

บทที่ 4 ผลการทดลองวิจัย

การศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำของประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใน 4 ประเทศเพื่อนำมาใช้ประกอบการศึกษาวิจัยและใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลโดยการพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลในช่วงฤดูน้ำหลากและช่วงฤดูแล้ง มีผลการศึกษาวิจัย ดังนี้

4.1 การศึกษารวบรวมคุณภาพน้ำในเขตเมืองที่ศึกษา

การศึกษารวบรวมคุณภาพน้ำในเขตเมืองของประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้มีการรวบรวมจำนวนจุดเก็บ รายการตัวแปรที่มีการวิเคราะห์ การเปรียบเทียบข้อมูลคุณภาพน้ำ และมาตรฐานคุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2542-2551 มีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 จุดเก็บและรายการวิเคราะห์

จากงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำในเขตเมืองของประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยกันทั้งหมด 4 ประเทศคือ ประเทศไทยที่แม่น้ำเจ้าพระยา (พระราม 6) ประเทศเวียดนามที่แม่น้ำไซ่ง่อน (Phu Cuong) ประเทศอินโดนีเซียที่แม่น้ำซีทารัม (Majalaya) และประเทศกัมพูชาที่แม่น้ำโตนเลสาป (Phanom Penh Port) โดยมีจุดเก็บในปี พ.ศ. 2542-2551 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่ามีพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง

		จำนวนจุดเก็บ									
ประเทศที่ศึกษา	แม่น้ำ	พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545	พ.ศ. 2546	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551
ประเทศไทย	เจ้าพระยา	4 จุด	4 จุด	4 จุด	4 จุด	4 จุด	5 จุด	5 จุด	5 จุด	5 จุด	9 จุด
ประเทศ เวียดนาม	ไซ่ง่อน	2 จุด	2 จุด	4 จุด	4 จุด	4 จุด	4 จุด	-	4 จุด	4 จุด	4 จุด
ประเทศ อินโดนีเซีย	ซีทารัม	-	-	5 จุด	6 จุด	7 จุด	7 จุด	6 จุด	7 จุด	7 จุด	7 จุด
ประเทศกัมพูชา	โตนเล สาป	4 จุด	4 จุด	4 จุด	8 จุด	4 จุด	4 จุด	11 จุด	11 จุด	8 จุด	8 จุด

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาคุณภาพน้ำใน 4 ประเทศ

	ประเทศไทย	ประเทศเวียดนาม	ประเทศอินโดนีเซีย	ประเทศกัมพูชา
	ปี พ.ศ. 2542-2551	ปี พ.ศ. 2542-2551	ปี พ.ศ. 2542-2551	ปี พ.ศ. 2542-2551
การวิเคราะห์ ทางกายภาพ	Temp, SS	Conductivity, SS, Oil&Greese	TDS, SS,Temp, Oil&Greese	Conductivity, Temp, SS
การวิเคราะห์ ทางเคมี	pH, DO, BOD, NO ₃ , NH ₃ , Phenols, Cu, Ni, Mn, Zn, Cd, Cr, Hexavalent, Pb, Total Hg, As, Cyanide, Radioactivity, Total Organochlorine Pesticides, DDT, Alpha-BHC, Dieldrin, Aldrin, Heptachlor & Heptachlorepoxyde and Endrin	pH, BOD ₅ , COD, DO, As, Ba, Cd, Pb, Chromium Hexavalent, Chromium Trivalent, Cu, Zn, Mn, Ni, Fe, Hg, NH ₃ -N, F, NO ₂ -N, NO ₃ -N, Cyanide, Phenol, Detergent, DDT, Gross alpha activity and Gross beta activity	pH, BOD, COD, DO, TP, NO ₃ -N, NH ₃ -N, As, Co, Br, B, Se, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Zn, Cl, Cyanide, F, NO ₂ - N, Sulfate, H ₂ S, Radioactivity, Phenol, BHC, Aldrin, Dieldrin, Chlordane, DDT, Heptachlor, Heptachlor epoxyde, Lindane,Methoxychl or, Endrin and Toxaphan Methoxychlor, Endrin and Toxaphan	pH, DO, BOD, COD, Alkalinity, NO ₂ ⁻ ,NO ₃ ⁻ ,PO ₄
การวิเคราะห์ ทางชีวภาพ	TCB, FCB	TCB, <i>E.coli</i>	FCB, <i>E.coli</i>	FCB

พารามิเตอร์ที่มีการตรวจวัดแบ่งเป็นการวิเคราะห์ทางกายภาพ การวิเคราะห์ทางเคมีและการวิเคราะห์ทางชีวภาพ ของแต่ละประเทศที่ทำการศึกษา 4 ประเทศ โดยการวิจัยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-พ.ศ. 2551 ตามการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำผิวดิน

4.1.2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์จากการตรวจวัดกับคุณภาพน้ำผิวดินในประเทศที่ศึกษา

ประเทศที่ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานมี 3 ประเทศ ได้แก่ ประเทศไทย ประเทศเวียดนาม และประเทศอินโดนีเซีย

จากการวิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำและทำการแบ่งคุณภาพน้ำออกเป็น 3 ด้าน ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของแต่ละประเทศคือ ทางกายภาพ, ทางเคมี และทางชีวภาพ เพื่อให้ทราบว่าเป็นแต่ละประเทศมีตัวแปรในการวิเคราะห์ทางคุณภาพน้ำที่ตรงกันก็ตัวแปร และนำมาใช้ประกอบในการเลือกตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำ พบว่า มีการแบ่งพารามิเตอร์ตามลักษณะคุณภาพน้ำของแต่ละประเทศ ดังตารางที่ 4.3

ตาราง 4.3 พารามิเตอร์ของแต่ละประเทศแบ่งตามการวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพน้ำ

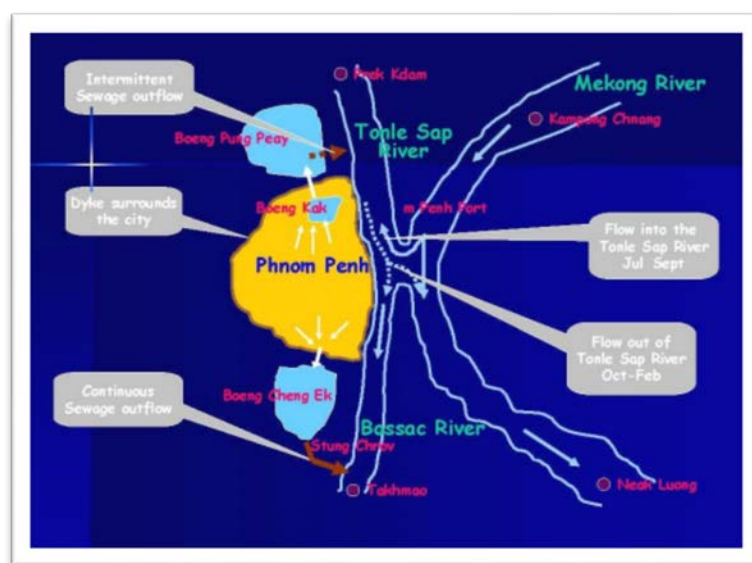
คุณภาพน้ำ	ไทย	เวียดนาม	อินโดนีเซีย
ทางกายภาพ	สี, Temp	TSS	Temp, Dissolved Solid, SS
ทางเคมี	pH, DO, BOD, COD, TKN, NO ₂ , NO ₃ , NH ₃ , TP	pH, DO, BOD, NH ₄ , Cl, F, NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , CN, AS, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe, Hg, Oil&Grease, Phenol, DDT, TP, α , β	pH, BOD, COD, DO, TP, NO ₃ , NH ₃ , NO ₂ , PO ₄
ทางชีวภาพ	TCB, FCB	<i>E. coli</i> , TCB	TCB, FCB

