สนบ 3349/2557

E755/57

สนบ.

อธช ๒๘๐๖/๕๗
๐๔/๐๘/๕๗
๑๓.๔๑น.

ต้นฉบับ

เลขที่เอกสารในระบบ E ทส0606/2980

ฝ่ายบริหารทั่วไป (สลก. รับเอกสารจากภายนอก) รับที่ ชป 9461 วันที่ 2 ส.ค. 2557

เรื่อง ขอเชิญเจ้าหน้าที่เข้าร่วมประชุมหารือและรับการถ่ายทอดความรู้การใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

จป. ๐๐๓๘/๑๗
๕/๘/๕๗

เรียน อธช.	วันที่กำหนด
☑ เพื่อโปรดพิจารณา ☐ เพื่อโปรดดำเนินการ ☐ เพื่อโปรดทราบ	
	ตอบรับ
กรมทรัพยากรน้ำ ขอเชิญเจ้าหน้าที่ จำนวน 4 คน ร่วมการประชุมหารือและรับการถ่ายทอดความรู้	15 ส.ค. 2557
การใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ในวันที่ 25-26 สิงหาคม 2557 ณ ห้องประชุม	
ศูนย์สารสนเทศ ทรัพยากรน้ำ ชั้น 10 อาคารกรมทรัพยากรน้ำ	หมายเหตุ

วิไลลักษณ์

(นางพยุงศรี มีโนรถ)
ผชน.ปฏิบัติราชการแทน ลนก.

สนบ สบป. พิจารณา

(นายเลิศวิโรจน์ โกวัฒนช)
อธช.

ด่วนที่สุด

เรียน ผช.มช., ผช.วพ., ผช.ชส.
เพื่อโปรดมอบหมายเจ้าหน้าที่
ใน สวพ., วงช., กปอ.วน. 1 ท่าน
สนอ. ท่านละ 2 ท่าน (รวมผู้ขอ
1 ท่าน ในระดับชำนาญการ 1 ท่าน)

5 ส.ค. 2557

เรียน ผอ.สนบ
เพื่อพิจารณามอบหมายเจ้าหน้าที่เข้าร่วมประชุม ฯ
(ส่งแบบตอบรับให้ฝ่ายบริหารทั่วไป ธ ก.ส. ๕๗)

6 ส.ค. 2557

(นายสุเทพ น้อยไพโรจน์)
รธน.

กรุณาแจ้งชื่อตามแบบตอบรับที่แนบสำเนาส่ง
ฝ่ายช่วยอำนวยการ ฯ สลก.ภายในวันที่ 14 ส.ค.57
เพื่อจะได้รวบรวมส่งผู้จัดการประชุมให้ต่อไป

E-Cobrach 1517/2557

เลขที่เอกสารในระบบ ทส ๐๖๐๖/๒๗๘๐

ด่วน
ที่ ทส ๐๖๐๖/๒๗๘๐

กรมชลประทาน
เลขรับ ชป ๐๔๑๑/๕๗
วันที่
เวลา

กรมทรัพยากรน้ำ
๑๘๐/๓ ถนนพระรามที่ ๖ ซอย ๓๔
แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐

๗ สิงหาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเจ้าหน้าที่เข้าร่วมการประชุมหารือและรับการถ่ายทอดความรู้การใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

เรียน อธิบดีกรมชลประทาน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กำหนดการการประชุม จำนวน ๑ ชุด
๒. เอกสารประกอบการประชุม จำนวน ๑ ชุด
๓. แบบตอบรับ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยกรมทรัพยากรน้ำ ได้ประสานเชิญ Dr. Robert Carr รองหัวหน้าผู้บริหาร eWater เครือรัฐออสเตรเลีย มาประชุมหารือพร้อมกับถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Source เพื่อเป็นเครื่องมือในการดำเนินโครงการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน ในวันที่ ๒๕ – ๒๖ สิงหาคม ๒๕๕๗ ณ ห้องประชุมศูนย์สารสนเทศทรัพยากรน้ำ ชั้น ๑๐ อาคารกรมทรัพยากรน้ำ ในการนี้ จึงขอเชิญเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน จำนวน ๔ คน เข้าร่วมการประชุมหารือและรับการถ่ายทอดความรู้ตามกำหนดวัน เวลา และสถานที่ข้างต้น ดังมีรายละเอียดกำหนดการตามสิ่งที่ส่งมาด้วย ๑

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และกรุณาแจ้งรายชื่อในแบบตอบรับ (สิ่งที่ส่งมาด้วย ๓) ให้กรมทรัพยากรน้ำทราบที่หมายเลขโทรสาร ๐ ๒๒๗๑ ๖๑๖๕ ภายในวันที่ ๑๕ สิงหาคม ๒๕๕๗ เพื่อจักได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายชัยพร ศิริพรไพบูลย์)
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำ

สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ
โทร./โทรสาร ๐ ๒๒๗๑ ๖๑๖๕

ecobranch 1517/57

กำหนดการ

การประชุมหารือการใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

วันที่ ๒๕ – ๒๖ สิงหาคม ๒๕๕๗ ณ ห้องประชุมศูนย์สารสนเทศทรัพยากรน้ำ ชั้น ๑๐ อาคารกรมทรัพยากรน้ำ

วันจันทร์ที่ ๒๕ สิงหาคม ๒๕๕๗		
๐๙.๐๐ – ๐๙.๓๐	กล่าวต้อนรับและอธิบายความเป็นมา	ผู้อำนวยการสำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศหรือผู้แทน
๐๙.๓๐ – ๑๐.๓๐	แนะนำโครงการบริหารจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดิน (Conjunctive Water Management: CWM)	เจ้าหน้าที่สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ
๑๐.๓๐ – ๑๐.๔๕	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม	
๑๐.๔๕ – ๑๒.๐๐	แนะนำโปรแกรม Sourceและบทเรียนจากเครือรัฐออสเตรเลีย	Dr. Robert Carr
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
๑๓.๐๐ – ๑๔.๓๐	อบรมความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับโปรแกรม Source	Dr. Robert Carr
๑๔.๓๐ – ๑๔.๔๕	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม	
๑๔.๔๕ – ๑๖.๐๐	อบรมความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับโปรแกรม Source (ต่อ)	Dr. Robert Carr
วันอังคารที่ ๒๖ สิงหาคม ๒๕๕๗		
๙.๐๐ – ๑๐.๓๐	อบรมความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับโปรแกรม Source (ต่อ)	Dr. Robert Carr
๑๐.๓๐ – ๑๐.๔๕	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม	
๑๐.๔๕ – ๑๒.๐๐	อบรมความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับโปรแกรม Source (ต่อ)	Dr. Robert Carr
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
๑๓.๐๐ – ๑๔.๓๐	อบรมความรู้และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับโปรแกรม Source (ต่อ)	Dr. Robert Carr
๑๔.๓๐ – ๑๔.๔๕	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม	
๑๔.๔๕ – ๑๖.๐๐	สรุปการฝึกอบรม	Dr. Robert Carr

การบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน

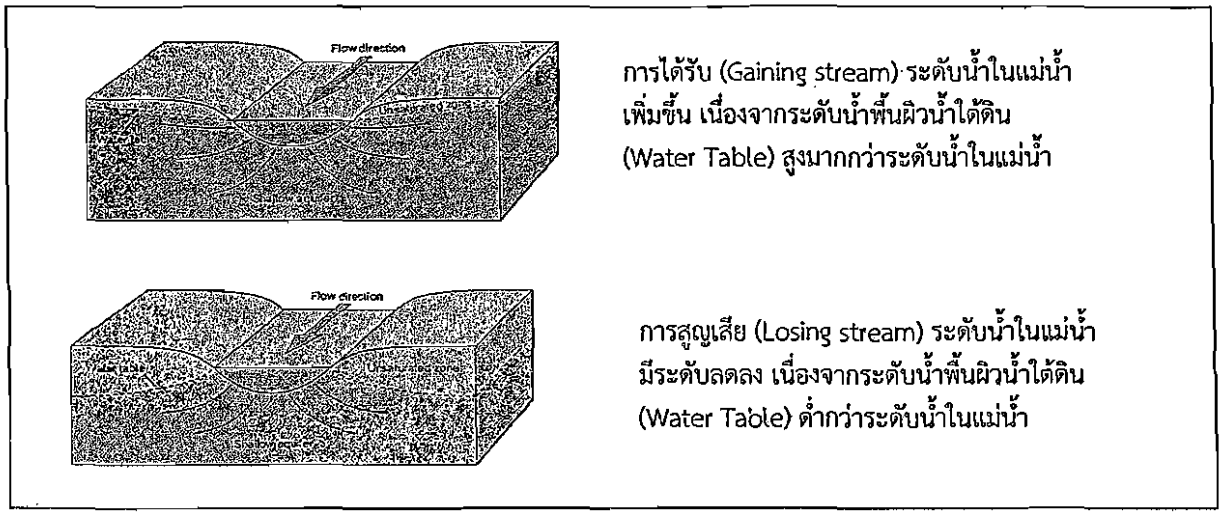
(Groundwater and surface water conjunctive management)

