

สถานการณ์น้ำในประเทศไทย*

พรทิพย์ เจริญธีรวิทย์**

บทนำ

ทรัพยากรน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ และยังเป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดศักยภาพของการแข่งขันสินค้าภาคเกษตรของไทยในตลาดโลกด้วย ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนภาพรวมของทรัพยากรน้ำและลุ่มน้ำหลัก 25 ลุ่มน้ำของประเทศ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงฐานะและสภาพของทรัพยากรน้ำของประเทศไทยโดยเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่งในการผลิตสินค้าเกษตร

รายงานต่อไปนี้จะนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำของไทย 4 หัวข้อด้วยกันคือ หนึ่ง ศักยภาพทรัพยากรน้ำของประเทศไทยเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่งในการผลิตสินค้าเกษตรกรรม (โดยเฉพาะข้าวซึ่งเป็นพืชที่ใช้น้ำมาก และไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก) สอง ดัชนีชี้วัดการขาดแคลนทรัพยากรน้ำของประเทศต่าง ๆ สาม การใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของไทย และสี่ บทสรุป

1. ศักยภาพทรัพยากรน้ำ

1.1. ทรัพยากรน้ำในประเทศไทยเปรียบเทียบกับนานาชาติ

ประเทศไทยมีปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศรายปี (Annual internal renewable water resources) ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ในเอเชียซึ่งเป็นทวีปที่มีปริมาณน้ำต่อคนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก กล่าวคือ ในปี 2541 ประเทศไทยมีปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศต่อคนเพียง 1,845 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับอินเดีย (1,896 ลูกบาศก์เมตร/คน) และปากีสถาน (1,678 ลูกบาศก์เมตร/คน) ขณะที่ประเทศเพื่อนบ้านโดยเฉพาะประเทศที่ผลิตสินค้าเกษตรแข่งขันกับไทยมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนภายในประเทศจำนวนมาก เช่น สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนรายปีมากที่สุดในเอเชีย คือ 50,392 ลูกบาศก์เมตร/คน รองลงมาคือ เมียนมาร์มี 22,719 ลูกบาศก์เมตร/คน มาเลเซียมี

* เป็นบทสรุปในหัวข้อ สภาพทรัพยากรน้ำในประเทศไทย ในโครงการวิจัย แผนนโยบายการจัดการน้ำสำหรับประเทศไทย ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

21,259 ลูกบาศก์เมตร/คน กัมพูชามี 8,195 ลูกบาศก์เมตร/คน และเวียดนามมี 4,827 ลูกบาศก์เมตร/คน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ถ้าพิจารณานับรวมปริมาณน้ำที่ได้จากแม่น้ำระหว่างประเทศแล้ว ประเทศไทยมีปริมาณหมุนเวียนรายปีมากถึง 3,003 ลูกบาศก์เมตร/คน แต่ก็ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (6,918 ลูกบาศก์เมตร/คน) และของเอเชีย (3,680 ลูกบาศก์เมตร/คน) และต่ำกว่าประเทศคู่แข่งด้านสินค้าเกษตรที่สำคัญคือ สหรัฐอเมริกา (9,043.8 ลูกบาศก์เมตร/คน) เวียดนาม (4,827 ลูกบาศก์เมตร/คน) กัมพูชา (46,334 ลูกบาศก์เมตร/คน) (ตารางที่ 1)

1.2 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

ไทยเป็นประเทศที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมจึงมีปริมาณน้ำฝนประมาณ 775,539 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือโดยเฉลี่ยปีละ 1,630 มิลลิเมตร ซึ่งจัดอยู่ในประเทศที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี (ตารางที่ 2)

ถ้าพิจารณาปริมาณน้ำฝนเป็นรายภาคจะพบว่า ภาคใต้เป็นภาคที่ได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุดของประเทศคือ 2,304 มิลลิเมตรต่อปี และภาคใต้แบ่งได้เป็นสองด้านคือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก โดยภาคใต้ฝั่งตะวันตกจะได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่าฝั่งตะวันออก ภาคตะวันออกได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,092 มิลลิเมตรต่อปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,407 มิลลิเมตรต่อปี ภาคกลางได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,265 มิลลิเมตรต่อปี ภาคเหนือซึ่งเป็นเขตต้นน้ำของภาคกลางเป็นภาคที่ได้รับปริมาณน้ำฝนต่ำที่สุดของประเทศเฉลี่ยคือ 1,258 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา 2540)

1.3 ศักยภาพของการผลิตน้ำทำ

น้ำฝนเฉลี่ยต่อปีของไทยตามสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาในปี 2540 มีปริมาณ 775,539 ล้านลูกบาศก์เมตร (หรือประมาณ 1,630 มิลลิเมตรต่อปี) ใน

จำนวนนี้ไหลลงเป็นปริมาณน้ำทำคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ดังนั้นปริมาณน้ำทำจึงมีจำนวน 489 มิลลิเมตรต่อปี (ตารางที่ 2) ที่เหลืออีกร้อยละ 70 จะไหลซึมลงใต้ดินเป็นน้ำใต้ดิน บางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำและบางส่วนถูกพืชพรรณไม้ดูดซับไว้และคายเป็นไอน้ำในที่สุด อาจกล่าวได้ว่า ศักยภาพการผลิตน้ำทำของไทยใกล้เคียงกับประเทศกัมพูชาและศรีลังกาแต่ต่ำกว่าหลายประเทศในเอเชีย (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของปริมาณน้ำทำต่อน้ำฝนเฉพาะแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาท่าต้อ น้ำปิง และสะแกกรังมีสัดส่วนของปริมาณน้ำทำต่อน้ำฝนใกล้เคียงกับระดับประเทศ (คือร้อยละ 30) ขณะที่ลุ่มน้ำน่านโดยเฉพาะลุ่มน้ำน่านตอนบน (จังหวัดน่าน) มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำทำสูงมาก คือมีปริมาณน้ำทำถึงร้อยละ 49 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ส่วนลุ่มน้ำวัง ยม ป่าสัก ทำจีน และเจ้าพระยามีสัดส่วนของน้ำทำต่อน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ (ตารางที่ 3)

1.4 ปริมาณน้ำทำจำแนกตามลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศ

ประเทศไทยมีลุ่มน้ำหลักจำนวน 25 ลุ่มน้ำ มีปริมาณน้ำทำทั้งหมดใน 25 ลุ่มน้ำประมาณ 237,595 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีพื้นที่รองรับน้ำทั้งหมด 512,892 ตารางกิโลเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำทำเฉลี่ยต่อพื้นที่ทั้งประเทศมีจำนวน 463,246 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร (ตารางที่ 4) และคาดว่าปริมาณน้ำทำเฉลี่ยต่อคนจะมีจำนวนลดลงจาก 3,711 ลูกบาศก์เมตรต่อคนในปี 2543 เหลือเพียง 3,299 ลูกบาศก์เมตรต่อคนในปี 2553 หรือลดลงปีละ 41.2 ลูกบาศก์เมตรต่อคน (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าหากประเทศไม่มีกำลังกักเก็บน้ำทำเพิ่มขึ้นแล้วเมื่อจำนวนประชากรของประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำทำต่อคนลดลง ตัวอย่างเช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขา 8-ลุ่มน้ำ (ปิง วัง ยม น่าน ทำจีน ป่าสัก

สะแกกรังและเจ้าพระยา) เป็นเขตที่มีประชากรหนาแน่นมาก ถึงแม้ว่าลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อพื้นที่ค่อนข้างมาก แต่เมื่อจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อประชากรมีแนวโน้มลดลงจาก 2,575 ลูกบาศก์เมตรต่อคนในปี 2543 เหลือเพียง 2,342 ลูกบาศก์เมตรต่อคนในปี 2553 เท่านั้น ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อคนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับลุ่มน้ำอื่นๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศอีกด้วย (ตารางที่ 5)

1.5 น้ำชลประทาน

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตสินค้าเกษตรกรรมเป็นสินค้าออกที่สำคัญและต้องทำการแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ในเอเชียด้วยกันจึงต้องอาศัยน้ำชลประทานเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูก จากข้อมูลของ FAO พบว่า พื้นที่ในเขตชลประทานต่อพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของไทยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15 ในปี 2518 เป็นร้อยละ 24 ในปี 2538 แต่อัตราการขยายตัวของพื้นที่ชลประทานมีแนวโน้มลดลง กล่าวคือ อัตราการขยายตัวของพื้นที่ชลประทานลดลงจากร้อยละ 4.57 ในช่วงปี 2519-2528 เหลือเพียงร้อยละ 2.69 ในช่วงปี 2529-2538 (ตารางที่ 6) และถึงแม้ไทยจะจัดเป็นประเทศที่มีกำลังการกักเก็บน้ำค่อนข้างมาก (ADB, 1999) แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดแล้ว ไทยมีพื้นที่ชลประทานเพียงร้อยละ 24 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในปี 2538 ซึ่งต่ำกว่าเฉลี่ยของทวีปเอเชีย (มีร้อยละ 35) และบางประเทศ เช่น จีนมีพื้นที่ชลประทานร้อยละ 52 และเวียดนามมีพื้นที่ชลประทานร้อยละ 30 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในปี 2538 (ตารางที่ 6)

