาศักยภาพน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาได้ พบว่าควรกำหนดระดับน้ำขอบนอกพื้นที่โครงการฯ ลดลงไม่เกิน 4 เมตร โดยสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ประมาณ 2.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ABSTRACT

Huai Sai Royal Development Study Center area located in Amphoe Cha-am, Phetchaburi province plans to develop groundwater resources for increasing consumption and irrigation demands. This study aims to evaluate the groundwater potential of the area by using a three-dimensional groundwater flow model, Visual Modflow 2011.1. To prevent impact to shallow wells around the study area, groundwater levels around the area are limited to decline not more than 5 meters. The calibration and verification results showed that correlation coefficients were 0.922 and 0.937 and root mean squared errors were 4.206 and 4.915 meters, respectively. However, if we considered only the development area, the root mean squared errors were only 2.248 and 1.245 meters which are in an acceptable range. The model was then simulated to evaluate the groundwater potential. The result showed that the groundwater drawdown around the study area should not be lower than 4 meters where groundwater resources could be developed approximately 2.5 MMC /year.

คำสำคัญ: น้ำบาดาล แบบจำลอง แอ่งน้ำบาดาลชะอำ-หัวหิน

Keywords: Groundwater, Visual MODFLOW, Cha Am – Hua Hin Groundwater Basin

** นิสิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
**** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

บทนำ

พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ในแอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน อยู่ในเขตพื้นที่ของจังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเขตเงาฝนมีปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปีเพียง 941 มิลลิเมตร เทียบกับฝนเฉลี่ยทั้งประเทศประมาณ 1,467 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนวันที่ฝนตกทั้งปีเฉลี่ยเพียง 104 วัน และด้วยสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูง เมื่อเกิดฝนตก ปริมาณน้ำฝนจะไหลลงสู่ทะเลอย่างรวดเร็ว ประกอบกับมีแหล่งกักเก็บน้ำผิวดินน้อย ส่งผลให้พื้นที่ศูนย์ศึกษามีแหล่งน้ำผิวดินอยู่อย่างจำกัด น้ำบาดาลจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถบรรเทาปัญหาความขาดแคลนน้ำในพื้นที่ศูนย์ศึกษาได้ จากผลการดำเนินการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาลในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทำให้พบแหล่งน้ำบาดาลศักยภาพ การประเมินศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถกำหนดแนวทางพัฒนาน้ำบาดาลได้อย่างเหมาะสม

หนึ่งในแนวทางการประเมินศักยภาพน้ำบาดาลคือการใช้แบบจำลอง MODFLOW ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าสามารถจำลองสภาพการไหลของน้ำบาดาลในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำโปรแกรม Visual Modflow ไปประยุกต์ใช้กับงานในหลากหลายวัตถุประสงค์ อาทิเช่น ได้มีการนำโปรแกรม Visual Modflow มาประยุกต์ใช้ ในการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินในโครงการเติมน้ำใต้ดินสุโขทัย อีกทั้งยังคาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากการสมมติอัตราการสูบน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตและหาค่าปริมาณการสูบที่ปลอดภัย (Safe yield) ซึ่งจะเป็นค่าปริมาณการสูบที่ไม่ทำให้สมดุลของชั้นน้ำเปลี่ยนแปลง (กุลชาติ, ชัยวัฒน์, 2555) มีการนำโปรแกรม Visual Modflow มาศึกษาระบบการไหล สมดุลน้ำบาดาล และประเมินปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมของชั้นน้ำใต้ดินในแอ่งหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และคำนวณคาดการณ์สถานการณ์ โดยใช้ค่าระดับน้ำและคุณภาพน้ำจากบ่อสังเกตการณ์ 47 บ่อ ทำนายการรุกล้ำของน้ำเค็มสู่ชั้นน้ำบาดาลในกรณีที่มีการสูบใช้น้ำเพิ่มขึ้นในอนาคต (อรุณ, 2552) และได้มีการศึกษาสภาพทางธรณีและอุทกธรณีของชั้นน้ำ ศึกษาการไหลของน้ำใต้ดิน รูปแบบและขอบเขตของการรุกล้ำน้ำเค็มจากทะเลสาบสงขลาและอ่าวไทยสู่ชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่เทศบาลนครสงขลา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการเคลื่อนตัวของมวลสาร โดยใช้แบบจำลอง MODFLOW, MT3DMS และ SEAWAT ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปใช้คาดการณ์การรุกล้ำของน้ำเค็มและกำหนดปริมาณการสูบน้ำบาดาลที่เหมาะสม (สุพล, 2554) ส่วนกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2558) ได้ใช้โปรแกรม Visual Modflow ศึกษาศักยภาพน้ำบาดาลในชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วน บริเวณพื้นที่แอ่งเพชรบุรี- ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าปริมาณน้ำที่กักเก็บในชั้นหินให้น้ำตะกอนกรวดทรายของพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 1,885,120 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีปริมาณน้ำเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นหินให้น้ำตะกอนกรวดทรายเท่ากับ 353,350 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยเท่ากับ 1,531,770 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ดังนั้นเพื่อให้สามารถพัฒนาแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริให้เกิดประสิทธิภาพ มีความยั่งยืน ทั้งต่อชั้นน้ำบาดาล และต่อผู้ใช้น้ำ จึงได้นำโปรแกรม Visual Modflow มาศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน

วัตถุประสงค์การวิจัย

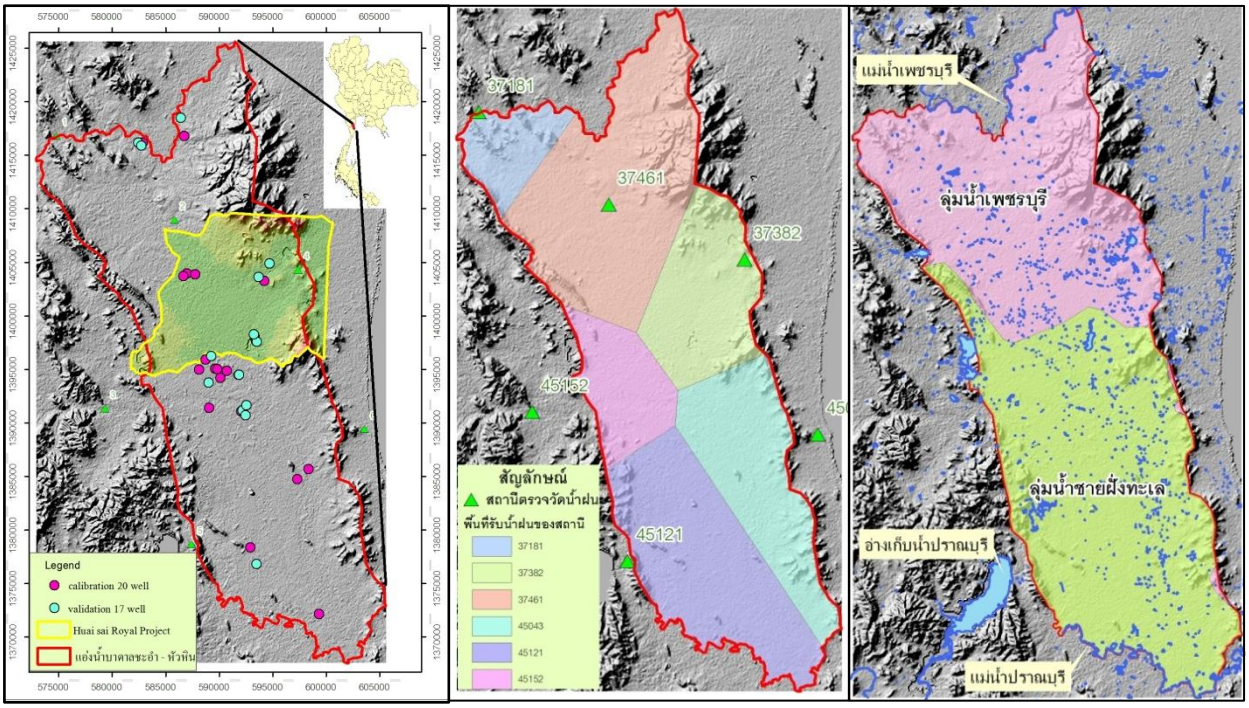
เพื่อศึกษาศักยภาพการพัฒนาน้ำบาดาลในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

วิธีการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษา

1.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศูนย์การศึกษาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ในแอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอท่ายาง และอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี กับอำเภอหัวหิน และอำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อยู่ระหว่างพิกัด UTM 572500 – 606000 E ตามแนวตะวันออก ตะวันตก และ UTM 136750 – 1425500 N ตามแนวเหนือใต้ (รูปที่ 1 ก.) ขนาดพื้นที่ศึกษา 826.4 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 516,500 ไร่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 20 – 600 เมตร



ก.พื้นที่ศึกษาและบ่อน้ำบาดาล ข.สถานีวัดน้ำฝน ค.แผนที่แสดงแหล่งน้ำ

รูปที่ 1 ที่ตั้ง ลักษณะภูมิประเทศ และน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา

1.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

แอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน มีสถานีน้ำฝนในพื้นที่ จำนวน 6 สถานี (รูปที่ 1 ข.) จากการต่อข้อมูลฝนย้อนหลัง 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2527 – 2556 โดยใช้โปรแกรม HEC-4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถต่อขยายข้อมูลทางอุทกวิทยา (US Army Corps of Engineers, 1971) เพื่อให้ได้ข้อมูลฝนที่เพียงพอสำหรับทำการประเมินในโปรแกรม Visual Modflow ผลที่ได้พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่มีค่าประมาณ 941 มิลลิเมตรต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนโดยรอบพื้นที่ศึกษา

Station	Coordinate (UTM)		Record Duration	Mean	Max	Min	Start	Number year
	X	Y		(mm)	(mm)	(mm)	Year	of record
37062	596213	1434208	1984-2005, 2007-2013	736.88	1122.90	294.10	1984	30
37101	569508	1427582	1984-2011	1031.99	1449.50	589.90	1984	28
37181	574776	1416813	1984-2001	1075.79	1556.10	732.10	1984	18
37382	597370	1404320	1995-2013	959.83	1376.10	709.80	1995	19
37421	569900	1407610	2007-2011	764.72	1283.20	441.80	2007	5
37461	585818	1408975	2005-2011	1047.42	1456.90	524.60	2005	7
45043	603591	1389417	1984-2013	937.35	1312.30	587.10	1984	30
45121	587428	1378665	1984-1998, 2004-2008	870.91	1285.90	546.00	1984	25
45152	579308	1391358	1986-2013	1043.02	1631.20	734.80	1986	28
Average				**940.88**	**1386.01**	**573.36**		**21.11**

1.3 ข้อมูลอุทกวิทยา

พื้นที่ศึกษา มีแม่น้ำสายหลัก 2 สาย ได้แก่ แม่น้ำเพชรบุรี ซึ่งได้ใช้เป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตด้านบนของแอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน และแม่น้ำปราณบุรี ซึ่งได้ใช้เป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตด้านล่างของแอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน โดยแม่น้ำทั้ง 2 สาย มีทิศทางการไหลจากด้านตะวันตกสู่ทะเลอ่าวไทยด้านตะวันออก (รูปที่ 1 ค.)