ชนาวัชร อรุณรัตน์
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ
กรมทรัพยากรน้ำ
10 กรกฎาคม 2557

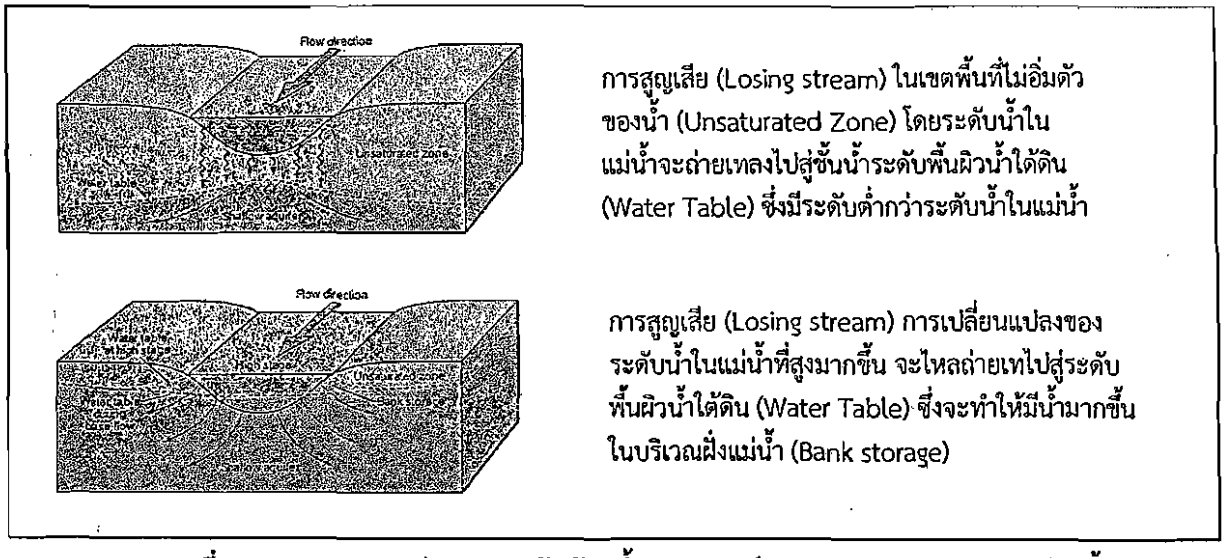
บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน หลายประเทศได้เผชิญกับความท้าทายมากขึ้น จากปัญหาการขาดแคลนน้ำ การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม (The Secretariat of the Cabinet, 2002) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาวะฝนทิ้งช่วงหรือเกิดภาวะน้ำแล้ง ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำที่กักเก็บไว้ไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม แหล่งน้ำใต้ดินได้ถูกสูบมาใช้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลลดลง แหล่งน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่สามารถสูบได้ ปริมาณน้ำใต้ดินไม่เพียงพอต่อความต้องการและไม่สามารถคืนกลับสู่สภาพสมดุล (Chulalongkorn University, 2009) การสูบน้ำใต้ดินใกล้แหล่งต้นน้ำและแม่น้ำ มีผลต่อการลดลงของน้ำผิวดินและระบบนิเวศในน้ำ (Aquatic ecosystems) โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีปริมาณน้ำไหลน้อยในแม่น้ำ (Naturally low stream flow) การใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลง สร้างผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่เติมลงไปสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และมลพิษในแหล่งน้ำ (Brodie et al, 2007) รวมทั้งการเสียสมดุลกลไกการเติมน้ำโดยธรรมชาติ (Groundwater recharge) (Chulalongkorn University, 2009)

จากความท้าทายข้างต้น หลายประเทศได้นำแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน (Integrated Water Resources Management: IWRM) มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการ โดยมุ่งเน้นไปสู่การมีประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจ (Economic efficiency) ความเท่าเทียมทางสังคม (Social equity) และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental sustainability) (GWP, 2006a) ผ่านการพัฒนาและปรับปรุงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางหนึ่งในการพิจารณาโอกาสและความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ คือ การบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน (GWP, 2006b) โดย FAO (1995) ได้ให้นิยามการใช้น้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน (Conjunctive use) ไว้ว่า "เป็นการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินที่สอดคล้องกัน โดยการบูรณาการใช้น้ำทั้งสองแหล่งนั้น จะต้องไม่สร้างผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างความสมดุลต่อความต้องการใช้น้ำ (Water demand) และอุปทานน้ำด้านทุน (Water supply)" ซึ่งแหล่งน้ำทั้งสองแหล่งได้ถูกบริหารจัดการเป็นแหล่งน้ำเดียวกันและมีการเชื่อมโยงกันทางกายภาพ (Physical connection) (Fullager,2004) จากปัจจัยทางภูมิประเทศ (Topography) ธรณีวิทยา (Geology) และอุทกวิทยา (Hydrology) ซึ่งการได้รับ(Gaining stream) และการสูญเสีย (Losing stream) ระหว่างแหล่งน้ำทั้งสองแหล่ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำใต้ดินและผิวดิน (Baker et al, 2012)

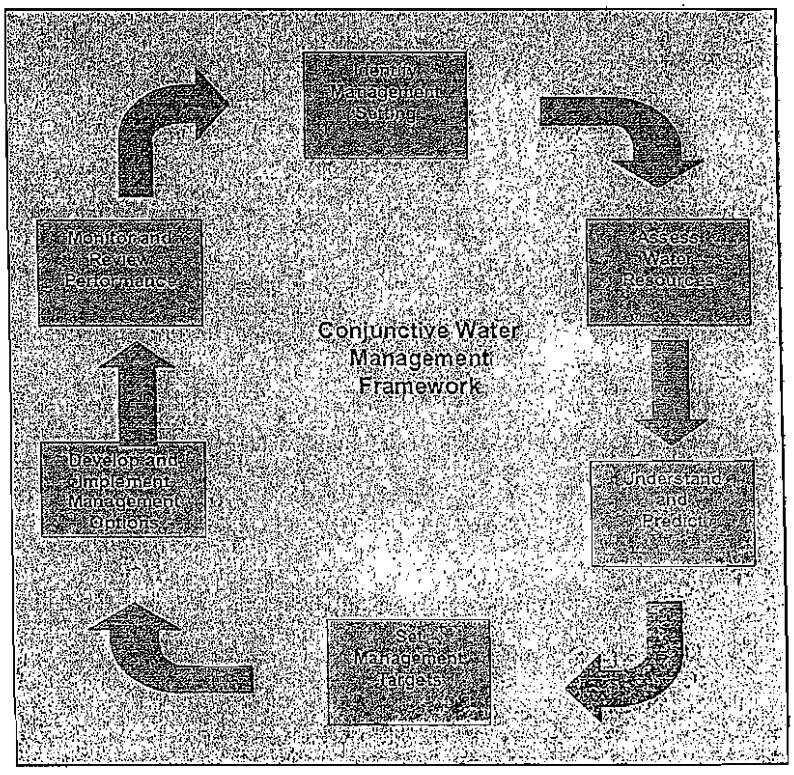


รูปที่ 1 ภาพแสดงการถ่ายเทตามวัฏจักรน้ำ จากการได้รับ (Gaining stream) และการสูญเสีย (Losing stream) ระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดิน (Reid et al, 2009)