4.2 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละประเทศ

ประเทศที่นำมาทำการศึกษาคุณภาพน้ำได้แก่ ประเทศกัมพูชา แม่น้ำโตนเลสาป ประเทศไทย แม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศเวียดนาม แม่น้ำโขงตอน ประเทศอินโดนีเซีย แม่น้ำซีทาร์ม โดยทำการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2552 และวิเคราะห์ข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 โดยที่นำข้อมูลจากโครงการวิจัย APN ได้ทำการเลือกพารามิเตอร์และนำข้อมูลจากจุดเก็บต่างๆ มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแต่ละประเทศ (รายละเอียดข้อมูลคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ แสดงในภาคผนวก ก)

4.2.1 ประเทศกัมพูชา

ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ ในปี พ.ศ. 2542-2552 (ค.ศ. 1999-2009) แม่น้ำบาสักซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง จะมีการปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่ทะเล ในเขตเมืองของกรุงพนมเปญมีการรวมกันของแม่น้ำโดนเลสาป แม่น้ำโขง และแม่น้ำบาสัก ในฤดูน้ำหลาก แม่น้ำโขงจะมีปริมาณน้ำสูงขึ้นไหลย้อนกลับไปที่แม่น้ำโดนเลสาปในช่วงเดือน มิ.ย.-พ.ย. มี ในฤดูแล้ง แม่น้ำโดนเลสาปจะไหลลงสู่แม่น้ำบาสัก ในช่วงเดือน ต.ค.-ก.พ. ในฤดูแล้งคุณภาพน้ำมีค่าแย่งเนื่องจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมที่ต่างกัน เช่น การปล่อยของเสียจากการอุตสาหกรรมและการทำเหมืองแร่ การใช้สารเคมีทางการเกษตร ในเขตเมืองมีการปล่อยของเสียที่เป็นของแข็งและของเหลวจากโรงงานฆ่าสัตว์ และฟาร์มปศุสัตว์ซึ่งมีระบบการขนส่งโดยท่อระบายน้ำ [12] มีผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำคือ DO ในฤดูแล้งช่วงทำนน้ำมีค่าสูงกว่าต้นน้ำ ในฤดูน้ำหลากช่วงกลางน้ำจนถึงท้ายน้ำค่า DO จะค่อยๆ ลดลง โดยรวมมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในฤดูแล้ง ค่า BOD โดยเฉพาะเดือนเมษายน มีค่าคุณภาพน้ำสูงในบางพื้นที่ ค่า BOD ส่วนใหญ่จะมีปัญหาในช่วงฤดูแล้งซึ่งจะมีค่า BOD สูงกว่าช่วงฤดูน้ำหลาก ค่า FCB ช่วงต้นน้ำที่จุดเก็บ Phnom Penh Port มีปริมาณของ FCB ที่สูงที่สุดในฤดูน้ำหลาก ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของคนและสัตว์เลี้ยงเคี้ยว ซึ่งอาจมีเชื้อโรคที่ทำให้เกิดอาการในระบบทางเดินอาหาร และที่จุดเก็บ Phnom Penh Port ในปี ค.ศ. 2003 ช่วงฤดูแล้ง มีค่า FCB ต่ำที่สุดคือ 28 MPN/100 ml เนื่องจากแม่น้ำโดนเลสาปเป็นแม่น้ำที่เชื่อมระหว่างแม่น้ำโขงกับโดนเลสาป มีความยาว ประมาณ 130 กิโลเมตร กว้างประมาณ 500 เมตร ในฤดูน้ำหลากน้ำในแม่น้ำโขงจะไหลผ่านแม่น้ำโดนเลสาปลงสู่ทะเลสาบ โดยที่ความหนาแน่นของประชากรเท่ากับ 4571 คน/ 290 ตร.กม. ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การรวมกันของแม่น้ำโดนเลสาป บาสัก และแม่โขง

4.2.2 ประเทศไทย

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงที่ได้รับการขยายตัวทางเขตเมืองและทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว จึงเกิดผลกระทบทางด้านมลพิษทางน้ำ ซึ่งมลพิษทางน้ำมีผลเกี่ยวข้องกับทางด้านตัวแปรภูมิอากาศ และการเติบโตของจำนวนประชากร กรุงเทพมหานครมีการเติบโตจากส่วนกลางไปยังชานเมือง แม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานคร ได้ถูกจัดให้อยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งเป็นประเภทที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม การคมนาคม การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน โดยที่จากการศึกษาคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บนั้น ได้ผลคือ จุดเก็บต้นน้ำถึงกลางน้ำค่า DO ในฤดูแล้งจะมีค่าต่ำกว่าในฤดูน้ำหลาก และในช่วงท้ายน้ำฤดูน้ำหลากจะมีค่า DO ต่ำกว่าฤดูแล้ง ค่า Coliform และ BOD ในฤดูแล้งท้ายน้ำมีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำหลาก ค่า BOD ในฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำหลาก ซึ่งค่า BOD นี้จะเป็นตัวชี้วัดถึงความสกปรกของแหล่งน้ำนั้น โดยในฤดูแล้งที่จุดเก็บท่าช้าง ปี ค.ศ. 2005 มีค่า BOD สูงถึง 6.87 mg/l เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 4 mg/l ค่า TCB ในฤดูน้ำหลากช่วงท้ายน้ำของปี ค.ศ. 2008 มีค่า TCB สูงที่สุด น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองมีค่าของสารอินทรีย์และค่า TCB สูง

4.2.3 ประเทศเวียดนาม

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของประเทศเวียดนามตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศเวียดนาม จัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ A1 คือเป็นน้ำที่ใช้สำหรับการทำน้ำประปาสำหรับครัวเรือนโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดคุณภาพน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำโดยรวมจัดอยู่ในเกณฑ์ดี ประเทศเวียดนามเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแม่น้ำมากกว่า 2,360 สาย มีปริมาณน้ำมากในฤดูฝนและขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งยาวนาน 6-7 เดือน เมืองโฮจิมินห์ประสบปัญหาทางด้านการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน การเกิดมลพิษทางน้ำ การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อการเสื่อมสภาพของคุณภาพน้ำ แม่น้ำโขงอันใหญ่เป็นอันดับ 2 ของเมืองโฮจิมินห์ อิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงของทะเลส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำของแม่น้ำโขงอัน ปัญหาคือคุณภาพน้ำสำหรับการทำน้ำประปาของแม่น้ำโขงอัน มีค่า pH ต่ำ ความเข้มข้นสูง ความขุ่น แอมโมเนีย แอมโมเนียมและ TCB มีปัญหาในช่วงฤดูฝน และปัญหาทางด้านความเค็มในฤดูแล้ง ลักษณะคุณภาพน้ำของแม่น้ำโขงอันแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นน้ำ กลางน้ำ และท้ายน้ำ โดยที่ ต้นน้ำมีค่าความขุ่นสูง มีการพังทลายของดินหรืออนุภาคแขวนลอยในการปล่อยน้ำทิ้งควรมีการจัดการด้านคุณภาพน้ำก่อน กลางน้ำมีค่า pH ต่ำ ไอออนเกิดจากการชะละลายจากกรดซัลฟิวเรอในดิน และปลายน้ำเนื่องจากท้ายน้ำเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรมหนาแน่น ทำให้น้ำเกิดการปนเปื้อนของ NH_3 และ TP สูง ช่วงกลางน้ำถึงท้ายน้ำมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียสูง ค่า TCB และ *E. Coli* มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บคือ ค่า DO ต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ในฤดูแล้งช่วงท้ายน้ำมีค่าสูง ในฤดูน้ำหลากช่วงท้ายน้ำมีค่า DO ต่ำ ค่า BOD ในแต่ละจุดเก็บมีค่าที่เกินมาตรฐานเป็น