งานการศึกษาในลุ่มน้ำเจ้าพระยาหลายชิ้นได้ประมาณว่า ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้ำท่า 30,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ในจำนวนปริมาณน้ำท่าเหล่านี้ร้อยละ 80 สามารถใช้ได้เป็นเวลา 4 เดือนคือ ตั้งแต่เดือน

สิงหาคมถึงพฤศจิกายนของทุกปี ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 20 จะต้องใช้นานถึง 8 เดือน และช่วงที่ขาดแคลนนํ้ามากที่สุดคือ เดือนมกราคมถึงเมษายนของทุกปีซึ่งตรงกับฤดูการทำนาปรังของเกษตรกร

พื้นที่ชลประทานในเขตโครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่ มีเนื้อที่ประมาณ 7.5 ล้านไร่ ในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ที่นานปีโดยอาศัยน้ำฝนประมาณ 6.3 ล้านไร่ ส่วนที่เหลือเป็นการปลูกพืชไร่ พืชผักสวนผลไม้และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำนาปรังในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเพิ่งเริ่มมาประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา คือในปี 2513 รัฐบาลมีการสร้างเขื่อนเจ้าพระยาและเขื่อนภูมิพลเก็บกักน้ำ ทำให้สามารถจัดสรรน้ำให้แก่เกษตรกรในฤดูแล้งได้และไทยได้รับประโยชน์จากข้าวพันธุ์ใหม่ที่ไม่วางแสงที่เรียกว่า ข้าวพันธุ์กข. หลังจากนั้นเป็นต้นมาปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้เพิ่มขึ้นทุกปี การที่เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีการทำนาปรังและปลูกพืชในฤดูแล้งเพิ่มขึ้นจำเป็นต้องใช้น้ำจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นเช่นกัน กรมชลประทานซึ่งเป็นหน่วยงานที่จัดหาน้ำให้แก่เกษตรกรได้ทำการออกแบบการเติมน้ำในพื้นที่ชลประทานให้ได้ประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่ทางการเกษตรเท่านั้นและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำได้สูงสุดเพียงร้อยละ 50 ของพื้นที่การเกษตร ดังนั้นกรมชลประทานจะให้น้ำในฤดูแล้งแก่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้สูงสุดเพียง 3.75 ล้านไร่เท่านั้น ขณะที่ ชาวนาในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยามีการทำนาปรังในฤดูแล้งเฉลี่ยประมาณ 2.8-3.3 ล้านไร่ (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์ และบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์, 2542) แต่ในปี 2541 ชาวนามีการทำนาปรังในลุ่มน้ำเจ้าพระยามากถึง 4.1 ล้านไร่ซึ่งมากกว่าต้นทุนน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้งอย่างรุนแรง

เมื่อพิจารณาการบริหารการจัดการน้ำโดยกลุ่มเกษตรกรในประเทศไทยพบว่า ยังอยู่ในระดับต่ำมากคือ มีเพียงร้อยละ 15 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด ซึ่งต่ำกว่าประเทศที่ผลิตสินค้าเกษตรส่งออกที่เป็นคู่แข่งของไทย เช่น จีนและเวียดนาม ซึ่งมีการจัดการน้ำสูงถึงร้อยละ 60 และ 80 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (ตารางที่ 7)

1.6 ศักยภาพของน้ำใต้ดิน

บริษัทฟอลคอนซัลแดนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์จำกัด (2542) ได้อ้างอิงงานการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำต่างๆ พ.ศ. 2537 และ Chuamthaisong and Intrasure (1992) ซึ่งทำการศึกษาศักยภาพของน้ำใต้ดินในแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาโดยประมาณจากอัตราการซึมได้เป็นร้อยละของฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละพื้นที่ พบว่า ลุ่มน้ำยมมีศักยภาพของน้ำใต้ดินสูงสุดคือ 1,022 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงมาคือ ลุ่มน้ำน่าน 694 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ตารางที่ 8) อย่างไรก็ตามการประเมินศักยภาพของน้ำใต้ดินของลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาโดยบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรมด้านน้ำ (บริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์, 2539) ได้ตัวเลขที่แตกต่างจากบริษัทฟอลคอนซัลแดนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์จำกัด(2542) โดยบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์ (2539) มีสมมติฐานว่าอัตราเติมน้ำใต้ดิน (recharge) ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำฝน และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1,200 มิลลิเมตร ดังนั้นลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขามีน้ำใต้ดินจำนวน 9,476 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ตารางที่ 9) ซึ่งเกือบเท่ากับน้ำที่กักเก็บได้ในเขื่อนสิริกิติ์ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการคำนวณน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำเจ้าพระยาของบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์ (2539) ได้ปริมาณน้ำใต้ดินมากกว่าการคำนวณของบริษัทฟอลคอนซัลแดนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์จำกัด (2542) ประมาณ 3 เท่า

2. ดัชนีชี้วัดการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ

ดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำมีประโยชน์ในการพิจารณาทางเลือกในการบริหารจัดการน้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งดัชนีชี้วัดการขาดแคลนน้ำสามารถพิจารณาได้ 4 ดัชนีด้วยกันคือ ดัชนีวัดปริมาณน้ำใช้ต่อคน ดัชนีการใช้น้ำ ตัวชี้วัดความมั่นคงด้านน้ำ และดัชนีความสามารถในการบริหาร โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

2.1 ดัชนีวัดปริมาณน้ำใช้ต่อคน

ดัชนีวัดปริมาณน้ำใช้ต่อคนเป็นดัชนีที่พิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำหรืออุปทานของน้ำ (Supply) ซึ่งนักอุทกวิทยานานาชาติได้สรุปว่า ประเทศใดมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนมากกว่า 1,700 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ถือว่าไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างแท้จริง แต่อาจจะขาดแคลนน้ำบ้างในฤดูแล้ง แต่ถ้ามีปริมาณน้ำใช้น้อยกว่า 1,700 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปีแล้ว ถือว่าเริ่มมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ และถ้ามีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนน้อยกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปีแล้ว ถือว่ามีปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง และปัญหาการขาดแคลนน้ำจะรุนแรงมากเมื่อมีปริมาณน้ำใช้น้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี (Falkenmark, Lundquist and Widstrand, 1989)

ประเทศใดที่อยู่ในกลุ่มสอง คือมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนมากกว่า 1,700 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทางเลือกในการจัดการน้ำคือ การลดความต้องการและการปรับโครงสร้างการเกษตรคือต้องปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยในฤดูแล้ง การลดมลพิษทางน้ำและการจัดการน้ำอย่างบูรณาการ ส่วนประเทศใดที่อยู่ในกลุ่มสาม คือมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนน้อยกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี จะเป็นประเทศที่เริ่มมีความกดดันด้านน้ำ จำเป็นต้องมีการจัดการน้ำโดยการหาวิธีการกักเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพ การจัดการใช้ที่ดินและการใช้น้ำร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น (Falkenmark, Lundquist and Widstrand, 1989)

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนภายในประเทศต่อคนในปี 2541 เพียง 1,845 ลูกบาศก์เมตรต่อคน เท่านั้น แต่ถ้ารวมถึงปริมาณน้ำที่ได้รับมาจากต่างประเทศ เช่นจากแม่น้ำสาละวินและแม่น้ำโขงแล้ว ประเทศไทยมีปริมาณน้ำใช้หมุนเวียนมากถึง 3,003 ลูกบาศก์เมตรต่อคน ซึ่งในภาพรวมแล้วถือว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ยังไม่ขาดแคลนน้ำแต่ก็มีศักยภาพต่ำกว่าประเทศคู่แข่งที่ผลิตสินค้าการเกษตร อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลระดับประเทศเช่นนี้โดยไม่ดูถึงการกระจายของปริมาณน้ำที่มีอยู่อาจจะไม่สะท้อนสภาพที่แท้จริงของปัญหาการจัดการน้ำในระดับลุ่มน้ำ

ถึงแม้ว่าในภาพรวมไทยยังไม่ขาดแคลนน้ำ แต่ในบางลุ่มน้ำก็เริ่มมีความขาดแคลนน้ำแล้ว โดยในปี 2543 ลุ่มน้ำชี วัง ยม สะแกกรัง ป่าสัก และท่าจีนมีปริมาณน้ำต่ำกว่า 1,700 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี และในปี 2553 ปัญหานี้จะรุนแรงมากขึ้นเมื่อประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 5)

2.2 ดัชนีการใช้น้ำ

ดัชนีการใช้น้ำของแต่ละประเทศ เป็นการวัดสัดส่วนของน้ำหมุนเวียนที่นำมาใช้จริง ซึ่งสรุปได้ว่า ถ้าประเทศใดมีการใช้น้ำแต่ละปีน้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำหมุนเวียน ถือว่าไม่มีปัญหาเรื่องน้ำ แต่ ถ้าประเทศใดมีการใช้น้ำแต่ละปีมากกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณน้ำหมุนเวียนแล้ว ถือว่าประเทศนั้นเริ่มมีปัญหารองน้ำ ดังนั้นจะต้องมีการบริหารจัดการการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ (Falkenmark, Lundqvist and Widstrand, 1989)