รูปที่ 2 ภาพแสดงการถ่ายเทตามวัฏจักรน้ำ การสูญเสีย (Losing stream) ระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดิน ในเขตพื้นที่ไม่อิ่มตัวของน้ำ (Unsaturated Zone) (Reid et al, 2009)

จากความเชื่อมโยงในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใต้ดินและผิวดินข้างต้น รัฐบาลออสเตรเลีย (Australian Government) ได้ประยุกต์แนวทางดังกล่าวและได้จัดทำกรอบแนวคิดในการบริหารจัดการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวให้เป็นแนวทางเดียวกัน การสร้างเครื่องมือสนับสนุนในการตัดสินใจ (Support of decision-making) การศึกษาและสร้างความเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดิน พร้อมทั้งการเสริมสร้างขีดความสามารถในการนำแบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical model) และเครื่องมือการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ โดยกรอบ/แนวทางการบริหารจัดการดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกพื้นที่ (Scales) และทุกโครงการ ในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำและระดับประเทศ (Brodie et al, 2007)



รูปที่ 3 แผนผังแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน(Brodie et al, 2007)

จากเป้าหมายในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินดังกล่าว รัฐบาลออสเตรเลีย (Australian Government) ได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.การกำหนดขอบเขตการบริหารจัดการ (Identify management setting)

เป็นการกำหนดพื้นที่การดำเนินการของลุ่มน้ำ การกำหนดประเด็นปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาจากแผนและนโยบาย (Planning and Policy) ที่มีอยู่ การวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัดในการดำเนินการ การค้นหาประเด็นสำคัญของการบริหารจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการบริหารจัดการลุ่มน้ำ (Catchment Issues) การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินและผิวดินปัจจุบัน รวมทั้งข้อมูลการใช้น้ำและสิ่งก่อสร้างที่ได้ดำเนินการก่อสร้างในพื้นที่ที่พิจารณา (Water Use and water resource development)

2. การประเมินด้านทรัพยากรน้ำ (Assess water resources)

จะดำเนินการเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยา (Hydrology) ธรณีวิทยา (Geology) ลักษณะพื้นที่ (Topography) และการใช้ที่ดิน (Land use) รวมทั้งการวิเคราะห์ความเชื่อมโยง (Interaction) ระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดินในเชิงพื้นที่ (Spatial) และช่วงเวลา (Temporal) จากการสำรวจภาคสนาม (Field observation) การวัดการไหลซึมของน้ำจากผิวดินลงสู่น้ำใต้ดิน (Seepage measurement) การใช้ตัวชี้วัดทางด้านนิเวศวิทยา (Ecological indicators) การจัดทำแผนที่พันธุ์พืชและสิ่งมีชีวิตในดิน เพื่อกำหนดปริมาณการใช้น้ำใต้ดิน รวมทั้งการจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา (Hydrological mapping) เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของน้ำ การศึกษาด้านอุทกเคมี (Hydrochemical studies) และการศึกษาสมดุลน้ำ (Water budget)

3. ความเข้าใจและการพยากรณ์ (Understand and Predict)

จากข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) ที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 2 จะนำไปสู่ขั้นตอนการพัฒนาความเข้าใจในความเชื่อมโยงกันระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดินและการพัฒนาแนวคิดแบบจำลอง (Conceptual model) ที่จะช่วยในการวิเคราะห์ความสอดคล้องกับค่าข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจภาคสนาม (Field Observation) และผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าว จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่สำคัญต่อปริมาณและคุณภาพน้ำ การเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำในแต่ละช่วงเวลา/ฤดูกาล และการคาดการณ์ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จากการเปลี่ยนแปลงสภาพเงื่อนไขของลุ่มน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หรือผลกระทบจากการสูบน้ำใต้ดินมาใช้ พร้อมทั้งใช้เครื่องมือดังกล่าว ในการสื่อสารในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำ ทั้งนี้ การพัฒนาแบบจำลองนั้น จะต้องสามารถบ่งชี้ได้ถึงข้อมูลที่ต้องการและข้อมูลสำคัญที่ขาดหายไป (Key information gap) ของแบบจำลอง (Brodie et al, 2007) ในส่วนการปรับปรุงความถูกต้องของแบบจำลองนั้น จะวิเคราะห์จากค่าผลลัพธ์ที่ได้รับจากแบบจำลอง รวมทั้งการวิเคราะห์ความความน่าเชื่อถือ (Uncertainty) ซึ่งข้อผิดพลาดดังกล่าว อาจจะเกิดขึ้นจากค่าข้อมูลที่ผิดพลาด (Input data error) และการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ (Black et al, 2011)

4. การกำหนดเป้าหมายในการบริหารจัดการ (Set management targets)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการวางแผน การกำหนดเป้าหมายในการบริหารจัดการจะเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบประสิทธิภาพการดำเนินงานให้สอดคล้องกับข้อจำกัดในการจัดสรรน้ำใต้ดินและผิวดิน และการกำหนดปริมาณการไหลของน้ำ(Minimum flow) สำหรับระบบนิเวศลุ่มน้ำ

5. การพัฒนาและการกำหนดทางเลือกในการบริหารจัดการ

(Develop and implement management options)

การพัฒนาและการกำหนดทางเลือกในการบริหารจัดการจะเป็นการผสมผสานกันระหว่างประเด็นนโยบายและทางเลือกในการลงทุน โดยในประเด็นโยบายจะเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำ เช่น การออกใบอนุญาตการใช้น้ำ (Licensing) การกำหนดข้อบังคับ (Regulation) การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ (Buffer zone) การจัดสรรน้ำ (Water allocation) และในประเด็นทางเลือกในการลงทุน เช่น ทางเลือก/รูปแบบในการก่อสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ (Storages) และระยะเวลาการคืนทุน (Recovery cost) โดยจะพิจารณาข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำปัจจุบัน ความสามารถในการบรรลุเป้าหมายในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำ รวมทั้งทรัพยากรที่ใช้ในการบริหารจัดการ เช่น ระยะเวลา งบประมาณ เจ้าหน้าที่และผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

6. การทบทวนและการติดตามตรวจสอบ (Monitor and review performance)

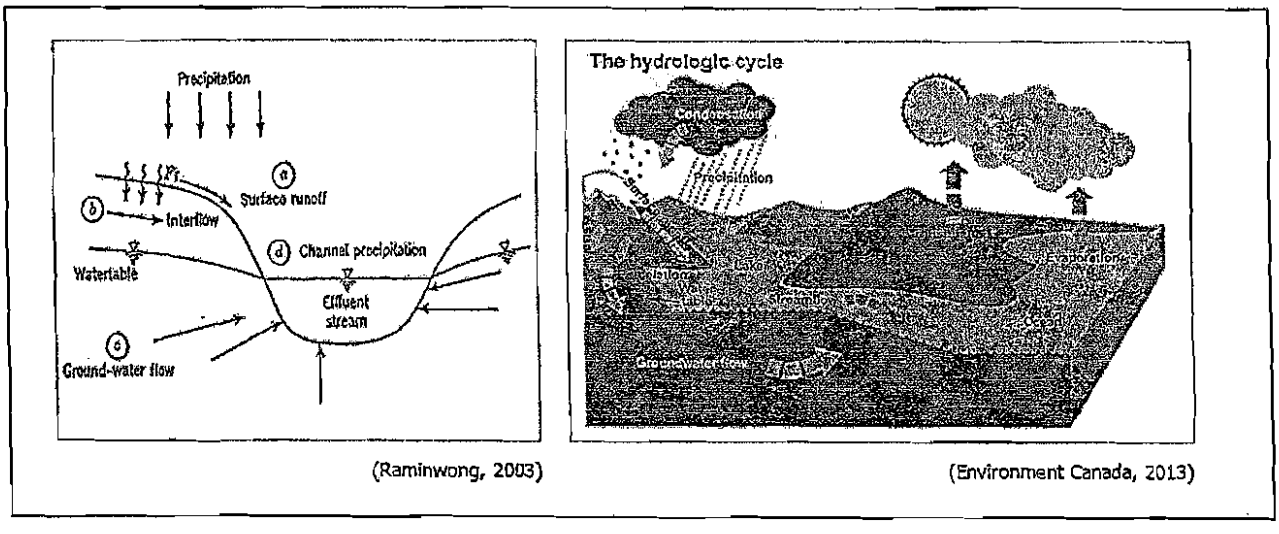
การติดตามตรวจสอบ (Monitor) เป็นส่วนสำคัญในการดำเนินงานให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดขึ้น โดยประเด็นดังกล่าวจะกำหนดตัวชี้วัดที่สำคัญ (Key indicators) ในระดับเชิงพื้นที่ (Spatial) และช่วงเวลา (Temporal) เช่น การวัดระดับ ปริมาณ และการไหลของน้ำผิวดิน ระดับน้ำและคุณภาพน้ำใต้ดิน สภาพการใช้ที่ดิน รวมทั้งระบบนิเวศวิทยา สำหรับการทบทวนการดำเนินงานนั้น จะพิจารณาการประเมินสภาพลุ่มน้ำ เช่น การกำหนดประเด็นที่สำคัญในการดำเนินการ การบ่งชี้ข้อมูลสำคัญที่ขาดหายไป (Information gaps) การพัฒนาความเชื่อมั่นของแบบจำลอง และการแสวงหาแนวทางการบริหารจัดการอย่างเหมาะสม