ส่วนใหญ่ ค่า TS ช่วงต้นน้ำไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ในช่วงกลางน้ำถึงท้ายน้ำมีค่าสูงกว่ามาตรฐานทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก โดยช่วงท้ายน้ำที่จุดเก็บ WS3 Phu An ปี ค.ศ. 2003 และปี ค.ศ. 2006 มีค่าที่สูงถึงช่วง 250-350 mg/L ค่า TCB ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำหลาก เนื่องจากที่เมืองโฮจิมินห์แม่น้ำโขงตอน มีพื้นที่และจำนวนประชากรที่หนาแน่น ค่าคุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจึงมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป

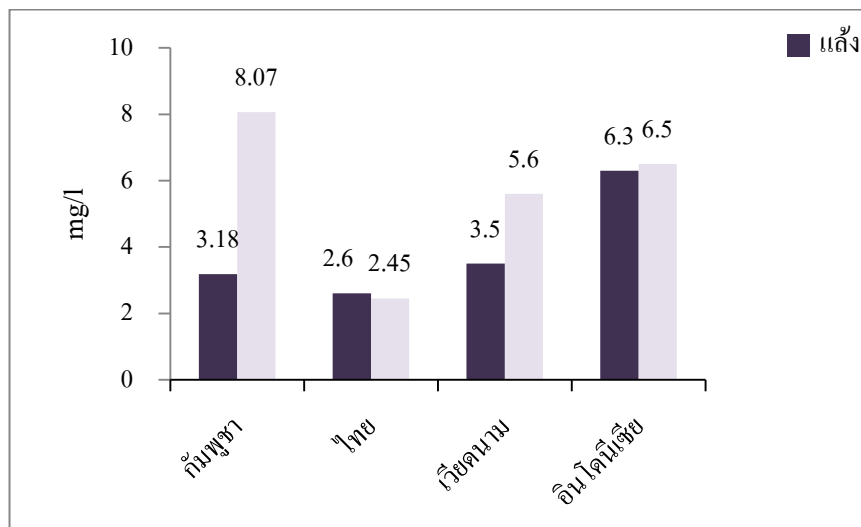
4.2.4 ประเทศอินโดนีเซีย

จากการวิเคราะห์น้ำของประเทศอินโดนีเซียตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของอินโดนีเซียได้ถูกจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งถูกจัดให้เป็นคุณภาพน้ำสำหรับการใช้ประโยชน์ทางด้านสันทนาการ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด การชลประทาน และการใช้ประโยชน์อื่นๆ ที่ต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพเดียวกัน เนื่องจากเมืองบันดุงเป็นเขตเมืองที่มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเกิดความเสื่อมโทรมทางด้านคุณภาพน้ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน การขาดโครงสร้างพื้นฐานเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรม ทำให้เกิดผลกระทบกับทรัพยากรน้ำชุมชน การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมที่มีผลต่อการใช้น้ำ มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำซีทาร์ม ทางด้านตัวแปรทางกายภาพและเคมี เช่น BOD, COD, DO ตั้งแต่ต้นน้ำถึงท้ายน้ำ สำหรับการปรับปรุงสภาพคุณภาพน้ำมีมาตรการหลายอย่าง ได้แก่ ด้านกฎหมาย เศรษฐกิจ เทคนิค และการตรวจวัด ความต้องการการใช้น้ำทั้งทางด้านการเกษตร อุตสาหกรรมและครัวเรือนที่เพิ่มขึ้น เป็นผลการเจริญเติบโตของจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของเขตเมืองทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการพัฒนาคุณภาพน้ำรวมถึงการจัดการคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เมืองบันดุงเป็นลุ่มแม่น้ำที่ใหญ่สุดในหมู่เกาะชวา แม่น้ำสายหลักคือ แม่น้ำซีทาร์ม ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ปัญหาสำคัญของแม่น้ำซีทาร์ม คือปริมาณและคุณภาพที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและทางชีวภาพ จากข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่า ค่า DO ในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลากช่วงท้ายน้ำมีค่าต่ำกว่าต้นน้ำ ค่า BOD ช่วงท้ายน้ำสูงกว่าต้นน้ำทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า น้ำในช่วงต้นน้ำจะมีคุณภาพน้ำที่ดีอยู่แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่จุดเก็บกลางน้ำและท้ายน้ำ คุณภาพน้ำเริ่มแยลงเนื่องจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเพิ่มมากขึ้น ค่า TSS จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าในฤดูน้ำหลากนั้นอาจมีการเจือจาง ส่วนในฤดูแล้งมีน้ำน้อยทำให้มีสารอินทรีย์หรืออินทรีย์ขนาดเล็กปะปนอยู่ในน้ำ อาจส่งผลกระทบต่อท่อผ่านของแสง ทำให้น้ำมีคุณภาพแยลงมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นๆ ค่า TCB, FCB ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูน้ำหลาก จากคุณภาพน้ำที่ได้เนื่องมาจากแม่น้ำซีทาร์ม เมืองบันดุง ใหญ่เป็นอันดับ 4 ของประเทศทั้งด้านของพื้นที่และจำนวนประชากร เป็นเมืองที่อยู่ในเขตแม่น้ำและรายล้อมด้วยภูเขาไฟ