จากสถิติข้อมูลการใช้น้ำของไทยพบว่า ประเทศไทยมีการใช้น้ำปีละ 31.9 ลูกบาศก์กิโลเมตร หรือมีการใช้น้ำปีละ 602 ลูกบาศก์เมตรต่อคน ซึ่งเมื่อคิดเป็นดัชนีการใช้น้ำจะเท่ากับร้อยละ 29 ของปริมาณน้ำหมุนเวียนภายในประเทศรายปี ซึ่งถือว่าประเทศไทยเริ่มมีปัญหามาจัดการน้ำบ้างแล้ว แต่เมื่อนับรวม

การใช้น้ำจากต่างประเทศเข้าด้วยแล้วจะมีอัตราการใช้น้ำร้อยละ 17.8 ของปริมาณน้ำหมุนเวียนทั้งหมดรายปี ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกับประเทศฟิลิปปินส์ และเกาหลีใต้ แต่สูงกว่าประเทศอื่น ๆ ในลุ่มน้ำโขง (ตารางที่ 1)

Raskin แห่งสถาบัน SEI (Stockholm Environment Institute) ก็ได้วิเคราะห์ดัชนีการใช้น้ำ (Use-to-resource ratio) เช่นกัน โดยดัชนีการใช้น้ำคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำรายปี (Annual withdrawals) หารด้วยปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี (Annual renewable water resource) ของประเทศโดยรวมการรับน้ำจากต่างประเทศด้วย Raskin ให้หลักเกณฑ์ว่า ถ้า ดัชนีการใช้น้ำมีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่าประเทศนั้นไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่ถ้าดัชนีการใช้น้ำ (Use -to-resource ratio) มีค่ามากกว่า 0.4 ถือว่าประเทศนั้นมีปัญหาการขาดแคลนน้ำมาก

จากข้อมูลของสถาบัน SEI พบว่า ประเทศไทยมีอัตราส่วนของปริมาณการใช้น้ำรายปีต่อปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี ซึ่งรวมการได้รับน้ำจากต่างประเทศด้วยแล้ว (Use-to-resource ratio) อยู่ในช่วง 0.1-0.20 ถือได้ว่า ไทยมีปัญหามาขาดแคลนน้ำระดับปานกลาง ซึ่งใกล้เคียงกับประเทศสหรัฐอเมริกาและจีน ขณะที่เวียดนาม กัมพูชาและเมียนมาร์ไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ (ตาราง ที่ 10)

2.3 ดัชนีชี้วัดความมั่นคงด้านน้ำ (Reliability Index)

ดัชนีชี้วัดความมั่นคงด้านน้ำ (Reliability Index) สามารถพิจารณาจากดัชนีชี้วัด 3 ประการดังต่อไปนี้คือ (Raskin, 1997)

ก) อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักในประเทศกับปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี (Storage-to-flow ratio: S/Q) ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงมากเท่าไร แสดงว่าประเทศนั้นสามารถที่จะการเก็บน้ำได้มากในฤดูฝนซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาหน้าท่วมได้และยังสามารถนำ

นำมาใช้ในฤดูแล้งอันจะเป็นการบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งได้ด้วย เกณฑ์ในการพิจารณา มีดังนี้คือ ถ้าประเทศใดมีค่า S/Q มากกว่า 0.6 แสดงว่าประเทศนั้นไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่ถ้าประเทศใดมีค่า S/Q น้อยกว่า 0.2 แสดงว่าประเทศนั้นมีปัญหาการขาดแคลนนํ้ามาก

จากข้อมูลของสถาบัน SEI พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณน้ำเก็บกักในปี 2538 จำนวน 58,660 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่ปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปีมีจำนวน 179,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำเก็บกักต่อปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี (Storage-to-flow ratio) เท่ากับ 0.33 (ตารางที่ 10) ซึ่งจัดได้ว่า ไทยมีความมั่นคงในระดับปานกลางใกล้เคียงกับประเทศสหรัฐอเมริกา ขณะที่จีน เวียดนาม กัมพูชาและเมียนมามีค่า S/Q ต่ำมาก จึงจัดเป็นประเทศที่มีปัญหาด้านความมั่นคงด้านน้ำ (ตารางที่ 10)

อย่างไรก็ตามสถาบัน SEI ใช้ข้อมูลในปี 2538 จึงทำให้ค่า S/Q สูงกว่าค่า S/Q ของกรมชลประทานซึ่งใช้ข้อมูลในปี 2542 กล่าวคือ กรมชลประทานให้ข้อมูลว่า ในปี 2542 ปริมาณน้ำเก็บกักจากเขื่อนขนาดใหญ่ของประเทศไทยจำนวน 28 เขื่อน มีปริมาณ 67,490 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาณน้ำท่าจาก 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยมีจำนวน 237,595 ล้านลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4) ดังนั้นปริมาณน้ำเก็บกักต่อปริมาณน้ำท่าของประเทศไทย (หรือปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศรายปี) มีค่าเพียง 0.28 เท่านั้น

ข) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำฝน (Coefficient of Variation of Precipitation: COV) หาได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำฝนหารด้วยค่าเฉลี่ยของน้ำฝน Raskin สรุปว่า ถ้าประเทศใดมีค่า COV น้อยกว่า 0.06 แสดงว่า ประเทศนั้นไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่ประเทศใดมีค่า COV มากกว่า 0.18 แล้ว ถือว่าประเทศนั้นมีปัญหาการขาดแคลนน้ำมาก

ประเทศไทยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำฝน (Coefficient of Variation of Precipitation : COV) เท่ากับ 0.10 จัดได้ว่า มีปัญหาการขาดแคลนนํ้าน้อย และไทยยังมีค่า COV ใกล้เคียงกับจีน เวียดนาม กัมพูชา และเมียนมาร์ (ตารางที่ 10)

ค) การพึ่งพาการนำเข้าน้ำจากต่างประเทศ (Import Dependence) แสดงถึงการนำเข้าน้ำจากต่างประเทศคิดเป็นร้อยละของปริมาณน้ำที่มีอยู่ภายในประเทศ Raskin สรุปว่า ถ้าประเทศใดมีอัตราการพึ่งพาน้ำจากต่างประเทศน้อยกว่าร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในประเทศ แสดงว่า ประเทศนั้นมีปัญหาการขาดแคลนนํ้าน้อย แต่ถ้าประเทศใดมีการนำเข้านํ้ามากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในประเทศ แสดงว่าประเทศนั้นมีปัญหาการขาดแคลนนํ้ามาก

ประเทศไทยมีการพึ่งพาการนำเข้าน้ำจากต่างประเทศ (Import Dependence) ร้อยละ 39 ของปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี ถือได้ว่ามีปัญหาระดับปานกลาง แต่ไทยมีการพึ่งพาการนำเข้าน้ำจากต่างประเทศสูงกว่าทุกประเทศที่ผลิตข้าวเป็นสินค้าออก ยกเว้นประเทศกัมพูชา (ตารางที่ 10)

โดยภาพรวมแล้ว ประเทศไทยมีดัชนีความมั่นคงด้านน้ำระดับปานกลาง โดยมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำเก็บกักในประเทศกับปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี (ค่า S/Q) ใกล้เคียงกับ สหรัฐอเมริกา แต่สูงกว่าจีน เวียดนาม กัมพูชาและเมียนมาร์ ไทยมีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำฝน (ค่า COV) ใกล้เคียงกับจีน เวียดนาม กัมพูชา และเมียนมาร์ แต่ต่ำกว่าสหรัฐอเมริกา ไทยมีอัตราการพึ่งพาการนำเข้าน้ำจากต่างประเทศ สูงกว่าทุกประเทศที่เป็นคู่แข่งในการผลิตสินค้าการเกษตร (ยกเว้นประเทศกัมพูชา)

2.4 ดัชนีความสามารถในการบริหารจัดการน้ำ (Coping Capacity Index)

ดัชนีความสามารถในการบริหารจัดการน้ำ (Coping Capacity Index) เป็นดัชนีที่วัดความสามารถของประเทศในการที่จะบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากรายได้เฉลี่ยต่อหัวของประเทศ (GNP per capita) ซึ่งเกณฑ์รายได้ต่อหัวนี้ใช้สถิติรายได้ของธนาคารโลก มีหลักเกณฑ์ว่า ประเทศใดมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวมากกว่า 8,625 ดอลลาร์สหรัฐต่อปีต่อคน ถือว่าประเทศนั้นไม่มีปัญหา แต่ถ้าประเทศใดมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวต่ำกว่า 695 ดอลลาร์สหรัฐต่อปีต่อคน ถือว่าประเทศนั้นมีปัญหามาก

ประเทศไทยมีรายได้เฉลี่ยต่อหัวในปี 2537 ประมาณ 2,410 ดอลลาร์สหรัฐ ถือว่ามีปัญหาระดับปานกลาง ขณะที่สหรัฐอเมริกามีรายได้ต่อหัวสูงกว่าไทย 10.7 เท่าตัว แต่ไทยมีรายได้ต่อหัวสูงกว่าประเทศในเอเชียที่เป็นคู่แข่งในการผลิตสินค้าการเกษตรของไทย (ตารางที่ 10)

3. การใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศ

การใช้น้ำโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 ประเภทคือ

- การใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานและการปศุสัตว์

- การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

- การใช้น้ำในโรงงานอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว

- การใช้น้ำในการใช้น้ำในการผลิตไฟฟ้า

- การใช้น้ำในการรักษาสมดุลนิเวศท้ายน้ำ

การใช้น้ำสามประเภทแรกถือเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศ จากการศึกษาของ World Resources Institute (WRI) พบว่า ในปี 2541 ปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมดของประเทศไทยทุกลุ่มน้ำมีจำนวน 31,900 ล้านลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 1) แต่จากการศึกษาของบริษัทพอลคอนซัลแตนต์และบริษัทปัญญาคอนซัลแตนต์ (2542) พบว่า

ความต้องการใช้น้ำผิวดินหรือน้ำท่าเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนและลุ่มน้ำสาขาในปี 2539 มีจำนวนทั้งสิ้น 24,160.47 ล้านลูกบาศก์เมตร ในจำนวนนี้เป็น การใช้น้ำเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างอย่างเดียวสูงถึงสองในสามของลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขา และคาดกันว่าความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาจะเพิ่มขึ้นเป็น 30,284.32 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559

ส่วนการใช้น้ำใต้ดินเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาย่อยสำหรับการอุปโภคบริโภค ธุรกิจและอุตสาหกรรมและการเกษตรในปี 2539 มีจำนวน 803.35 ล้านลูกบาศก์เมตรและคาดว่าจะการใช้น้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นเป็น 1,112.78 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนต์และบริษัทปัญญาคอนซัลแตนต์, 2542)

3.1 สมมติฐานในการใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศ มีงานการศึกษาเกี่ยวกับสมมติฐานในการใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศมากมาย ในที่นี้ขอยกตัวอย่างมี 4 แห่งคือ

1) สถาบันแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2536) ประเมินการใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศดังนี้คือ ชุมชนชนบทมีการใช้น้ำดื่ม 5 ลิตรต่อคนต่อวัน และใช้น้ำในครัวเรือน 50 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนชุมชนเมืองแบ่งออกเป็นเมืองขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในเมืองขนาดเล็กใช้น้ำดื่มและน้ำใช้ในครัวเรือน 120 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนในเมืองใหญ่ใช้น้ำดื่ม-น้ำใช้ในครัวเรือน 250 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับการเพาะปลูกใช้น้ำประมาณ 2,500 -16,000 ลิตรต่อคนต่อวันและใช้เลี้ยงสัตว์ประมาณ 10-130 ลิตรต่อตัวต่อวัน (ตารางที่ 11)

2) โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำที่เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กรมชลประทานและกรมควบคุมมลพิษ (2540) ทำการ

ศึกษาและพยากรณ์การใช้น้ำทางด้านการเกษตร-ชลประทาน การอุปโภคบริโภค การปศุสัตว์และการอุตสาหกรรมดังนี้คือ

ก) ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานสำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน ปิง วัง ยม และน่านนั้น หาได้จากการปรับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จากการทดลองภาคสนาม กับค่าการระเหยและการคายน้ำของพืช (Etp) ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เมื่อทราบค่าความต้องการใช้น้ำของพืชทางทฤษฎี แล้วจะนำไปประเมินความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร-การชลประทานโดยพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบ เช่น การกำหนดรูปแบบการปลูกพืชในพื้นที่ (ส่วนใหญ่เป็นข้าว) การประเมินหาปริมาณน้ำฝนที่ใช้ได้ การหาปริมาณน้ำเหลือใช้ การหาประสิทธิภาพการชลประทานของการส่งน้ำ

ข) ปริมาณการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภค การใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาของคนในเมืองจะเป็นระบบประปามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยตามมาตรฐานกรมอนามัยประมาณ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ในขณะที่คนชนบทจะอาศัยน้ำจากลำห้วย คลองธรรมชาติและคลองชลประทานมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 50 ลิตรต่อคนต่อวัน และของสัตว์ประมาณ 5 ลิตรต่อตัวต่อวัน อัตราการเพิ่มของประชากรร้อยละ 1.5 ต่อปี

ลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน กำหนดให้การใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคประมาณ 120 ลิตรต่อคนต่อวันสำหรับคนในเมืองและ 50 ลิตรต่อคนต่อวันสำหรับคนในชนบท และอัตราการเพิ่มของประชากรในลุ่มน้ำวังเฉลี่ยร้อยละ 1.3 ต่อปี ลุ่มน้ำยมร้อยละ 1.2 ต่อปี และลุ่มน้ำน่านร้อยละ 1.04 ต่อปี ตามลำดับ

ค) การใช้น้ำด้านอุตสาหกรรม การใช้น้ำของอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่บนลุ่มน้ำต่างๆ คำนวณจากอัตราการใช้น้ำของโรงงานคูณกับจำนวนโรงงานที่ใช้น้ำ ส่วนการประมาณความต้องการใช้น้ำในอนาคตนั้นกำหนดให้อัตราการใช้น้ำของโรงงานในแต่ละลุ่ม

น้ำย่อยของแม่น้ำเจ้าพระยามีอัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 2-4 ต่อปี ส่วนการนำน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมของโรงงานในลุ่มน้ำเจ้าพระยามีอัตราการใช้น้ำ เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปี

3) การศึกษาของบริษัท Binnie & Partners (Overseas) Ltd.(2540) ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีสมมติฐานคล้ายกับการศึกษาใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศ โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

ก) การใช้น้ำในการเกษตร พบว่าน้ำส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะใช้ในการทางการเกษตรและประโยชน์ของน้ำที่ใช้ในทางการเกษตรลดลงแต่ไม่มากนัก

Binnie & Partners ยังทำการประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร 4 แนวทางด้วยกันโดยพิจารณาสภาพความต้องการใช้น้ำในปี 2539 เป็นเกณฑ์และพยากรณ์การใช้น้ำในปี 2549 ถึงปี 2569 โดยแนวทางแรกมีสมมติฐานว่าเป็นกรณีที่มีการใช้น้ำมากที่สุด คือสมมติให้ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในอนาคตมีปริมาณเท่ากับความต้องการใช้น้ำในปีการเพาะปลูก 2538/2539 ซึ่งเป็นปีที่มีการใช้น้ำสูงสุดกว่าปีการเพาะปลูกอื่นๆ ที่ผ่านมา และความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในอนาคตมีปริมาณปกติเท่ากับทุกปีที่ผ่านมา แนวทางที่สองสมมติให้ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในอนาคตมีปริมาณเท่ากับความต้องการใช้น้ำในปีการเพาะปลูก 2538/2539 ซึ่งเป็นปีที่มีการใช้น้ำสูงสุดกว่าปีการเพาะปลูกอื่นๆ ที่ผ่านมา และความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในอนาคตมีปริมาณปกติเท่ากับทุกปีที่ผ่านมา แนวทางที่สามกำหนดให้ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในอนาคตมีปริมาณเท่ากับปีเฉลี่ยซึ่งเป็นปีที่มีการใช้น้ำปกติ และความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมในอนาคตมีปริมาณปกติเท่ากับ ทุกปีที่ผ่านมา

เช่นกัน และแนวทางที่สี่ สมมติให้ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในอนาคตเช่นเดียวกับกรณีแรกคือ ต้องการใช้น้ำมากแต่ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานในฤดูแล้งจะลดลงเนื่องจากการลดพื้นที่การทํานาปรัง ผลการศึกษาได้ข้อสรุปว่า แนวทางที่หนึ่งและสองจะมีการปลูกข้าวในฤดูแล้งจำนวน 4.1 ล้านไร่ในช่วงปี 2539-2569 แนวทางที่สามมีจำนวน 2.95 ล้านไร่ ส่วนแนวทางที่สี่มีจำนวน 4.1 ล้านไร่ในปี 2539 และมีแนวโน้มที่จะใช้น้ำในการปลูกข้าวนาปรังลดลงเรื่อยๆ จนเหลือเพียง 1.5 ล้านไร่ในปี 2549 และ 0.2 ล้านไร่ในปี 2569 ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่นาปรังที่ลดลงส่วนใหญ่อยู่ในเขตลุ่มน้ำปิงตอนบน ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

ข) การใช้น้ำในการปศุสัตว์ สมมติให้วัวควาย ใช้น้ำ 40 ลิตรต่อตัวต่อวัน สุกรใช้น้ำ 6 ลิตรต่อตัวต่อวัน และเป็ดไก่ใช้น้ำ 0.3 ลิตรต่อตัวต่อวัน

ค) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในกลุ่มน้ำต่างๆ ใช้ข้อมูลจากรายงานการศึกษาลุ่มน้ำย่อย 8 ลุ่มน้ำของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ปี 2537 มาปรับปรุงแก้ไขและทำการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำในปี 2539 และทุกๆ 10 ปีในอนาคต ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ ใช้น้ำจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่โดยแยกตามลุ่มน้ำย่อย คูณกับปริมาณการใช้น้ำหน่วยเป็นลิตรต่อคนแล้วรวมผลคูณของกลุ่มน้ำย่อยแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการแยกความต้องการใช้น้ำที่ประเมินออกเป็นความต้องการใช้น้ำจากแหล่งผิวดินและจากน้ำใต้ดิน ซึ่งกระทำโดยการใช้ข้อมูลจากการประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาคและกรมทรัพยากรธรณี ด้านข้อมูลจำนวนประชากรในลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนใช้สถิติประชากรในชุมชนและท้องถิ่นตามการศึกษาของ สศช. สำหรับปี 2563 เป็นเกณฑ์

สำหรับการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคแต่ละวันของแต่ละจังหวัดมีดังนี้คือ กรุงเทพฯมีอัตราการใช้

น้ำเฉลี่ยในปี 2539 เท่ากับ 250 ลิตรต่อคนต่อวันและอัตราการเพิ่มในการใช้น้ำร้อยละ 1-2 ต่อปี ส่วนจังหวัดอื่นอยู่ระหว่าง 100-200 ลิตรต่อคนต่อวัน อัตราการเพิ่มของการใช้น้ำร้อยละ 1-2 ต่อปีเช่นกัน

ง) การใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมใช้สมมติฐานคล้ายกับโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำหลัก

4) การศึกษาของบริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด (2542) ประมาณการใช้น้ำเฉพาะแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศไทยทางด้านการเกษตร-ชลประทาน การอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรมดังนี้คือ

ก) การเกษตร มีหลักเกณฑ์เดียวกับโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ

ข) การอุปโภคบริโภค การใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคของประชากรในเขตเมืองแบ่งตามขนาดของกลุ่มประชากรโดยมีการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 120- 300 ลิตรต่อคนต่อวัน (ตารางที่ 12) ส่วนการใช้น้ำของประชากรในเขตชนบทเท่ากับ 50 ลิตรต่อคนต่อวันเท่านั้น

ค) การอุตสาหกรรมโรงงานที่ตั้งในเขตของนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยใช้น้ำประมาณ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน

ง) การท่องเที่ยว ใช้น้ำ 30 ลิตรต่อคนต่อวัน

3.2 การใช้น้ำผิวดินในภาคเศรษฐกิจต่างๆ จำแนกตามลุ่มน้ำ

ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการใช้น้ำ 4 ประเภทหลักทางเศรษฐกิจคือ การใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานและการปศุสัตว์ การอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรม ดังนี้คือ

ก) การใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทาน และการปศุสัตว์ การใช้น้ำทำหรือน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร-ชลประทานในลุ่มน้ำหลักของประเทศในปี 2536 มีจำนวน 53,014.5 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยลุ่มน้ำที่มีความต้องการใช้มากที่สุด 3 อันดับแรกคือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา 7,900 ล้านลูกบาศก์เมตร เพราะมีพื้นที่การเกษตรในโครงการเข้าพระยาขนาดใหญ่มากถึง 7.5 ล้านไร่ ครอบคลุม 17 จังหวัด ทำให้อัตราการใช้ น้ำประเภนี้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3-5 ต่อปี (บริษัทรีซอสต์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนต์ จำกัด, 2537) อันดับสองคือ ลุ่มน้ำแม่กลอง 6,643.5 ล้านลูกบาศก์เมตรและ อันดับที่สามคือ ลุ่มน้ำโขง 4,323.3 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับปี 2539 และ 2549 มีความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานจำนวน 41,198.2 และ 80,691.5 ล้านลูกบาศก์เมตร และลุ่มน้ำที่ใช้น้ำมาก 3 อันดับแรกคงเป็นลุ่มน้ำเจ้าพระยา แม่กลอง และแม่โขง ตามลำดับ ส่วนลุ่มน้ำดาปีมีความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานน้อยที่สุดในประเทศ (โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำของ สศช, 2537)

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาการใช้น้ำผิวดินในการเกษตรเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาของเจ้าพระยาในปี 2539 และในอนาคต ระหว่างการศึกษาของบริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญา คอนซัลแตนท์จำกัด (2542) กับโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างกันในทุกลุ่มน้ำ กล่าวคือ การศึกษาของโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำมีการใช้น้ำในการเกษตรมากกว่าทุกลุ่มน้ำโดยเฉพาะลุ่มน้ำน่านจะมีปริมาณการใช้น้ำมากกว่าผลการ ศึกษาของบริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญา คอนซัลแตนท์จำกัดประมาณ 2 เท่า

สำหรับการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์นั้น มีปริมาณการใช้น้ำจำนวนน้อยคือ 50.13 ล้านลูกบาศก์

เมตรในปี 2539 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 68.23 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัด และบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

ข) การใช้น้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค ความต้องการใช้น้ำผิวดินสำหรับการอุปโภคและบริโภคมีข้อมูลเฉพาะแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาเท่านั้น ซึ่งความต้องการใช้น้ำผิวดินรวมกันมีปริมาณ 1,060.01 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2539 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 1,372.87 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 ในจำนวนนี้เป็นการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนร้อยละ 87 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

จ) ความต้องการใช้น้ำสำหรับการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว ในปี 2539 มีปริมาณ 712.31 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2539 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 954.28 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 โดยเป็นการใช้น้ำจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนมากถึงร้อยละ 97 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์ จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

3.3 การใช้น้ำใต้ดินในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขา

ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการใช้น้ำใต้ดินของลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขาสำหรับการเกษตร การอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรมเท่านั้น ดังนี้

ก) การใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร-ชลประทาน มีเฉพาะลุ่มน้ำยมเท่านั้นที่มีการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรโดยมีปริมาณ 40 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2539 ถึงปี 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัด และบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

ข) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภคในแม่น้ำ

เจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขามีจำนวน 316.38 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2539 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 456.84 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

ค) การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว ความต้องการใช้น้ำได้คิดเพื่อการอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวในแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขามีจำนวน 446.97 ปี 2539 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 615.94 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2559 (บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542)

3.4 ภาวะการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศไทย

การใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำสาขามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 13) ในขณะที่ปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศไทยมีปริมาณค่อนข้างคงที่ ดังนั้นในอนาคตประเทศไทยอาจต้องประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร-ชลประทาน โดยเฉพาะการทำนาปรังในฤดูแล้งในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายนของทุกปีจะเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำมาก

การศึกษาของ Binnie&Partners (Overseas) Ltd (2540) ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจำนวน 42 ปีคือ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2496-2537 พบว่าลุ่มน้ำย่อยในประเทศไทยที่มีความขาดแคลนลำดับแรกๆ มีทั้งหมด 16 ลุ่มน้ำด้วยกัน โดยลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีนขาดแคลนถึง 2,118 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงมาคือลุ่มน้ำป่าสักขาดแคลน 472 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และลุ่มน้ำสะแกกรังขาดแคลน 414 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาลุ่มน้ำย่อยที่มีค่าสัดส่วนของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนรายปีต่อพื้นที่ชลประทานทั้งหมด (ยกเว้นพื้นที่โครงการชลประทานขนาดเล็ก) พบว่าลุ่มน้ำที่ขาดแคลนมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำย่อยพื้นที่ชล

ประทานแม่วังรวมทั้งพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำเขื่อนทับเสลาขาดแคลนน้ำทั้งสิ้น 9.7 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ 1,000 ไร่ พื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวรวมทั้งลุ่มน้ำกระเสียวตอนบนขาดแคลนน้ำรวมกันทั้งสิ้น 8.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ 1,000 ไร่ ลุ่มน้ำย่อยแม่แตงขาดแคลนน้ำ 4.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ 1,000 ไร่ ลุ่มน้ำแม่แตงเป็นพื้นที่รับน้ำสำหรับพื้นที่โครงการชลประทานแม่แตงแต่ลุ่มน้ำนี้ยังไม่มีการพัฒนาแหล่งน้ำ (Binnie&Partners (Overseas) Ltd ,2540)

4. สรุป

ประเทศไทยมีปริมาณน้ำใช้ภายในประเทศต่อคนในปี 2541 จำนวน 1,845 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยของโลกและของเอเชีย แต่ถ้ารวมถึงปริมาณน้ำที่ได้รับมาจากต่างประเทศ เช่น จากแม่น้ำสาละวินและแม่น้ำโขงแล้ว ประเทศไทยมีปริมาณน้ำใช้มากถึง 3,003 ลูกบาศก์เมตรต่อคน ซึ่งในภาพรวมแล้วไทยจัดเป็นประเทศที่ยังไม่ขาดแคลนน้ำ แต่ก็มีศักยภาพต่ำกว่าคู่แข่งด้านการเกษตรของไทย เช่น สหรัฐอเมริกา เวียดนาม และกัมพูชา นอกจากนี้ไทยยังมีการบริหารการ จัดการน้ำโดยกลุ่มเกษตรกรอยู่ในระดับต่ำกว่าประเทศคู่แข่งอีกด้วย

การวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำนอกจากจะพิจารณาจากดัชนีปริมาณน้ำใช้ต่อคนของประเทศแล้วยังพิจารณาจากดัชนีอื่นๆ อีก 3 ดัชนี คือ 1) ดัชนีการใช้น้ำต่อคน พบว่า ไทยมีดัชนีการใช้น้ำร้อยละ 29 ของปริมาณหมุนเวียนภายในประเทศรายปี ซึ่งอยู่ในขั้นที่เรียกว่า ต้องให้ความสำคัญต่อการจัดการน้ำอย่างจริงจัง 2) ดัชนีชี้วัดความมั่นคงด้านน้ำ พบว่า ไทยมีอัตราส่วนปริมาณน้ำเก็บกักในระดับปานกลางใกล้เคียงกับสหรัฐอเมริกา และมีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำฝนใกล้เคียงกับประเทศคู่แข่งในการผลิตสินค้าการเกษตร แต่ไทยมีการพึ่งพาการนำเข้าจาก