สำหรับประสิทธิภาพการบริหารจัดการตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นนั้น จำเป็นต้องกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบ (Roles and responsibilities) ของหน่วยงานและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างชัดเจน รวมทั้งการมีส่วนร่วมอย่างเท่าเทียมและความร่วมมืออย่างแข็งขันในทุกระดับ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่สำคัญในการดำเนินการ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการบริหารจัดการ สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน ได้แก่

1. การพัฒนาการเข้าถึงการใช้น้ำอย่างยั่งยืน
2. การสร้างความยืดหยุ่นให้กับองค์กรลุ่มน้ำในการเข้าถึงแหล่งน้ำ และมีแหล่งน้ำต้นทุนมากขึ้น
3. สามารถเฉลี่ยน้ำต้นทุนได้มากขึ้น โดยการกักเก็บและการเก็บรักษาน้ำส่วนเกิน
4. แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำขององค์กรลุ่มน้ำ
5. องค์กรลุ่มน้ำสามารถบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อมให้บรรลุเป้าหมายได้มากขึ้น
6. รัฐบาลสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ด้านทรัพยากรน้ำตามความต้องการของประเทศ (Brodie et al, 2007)

วัฏจักรน้ำ (Hydrologic cycle)

ทรัพยากรน้ำบนโลกสามารถเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนย้ายไปตามวัฏจักรน้ำ (Hydrologic cycle) (USGS, 2014) กระบวนการดังกล่าวได้เปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ จากของแข็ง (Solid; น้ำแข็งและหิมะ) ไปสู่ของเหลว (Liquid; น้ำผิวดินและน้ำทะเล) และก๊าซ (Vapor; ไอน้ำ)และกลับสู่ของเหลวอีกครั้ง โดยเริ่มจากกระบวนการการระเหย (Evaporation) การควบแน่น (Condensation) และการกลั่นตัวกลายเป็นน้ำฝนตกลงสู่พื้นดิน (Precipitation) (Environment Canada, 2013) ทำให้เกิดน้ำท่าหรือน้ำไหลผ่าน (Runoff) บนผิวดิน โดยปริมาณน้ำผิวดิน (Surface water) เกิดจากน้ำฝนที่ไม่ได้ไหลซึมลงสู่ดิน (Surface runoff ; overland flow) ไหลผ่านหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และฝนที่ตกลงสู่แม่น้ำลำธารโดยตรง (Direct precipitation; Channel precipitation) น้ำบางส่วน ได้ไหลแทรกซึมลงสู่ดิน (Infiltration) ลงไปสู่ชั้นดินที่ผ่านได้ยาก (Interflow; secondary base flow) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีระดับความลึกโดยประมาณ 2-3 นิ้ว และไหลซึมออกในแนวระนาบ (lateral flow) สู่แม่น้ำลำธารต่อไป สำหรับน้ำใต้ดิน (Groundwater) เกิดขึ้นจากน้ำฝนที่ไหลซึมลึก (Percolation) ผ่านผิวดิน (Groundwater runoff ; base flow) (Raminwong,2003) ไปสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) ซึ่งเป็นชั้นหินที่มีโพรงหรือช่องว่างระหว่างเม็ดแร่ขนาดใหญ่ต่อเนื่องกัน และมีคุณสมบัติให้น้ำซึมได้ สามารถกักเก็บน้ำเป็นปริมาณมากจนกลายเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน (RID, 2010)

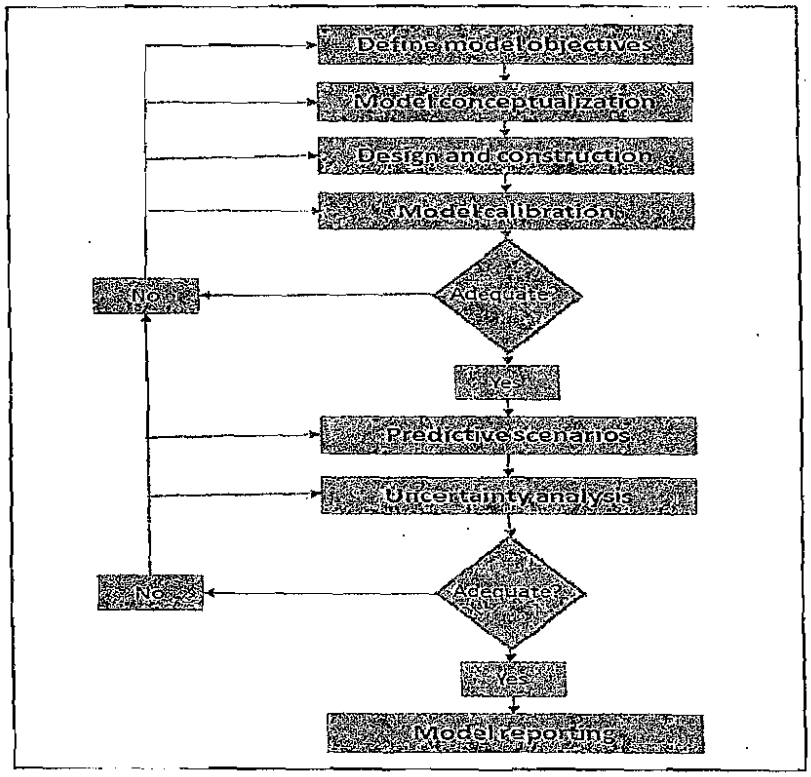


(Raminwong, 2003) (Environment Canada, 2013)

รูปที่ 4 ภาพแสดงวัฏจักรน้ำ (Hydrologic cycle)

แบบจำลองการบริหารจัดการน้ำใต้ดินและผิวดิน (Modeling groundwater-surface water interaction)

จากการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเพิ่มมากขึ้นจำนวนของประชากร ได้นำไปสู่ความท้าทายที่หลากหลายและความซับซ้อนที่มากขึ้นในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ แบบจำลอง (Model) ได้กลายมาเป็นเครื่องมือที่สำคัญและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการบริหารจัดการ ช่วยเพิ่มทางเลือกในการบริหารจัดการและการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยในช่วงต้นของการพัฒนา แบบจำลองได้รับการออกแบบเฉพาะการบริหารจัดการน้ำใต้ดินหรือผิวดินอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีการออกแบบจำลองที่มีความหลากหลาย และสร้างความเชื่อมโยงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดินได้มากขึ้น (Welsh et al, 2013) สำหรับนิยามของแบบจำลองนั้น Black et al (2011) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า "การทำให้เกิดความเข้าใจที่ง่ายขึ้นเกี่ยวกับความจริง โดยความจริงดังกล่าวได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อทำให้เข้าใจอย่างถูกต้องและลึกซึ้ง ตามคุณลักษณะที่พิจารณาของระบบทางธรรมชาติ ระบบชีววิทยา ระบบเศรษฐกิจและสังคม รูปแบบที่แสดงพฤติกรรมตามกระบวนการดังกล่าวนั้น อาจจะแสดงอยู่ในเชิงคณิตศาสตร์หรือสถิติ ในรูปแบบเชิงแนวคิด (Conceptual representation : ภาพวาดหรือโครงสร้างของระบบ) หรือแบบจำลองกายภาพ (Physical representation : รูปทรงหรือรูปร่างทางกายภาพ)" และPark (2011) ให้นิยามไว้ว่า "แบบจำลอง คือ ตัวแทนหรือการอธิบายกระบวนการหรือวัตถุที่ซับซ้อน ซึ่งโดยปกติจะแสดงโดยย่อขนาดให้เล็กลง (Small scale) และ/หรือรูปแบบที่จะทำให้เข้าใจได้มากขึ้น" สำหรับแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง (Model) สามารถสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 5 แผนผังแนวทางการจัดทำแบบจำลอง (Barnett, 2012)

1.การกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (Define model objectives)

เป็นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง (MDEQ, 2014) การวางแผนการดำเนินการดังกล่าว ต้องการการมีส่วนร่วมจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่จะเห็นร่วมกันในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง วัตถุประสงค์ และผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ต้องการ (Barnett, 2012) รวมทั้งการพิจารณาข้อจำกัดของแบบจำลอง (MDEQ, 2014) และข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะสะท้อนถึงระดับความถูกต้องในการวิเคราะห์ของแบบจำลอง (Barnett, 2012)

2. การสร้างแนวคิดของแบบจำลอง (Model conceptualization)

การสร้างแนวคิดของแบบจำลองเป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยควบคุมหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์กระบวนการการไหล และการกักเก็บน้ำ(MDEQ, 2014) ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantity) และในเชิงคุณภาพ (Quality) (Barnett, 2012)

3. การออกแบบและจัดทำแบบจำลอง (Design and construction)

การออกแบบและจัดทำแบบจำลองเป็นกระบวนการเกี่ยวกับการตัดสินใจในวิธีการที่ดีที่สุดในการนำแนวคิดของแบบจำลองไปสู่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการตัดสินใจดังกล่าวจะพิจารณาการเลือกวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Numerical method) โปรแกรมแบบจำลอง (Modeling software) (Barnett, 2012) ความเหมาะสมทางด้านมิติของแบบจำลอง (Model dimension) (MDEQ, 2014) และการพิจารณาเชิงพื้นที่และช่วงเวลา (Spatial and temporal) ของแบบจำลอง โดยแนวทางเบื้องต้นในวิธีการปฏิบัติควรจะพิจารณาแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนและมีความเหมาะสม เช่น ควรจะพิจารณาจัดทำแบบสองมิติ two-dimensional models (2D) มากกว่าสามมิติ three-dimensional models (3D) (Barnett, 2012)

4. การปรับเทียบแบบจำลอง (Model calibration)

เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยตัวแปร (Input) ในระดับที่กำหนดและพยายามปรับเทียบให้ค่าผลลัพธ์แบบจำลองมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมหรือเงื่อนไขภาคสนามที่เกิดขึ้นจริง Actual field conditions) (MDEQ, 2014) การปรับเทียบอาจจะใช้ชุดข้อมูลที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกัน ซึ่งการปรับเทียบจะทำให้แบบจำลองมีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับค่าที่เกิดขึ้นจริงที่ได้รับจากการวัดค่าในอดีตของพื้นที่ (Barnett, 2012)

5. การพยากรณ์สถานการณ์ (Predictive scenarios)

การพยากรณ์สถานการณ์ถูกออกแบบมาเพื่อตอบคำถามตามวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง แบบจำลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ในหลากหลายของสภาพปัญหา เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากหลากหลายสถานการณ์ (Barnett, 2012)

6. การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน (Uncertainty analysis)

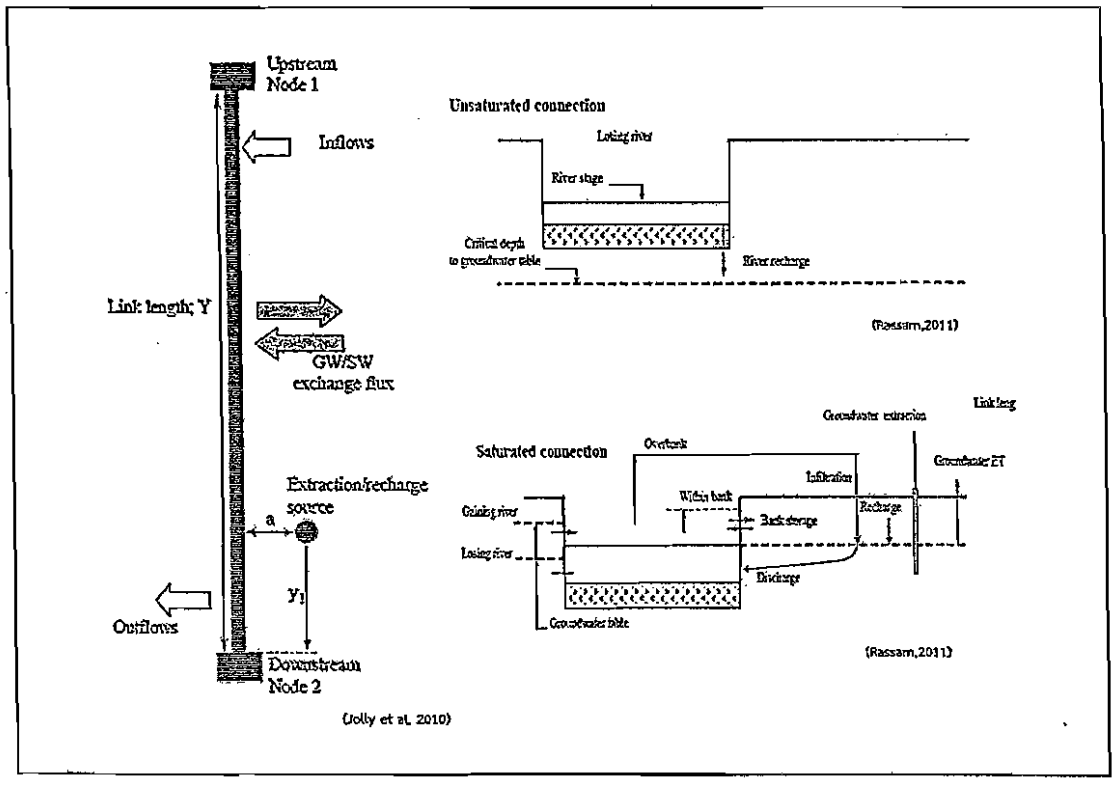
เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการมีความรู้ที่ไม่เพียงพอหรือความผิดพลาดที่มีนัยสำคัญของแบบจำลอง เช่น ความผิดพลาดจากตัวแปรที่ใช้ ค่าข้อมูลปัจจัยตัวแปร (Input data) หรือความผิดพลาดจากบุคคลในการใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ (Black, 2011)

7. การรายงานผลแบบจำลอง (Model reporting)