4.3 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำในเขตเมือง

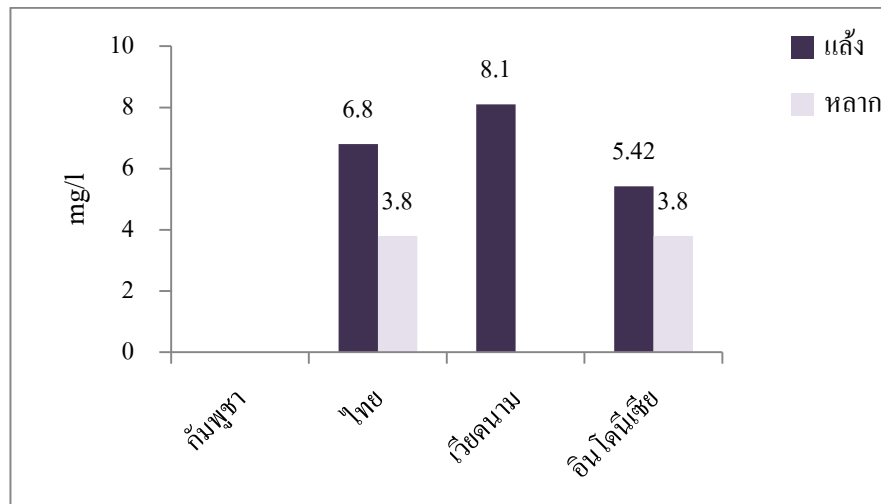
จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพน้ำและจากการระดมสมองของนักวิจัยจาก 4 ประเทศ รวม 20 คน ได้เสนอตัวแปรทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ คือ DO BOD TCB FCB $\text{NH}_3\text{-N}$ TP และ TS เนื่องจากการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของแต่ละประเทศ และพิจารณาจากความสำคัญของพารามิเตอร์ในแต่ละตัว เช่น ค่า DO เป็นค่าออกซิเจนในน้ำเป็นตัวที่สามารถวิเคราะห์เบื้องต้นได้ ถ้ามีในปริมาณ 2-6 mg/l จัดว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี หากมีค่า DO มากเกินไป อาจทำให้มีการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากเกินไปทำให้น้ำเสียได้ ค่า BOD ใช้บ่งบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำ ค่า FCB บ่งบอกถึงแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์ เป็นต้น จึงได้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในเขตเมือง ซึ่งได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาลได้แก่ ฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ของแต่ละประเทศ โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายปี (พ.ศ. 2554) โดยประเทศกัมพูชา ตรวจวัดที่จุดเก็บโดนเลสอป(Phnom Penh Port) ประเทศไทย ตรวจวัดที่แม่น้ำเจ้าพระยา (พระราม 6) ประเทศเวียดนาม ตรวจวัดที่จุดเก็บไซง่อน (Phu Cuong) และประเทศอินโดนีเซีย ตรวจวัดที่จุดเก็บมาจาလာยา (Majalaya)

รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของ DO ของแต่ละประเทศ ผลการศึกษาพบว่าค่า DO ที่ต่ำที่สุดคือ แม่น้ำเจ้าพระยา ประเทศไทย ทั้งในฤดูแล้ง และฤดูน้ำหลากส่วนค่าที่สูงที่สุดคือประเทศกัมพูชาในฤดูน้ำหลากมีค่า 8.07 mg/l คุณภาพน้ำของประเทศอินโดนีเซียถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีคือมีค่า DO อยู่ในช่วง 5-8 mg/l



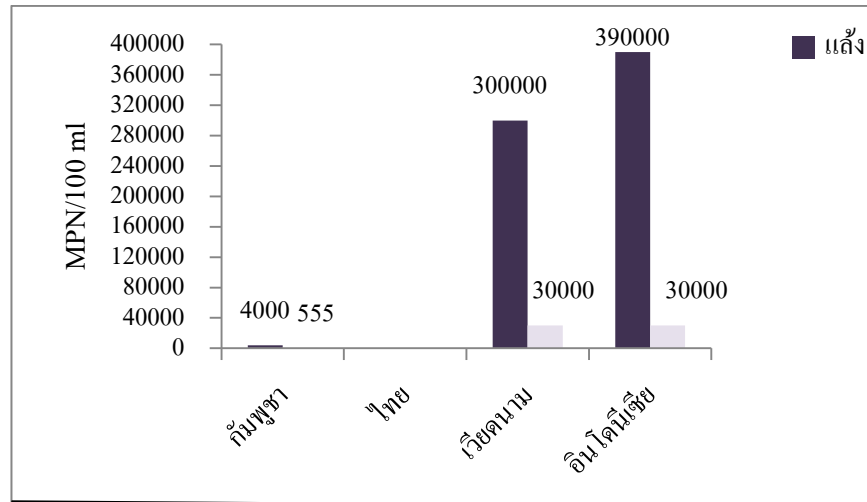
รูปที่ 4.2 ค่า DO ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

ในปีพ.ศ. 2554 ประเทศกัมพูชาไม่มีการตรวจวัด BOD ส่วนเวียดนามมีเฉพาะฤดูแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย, เวียดนามและอินโดนีเซียกำหนดไว้ไม่เกิน 4,25 และ 12 mg/l ตามลำดับ ประเทศอินโดนีเซียมีคุณภาพน้ำที่ไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศ ทั้งในฤดูแล้ง และฤดูน้ำหลาก ในประเทศไทยและประเทศเวียดนาม ในฤดูแล้งมีค่าที่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพ น้ำคือมีค่า 6.8 mg/l และ 8.1 mg/l ตามลำดับ และในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูน้ำหลาก ดังรูปที่ 4.3



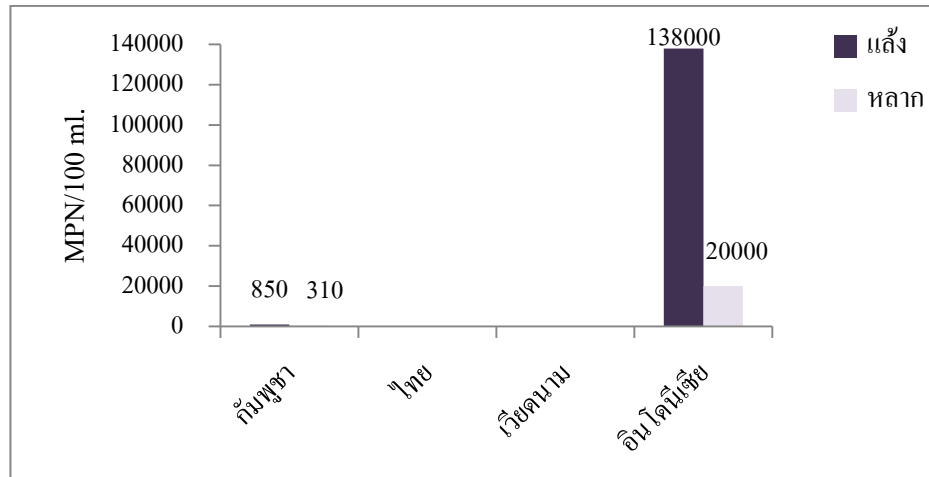
รูปที่ 4.3 ค่า BOD ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของ TCB ของแต่ละประเทศ พบว่าในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำหลากตาม มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยกำหนดให้แหล่งน้ำที่จะนำมาใช้ในการผลิต น้ำประปา รวมทั้งสามารถว่ายน้ำและเล่นกีฬาทางน้ำได้ ไม่ควรมีค่า TCB มากกว่า 5,000 MPN/100ml (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2) ซึ่งแหล่งน้ำที่ใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรควรมีค่า TCB ไม่เกิน 20,000 MPN/100ml จากข้อมูลประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดทั้งใน ฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก แต่จากการศึกษาข้อมูลในปี พ.ศ. 2551 พบว่าบริเวณจุดเก็บกลางน้ำในแม่น้ำ เจ้าพระยามีค่าต่ำกว่าริมฝั่ง เนื่องจากริมฝั่งมีกิจกรรมต่างๆ เช่น ร้านอาหาร แหล่งท่องเที่ยว จึงทำให้ค่า ของริมฝั่งแม่น้ำสูงกว่าบริเวณกลางน้ำ ประเทศกัมพูชา ค่า TCB มีค่าต่ำทั้งฤดูแล้ง และฤดูน้ำหลาก ส่วนประเทศเวียดนามและประเทศอินโดนีเซีย มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน โดยในฤดูแล้งมีค่า สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานมาก



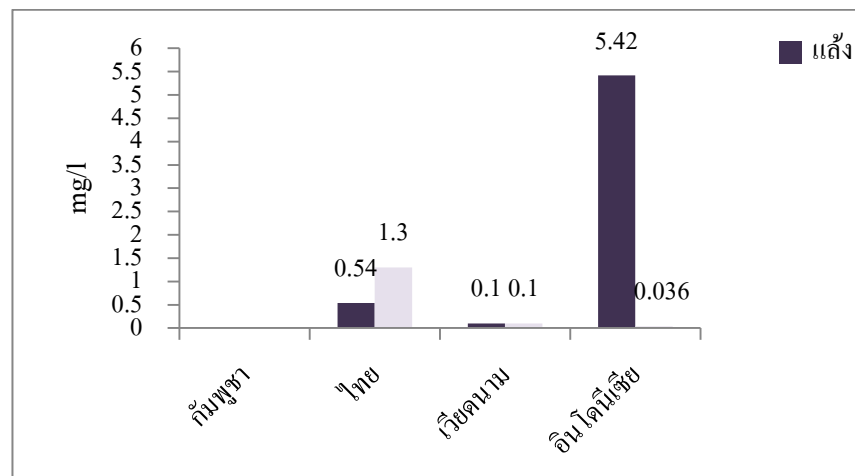
รูปที่ 4.4 ค่า TCB ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 4.5 ค่า FCB เป็นแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในน้ำดื่มของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การพบแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำมีโอกาสน้ำปนเปื้อนหรือมีการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารสูง ส่วนค่า *E. Coli* เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มเป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย กำหนดให้แหล่งน้ำที่จะนำมาใช้ในการผลิตประปา รวมทั้งสามารถว่ายน้ำและเล่นกีฬาทางน้ำได้ ไม่ควรมีค่า FCB เกินกว่า 1,000 MPN/100ml (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2) ขณะที่แหล่งน้ำที่เหมาะสมจะอนุรักษ์ไว้เพื่อใช้สำหรับกิจกรรมการเกษตร ไม่ควรมีค่า FCB เกินกว่า 4,000 MPN/100ml (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3) ซึ่งค่า FCB ในประเทศไทยและประเทศเวียดนาม ในปี พ.ศ. 2554 ไม่มีข้อมูลการตรวจวัดทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก แต่จากการศึกษาข้อมูลในปี พ.ศ. 2551 ร่วมด้วย พบว่าค่า FCB ในช่วงฤดูน้ำหลากมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง ประเทศกัมพูชา มีการตรวจวัดเป็นค่า *E. Coli* ประเทศอินโดนีเซีย ค่า FCB เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทยคือ มีค่าไม่เกิน 2,000 MPN/100ml ทั้งฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก



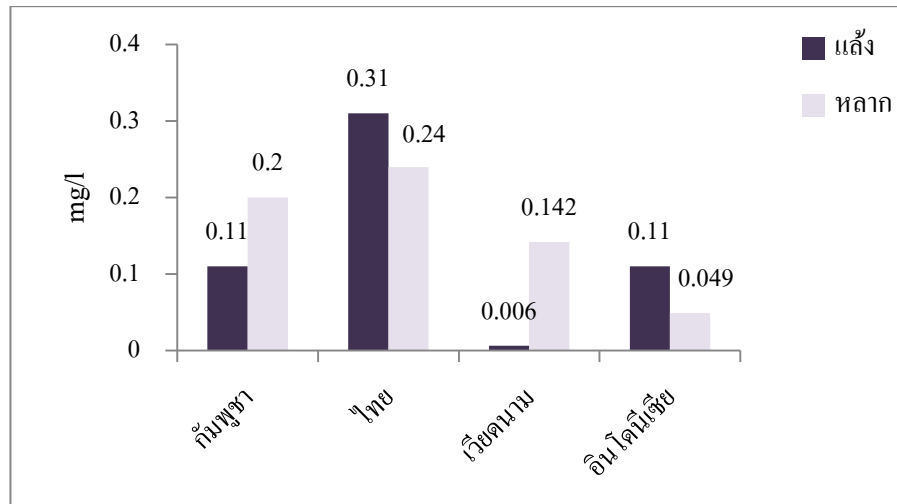
รูปที่ 4.5 ค่า FCB ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 4.6 ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ เป็นธาตุอาหารหลักที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำ หากมีมากเกินไปอาจเกิดปัญหาการเติบโตเกินขีดจำกัดของสาหร่าย (Algae bloom) ทำให้เกิดปัญหาน้ำขุ่น มีกลิ่นและมีสี ซึ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทยและประเทศอินโดนีเซียกำหนดไว้ไม่เกินที่ 0.5 mg/l โดยค่าที่สูงที่สุดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ ที่ประเทศอินโดนีเซียในฤดูแสง มีค่า 5.42 mg/l และที่ประเทศไทยในฤดูแสงมีค่า 0.54 mg/l ในฤดูน้ำหลากค่า 1.3 mg/l ประเทศเวียดนามมีค่าไม่เกินมาตรฐานทั้งในฤดูแสงและฤดูน้ำหลาก ส่วนประเทศกัมพูชาทั้งในฤดูแสงและฤดูน้ำหลากไม่มีการตรวจวัด



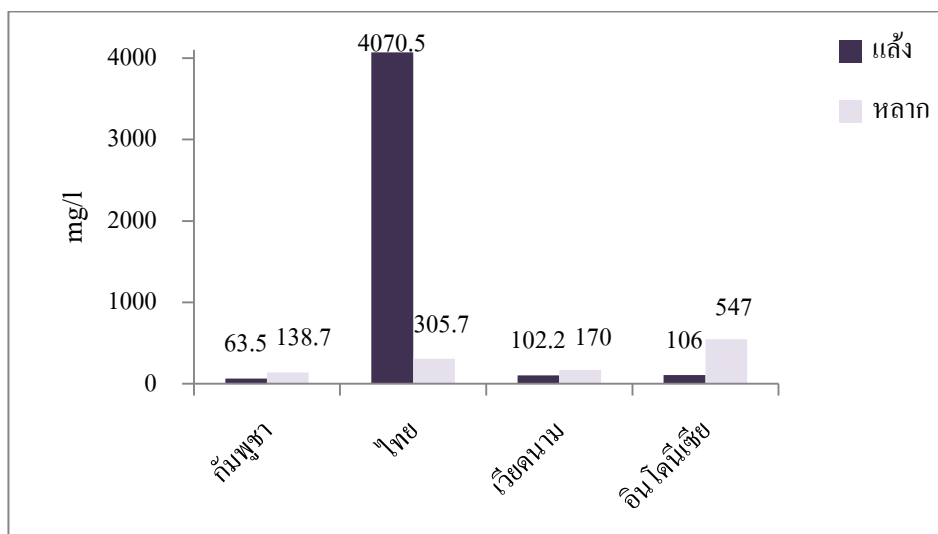
รูปที่ 4.6 ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 4.7 ค่า TP เป็นธาตุอาหารสำหรับพืชน้ำซึ่งส่วนมากมาจากน้ำเสียจากการเกษตรและชุมชน ซึ่งหาก TP มีค่าเกิน 0.15 mg/l จะทำให้เกิด Eutrophication ทำให้ DO ในน้ำลดลงอย่างมาก [19] ซึ่งประเทศกัมพูชาในฤดูแล้งมีค่า 0.2 mg/l และประเทศไทย มีค่า 0.31 และ 0.24 mg/l ทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก ตามลำดับ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมได้