ต่างประเทศสูงกว่าคู่แข่ง 3) ศักยภาพในการบริหารจัดการน้ำ พบว่า ไทยมีปัญหาการจัดการระดับปานกลาง แต่ดีกว่าประเทศคู่แข่งในเอเชีย ยกเว้นสหรัฐอเมริกาที่ดีกว่าไทยมาก

การใช้น้ำในประเทศของไทยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) การใช้น้ำเพื่อการเกษตร-ชลประทาน และปศุสัตว์ 2) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค 3) การใช้น้ำในโรงงานอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว 4) การใช้น้ำในการผลิตไฟฟ้า และ 5) การใช้น้ำในการรักษาสมดุลนิเวศที่ยั่งยืน ซึ่งการใช้น้ำ 3 ประเภทแรกถือเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศ ส่วนสมมติฐานการใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศ จากงานการศึกษาต่างๆ มีดังนี้คือ สถาบันแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประมาณการใช้น้ำในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ของประเทศดังนี้คือ ชุมชนชนบทมีการใช้น้ำดื่ม 5 ลิตรต่อคนต่อวัน และใช้น้ำในครัวเรือน 50 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนชุมชนเมืองแบ่งออกเป็นเมืองขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในเมืองขนาดเล็กใช้น้ำดื่มและน้ำใช้ในครัวเรือน 120 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนในเมืองใหญ่ใช้น้ำดื่ม-น้ำใช้ในครัวเรือน 250 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับการเพาะปลูกใช้น้ำประมาณ 2,500-16,000 ลิตรต่อคนต่อวันและใช้เลี้ยงสัตว์ประมาณ 10-130

ลิตรต่อตัวต่อวัน ส่วนงานวิจัยของบริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด ประมาณการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคของประชากรในเขตเมืองแบ่งตามขนาดของกลุ่มประชากรโดยมีการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 120- 300 ลิตรต่อคนต่อวัน ขณะที่การใช้น้ำของประชากรในเขตชนบทเท่ากับ 50 ลิตรต่อคนต่อวันเท่านั้น เป็นต้น

ถึงแม้ว่าในภาพรวมไทยยังไม่ขาดแคลนน้ำ แต่ในบางลุ่มน้ำก็เริ่มมีความขาดแคลนน้ำแล้ว การขาดแคลนน้ำเริ่มเกิดขึ้นเป็นประจํามากขึ้นในฤดูแล้ง โดยเฉพาะในลุ่มน้ำภาคเหนือตอนบนที่อยู่เหนือเขื่อน

นอกจากเขตต้นน้ำเหนือเขื่อนแล้วลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะเป็นอีกเขตหนึ่งที่มีความกดดันด้านน้ำสูง ถึงแม้ว่าน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะอุดมสมบูรณ์กว่าลุ่มน้ำอื่นๆ แต่ความต้องการใช้น้ำก็สูงกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรค่อนข้างสูงรวมทั้งประชากรมีการขยายพื้นที่การปลูกข้าวนาปรังในฤดูแล้งซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้น้ำมากเพิ่มขึ้น ทำให้ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและปัญหานี้จะเป็นปัญหาที่มีลักษณะถาวรมากขึ้น ดังนั้นไทยควรมีการบริหารจัดการการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปีและปริมาณการใช้น้ำรายปีของประเทศต่างๆ ในเอเชียปี 2541

ประเทศ	ปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศรายปี		ปริมาณน้ำใช้ที่ได้จากแม่น้ำระหว่างประเทศ (ลบ.กม.)	ปริมาณน้ำทั้งหมดรายปี		ปริมาณการใช้น้ำรายปี			
	ปริมาณน้ำภายในประเทศ (ลบ.กม.)	ปริมาณน้ำภายในประเทศต่อหัว (ลบ.ม/คน)		ปริมาณน้ำภายในและต่างประเทศ (ลบ.กม.)	ปริมาณน้ำทั้งหมดต่อหัว (ลบ.ม/คน)	การใช้ น้ำ (ลบ.กม.)	ร้อยละของปริมาณน้ำทั้งหมด		การใช้น้ำต่อหัว (ลบ.ม./คน)
							ในกลุ่มน้ำ (%)	รวมน้ำจากภายนอกลุ่มน้ำด้วย (%)	
โลก	41,022.00	6,918.00	-	-	-	3,240.00	8.00	-	645.00
เอเชีย	13,206.70	3,680.00	-	-	-	1,633.80	12.00	-	542.00
สหรัฐอเมริกา	2,459.10	8,983.00	18.9	2,478.00	9,043.80	467.34	19.00	-	1,839.00
จีน	2,800.00	2,231.00	-	2,800.00	2,231.00	460.00	16.43	16.43	461.00
ญี่ปุ่น	547.00	4,344.00	-	547.00	4,344.00	90.80	16.60	16.60	735.00
เกาหลี	66.12	1,434.00	NA	66.12	1,434.00	27.60	41.74	41.74	632.00
มองโกเลีย	24.60	9,375.00	NA	24.60	9,375.00	0.55	2.25	2.24	271.00
กัมพูชา	88.10	8,195.00	410	498.1	46,334.00	0.52	0.59	0.10	66.00
อินโดนีเซีย	2,530.00	12,251.00	-	2,530.00	12,251.00	16.59	0.66	0.66	96.00
สปป.ลาว	270.00	50,392.00	NA	270.00	50,392.00	0.99	0.37	0.37	259.00
มาเลเซีย	456.00	21,259.00	NA	456.00	21,259.00	9.42	2.07	2.07	768.00
เมียนมาร์	1,082.00	22,719.00	NA	1,082.00	22,719.00	39.96	0.37	0.37	101.00
ฟิลิปปินส์	323.00	4,476.00	-	323.00	4,476.00	29.50	9.13	9.13	686.00
สิงคโปร์	0.60	172	-	0.60	172.00	0.19	31.67	31.67	84.00
ไทย	110.00	1,845.00	69	179.00*	3,003.00	31.90	29.00	17.82	602.00
เวียดนาม	376.00	4,827.00	NA	376.00	4,827.00	28.90	7.69	7.69	416.00
อัฟกานิสถาน	55.00	2,354.00	10	65.00	2,778.00	25.85	47.00	39.77	1,825.00
บังคลาเทศ	1,357.00	10,940.00	1,000	2,357.00	19,008.00	22.50	1.66	0.95	217.00
ภูฏาน	95.00	49,557.00	NA	95.00	49,557.00	0.02	0.02	0.02	13.00
อินเดีย	1,850.00	1,896.00	235	2,080.00	2,137.00	380.00	20.54	18.23	612.00
เนปาล	170.00	7,338.00	NA	170.00	7,388.00	2.68	1.58	1.58	154.00
ปากีสถาน	248.00	1,678.00	170.3	418.30	2,830.00	155.60	62.74	37.20	1,269.00
ศรีลังกา	43.20	2,341.00		43.20	2,341.00	6.30	14.58	14.58	503.00

หมายเหตุ * ตัวเลขของ WRI ต่ำกว่าตัวเลขของไทย
ที่มา : World Resources Institute (WRI) ,1998

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีของประเทศในเอเชีย

ประเทศ	ปริมาณน้ำฝน (มม.ต่อปี)	ปริมาณน้ำท่า (มม.ต่อปี)	สัดส่วนน้ำท่าต่อน้ำ ฝน (%)
ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มม. ต่อปี			
มาเลเซีย	2,850	1,370	48.1
อินโดนีเซีย	2,620	1,250	47.8
ฮ่องกง	2,360	1,270	53.8
ฟิลิปปินส์	2,360	1,076	45.6
ลาว	2,000	1,150	57.5
ศรีลังกา	2,010	659	32.8
ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,000 มม.ต่อปี			
บังคลาเทศ	1,930	860	44.6
กัมพูชา	1,850	590	31.9
เนปาล	1,880	1,210	64.4
ไทย	1,630*	489*	30.0*
อินเดีย	1,170	543	46.4
เกาหลีใต้	1,159	641	55.3
เมียนมาร์	-	1,600	-
ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,000 มม.ต่อปี			
จีน	600	281	46.8
ปากีสถาน	280	228	-
มองโกเลีย	220	16	7.3

หมายเหตุ : * เป็นข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา (2540) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีของไทยประมาณ 775,539 ล้านลบ.ม. (หรือ 1,630 มม. ต่อปี) ในจำนวนนี้ไหลลงเป็นปริมาณน้ำท่าร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำฝน ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าจึงมีจำนวน 489 มม.ต่อปี

ที่มา : FAO (1986) และมีการปรับตัวเลขของไทยโดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2540