1.4 ลักษณะทางธรณีวิทยา

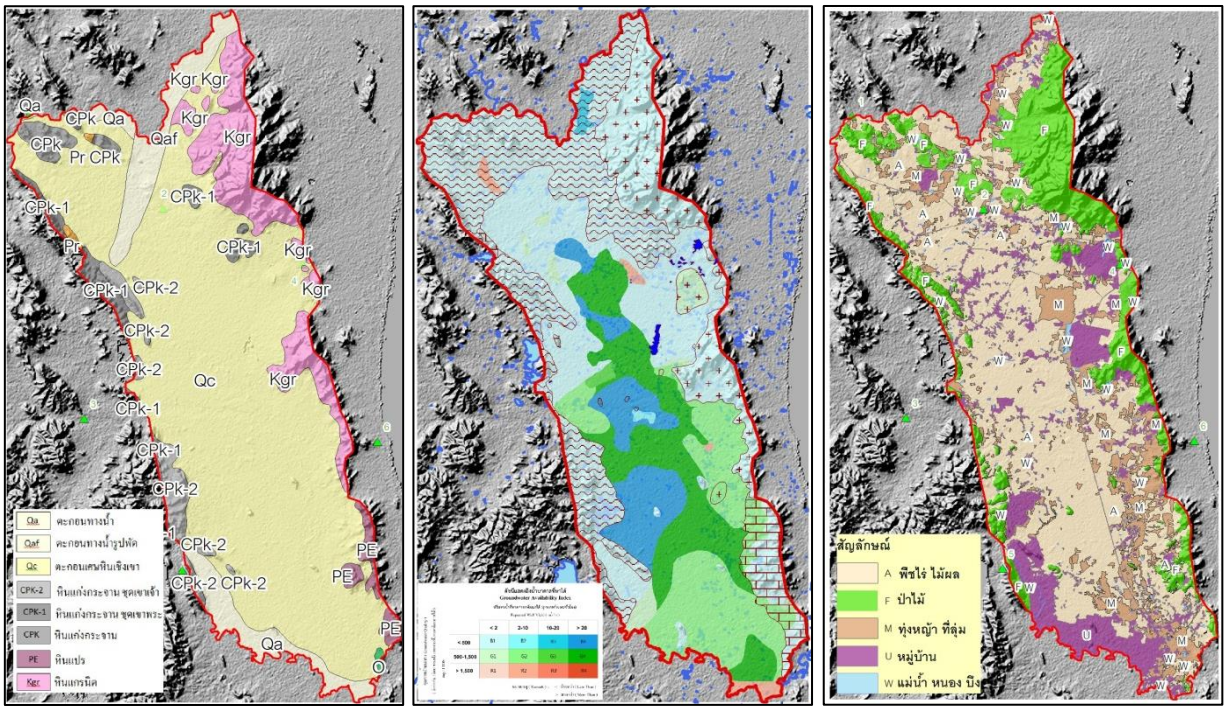
พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เป็นตะกอน ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และอีก 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เป็นหินแข็ง ได้แก่ หินแกรนิต หินดินดาน หินปูน เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพของชั้นดิน ชั้นหิน ที่แตกต่างกันนี้ จะถูกนำไปกำหนดคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่แตกต่างกัน (รูปที่ 2 ก.)

1.5 ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่

จากข้อมูลแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ พบว่าพื้นที่บริเวณขอบแอ่ง ที่เป็นภูเขาส่วนใหญ่มีศักยภาพน้ำบาดาลค่อนข้างต่ำ มีค่าน้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนพื้นที่ตรงกลางแอ่ง น้ำบาดาลมีศักยภาพค่อนข้างสูง มีค่ามากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีคุณภาพดี โดยค่าปริมาณสารละลายรวมน้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (สีฟ้า) (รูปที่ 2 ข.)

1.6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน สามารถจัดหมวดหมู่รวมได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่กลุ่ม A พืชไร่ ไม้ผล กลุ่ม F ป่าไม้ กลุ่ม M ทุ่งหญ้า กลุ่ม U หมู่บ้าน ชุมชน และกลุ่ม W แม่น้ำ หนอง บึง ลุ่ม ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้พิจารณาในส่วนของการคายระเหย ในแบบจำลอง (รูปที่ 2 ค.)



ก.แผนที่ธรณีวิทยา 1:250,000 ข.แผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล ค.แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปที่ 2 แผนที่ธรณีวิทยา ศักยภาพน้ำบาดาลและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.7 บ่อน้ำบาดาล

ในการจัดทำแบบจำลองได้รวบรวมข้อมูลบ่อน้ำบาดาลทั้งหมด ที่มีการตรวจวัดระดับน้ำปกติ มาใช้พิจารณาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอ และครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2556 จำนวน 37 บ่อ มีค่าระดับน้ำตั้งแต่ 88 – 132.7 เมตร รทก. และรวบรวมข้อมูลบ่อสูบน้ำบาดาลจำนวน 370 บ่อ มีปริมาณการใช้น้ำรวม 24,240 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2.ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้โปรแกรม Visual Modflow

2.1 ทฤษฎีของแบบจำลอง

สมการการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow Equation)

แบบจำลองเชิงตัวเลขได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจำลองการไหลน้ำใต้ดินโดยใช้สมการหลัก 2 สมการ คือ สมการสมดุล (Continuity equation) และกฎของดาร์ซี่ (Darcy' law) (Fetter, 2001) เพื่อประยุกต์ให้ได้สมการการไหลทั่วไปของน้ำใต้ดินที่มีความหนาแน่นคงที่ (Constant density) ผ่านตัวกลางซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Heterogeneous และ Anisotropic ภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient conditions) ดังสมการ

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[-K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[-K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[-K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z}\right]+R=S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \qquad (1)$$