รูปที่ 4.7 ค่า TP ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

รูปที่ 4.8 ค่าของแข็งทั้งหมด (TS) เป็นปริมาณของแข็งในน้ำ สามารถคำนวณจากการระเหยน้ำออก โดยค่าที่สูงที่สุดคือ ที่ประเทศไทยในฤดูแล้งมีค่า 4,070 mg/l เป็นค่าที่ตรวจวัดได้ที่จุดเก็บน้ำพระราม 6 ส่วนในฤดูน้ำหลากมีค่าต่ำกว่าอาจเนื่องมาจากมีปริมาณน้ำฝนมาเจือจาง



รูปที่ 4.8 ค่า TS ของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2554

4.4 การจัดทำดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป

ในการพัฒนาดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับ 4 ประเทศเพื่อนำไปใช้กับประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้ใช้หลักเกณฑ์การแบ่งคุณภาพน้ำของ 3 ประเทศ ได้แก่ ประเทศไทย ประเทศเวียดนามและประเทศอินโดนีเซีย และเลือกใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ DO, BOD, NH₃, TCB, FCB, TP และ TS ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินแต่ละพารามิเตอร์ของแต่ละประเทศแสดงดังตารางที่ 4.4-4.6 โดยประเทศไทยแบ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภท ในประเภทที่ 5 ใช้เพื่อการคมนาคม ประเทศเวียดนาม มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินแบ่งเป็น 4 ระดับ และประเทศอินโดนีเซียแบ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินออกเป็น 4 ระดับ

ตารางที่ 4.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเทศไทย

ประเภท คุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์	DO	BOD	TCB	FCB	NH ₃ -N	TP	TS
2	อุปโภค บริโภคโดยผ่าน การฆ่าเชื้อก่อน, การ ประมง, กิจกรรมทางน้ำ	> 6	0-1.5	0-5,000	0-1,000	0.5	0-0.15	0-200
3	การเกษตร	4.1-6.0	1.6-2.0	5,001- 20,000	1,001- 4,000	0.5	0.16-0.2	201-250
4	การอุตสาหกรรม	2.1-4.0	2.1-4.0	> 20,000	> 4,000	0.5	0.21-0.4	251-500
5	เพื่อการคมนาคม	0-2.0	> 4	-	-	-	> 0.4	>500

ตารางที่ 4.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเทศเวียดนาม

ประเภท	การใช้ประโยชน์	DO	BOD	TCB	E.Coli	NH ₃ -N	TP	TS
A1	สำหรับทำน้ำประปา	≥ 6	0-4	0-2,500	0-20	0-0.1	0-0.1	0-20
A2	สำหรับทำน้ำประปาโดยต้องผ่านการบำบัดก่อน	5.1-6	4.1-6	2,501-5,000	21-50	0.11-0.2	0.11-0.2	21-30
B1	สำหรับการชลประทาน	4.1-5	6.1-15	5,001-7,500	51-100	0.21-0.5	0.21-0.3	31-50
B2	สำหรับการคมนาคมและการเกษตร	2.0-4	15.1-25	7,501-10,000	101-200	0.51-1.0	0.31-0.5	51-100

ตารางที่ 4.6 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเทศอินโดนีเซีย

ประเภท	การใช้ประโยชน์	DO	BOD	TCB	FCB	NH ₃ -N	TP	TS
Class I	สำหรับการผลิตน้ำดื่ม	> 6	2-3	0-1,000	0-100	0.5	0-0.2	1,000
Class II	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด	4.1-6	3.1-6	1,001-5,000	101-1,000	-	0.21-1	1,000
Class III	การทำฟาร์ม	3.1-4	6.1-12	5,001-10,000	1,001-2,000	-	1.1-5	1,000
Class IV	การชลประทาน	0-3	> 12	> 10,000	> 2,000	-	> 5	2,000

จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของแต่ละประเทศ จะเห็นได้ว่าการแบ่งคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ได้เป็น 4 ระดับ จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ดี พอใช้ เลื่อมโทรม และเลื่อมโทรมมาก จากนั้นจึงวิเคราะห์หาค่าเพื่อนำมาหาค่าดัชนีย่อยและกำหนดค่าดัชนีคุณภาพน้ำสำหรับประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

โดยค่า DO หาค่ามัธยฐานของข้อมูลมาตรฐานคุณภาพน้ำของทั้ง 3 ประเทศ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำดีโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 6 mg/l แต่ไม่ควรเกิน 8 mg/l ในแหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำพอใช้และเลื่อมโทรมที่มี ค่ามัธยฐาน 2 ช่วง เนื่องจากหากน้ำมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงเกินไปก่อให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication คือ การที่แหล่งน้ำสะสมธาตุอาหารที่กระตุ้นให้พืชบางประเภท เช่น สาหร่ายและวัชพืชน้ำเจริญมากกว่าปกติ ดังนั้นเมื่อพืชเหล่านี้ได้รับธาตุอาหารดังกล่าวก็ทำให้มีพืชปกคลุมทั่วบริเวณหน้าน้ำ ทำให้น้ำเน่าเสีย ออกซิเจนในน้ำมีน้อย แสงลงไม่ถึงข้างล่าง ทำให้พืชบางชนิดเติบโตไม่ได้ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และในช่วงกลางวันสาหร่ายในน้ำจะสร้างออกซิเจนในขณะที่ทำการสังเคราะห์แสง

ตารางที่ 4.7 การหาค่าของ DO จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เลื่อมโทรม	เลื่อมโทรมมาก
ไทย	> 6	4.1-6	2.1-4	0-2
เวียดนาม	≥ 6	5.1-6	4.1-5.0	2.0-4
อินโดนีเซีย	> 6	4.1-6	3.1-4	0-3
ค่ามัธยฐาน	> 6	5.2	3.7	1.83

ค่า BOD หาจากการหาค่ามัธยฐานของมาตรฐานคุณภาพน้ำแต่ละประเทศ ค่า BOD ใช้บ่งบอกค่าความสกปรกของแหล่งน้ำ บ่งบอกถึงค่าการระสารถอินทรีย์ ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ ที่ช่วงคุณภาพน้ำดีจะอยู่ในช่วง 0-4 mg/l ค่า BOD ควรมีค่าไม่เกิน 25 mg/l หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งแต่ไม่ควรเกิน 60 mg/l ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม [19] และตามลักษณะของน้ำโดยทั่วไป ควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6 mg/l พระราชบัญญัติจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ควรมีค่า BOD ไม่เกิน 20 mg/l

ตารางที่ 4.8 การหาค่าของ BOD จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-1.5	1.6-2.0	2.1-4.0	> 4
เวียดนาม	0-4	4.1-6.0	6.1-15	15.1-25
อินโดนีเซีย	2-3	3.1-6	6.1-12	>12
ค่ามัธยฐาน	1.75	3.8	7.55	12.23