ตารางที่ 3 ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า และสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนในกลุ่มน้ำเจ้าพระยาและ
ลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ปริมาณ ฝนเฉลี่ย (มม.)	ปริมาณน้ำท่า		สัดส่วน ปริมาณน้ำท่า ต่อน้ำฝน (%)
				ล้าน ลบ.ม. ต่อปี	มม. ต่อปี	
1. ปิง	น้ำแม่แดง	1,760.60	1,156.59	619.36	351.79	30
	น้ำแม่จิด	1,283.90	1,162.34	344.91	268.34	23
	แม่น้ำแม่ปิงตอนบน	6,225.20	1,147.93	1,139.88	311.62	27
	น้ำแม่ขาน	1,777.00	1,164.14	424.50	238.90	21
	น้ำแม่กวัง	2,725.00	1,158.75	1,000.56	367.17	27
	แม่น้ำปิงตอนบน (เขื่อนภูมิพล)	26,386.00	1,065.86	7,196.50	272.70	26
	คลองสวนหมาก	1,700.80	1,094.59	573.44	337.14	31
	แม่น้ำปิงจุดบรรจบแม่น้ำน่าน (รวมแม่น้ำ วัง)	45,737.70	1,069.26	10,697.85	233.00	22
2. วัง	แม่น้ำวังตอนบน (เขื่อนกิ่วลม)	2,700.00	1,084.26	588.03	217.70	20
	น้ำแม่จาง	1,599.40	1,041.49	213.50	133.47	13
	แม่น้ำวังจุดบรรจบแม่น้ำปิง	10,790.40	1,065.63	1,624.37	150.54	14
3. ขม	แม่น้ำขมตอนบน (ฝายแม่ขม)	5,542.00	1,131.59	1,359.98	245.40	22
	น้ำแม่มอก	2,777.20	985.72	364.95	131.41	13
	แม่น้ำขมตอนกลาง	17,731.00	1,109.59	3,170.58	178.82	16
	แม่น้ำขมจุดบรรจบแม่น้ำน่าน	23,616.00	1,109.59	3,609.65	156.28	14
4. น่าน	แม่น้ำน่านตอนบน (จ.น่าน)	4,677.10	1309.18	2,975.17	636.11	49
	แม่น้ำน่านตอนบน (เขื่อนสิริกิติ์)	13,130.00	1,207.87	5,987.90	456.05	38
	แม่น้ำน่านตอนกลาง (เขื่อนทดน้ำนเรศวร)	19,540.00	1,202.96	7,669.72	392.51	33
	แม่น้ำแควน้อย	5,674.00	1,263.41	1,768.05	311.61	25
	แม่น้ำน่านจุดบรรจบแม่น้ำปิง (รวมลุ่มน้ำ ขม)	57,946.00	1,163.18	15,627.10	269.68	23
5. สะแกกรัง	น้ำแม่วัง (เขื่อนแม่วัง)	612.00	1,152.37	240.84	393.53	32
	คลองโพธิ์	1,459.50	1,098.14	301.01	206.24	19
	ห้วยทับเสลา	772.00	1,229.25	164.32	212.85	17
	จุดบรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา	5,192.00	1,132.18	1,080.22	208.02	18
6. ป่าสัก	แม่น้ำป่าสักตอนบน (จ.เพชรบูรณ์)	3,566.00	1,066.60	745.52	209.06	20
	แม่น้ำป่าสักตอนกลาง (จุดบรรจบลำสนธิ)	10,694.10	1,120.14	2,017.23	188.63	17
	แม่น้ำป่าสักตอนล่าง (เขื่อนพระรามหก)	15,975.40	1,148.50	2,787.94	174.51	15
7. ท่าจีน	ห้วยกระเสียว	1,788.00	1,212.52	298.29	166.83	14
8. เจ้าพระยา	จังหวัดนครสวรรค์	103,863.70	1,116.22	26,324.75	253.45	23

ที่มา : บริษัทฟอลคอนซัลแดนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแดนท์จำกัด, 2542

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำหลักของประเทศ

รหัสและชื่อลุ่มน้ำ	จำนวนลุ่มน้ำ สาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่าต่อปี (ล้าน ลบ.ม)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อพื้นที่ (ลบ.ม. ต่อ ตร.กม.)
1. สาละวิน	18	17,920	8,571	478,292
2. โขง	38	57,422	19,362	337,188
3. กก	5	7,895	5,279	668,651
4. ชี	7	49,477	8,752	176,890
5. มูล	23	69,701	26,655	382,419
6. ปิง	16	33,898	7,965	234,970
7. วัง	7	10,791	1,103	102,215
8. ชม	9	23,616	2,957	125,212
9. น่าน	15	34,330	9,158	266,764
10. เจ้าพระยา	5	20,125	30,000*	1,490,683
11. สะแกกรัง	4	5,192	606	116,718
12. ป่าสัก	12	16,292	2,820	173,091
13. ท่าจีน	4	13,682	4,144	302,880
14. แม่กลอง	14	30,840	12,200	395,590
15. ปราจีนบุรี	4	9,821	5,267	536,300
16. บางปะกง	4	7,978	3,712	465,280
17. โตนเลสาป	8	4,150	6,266	1,509,880
18. ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	10	13,830	11,115	803,688
19. เพชรบุรี	4	5,607	1,500	267,523
20. ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	4	7,107	1,206	169,692
21. ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	13	26,353	23,270	883,011
22. คาบิ	8	12,224	12,513	1,023,642
23. ทะเลสาบสงขลา	9	8,495	4,896	550,462
24. ปัตตานี	2	4,974	2,738	550,462
25. ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	13	21,172	25,540	1,206,310
รวม	246	512,892	237,595	463,246

หมายเหตุ : โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ มีหลายหน่วยงานที่ทำการศึกษา โดยใช้แบบจำลองที่แตกต่างกันในการหาปริมาณน้ำท่าต่อปี ทำให้ผลลัพธ์ของปริมาณน้ำท่าต่อปีสูงกว่าความเป็นจริง

* ใช้ข้อมูลของบริษัท Binnie & Partners (Overseas) Ltd. 2540 ซึ่งต่างจากโครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำที่แม่น้ำเจ้าพระยามีเพียง 22,200 ล้านลบ.ม. ทำให้ผลรวมของปริมาณน้ำท่าทั้ง 25 ลุ่มน้ำต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามรายงานเบื้องต้นของบริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด (2542) ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำเจ้าพระยามีจำนวน 28,000 ล้านลบ.ม.

ที่มา : โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อจำนวนประชากรในกลุ่มน้ำหลักของประเทศ

รหัสและชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำท่า ต่อปี (ล้านลบ.ม.)	จำนวนประชากร ที่คาด หมายในปีพ.ศ. (คน)		ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อประชากร (ลบ.ม. ต่อหัว)	
			2543	2553	2543	2553
1. สาละวิน	17,920	8,571	326,356	391,665	26,263	21,883
2. โขง	57,422	19,362	6,355,948	7,208,255	3,046	2,686
3. กก	7,895	5,279	725,130	802,582	7,280	6,578
4. ชี	49,477	8,752	6,170,556	6,802,647	1,418	1,287
5. มูล	69,701	26,655	9,533,006	10,783,288	2,796	2,472
6. ปิง	33,898	7,965	2,451,503	2,729,510	3,249	2,918
7. วัง	10,791	1,103	732,880	806,355	1,505	1,368
8. ขม	23,616	2,957	2,355,024	2,487,803	1,256	1,189
9. น่าน	34,330	9,158	2,275,273	2,528,287	4,025	3,622
10. เจ้าพระยา	20,125	30,000*	11,651,995	12,807,475	2,575	2,342
11. สะแกกรัง	5,192	606	419,891	466,122	1,443	1,300
12. ป่าสัก	16,292	2,820	1,822,137	2,002,830	1,548	1,408
13. ท่าจีน	13,682	4,144	2,796,221	3,172,339	1,482	1,306
14. แม่กลอง	30,840	12,200	2,387,843	2,648,129	5,109	4,607
15. ปราจีนบุรี	9,821	5,267	885,323	1,012,370	5,949	5,203
16. บางปะกง	7,978	3,712	956,975	1,046,675	3,879	3,546
17. โคนเสลา	4,150	6,266	130,034	148,694	48,187	42,140
18. ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก	13,830	11,115	2,591,715	3,055,542	4,289	3,638
19. เพชรบุรี	5,607	1,500	474,167	519,126	3,163	2,889
20. ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก	7,107	1,206	475,750	526,565	2,535	2,290
21. ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,353	23,270	4,101,088	4,768,866	5,674	4,880
22. ตะปี	12,224	12,513	989,395	1,161,880	12,647	10,770
23. ทะเลสาบสงขลา	8,495	4,896	841,387	949,858	5,819	5,154
24. ปัตตานี	4,974	2,738	476,869	590,483	5,742	4,637
25. ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	21,172	25,540	2,101,762	2,602,509	12,152	9,814
รวม	512,892	237,595	64,028,228	72,019,855	3,711	3,299

ที่มา : โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) คัดแปลงจาก Tangtham (1992)

หมายเหตุ : * สำหรับปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำเจ้าพระยาใช้ตัวเลขการศึกษาของบริษัทBinnie & Partners (Overseas) Ltd. 2540 ซึ่งต่างจากข้อมูล 25 ลุ่มน้ำของ สศช. แม่น้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้ำท่าเพียง 22,200 ล้านลบ.ม. และรายงานเบื้องต้นของบริษัทพอลคอนซัลเตนท์ที่จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลเตนท์ที่จำกัด (2542) ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำเจ้าพระยามีเพียง 28,000 ล้านลบ.ม.