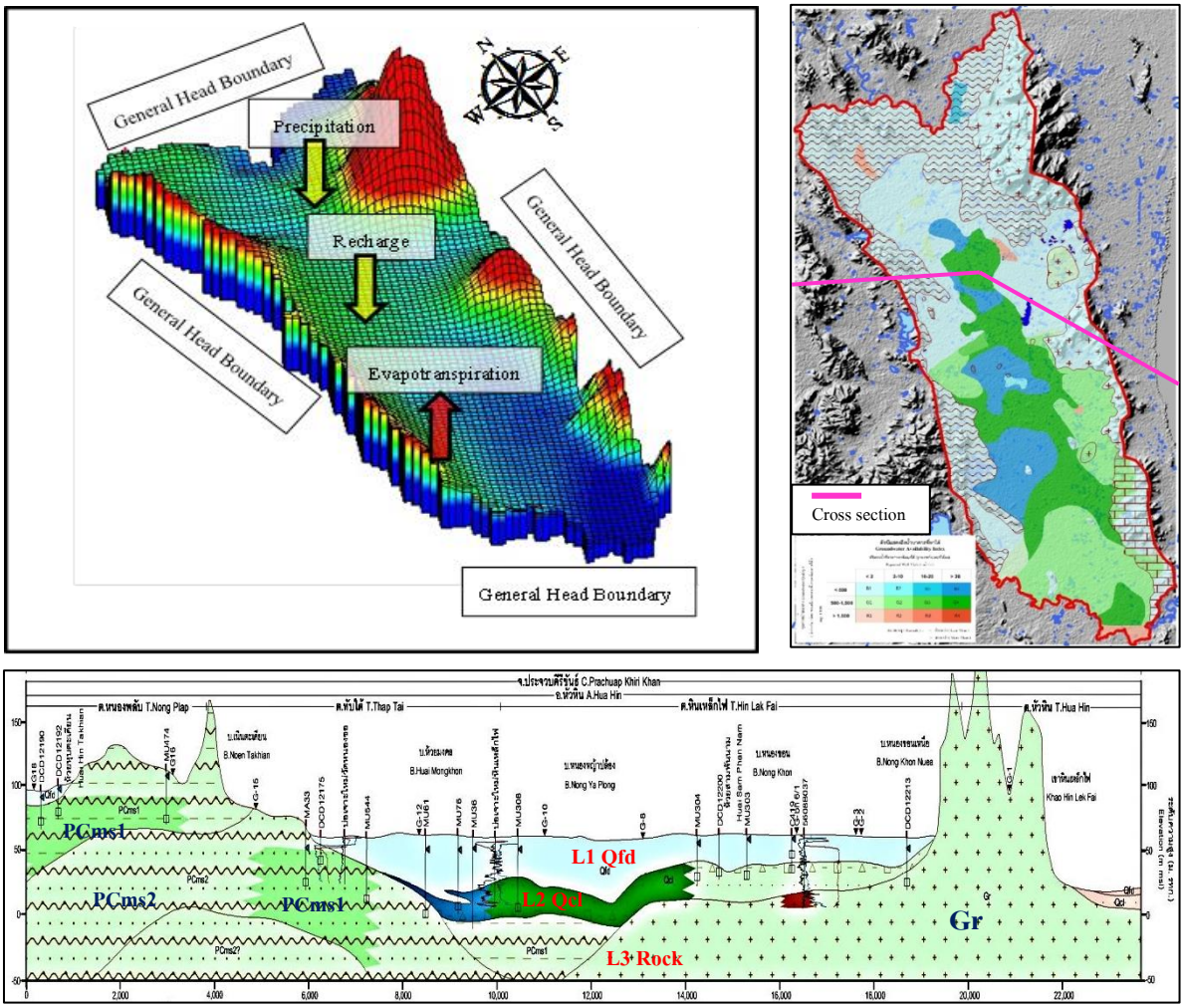
เมื่อ Kx, Ky, Kz คือค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) ในแนว x, y, z ตามลำดับ [LT-1], h คือความสูงของระดับความดันน้ำ [L], Ss คือปริมาณการกักเก็บจำเพาะ (Specific storage) [L-1], R คือ การเพิ่ม (R>0) หรือการลดลง (R<0) ของน้ำบาดาลในระบบต่อหน่วยปริมาตรของชั้นน้ำต่อหน่วยเวลาที่น้ำเพิ่มหรือลด [LT-1], t คือเวลา [T] และ $\frac{\partial h}{\partial x}$ คือการเปลี่ยนแปลงของความสูงระดับน้ำต่อเวลา

เพื่อแก้ปัญหาสมการที่ 1 ซึ่งอยู่ในรูปสมการอนุพันธ์บางส่วน (Partial-Differential Equation) สามารถทำได้โดยการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) ด้วยวิธีผลต่างเชิงอนุพันธ์ (Finite Difference Method)

2.2 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual model)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะทางกายภาพและระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา สำหรับนำไปใช้ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและแนวทางการสอบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไปนั้น แบบจำลองเชิงมโนทัศน์จะถูกสร้างขึ้นเป็นอันดับแรกด้วยการพิจารณาข้อมูลต่างๆ ของพื้นที่ศึกษาได้แก่ ลักษณะอุทกธรณีวิทยา อุทกวิทยา สภาพภูมิประเทศ สภาพการใช้น้ำบาดาล สภาพดินและการใช้ที่ดิน ผลการศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่ศึกษาได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งสรุปได้ว่าชั้นให้น้ำของแอ่งน้ำบาดาลชะอำ – หัวหิน ประกอบด้วย 3 ชั้น บางส่วนของบริเวณทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ ของแบบจำลองกำหนดให้เป็นขอบเขตที่มีน้ำไหลผ่าน (General Head Boundary) บริเวณชั้นบนของแบบจำลองเป็นขอบเขตที่มีการเพิ่มเติมของน้ำ (Recharge Boundary) และขอบเขตที่มีการคายระเหย (Evapotranspiration Boundary)

ในการออกแบบกริด (Grid design) ได้กำหนดกริดแต่ละช่องมีขนาด 250 x 250 เมตร การจำลองชั้นน้ำ (Layer) จะนำเข้าข้อมูลระดับด้านบน (Top) คือค่าระดับพื้นผิว (Ground surface elevation) โดยใช้ข้อมูลจากจุดความสูง (Spot Height) และประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยวิธี Kriging เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้ทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา (สุเพชร, 2555) การกำหนดระดับชั้นด้านล่าง (Bottom) ในชั้นน้ำต่างๆ ได้ใช้ข้อมูลชั้นดินชั้นหิน (Lithologic log) ข้อมูลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (Electrical log) และเพิ่มข้อมูลส่วนที่ขาดโดยใช้ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ แบบแนวดิ่ง (Vertical Resistivity) มาจัดทำภาคตัดขวางทางธรณีวิทยา (cross section) (รูปที่ 3) และสามารถสรุปได้ว่าการจำลองชั้นน้ำจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นที่ 1 ประกอบด้วย ทรายแป้ง (Silt) ทราย (Sand) ดินเหนียว (Clay) ชั้นที่ 2 ประกอบด้วย ทราย (Sand) กรวด (Gravel) และสำหรับชั้นที่ 3 เป็นชั้นหินแข็ง (Rock)



รูปที่ 3 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual model) จากการรวบรวมข้อมูลแนวภาคตัดขวาง (Cross section) กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2558

2.3 ค่าคุณสมบัติชั้นน้ำบาดาล

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic conductivity, K) ของชั้นหินอุ้มน้ำ สามารถหาได้จากการสูบทดสอบ (Pumping test) แต่สำหรับแบบจำลองนี้ได้ใช้ค่าอ้างอิงจาก Domenico, Schwartz (1990) และกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่งต่อสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวราบเท่ากับ 1:10

ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage) ตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินการกักเก็บของชั้นน้ำประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความกักเก็บจำเพาะ (Specific storage, Ss), ค่าการให้น้ำจำเพาะ (Specific yield, Sy) และค่าความพรุน (Porosity, n) ซึ่งได้อ้างอิงมาจาก Spitz, Moreno (1996)

ตารางที่ 2 ค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาลที่ใช้ในแบบจำลอง

zone	Layer	Material	Hydraulic conductivity (m/day)			Storage		Porosity	
			Kx	Ky	Kz	Ss(1/m)	Sy	Eff.Por.	Tot.Por.
	1	silty to fine sand	1.3	1.3	0.13	0.0001	0.10	0.20	0.25
	1	fine to coarse sand	1.5	1.5	0.15	0.0001	0.20	0.25	0.28
	2	sandy gravel	2.5	2.5	0.25	0.001	0.21	0.28	0.30
	2	medium to coarse sand	2.0	2.0	0.20	0.0001	0.20	0.15	0.30
	3	meta sedimentary rock	0.8	0.8	0.08	1.00E-05	0.005	0.03	0.10
	3	hard rock	0.7	0.7	0.07	1.00E-06	0.003	0.02	0.10

หมายเหตุ Ss = ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ
Sy = ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินให้น้ำไร้แรงดัน
Eff. Por. = Effective Porosity
Tot. Por. = Total Porosity

2.4 การประเมินอัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล (groundwater recharge)

ภายหลังจากได้ค่าปริมาณฝนรายเดือนจำนวน 30 ปี ของแต่ละสถานี (ตารางที่ 1) จากวิธีการต่อข้อมูลฝนโดยใช้แบบจำลอง HEC – 4 แล้ว ดำเนินการหาอิทธิพลของฝนแต่ละสถานีด้วยวิธีรูปธีเอสเส่น โพลีกอน (Thiessen Polygon) ดังรูปที่ 1 ข.

จากพื้นที่รูปธีเอสเส่น โพลีกอน ที่ได้จะนำมาซ้อนทับกับข้อมูลชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ เพื่อประเมินอัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล ซึ่ง วจี,สมชัย (2541)ได้เสนอตัวเลขสำหรับปริมาณน้ำที่ไหลเติมลงสู่น้ำใต้ดินไปเป็นน้ำบาดาล สำหรับทั่วประเทศ อยู่ในเกณฑ์ 7 – 15% ของปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปี โดยมีสมการอัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล ดังนี้

$$R = Inf * P * A \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ R = ปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล (ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)
Inf = อัตราการซึมของน้ำฝนในชั้นหินแต่ละชนิด (เปอร์เซ็นต์)
P = ปริมาณน้ำฝน (เมตรต่อปี)
A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางกิโลเมตร)

การปรับแก้แบบจำลองจึงได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาเป็นค่าเริ่มต้น แล้วทำการปรับเทียบค่าจนได้ค่าอัตราการซึมของฝนสู่น้ำบาดาลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ตารางที่ 3 อัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล (วจี ,สมชัย, 2541)

ประเภทแหล่งน้ำบาดาล เฉลี่ยต่อปี)	อัตราการไหลซึม (%ของน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี)
หินร่วน	10
หินแข็งอุ้มน้ำมาก	5
หินแข็งอุ้มน้ำปานกลาง	3
หินแข็งอุ้มน้ำน้อย	2

2.4 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง (Model Calibration and Verification)

การปรับเทียบแบบจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา โดยเปรียบเทียบผลของระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ กับระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัด ณ บ่อสังเกตการณ์ โดยจะต้องมีผลการเปรียบเทียบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในที่นี้จะพิจารณาค่าทางสถิติ 2 ค่าเป็นหลัก ได้แก่ 1) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error, RMSE) โดยหากค่า RMSE มีค่าน้อยแสดงว่าค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัด และ 2) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) ซึ่งแสดงความสอดคล้องระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าจากการตรวจวัด หากค่า r เข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าค่าจากแบบจำลองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าจากการตรวจวัด การปรับเทียบแบบจำลองจะเน้นปรับค่าพารามิเตอร์ของชั้นน้ำที่ 2 เนื่องจากเป็นชั้นน้ำบาดาลที่มีศักยภาพสูง

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไปใช้ จะต้องทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ก่อนเพื่อให้มั่นใจว่าค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่นได้ ในกรณีนี้ได้แบ่งชุดข้อมูลระดับน้ำบาดาลออกเป็น 2 ชุด ชุดแรก จำนวน 20 บ่อ สำหรับทำการปรับเทียบแบบจำลอง โดยมีค่าระดับน้ำอยู่ระหว่าง 88.00 – 125.65 ม.รทก. ส่วนชุดที่ 2 จำนวน 17 บ่อ ใช้สำหรับทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง โดยมีค่าระดับน้ำอยู่ระหว่าง 89.63 – 132.70 ม. รทก. ดังแสดงตำแหน่งในรูปที่ 1 ก.