ค่า TCB FCB สามารถบ่งบอกถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งค่า TCB แสดงถึงความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนหรือแพร่กระจายของเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารในแหล่งน้ำ ส่วนค่า FCB เป็นแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การพบแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำ มีโอกาสปนเปื้อนหรือมีการแพร่กระจายของเชื้อโรค ที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารสูง และค่า *E.coli* เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มเป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์ [20] โดยการหาค่าของ TCB และ FCB พิจารณาจากการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของแต่ละประเทศ โดยกำหนดค่า TCB ไม่เกิน 5,000 MPN/100 ml และ FCB ไม่เกิน 1,000 MPN/100 ml โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศเวียดนามและประเทศอินโดนีเซียควบคู่ด้วย รวมถึงพิจารณาจากค่าที่ตรวจวัดได้ในจุดเก็บที่นำมาศึกษา

ตารางที่ 4.9 การหาค่าของ TCB จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-5,000	5,001-20,000	> 20,000	-
เวียดนาม	0-2,500	2,501-5,000	5,001-7,500	7,501-10,000
อินโดนีเซีย	0-1,000	1,001-5,000	5,001-10,000	> 10,000
ค่ามัธยฐาน	1,416	6,417	11,250	> 9,375

ตารางที่ 4.10 การหาค่าของ FCB จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-1,000	1,001-4,000	> 4,000	-
เวียดนาม	0-20	21-50	51-100	101-200
อินโดนีเซีย	0-100	101-1,000	1,001-2,000	> 2,000
ค่ามัธยฐาน	187	1,029	1,192	> 1,075

ค่า NH_3 ถ้ามีในแหล่งน้ำในปริมาณสูงจะทำให้เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณ pH ในน้ำด้วย ถ้า pH สูง NH_3 จะมีสัดส่วนมากขึ้น ซึ่งทำให้แอมโมเนียมีพิษมากขึ้น ซึ่งค่า NH_3 จากค่ามัธยฐานจากมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินคือ คุณภาพน้ำดี อยู่ในช่วง 0-0.5 พอใช้ในช่วง 0.11-0.5 เนื่องจากของประเทศเวียดนามค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.2 จึงแบ่งช่วงตามมาตรฐานของแต่ละประเทศตามระดับคุณภาพน้ำร่วมกันด้วย

ตารางที่ 4.11 การหาค่าของ NH_3 จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-0.5	0.5	0.5	-
เวียดนาม	0-0.1	0.11-0.2	0.21-0.5	0.51-1
อินโดนีเซีย	0-0.5	-	-	-
ค่ามัธยฐาน	0.18	0.09	0.3	> 0.75

เนื่องจาก TP เป็นธาตุที่มีความจำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ดังนั้น ในการปล่อยน้ำเสีย หรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วก็ตามลงในแหล่งน้ำ อาจจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา สารประกอบของฟอสฟอรัส อาจแบ่งรูปฟอสฟอรัสในน้ำได้ดังนี้ ออโรฟอสเฟต โพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต [21]

ตารางที่ 4.12 การหาค่าของ TP จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-0.15	0.16-0.2	0.21-0.4	>0.4
เวียดนาม	0-0.1	0.11-0.2	0.21-0.3	0.31-0.5
อินโดนีเซีย	0.2	0.2	0.21-1	1.1-5
ค่ามัธยฐาน	0.075	0.435	0.388	>1.2

ค่า TS เป็นปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างน้ำมีประโยชน์มากในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำที่จะนำมาทำเป็นน้ำบริโภค อุปโภค [21] โดยค่า TS คัดจากค่ามัธยฐานของแต่ละประเทศ ประเทศเวียดนามที่มีค่าน้อย เนื่องจากเป็นมาตรฐานของ SS คือเป็นของแข็งแขวนลอย ในขณะที่ ประเทศไทย และประเทศอินโดนีเซียเป็นมาตรฐานของ TS

ตารางที่ 4.13 การหาค่าของ TS จากค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ

ประเทศ	ดี	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรมมาก
ไทย	0-200	201-250	251-500	> 500
เวียดนาม	0-20	21-30	31-50	51-100
อินโดนีเซีย	1000	1000	1000	2000
ค่ามัธยฐาน	203	250	305	> 442

*หมายเหตุ ประเทศเวียดนามเป็นมาตรฐาน SS = ของแข็งแขวนลอย

เมื่อได้ค่ามัธยฐานของแต่ละตัวแปรที่ระดับคุณภาพน้ำต่างๆ แล้วจึงกำหนดค่าดัชนีย่อยเป็น 4 ค่าตามระดับคุณภาพน้ำ ดี พอใช้ เสื่อมโทรมและเสื่อมโทรมมาก ให้มีค่าเท่ากับ 100, 70, 40 และ 0 ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ค่า BOD ให้ค่าดัชนีย่อยมีค่าเท่ากับ 100 เมื่อค่าที่ตรวจวัดอยู่ในช่วง 0-3.5 mg/l และดัชนีย่อยมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อค่า BOD ที่ตรวจวัดได้มีค่ามากกว่า 12 mg/l ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีย่อยของดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้น

ค่าดัชนี ย่อย (I _i)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TCB (MPN/100ml)	FCB (MPN/100ml)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	TS (mg/l)
100	6.1-8.3	0-3.5	0-5,000	0-1,000	0-0.2	0-0.2	0-100
70	4.6-6.0, 8.4-8.9	3.6-6.0	5,001-10,000	1,001-2,000	0.3-0.5	0.21-0.5	101-300
40	3.1-4.5, 8.9- 11.2	6.1-12.0	10,001- 50,000	2,001-10,000	0.6-1.0	0.51-1.0	301- 1,000
0	0-3.0	>12	>50,000	>10,000	>1	>1	>1,000

4.4.1 การทดสอบค่าดัชนีคุณภาพน้ำ

จากการศึกษาโดยวิธีการรวมดัชนีย่อยเข้าด้วยกัน มีวิธีการคำนวณเพื่อลดปัญหาทำนายค่าได้เกินจริง เรียกว่า เกิดการคลุมเครือของการทำนายข้อมูล หรือเรียกว่า ambiguous และการทำนายค่าได้ต่ำไป เพราะบอกว่าสิ่งแวดล้อมดี แต่จริง ๆ แล้วคุณภาพสิ่งแวดล้อมไม่ดี หรือเรียกว่า eclipsing ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สมการ root sum power เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นดังสมการที่ (4.1)

$$WQI = [\sum_{i=1}^n I_i^p]^{1/p} \quad (4.1)$$

โดยที่ p = จำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

I_i = ค่าดัชนีย่อย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้สูตรหาค่าดัชนีที่พัฒนาใหม่ ที่ทางกลุ่มวิจัย APN ได้เสนอแนะไว้ ด้วยการทดสอบค่าคะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่มีตัวแปรครบ 7 ตัว โดยเลือกจากจุดเก็บที่มีคุณภาพน้ำแตกต่างกันใน 2 ช่วงฤดูคือ ในฤดูแล้ง และ ฤดูน้ำหลากและเปรียบเทียบกับดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละประเทศที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.15 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำเมื่อกำหนดให้คุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

DO	BOD	NH ₃	TCB	FCB	TP	TS	WQI
100	0	0	0	0	0	0	100
100	100	0	0	0	0	0	110.4
100	100	100	0	0	0	0	116.9
100	100	100	100	0	0	0	121.9
100	100	100	100	100	0	0	125.8
100	100	100	100	100	100	0	129.2
100	100	100	100	100	100	100	132.1