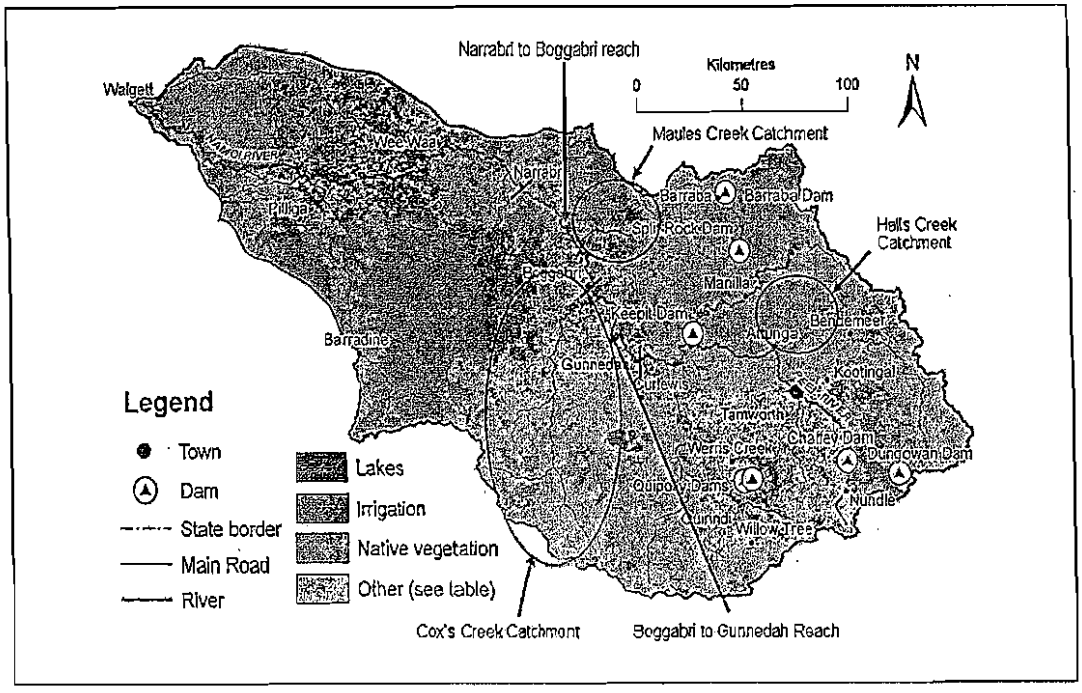
การรายงานผลแบบจำลอง จะเป็นการรายงานทางวิชาการที่ครอบคลุมเอกสารและกระบวนการการทำงานของแบบจำลองในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน เนื้อหาของรายงานควรจะประกอบด้วยคำอธิบายลักษณะแบบจำลอง ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง ข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นผ่านกระบวนการของแบบจำลอง ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์และข้อมูลสนับสนุนทั้งหมดที่สามารถนำเสนอในรายงานได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการนำกลับมาพิจารณาอีกครั้งในการทบทวนและปรับปรุงแบบจำลอง (Model review) (Barnett, 2012)

การใช้แบบจำลองการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน(ประเทศออสเตรเลีย)
(Modeling groundwater-surface water interaction in Australia)

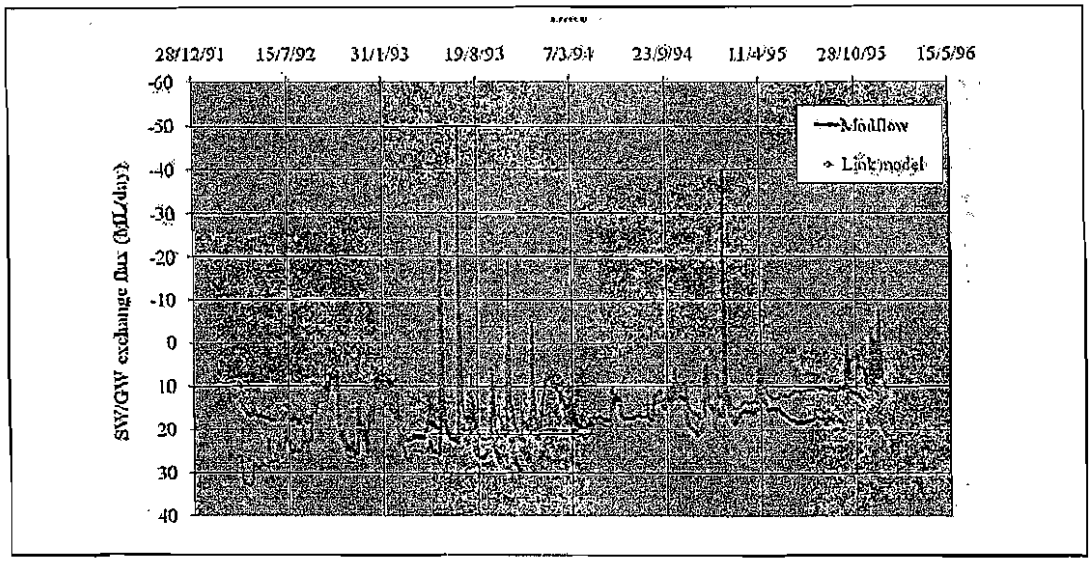
จากข้อตกลงความร่วมมือระหว่างรัฐ The National Water Initiative ได้นำไปสู่การดำเนินการเพื่อปรับปรุงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศออสเตรเลีย การสร้างความมั่นใจในการลงทุนด้านน้ำในอนาคต (National Water Commission, 2006) รวมทั้งการบริหารจัดการน้ำใต้ดินและผิวดิน เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศออสเตรเลียนั้น การสูบน้ำใต้ดินในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำผิวดินทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำจะลดลง(Jolly et al, 2010) และส่งผลกระทบปริมาณน้ำต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (Rassam,2011) เครื่องมือในการคาดการณ์ในความเชื่อมโยงที่ซับซ้อนระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดินจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและช่วยสนับสนุนต่อการจัดสรรน้ำอย่างยั่งยืน โดยประเด็นดังกล่าว eWater Cooperative Research Center (eWater CRC) ได้ดำเนินโครงการ "Groundwater Surface Water Interaction Tool (GSWIT)" เพื่อศึกษาปริมาณและการถ่ายเทการไหลระหว่างระดับน้ำพื้นผิวน้ำใต้ดิน (Water Table) และแม่น้ำ (Jolly et al, 2010) โดยการใช้แบบจำลอง "Sources River" เพื่อพิจารณาปริมาณและการถ่ายเทการไหลระหว่างจุดต้นน้ำและปลายน้ำ (Upstream and downstream nodes) ตลอดเส้นลำน้ำ จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญ คือ ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน (Groundwater extraction) และการระเหยของน้ำ (Evapotranspiration) การเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดิน (Aquifer recharge) และการเก็บกักน้ำของตลิ่ง (Bank storage) การเปลี่ยนแปลงทั้งหมดได้พิจารณารวมถึงสภาพพื้นที่และช่วงเวลาที่จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นและการลดลงในการถ่ายเทการไหลระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดิน (Rassam,2011)



รูปที่ 6 แผนผังแนวคิดแบบจำลอง (Concept Model) แบบจำลอง "Sources River"



รูปที่ 7 พื้นที่ทดสอบแบบจำลอง "Sources River"(จาก Boggabriถึง Narrabri)(Jolly et al, 2010)



รูปที่ 8 ผลทดสอบเบื้องต้นจากแบบจำลอง "Sources River" ในพื้นที่ลุ่มน้ำ Namoi (Jolly et al, 2010)

แบบจำลอง "Sources River" ได้นำไปทดสอบในพื้นที่ลุ่มน้ำ Namoi ทางตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาของลุ่มน้ำ Murray-Darling โดยผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การถ่ายเทการไหลระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของแม่น้ำ ปริมาณการสูบน้ำใต้ดิน อัตราการการถ่ายเทระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดิน และการเปลี่ยนแปลงการระเหยของน้ำ (Rassam,2011)

2. จากการเปรียบเทียบผลการทดลอง (รูปที่ 5) กับแบบจำลอง MODFLOW ปรากฏว่าค่าที่ได้รับจากการทดสอบไม่สอดคล้องกับผลของแบบจำลอง MODFLOW (Jolly et al, 2010) ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขธรรมชาติทางสภาพภูมิศาสตร์ โดยการเปลี่ยนแปลงระหว่างน้ำใต้ดินและผิวดินในพื้นที่ที่ไม่มีการไหลหรือการถ่ายเท (no-flow boundary) ซึ่งห่างไกลจากพื้นที่ที่พิจารณา คุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ (Heterogeneity) (Raminwong ,2003) และความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) มีผลต่อการถ่ายเทการไหลระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดิน (Rassam,2011)

3.แบบจำลอง "Sources River" สามารถสนับสนุนการพยากรณ์การถ่ายเทปริมาณน้ำระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดินได้ดีในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีปริมาณน้ำในแม่น้ำไหลน้อย (low-flow) (Rassam, 2011)

การประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง (Evaluation of Modeling Tools)

จากความแตกต่างตามลักษณะและเป้าหมายของโครงการ การวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินได้เชื่อมโยงไปสู่การประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง การใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์นั้นจำเป็นจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมาก การต้องการเวลาในการศึกษาและใช้งานแบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลอง (Model development) การปรับเทียบแบบจำลอง (Model calibration) และการพยากรณ์สถานการณ์ (Predictive scenarios) ดังนั้น การดำเนินการดังกล่าว จะต้องพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลอง ค่าใช้จ่ายในการนำแบบจำลองมาใช้งาน ความยากง่ายและความสามารถในการผนวกการใช้งานกับฟังก์ชั่นใหม่ในการใช้งาน รวมถึงความสามารถในการแสดงผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

Evaluation Criteria		*Priority*	*Definition of Rankings*			
#	*Description*		*0*	*1*	*2*	*3*
1	Regulatory Acceptance	1	New product, not known to most regulators	Known to some regulatory users	Known to most regulatory users	Industry Standard
2	Cost	1	High	Moderate	Low	Public Domain
3	Ease of Use (Interface)	1	No interface available	Basic Built-in or public domain GUI* available	Proprietary GUI available	Extensive Built-in GUI available
4	Intermodel Connectivity	1	Not Feasible	Possible but difficult	Can be easily coupled with other models	Fully integrated, therefore not applicable
5	GIS Integration	1	None	Some GIS ArcView extension available to aid in preprocessing	Some GIS ArcView extensions available to aid in pre- and postprocessing	Comprehensive GIS tools available for pre- and postprocessing
6	Service & Support	1	Not available	Available but difficult to obtain	Readily available at moderate cost	Readily available at low cost
7	Model Limitations	1	Specialized Model	Limiting	Moderately limiting	Minimally limiting
8	Limit on Model Size	1	Very High	Moderate	Minimal	None
9	Expandability	2	Very difficult to add new program components	Not Applicable	Not Applicable	Relatively easy to add new program components
10	Platform-Flexibility of Operating System	2	Only usable on Linux or Unix systems	DOS Only	WinNT, Win95, Win98	WinNT, Win95, Win98, Unix, Dos, Linux
11	Experience Required	2	Extensive	Moderate to Extensive	Moderate to Minimal	Minimal
12	Percent of Market Share	2	Still in Development/ Used in University	Minimal Number of Users	Moderate Number of Users	Extensive Number of Users
13	Documentation and Training	2	Not Available	Little	Moderate	Extensive

*GUI – Graphical User Interface

รูปที่ 9 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง (Camp Dresser & McKee, 2001)

สำหรับการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง (รูปที่ 6) สามารถสรุปประเด็นการประเมินได้ดังนี้

1. ด้านการยอมรับในการใช้งาน (Regulatory Acceptance) การยอมรับในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้งานของผู้ใช้ โดยการประเมินที่มีค่าการประเมินสูง ได้แก่ แบบจำลองที่นิยมใช้โดยทั่วไป เช่น MODFLOW หรือ SWMN และแบบจำลอง/ผลิตภัณฑ์ใหม่ จะมีค่าในการประเมินที่ต่ำ

2. ต้นทุนการใช้แบบจำลอง (Cost) แบบจำลองที่ค่าใช้จ่ายที่ต่ำหรือเป็นแบบจำลองที่สามารถเข้าถึงได้สาธารณะ จะให้ค่าการประเมินที่สูงกว่าแบบจำลองที่มีค่าใช้จ่ายที่หรือมีต้นทุนที่สูง

3. ความยากง่ายในการใช้ง่าย (Ease of Use) การประสาน/ผนวกการใช้งานด้านรูปภาพ (Graphics) เข้ากับโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมที่มีความสามารถดังกล่าวจะได้รับการประเมินค่าสูงและแสดงถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงกับแบบจำลองอื่นๆ (Intermodel connectivity) โดยความสามารถดังกล่าว ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงได้หลากหลายมากขึ้น เช่น แบบจำลอง MODFLOW สามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมหรือแบบจำลองอื่นๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน

5. การผนวกเข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS integration) เทคโนโลยีด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกพัฒนาสำหรับการจัดการบริหารข้อมูลเชิงพื้นที่และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองและการแสดงผลการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองที่มีความสามารถในการผนวกเข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) จะได้รับการประเมินค่าที่สูง

6. การสนับสนุนและการให้บริการ (Service and Support) ประเด็นที่สำคัญประเด็นหนึ่งคือความสามารถในการให้การสนับสนุนและบริการของผู้ผลิตแบบจำลอง โดยบางแบบจำลองนั้น อยู่ในขั้นของการพัฒนา ดังนั้น อาจจะเกิดข้อจำกัดในการขอรับการสนับสนุนและการให้บริการ

7. ข้อจำกัดของแบบจำลอง (Model limitations) แบบจำลองที่มีการใช้งานที่จำกัดและเฉพาะเจาะจงนั้นจะได้รับค่าการประเมินที่ต่ำ ในส่วนแบบจำลองที่มีเครื่องมือในการใช้งานทั่วไป (generic tools) และมีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย (variety of applications) จะได้รับค่าการประเมินที่สูง

8. ข้อจำกัดด้านขนาดของแบบจำลอง (Limit on model size) ซึ่งแบบจำลองที่มีขนาดที่ใหญ่มากจะได้รับค่าในการประเมินที่ต่ำ

9. การเพิ่มฟังก์ชั่นโปรแกรม (Expandability) จะเกี่ยวข้องกับความยากง่ายในการเพิ่มฟังก์ชั่นใหม่ของโปรแกรม เช่น MODFLOW อาจจะง่ายต่อการดำเนินการ ในขณะที่ MIKE SHE อาจจะมีข้อยุ่งยากในการดำเนินการ

10. การใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการ (Platform-flexibility of Operating System) ค่าการประเมินที่สูงนั้น จะเหมาะสมกับแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย เช่น Microsoft Window, UNIX, และ Linux

11. ความต้องการประสบการณ์ในการใช้งาน (Experience required) ความต้องการในการสะสมประสบการณ์ในการใช้แบบจำลองมีผลต่อระยะเวลาที่ต้องการในการฝึกอบรม และเกี่ยวข้องประสิทธิภาพในการใช้งานแบบจำลอง ค่าการประเมินนั้น จะพิจารณาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความซับซ้อนของแบบจำลอง ขอบเขตของความสามารถในการใช้แบบจำลอง รวมถึงความซับซ้อนของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

12. ส่วนแบ่งการตลาด (Percent of market share) โดยขนาดของส่วนแบ่งตลาดจะสามารถสะท้อนได้ถึงความยอมรับในการใช้งานแบบจำลอง โดยเป็นแบบจำลองที่มีการใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในการวิเคราะห์มีต้นทุนที่เหมาะสม และสามารถผนวกเข้ากับแบบจำลอง/ฟังก์ชั่นใหม่ของโปรแกรมได้ดี

13. การฝึกอบรมและเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Documentary and training) การฝึกอบรมและเอกสารดังกล่าวจะทำให้สามารถเข้าใจแบบจำลองในการพัฒนา ข้อจำกัด และการใช้ประโยชน์ การเข้าถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องได้ง่าย จะลดเวลาในการค้นหา และการเรียนรู้การใช้แบบจำลอง (Camp Dresser & McKee, 2001)

สรุป (Conclusion)

จากแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน (Integrated Water Resources Management: IWRM) ได้นำไปสู่ความเชื่อมโยงในการบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน การศึกษาและสร้างความเข้าใจในการบริหารจัดการที่ซับซ้อนดังกล่าวให้ประสบความสำเร็จได้นั้น จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ และการกำหนดเป้าหมายในการบริหารจัดการอย่างชัดเจน เพื่อกำหนดทิศทางและทางเลือกในการบริหารจัดการ รวมถึงการพัฒนาศักยภาพองค์กรลุ่มน้ำให้มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างขีดความสามารถของบุคลากร การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี การกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบของหน่วยงานและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างชัดเจน ซึ่งจากความท้าทายด้านน้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน การบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับผิวดิน จะสามารถสนับสนุนให้เกิดความหลากหลายในการบริหารจัดการ รวมทั้งการพร้อมรับต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางอาหาร ทรัพยากรน้ำ และพลังงานในอนาคต