ตารางที่ 6 พื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานของประเทศต่าง ๆ ในเอเชีย

ประเทศ	พื้นที่ในเขตชลประทาน (1,000 เฮกตาร์)			พื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (%)			อัตราการขยายตัวของพื้นที่ชลประทาน(%)	
	2518	2528	2538	2518	2528	2538	2519-2528	2529-2538
เอเชีย	121,165	140,792	179,013	27	29	35	1.50	2.40
จีน	42,776	44,581	49,857	43	46	52	0.41	1.12
ญี่ปุ่น	3,171	2,952	2,700	62	62	62	-0.72	-0.89
เกาหลีใต้	1,277	1,325	1,335	57	62	67	0.37	0.08
มองโกเลีย	23	60	80	3	4	6	9.59	2.88
กัมพูชา	89	130	173	5	6	5	3.79	2.86
อินโดนีเซีย	3,900	4,300	4,580	15	16	15	0.98	0.63
ลาว	40	119	177	6	14	20	10.90	3.97
มาเลเซีย	308	334	340	7	6	4	0.81	0.18
เมียนมาร์	976	1,085	1,550	10	11	15	1.06	3.60
ฟิลิปปินส์	1,040	1,440	1,580	14	16	17	3.25	0.93
ไทย	2,419	3,822	5,004	15	19	24	4.57	2.69
เวียดนาม	1,000	1,770	2,000	16	28	30	5.71	1.22
อัฟกานิสถาน	2,430	2,586	2,800	30	32	35	0.62	0.80
บังกลาเทศ	1,441	2,073	3,200	16	23	37	3.64	4.34
ภูฏาน	22	30	39	20	23	26	3.10	2.62
อินเดีย	33,730	41,779	50,100	20	25	30	2.14	1.82

ที่มา : FAO,1998

ตารางที่ 7 พื้นที่ชลประทานที่มีการจัดการโดยเกษตรกรของประเทศในเอเชีย

ประเทศ	พื้นที่ชลประทาน (ล้านเฮกตาร์)		พื้นที่ที่มีการจัดการต่อพื้นที่ทั้งหมด (%)
	พื้นที่ทั้งหมด	พื้นที่ที่มีการจัดการโดยเกษตรกร	
1. จีน	44.7	26.8	60
2. อินเดีย	44.4	6.3	15
3. เวียดนาม	1.8	1.5	80
4. ญี่ปุ่น	3.0	3.0	90
5. ฟิลิปปินส์	1.5	0.8	50
6. ไทย	3.9	0.6	15

ที่มา : การบรรยายของผู้เชี่ยวชาญชลประทานของญี่ปุ่น Toru Mase

ตารางที่ 8 สักยภาพน้ำใต้ดินของกลุ่มน้ำต่างๆ

กลุ่มน้ำ	พื้นที่	พื้นที่ที่มีศักยภาพ (ตร.กม.)	อัตรา การซึม	ปริมาณฝน เฉลี่ย	ศักยภาพน้ำใต้ดิน (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)
1. ปิง	แอ่งเชียงใหม่	3,400	9.0	1,100	337
	ปิงตอนล่าง	4,975	8.0	1,200	478
2. วัง	แอ่งลำปาง	1,650	5.0	1,100	91
3. ขม	ขมตอนล่าง	10,650	8.0	1,200	1,022
4. น่าน	น่านตอนล่าง	7,225	8.0	1,200	694
5. ป่าสัก	ป่าสัก	400	3.0	1,270	16
6. เจ้าพระยา	เจ้าพระยา	10,063	3.2	1,270	409
7. ทำจีน	ทำจีน	5,473	3.2	1,270	222
รวม		43,836			3,269

ที่มา : บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542

ตารางที่ 9 การคาดคะเนน้ำใต้ดินในระดับต่ำสุดในกลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

กลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่กลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ศักยภาพน้ำใต้ดิน (ล้านลบ.ม./ปี)
ปิง	33,898	2,034
วัง	10,791	648
ขม	23,616	1,417
น่าน	34,330	2,560
เจ้าพระยา	20,125	1,208
สะแกกรัง	5,191	312
ป่าสัก	16,292	978
ทำจีน	13,682	821
รวม	157,925	9,476

หมายเหตุ: * ใช้สมมุติฐานว่าอัตราเติมน้ำเท่ากับร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200

มิลลิเมตรต่อปี

ที่มา: บริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์, 2539.

ตารางที่ 10 ตัวชี้วัดความมั่นคงด้านน้ำของบางประเทศในปี 2538

ประเทศ	ปี 2538							GDP Per Capita ปี 2537 (\$)
	ปริมาณการใช้น้ำรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่เก็บกักไว้ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณการใช้น้ำต่อปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี	ปริมาณน้ำที่เก็บกักต่อปริมาณน้ำหมุนเวียน (S/Q)	COV	ปริมาณน้ำที่ได้จากต่างประเทศ (% ของปริมาณน้ำหมุนเวียนรายปี)	
1.สหรัฐอเมริกา	492,259	2,478,000	898,000	0.20	0.36	0.05	1	25,880
2.จีน	504,315	2,800,000	279,122	0.18	0.10	0.11	0	530
3.ไทย	35,042	179,000	58,660	0.20*	0.33	0.10	39	2,410
4.เวียดนาม	30,851	376,000	165	0.08	0.0004	0.10	0	200
5.กัมพูชา	660	498,100	237	0.001	0.0005	0.12	82	230
6.เมียนมาร์	4,694	1,082,000	2,324	0.004	0.0021	0.13	0	660

หมายเหตุ : * เป็นข้อมูลในปี 2538 ซึ่งต่างจากข้อมูลในตารางที่ 1 ที่ใช้ข้อมูลในปี 2541

ที่มา : Stockholm Environment Institute, 1997

ตารางที่ 11 สมมติฐานเกี่ยวกับการใช้น้ำในด้านเศรษฐกิจต่าง ๆ ของประเทศไทย

ภาคเศรษฐกิจ	ปริมาณการใช้
ชุมชนชนบท	น้ำดื่ม 5 ลิตรต่อคนต่อวัน น้ำใช้ในครัวเรือน 50 ลิตรต่อคนต่อวัน
ชุมชนเมืองขนาดเล็ก	น้ำดื่ม-น้ำใช้ในครัวเรือน 120 ลิตรต่อคนต่อวัน
ชุมชนเมืองขนาดใหญ่	น้ำดื่ม-น้ำใช้ในครัวเรือน 250 ลิตรต่อคนต่อวัน
สาธารณประโยชน์	10-950 ลิตรต่อคนต่อวัน ขึ้นอยู่กับประเภทสาธารณประโยชน์ซึ่งมีตั้งแต่ที่พักข้างทางไปถึงโรงพยาบาล
การเพาะปลูก	2,500-16,000 ลิตรต่อไร่ต่อวัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก
การเลี้ยงสัตว์	10-130 ลิตรต่อตัวต่อวัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ที่เลี้ยง
อุตสาหกรรม	ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรมซึ่งจะต้องประมาณการเป็นกรณีๆ ไป

ที่มา : สถาบันแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536

ตารางที่ 12 อัตราการการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคของประชากรในเขตเมือง

จำนวนประชากรในเมือง(คน)	อัตราการใช้น้ำ(ลิตร/คน/วัน)
3,000 -10,000	120
10,001 -20,000	170
20,001 -30,000	200
30,001- 50,000	250
มากกว่า 50,000	300

ที่มา: บริษัทพอลคอนซัลแตนท์จำกัดและบริษัทปัญญาคอนซัลแตนท์จำกัด, 2542

บรรณานุกรม

- บินนี่ แอนด์ พาร์เนอร์, บริษัท จำกัดและคณะ 2540. กลยุทธ์การบริหารจัดการทรัพยากรในลุ่มน้ำเจ้าพระยา.เสนอต่อ
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
- ปัญญา คอนซัลแตนท์, บริษัทจำกัด.2537 ก. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำน่าน. เสนอต่อสำนัก
งานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- _____ . 2537 ข. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำปิง. เสนอต่อสำนักงานคณะ
กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- _____ . 2537 ค. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำยม. เสนอต่อสำนักงานคณะ
กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- _____ . 2537 ง. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำวัง. เสนอต่อสำนักงานคณะ
กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- พอล คอนซัลแตนท์และปัญญา คอนซัลแตนท์,บริษัทจำกัด. 2542. โครงการศึกษาการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา.ร่าง
รายงานฉบับสุดท้าย. เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- รีซอส เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์,บริษัทจำกัด. 2537 ก. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำเจ้าพระยา.
เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- _____ . 2537 ข. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำท่าจีน. เสนอต่อสำนักงานคณะ
กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- _____ . 2537 ค. โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก. เสนอต่อสำนักงานคณะ
กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- มิงสรรพ์ ชาวสอาดและคนอื่นๆ .2544. แนวนโยบายการจัดการน้ำสำหรับประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น.คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2536 . สภาวะการณ์เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำของประเทศไทย. ขอนแก่น.
- Falkenmark, Malin, Jan Lundquist and Carl Widstrand. 1989. **Macro-Scale Water Scarcity Requires Micro-Scale
Approaches: Aspect of Vulnerability in Semi Arid Development.** National Resource Forum.
- Paul Raskin, 1998. **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World.** Stockholm
Environment Institute ,Sweden.
- World Resources Institute, 1998. **World Resources 1998-1999.** Oxford : Oxford University Press. 1998.