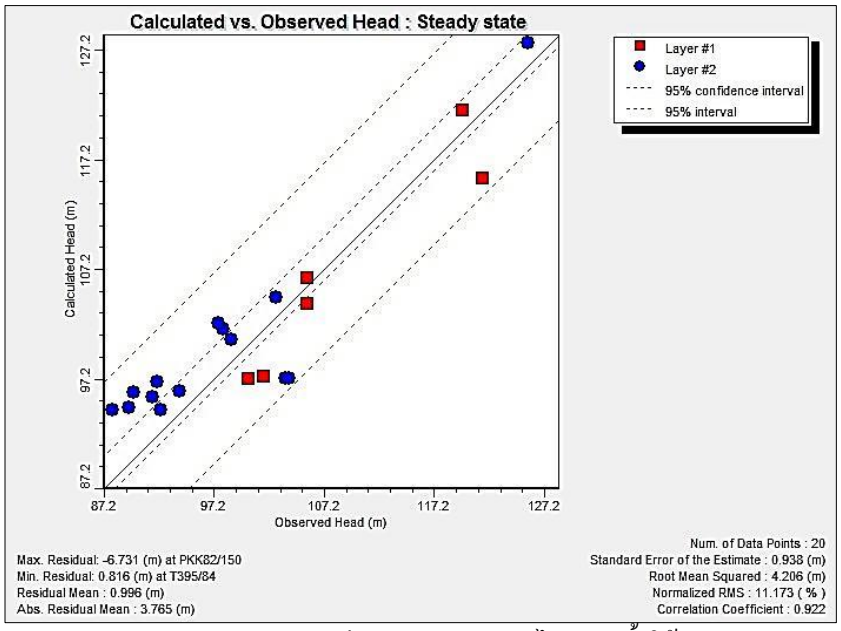
2.5 การประเมินศักยภาพน้ำบาดาล

เมื่อได้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนพื้นที่ศึกษาแล้ว จะกำหนดการพัฒนาน้ำบาดาลที่ระดับค่าต่างๆ บริเวณกลางแอ่งชะอำ-หัวหินในพื้นที่ศึกษา และพิจารณาผลกระทบจากค่าระดับน้ำบาดาลที่ลดลงบริเวณขอบนอกพื้นที่โครงการฯ โดยมีเกณฑ์กำหนดให้ระดับน้ำบาดาลที่ขอบนอกพื้นที่โครงการฯ ลดลงได้ไม่เกิน 5 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อบ่อน้ำตื้นของชาวบ้านนอกเขตพื้นที่โครงการฯ

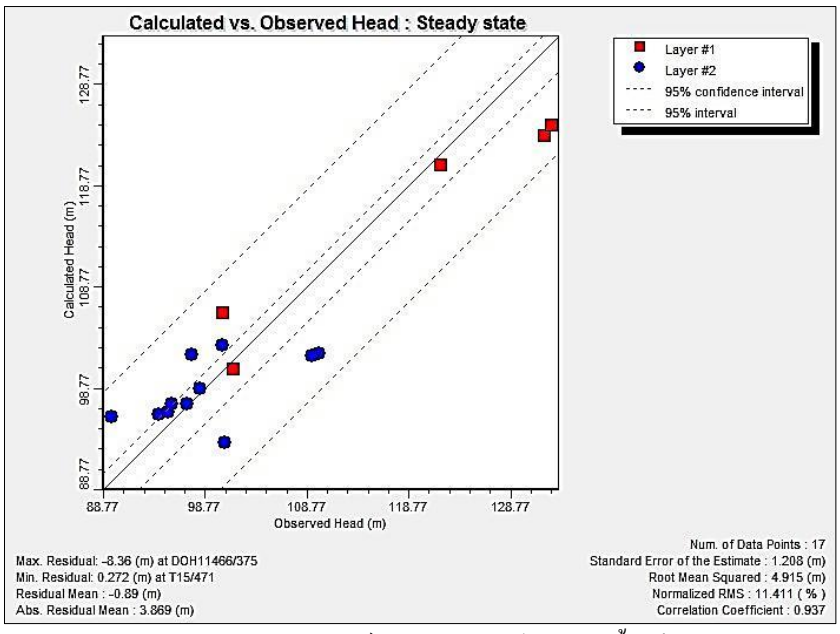
การหาศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ทำได้โดยใช้ Drain Boundary Conditions ในพื้นที่พัฒนาน้ำบาดาล กำหนดค่าระดับสูบน้ำให้ลดลงทุกๆ 1 เมตร จากค่าระดับเริ่มต้นที่ 90 เมตร นำค่าปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาได้จากแบบจำลองมาหาความสัมพันธ์เทียบกับค่าระดับน้ำที่ลดลงที่ขอบนอกโครงการ จากนั้นนำไปสร้างกราฟเพื่อดูแนวโน้มดังแสดงในรูปที่ 7

ผลการวิจัย

ผลการปรับเทียบแบบจำลอง ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.922 และค่า RMSE เท่ากับ 4.206 เมตร (รูปที่ 4 ก) อย่างไรก็ตามค่า RMSE ของบ่อน้ำบาดาลที่อยู่ในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 2.284 เมตร ส่วนผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.937 และค่า RMSE เท่ากับ 4.915 เมตร (รูปที่ 4 ข) โดยมีค่า RMSE ของบ่อน้ำบาดาลที่อยู่ในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 1.245 เมตร ซึ่งผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างของพื้นที่ค่อนข้างมาก ดังนั้น แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลต่อไปได้



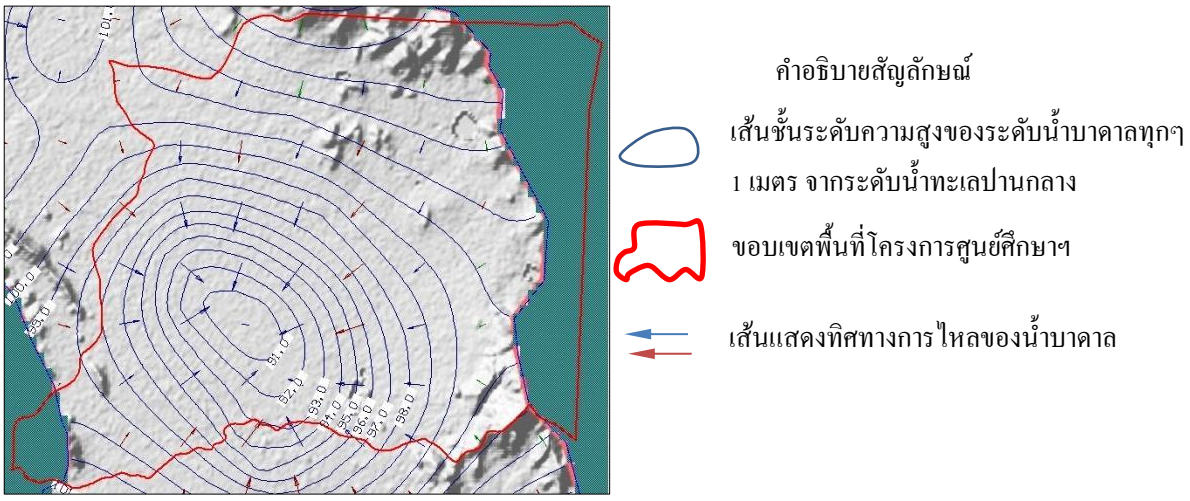
ก. ผลการปรับเทียบแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน



ข. ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

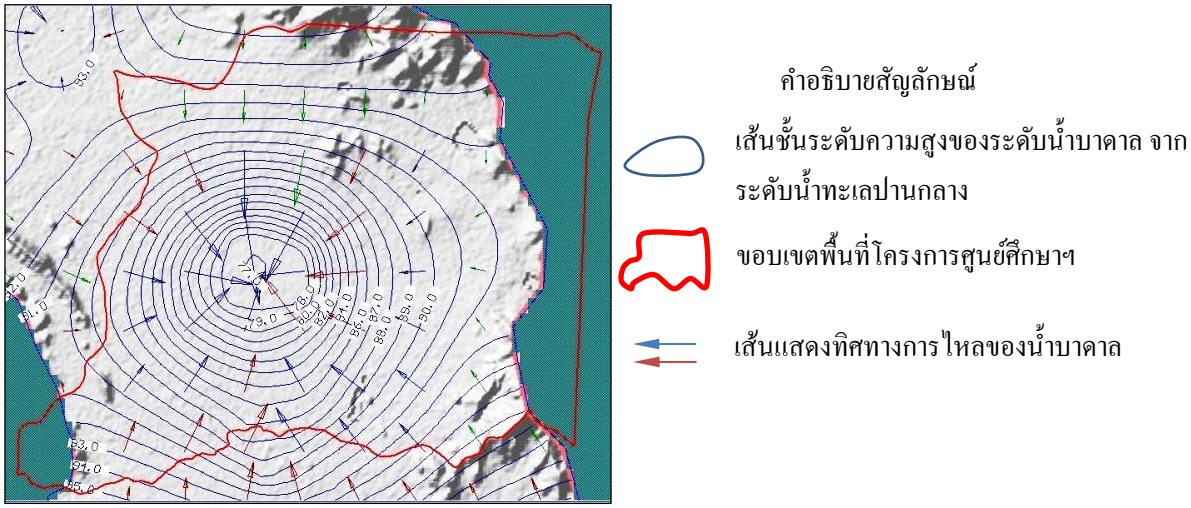
รูปที่ 4 ผลการปรับเทียบและผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

ผลการจำลองสภาพการไหลปัจจุบัน แบบสภาวะคงที่ พบว่าน้ำบาดาลจะไหลสู่กลางแอ่ง เนื่องจากพื้นที่ด้านข้างเป็นภูเขา ฝนที่ตกลงมารวมถึงปริมาณน้ำไหลเติมจึงไหลลงมารวมที่กลางแอ่งซึ่งเป็นชั้นตะกอนกรวด ทราย โดยมีค่าความแตกต่างของระดับน้ำบาดาลอยู่ระหว่าง 91 – 140 เมตร รทก. ค่าความสูงของระดับน้ำที่กลางแอ่งของพื้นที่ศูนย์ฯ อยู่ที่ 91 เมตร รทก. และขอบด้านล่างของพื้นที่ศูนย์ฯอยู่ที่ 93 เมตร รทก. (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ค่าระดับน้ำใต้ดินและทิศทางการไหลในสภาพการไหลปัจจุบัน แบบสภาวะคงที่

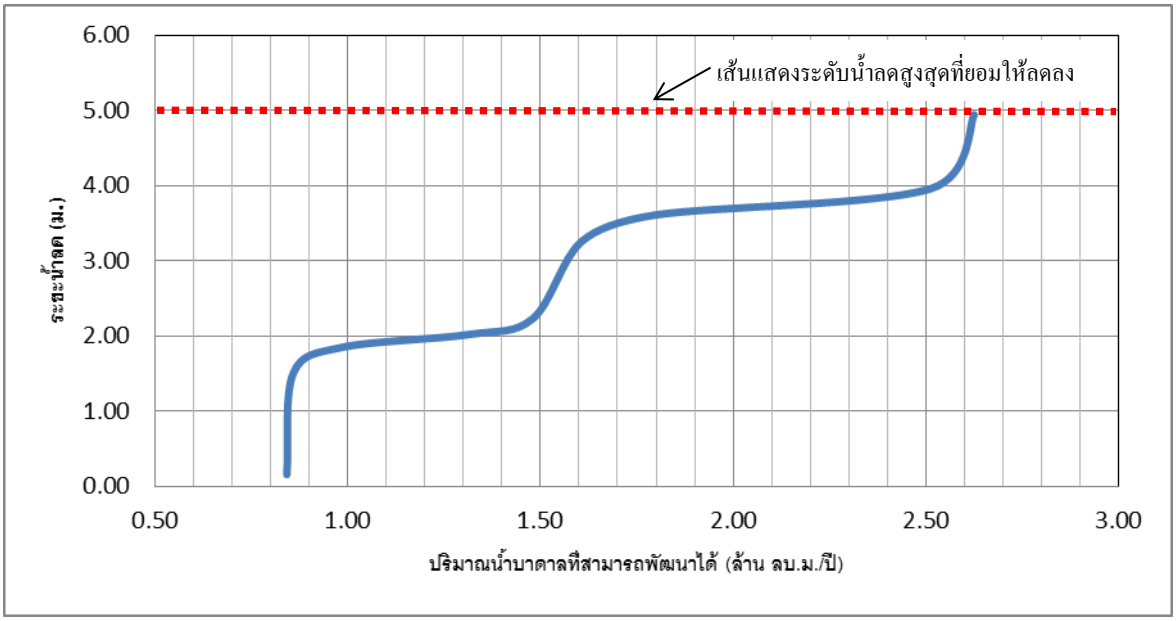
ผลการจำลองศักยภาพการพัฒนาน้ำบาดาล โดยกำหนดให้ระดับน้ำบาดาลที่ขอบนอกลดลงได้ไม่เกิน 5 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อบ่อน้ำตื้นของชาวบ้านที่นอกเขตพื้นที่โครงการ พบว่าระดับน้ำที่กลางแอ่งลดลง จาก 91 เมตร รทก.มาอยู่ที่ 77 เมตร รทก. และขอบด้านล่างลดลง จาก 93 เมตร มาอยู่ที่ 89 เมตร รทก. โดยทิศทางการไหลของน้ำบาดาลยังคงไหลเข้าสู่กลางแอ่งเหมือนเดิม แต่ความชันของเส้นชั้นระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ถึง 2.62 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ค่าระดับน้ำบาดาลและทิศทางการไหลหลังพัฒนาน้ำบาดาล ที่ระดับน้ำลดที่ขอบโครงการไม่เกิน 5 เมตร