เอกสารอ้างอิง (References)

Baker, P.,Sundaram,B.,&Brodie,R,(2012), *Connected Water: Managing the linkages between surface water and groundwater*, Bureau of Rural Sciences, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australian Government, retrieved from : *http://data.daff.gov.au/brs/brsShop/data/connected_wate_1.pdf*

Barnett et al, 2012, *Australian groundwater modelling guidelines*, Waterlines report, National Water Commission, Canberra, retrieved from: http://www.groundwater.com.au/media/W1siZiIsIjIwMTIvMTAvMTcvMjFfNDFfMzZfOTYwX0F1c3RyYWxpYW5fZ3JvdW5kd2F0ZXJfbW9kZWxsaW5nX2d1aWRlbGluZXMucGRmIl1d/Australian-groundwater-modelling-guidelines.pdf

Black,D.,Wallbrink,P.,Waters,D.,Carroll,C.,&Blackmore,J,(2011),*Guideline for Water Management modeling, Toward best-proctice model opplicotion,* Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, Department of Innovation, Industry, Sciences and Research, and National Water Commission, Australian Government, retrieved form : *http://www.ewater.com.au/publications/guidelines-for-water-management-modelling/*

Brodie,R.,Sundaram,B.,Tottenham,R.,Hostetler,S.,&Ransley,T.(2007),*An Adaptive Management Framework for Connected Groundwater-Surface Water Resources in Australia*, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Bureau of Rural Sciences, National LandcareProgramme, Australian Government

Camp Dresser & McKee, (2001), *Evaluation of Integrated Surface Water and Groundwater Modelling Tools*, Camp Dresser & McKee, Water Resources, Research & Development Program, retrieved from :*http://www.mikebydhi.com/upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/waterresources/MSHE_Code_Evaluations/CDM_ISGW_Report.pdf*

Chulalongkorn University.(2009), *The formulation of Moster Plans for development and conservation of groundwater sources and environment project*, (final report), Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, (Submitted to Department of Groundwater Resources)

Environment Canada,(2013),*The Hydrologic Cycle*, Water Basics, Water, Environment Canada, retrieved from *http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=En&n=23CEC266-1#evaporation1*

FAO,(1995),*Land and water integration and river basin management*, Proceedings of an FAO informal workshop, Rome, Italy, 31 January - 2 February 1993. Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-103655-1, retrieved from :*http://www.fao.org/docrep/v5400e/v5400e0c.htm#conjunctive use of surface and groundwater*

Fullagar I,(2004),*Rivers and Aquifers: Towards conjunctive water management*, Workshop Proceedings, Adelaide 6-7 May, 2004. Bureau of Rural Sciences, cited in Brodie,R.,Sundaram, B.,Tottenham,R.,Hostetler,S.,&Ransley,T.(2007), An Adaptive Management Framework for Connected Groundwater-Surface Water Resources in Australia, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Bureau of Rural Sciences, National LandcareProgramme, Australian Government

Global Water Partnership (GWP),(2006a), *Checklist for change: Defining areas for action in an IWRM strategy or plan*, No. 1,Technical Briefs, GWP Technical Committee, Global Water Partnership, retrieved from: *http://www.gwp.org/en/ToolBox/PUBLICATIONS/Technical-Briefs/*

Global Water Partnership (GWP),(2006b), *Taking an integrated approach to improving water efficiency*, No. 4,Technical Briefs, GWP Technical Committee, Global Water Partnership, retrieved from: *http://www.gwp.org/en/ToolBox/PUBLICATIONS/Technical-Briefs/*

Jolly,I.,Rassam,D.,Pickett,T.,Gilfedder,M.,&Stenson,M;(2010), *Modelling groundwater-surface water interactions in the new generation of river systems models for Australia*, Groundwater 2010, The challenge of sustainable management, 13 October – 4 November 2010, National Convention Center, Canberra, retrieved form:*http://www.ewater.com.au/uploads/files/Jollyian_000.pdf*

Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ),(2014), *Groundwater Modeling, Remediation and Redevelopment Division Resources Materials*, MDEQ, retrieved from: http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-GroundwaterModelingGuidance_447643_7.pdf

National Water Commission.,(2006),*The National Water Initiative (NWI)*, Introduction to AWR 2005, National Water Commission, Australian Government, retrieved from: *http://www.water.gov.au/introductiontoawr2005/TheNationalWaterInitiative/index.aspx?Menu=Level1_2_3*

Park,C,(2011), *Oxford Dictionary of Environment and Conservation*, Oxford University Press Inc., New York

Rassam, D. W., (2011). *A conceptual framework for incorporating surface–groundwater interactions into a river operation–planning model.* Environmental Modelling& Software, 26(12), 1554-1567, retrieved from *:http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815211001800*

Raminwong,T,(2003), *Groundwater, Faculty of Science, Chiang Mai University*, ISBN 974-658-043-4, retrieved from: *http://it.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/groundwater/documents/Groundwater.pdf*

Reid,M., Cheng,X., Banks,E., Jankowski,J., Jolly,L., Kumar,P., Lovell,D., Mitchell,M., Mudd,G., Richardson,S., Silburn,M.,&Werner,A;(2009), *Catalogue of conceptual models for groundwater–stream interaction in eastern Australia*, eWater Cooperative Research Centre Technical Report, ISBN 978-1-921543-22-7, retrieved from: *http://www.ewater.com.au/uploads/files/Reid_et_al-2009-Model_Catalogue.pdf*

Royal Irrigation Department (RID), (2010), *Glossaries of irrigation and drainage*, Royal Irrigation Department, retrieved from : *http://www.tumcivil.com/engfanatic/media/RID_vocab/RID_Vocaburary.pdf*

The Secretariat of the Cabinet. (2002), *Water resources management in Thailand and guideline of integrated water resources management*, Office of the National Water Resources Committee, The Secretariat of the Cabinet

U.S. Geological Survey's (USGS),(2014), *The Woter Cycle, Water Science for School*, (USGS), retrieved from *http://water.usgs.gov/edu/wotercycle.html*

Welsh, W. D., Vaze, J., Dutta, D., Rassam, D., Rahman, J. M., Jolly, I. D., ... & Lerat, J. (2013). *An integrated modelling fromework for regulated river systems. Environmental Madelling & Software*, *39*, 81-102.

แบบตอบรับ
การประชุมหารือการใช้แบบจำลองในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ
วันที่ ๒๕-๒๖ สิงหาคม ๒๕๕๗ ณ ห้องประชุมศูนย์สารสนเทศทรัพยากรน้ำ
ชั้น ๑๐ อาคารกรมทรัพยากรน้ำ
****

หน่วยงาน .....

ขอส่งชื่อผู้เข้าร่วมการประชุมดังนี้

๑. ชื่อ –สกุล.....ตำแหน่ง.....
โทรศัพท์/โทรสาร.....E-mail address.....

๒. ชื่อ–สกุล .....ตำแหน่ง .....
โทรศัพท์/โทรสาร..... E-mail address .....

๓. ชื่อ –สกุล.....ตำแหน่ง.....
โทรศัพท์/โทรสาร.....E-mail address.....

๔. ชื่อ –สกุล.....ตำแหน่ง.....
โทรศัพท์/โทรสาร.....E-mail address.....

๕. ชื่อ –สกุล.....ตำแหน่ง.....
โทรศัพท์/โทรสาร.....E-mail address.....

****

กรุณาส่งแบบตอบรับเข้าร่วมการประชุมภายใน *วันศุกร์ที่ ๑๕ สิงหาคม ๒๕๕๗*

นางสาวเชดราสี ถิระศุภะ นักวิเทศสัมพันธ์ปฏิบัติการ
สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ กรมทรัพยากรน้ำ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
โทรศัพท์/โทรสาร ๐ ๒๒๗๑ ๖๑๖๕ E-mail address nanny_che@hotmail.com