จากกราฟแสดงค่าระดับน้ำบาดาลที่ลดลงกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาได้ พบว่าสามารถแบ่งการพัฒนาได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงแรก หากยอมให้ระดับน้ำที่ขอบลดลงประมาณ 2 เมตร พบว่าสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ 1.50 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และช่วงที่สอง หากยอมให้ระดับน้ำที่ขอบลดลงประมาณ 4 เมตร พบว่าสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้

ปริมาณสูงถึง 2.50 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่หลังจากเพิ่มระยะน้ำลดตั้งแต่ 4 จนถึง 5 เมตร พบว่าปริมาณน้ำที่พัฒนาได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรพัฒนาน้ำบาดาลที่ระยะน้ำลดที่ 4 เมตร จึงจะได้ประสิทธิผลสูงสุด (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ ภายใต้เงื่อนไขให้ระดับน้ำที่ขอบนอกพื้นที่ลดลงไม่เกิน 5 เมตร

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การประเมินศักยภาพของน้ำบาดาลในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้โปรแกรม Visual Modflow (V.2011.1) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ค่าระดับน้ำใต้ดินเป็นตัวตรวจสอบแบบจำลอง พบว่าค่าระดับน้ำบาดาลที่บ่อน้ำบาดาลหรือบ่อสังเกตการณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แบบจำลองจำลองคำนวณได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.922 และค่า RMSE เท่ากับ 4.206 เมตร ส่วนผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.937 และค่า RMSE เท่ากับ 4.915 เมตร เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความแตกต่างของค่าระดับในพื้นที่มาก โดยมีค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 20 – 600 เมตร การสอบเทียบค่าระดับน้ำบาดาลทั้งแอ่ง จึงได้ค่า RMSE ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลมาจากบริเวณขอบแอ่งมีค่าระดับน้ำสูง แต่หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่กลางแอ่งที่มีความต้องการพัฒนา พบว่าค่า RMSE จะมีค่าเพียง 2.284 และ 1.245 เมตร สำหรับการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ตามลำดับ ดังนั้นค่าที่ได้นี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา และสามารถใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลต่อไปได้

2) ผลการจำลองการพัฒนาศักยภาพน้ำบาดาล พบว่าระดับน้ำที่กลางแอ่งลดลง จาก 91 เมตร รทก.มาอยู่ที่ 77 เมตร รทก. และขอบด้านล่างลดลง จาก 93 เมตร มาอยู่ที่ 89 เมตร รทก. โดยมีทิศทางการไหลของน้ำบาดาลยังคงไหลเข้าสู่กลางแอ่งเหมือนเดิม แต่ความชันของเส้นชั้นระดับน้ำจะเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ถึง 2.62 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จากกราฟพบว่าสามารถแบ่งการพัฒนาได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงแรก หากยอมให้ระดับน้ำที่ขอบลดลงประมาณ 2 เมตร พบว่าสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ 1.50 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และช่วงที่สอง หากยอมให้ระดับน้ำที่ขอบลดลงประมาณ 4 เมตร พบว่าสามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้สูงถึง 2.50 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่เมื่อเพิ่มระยะน้ำลด

จาก 4 เมตรเป็น 5 เมตร พบว่าปริมาณน้ำบาดาลที่พัฒนาได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรพัฒนาน้ำบาดาลโดยยอมให้ระดับน้ำบาดาลบริเวณขอบพื้นที่โครงการลดลงที่ 4 เมตร จึงจะได้ประสิทธิผลสูงสุด

ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปีของแต่ละสถานี ดังนั้นในอนาคตงานวิจัยนี้ควรพิจารณาถึงปีน้ำแล้ง และจำลองในสถานการณ์ต่อเนื่อง 30 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้ความอนุเคราะห์ความรู้ แนะนำ สั่งสอน และช่วยแก้ไขปัญหา ในหลายๆ ด้าน ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่กรุณาแนะนำ ให้การปรับปรุงบทความวิจัยนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์เพิ่มมากยิ่งขึ้น และที่จะขาดไม่ได้คือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล สำหรับข้อมูลด้านน้ำบาดาลจากโครงการสำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยาและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลพื้นที่หาน้ำยากและพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซาก แอ่งเพชรบุรี – ประจวบคีรีขันธ์

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. โครงการสำรวจสภาพอุทกธรณีวิทยาและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลพื้นที่หาน้ำยากและพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซาก แอ่งเพชรบุรี – ประจวบคีรีขันธ์. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กรุงเทพฯ; 2558.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (Online). แหล่งที่มา https://www.tmd.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48465, กุมภาพันธ์; 2560.

กุลชาติ โกษาแสง, ชัยวัฒน์ ขยันการนาวี. การจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินในโครงการเติมน้ำลงสู่ชั้นบาดาล จังหวัดสุโขทัย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.หน้า 1717-1724; 2555.

วจี รามณรงค์, สมชัย วงศ์สวัสดิ์, ทรัพยากรน้ำใต้ดินในประเทศไทย, วารสารชมรมนักอุทกวิทยา หน้า 325; 2541.

สุพล สันติเจริญกมล. การจำลองการไหลของน้ำบาดาลของเทศบาลนครสงขลาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2554.

อรุณ ลูกจันทร์. การศึกษาการรุกของน้ำเค็มในชั้นน้ำใต้ดินในแอ่งหาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2552.

สุเพชร จิรขจรกุล. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1 ฉบับปรับปรุง. บริษัท เอ.พี. กราฟิคดีไซน์และการพิมพ์ จำกัด; 2555.

Domenico, PA, Schwartz , FW. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, New York; 1990.

Fetter, C. W, Applied Hydrogeology, Prentice Hall, Upper Saddle River, NewJersey, 598 p,. 2001.

Spitz, K, Moreno, FA. Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. New York : John Wiley and Song, Inc; 1996.

US Army Corps of Engoneers, Hydrologic Engineering Center. HEC-4 Monthly Streamflow Simulation User's Manual. US Army Corps of Engineers; 1971.