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ค่าดัชนีนี้ในการคำนวณ ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าระหว่าง 0-132.5 คะแนน และเมื่อผลวิเคราะห์มีเพียง 1 ตัวแปรที่มีคุณภาพน้ำดีมาก ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 100 และอีก 6 ตัวแปรคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมเมื่ออ่านค่าจะได้คะแนนเท่ากับ 0 ผลรวมของค่าดัชนีนี้มีค่าเท่ากับ 100 หากคุณภาพน้ำมีผลการวิเคราะห์ที่ดีมาก (ได้คะแนน >120) 4 ตัวขึ้นไป ตัวอย่างเช่น หากค่าพารามิเตอร์ที่เราเลือกมาทดสอบมีช่วงคะแนนที่ดีมาก จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อทดสอบโดยการลดจำนวนพารามิเตอร์เพื่อใช้ทดสอบดูว่าถ้าค่าดีมากทั้ง 7 ตัวแปร คุณภาพน้ำสูงสุดจะมีค่าเป็น 132.5 เมื่อได้ค่าคะแนนแล้วนำมาใช้วิเคราะห์และใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพน้ำ จากการทดสอบควรมีพารามิเตอร์อย่างน้อย 4 ตัว

รายการวิเคราะห์ที่มีการตรวจวัดเหมือนกันทั้ง 4 ประเทศที่นำมาทำการศึกษาทั้งหมด 7 ตัวแปร คือ DO, BOD, NH₃, TCB, FCB, TP และ TS จึงได้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบทดสอบโดยการคำนวณคุณภาพที่มีตัวแปรครบ 7 ตัวแปรและกรณีไม่ครบทั้ง 7 ตัวแปรโดยเลือกจากจุดเก็บที่มีคุณภาพน้ำแตกต่างกันใน 2 ช่วงฤดูคือ ในฤดูแล้ง และ ฤดูน้ำหลากและทำการทดสอบโดยลดตัวแปรบางตัวออกเพื่อดูผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (รายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ข.) และได้ทำการทดสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำของทั้ง 3 ประเทศจำนวน 20 ตัวอย่างในฤดูแล้ง และ 20 ตัวอย่างในฤดูน้ำหลาก

การคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำนั้น สามารถนำมาใช้ได้ดีเมื่อมีพารามิเตอร์อย่างน้อย 4 พารามิเตอร์ ดังนั้นจึงกำหนดค่าอธิบายคุณภาพน้ำจากการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก, ดี, พอใช้, เสื่อมโทรมและเสื่อมโทรมมาก และกำหนดการใช้ประโยชน์โดยเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำของทั้ง 3 ประเทศ ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 คำอธิบายคุณภาพน้ำของดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาใหม่

ระดับ	ลักษณะ	การใช้ประโยชน์	WQI
1	น้ำสะอาด (ดีมาก)	เป็นน้ำดิบที่ดีและสามารถนำมาใช้สำหรับผลิตน้ำประปา เพื่อการอนุรักษ์ และเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ	>125
2	น้ำค่อนข้างสะอาด (ดี)	ใช้สำหรับผลิตน้ำประปาซึ่งต้องมีการบำบัดที่เหมาะสม เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและ วัตถุประสงค์อื่นๆ	121-125
3	น้ำสะอาดปานกลาง (พอใช้)	การใช้น้ำสำหรับการชลประทาน หรือเพื่อวัตถุประสงค์ที่ คล้ายกัน(การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)	101-120
4	น้ำค่อนข้างเลื่อม โทรม(เลื่อมโทรม)	การใช้น้ำเพื่อการคมนาคมหรือที่มีวัตถุประสงค์อื่นๆ ที่ใช้ น้ำที่มีคุณภาพต่ำ	51-100
5	น้ำมีคุณภาพต่ำ (เลื่อมโทรมมาก)	อื่นๆ เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้ง	0-50

4.4.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีที่พัฒนาใหม่กับค่าดัชนีของแต่ละประเทศ

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ค่าดัชนีนี้ในการคำนวณ ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าระหว่าง 0-132.5 คะแนน และเมื่อผลวิเคราะห์มีเพียง 1 ตัวแปรที่มีคุณภาพน้ำดีมาก ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 100 และอีก 6 ตัวแปร คุณภาพน้ำเลื่อมโทรมเมื่ออ่านค่าจะได้คะแนนเท่ากับ 0 ผลรวมของค่าดัชนีนี้มีค่าเท่ากับ 100 หาก คุณภาพน้ำมีผลการวิเคราะห์ที่ดีมาก (ได้คะแนน >120) 4 ตัวขึ้นไป ตัวอย่างเช่น หากค่าพารามิเตอร์ที่เราเลือกมาทดสอบมีช่วงคะแนนที่ดีมาก จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อทดสอบโดยการลดจำนวน พารามิเตอร์เพื่อใช้ทดสอบดูว่าถ้าค่าดีมากทั้ง 7 ตัวแปร คุณภาพน้ำสูงสุดจะมีค่าเป็น 132.5 เมื่อได้ค่า คะแนนแล้วนำมาใช้วิเคราะห์และใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพน้ำ จากการทดสอบควรมีพารามิเตอร์ อย่างน้อย 4 ตัว (โดยรายละเอียดผลการคำนวณคุณภาพน้ำในแต่ละประเทศที่ได้จากข้อมูลการ ตรวจวัดในแต่ละจุดเก็บแสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

โดยการคิดคะแนนและการแบ่งระดับนั้น ได้มาจากการวิเคราะห์ตัวแปรจากการคำนวณค่าคุณภาพน้ำ ตามตารางที่ 4.15 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเปรียบเทียบดัชนีของ 3 ประเทศในฤดูแล้ง และ ฤดูน้ำหลาก 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (ดังแสดงในภาคผนวก ค) เพื่อแสดง ค่าคุณภาพน้ำของดัชนีแต่ละประเทศกับดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งจะ เห็นได้ว่าค่าดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีค่าคุณภาพน้ำใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำของแต่ละประเทศ

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเปรียบเทียบดัชนีของแต่ละประเทศกับดัชนีที่พัฒนาขึ้นใหม่ จำนวน 20 ข้อมูลในฤดูแล้งและ 20 ข้อมูลในฤดูน้ำหลาก เพื่อให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพน้ำโดยแบ่งตามระดับคุณภาพน้ำ ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ความแตกต่างคุณภาพน้ำเปรียบเทียบระหว่างดัชนีแต่ละประเทศและดัชนีที่พัฒนาใหม่

ประเทศ	จำนวนตัวอย่าง	ฤดูแล้ง			ฤดูน้ำหลาก		
		ดัชนีแต่ละประเทศ	ดัชนีที่พัฒนาใหม่	แตกต่าง	ดัชนีแต่ละประเทศ	ดัชนีที่พัฒนาใหม่	แตกต่าง
ประเทศไทย	พระราม 6	เสื่อมโทรม	พอใช้	1	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	ท่าช้าง	เสื่อมโทรม	พอใช้	1	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	ท่าน้ำนนทบุรี	เสื่อมโทรม	พอใช้	1	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	พระราม 6	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0
	ท่าช้าง	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0
	พระราม 6	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0
	ท่าช้าง	เสื่อมโทรมมาก	เสื่อมโทรม	1	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	0
	พระราม 9	เสื่อมโทรม	พอใช้	1	เสื่อมโทรมมาก	เสื่อมโทรม	1
ประเทศเวียดนาม	Thu Thiem Port	ดีมาก	พอใช้	2	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	Thu Thiem Bridge	ดีมาก	พอใช้	2	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	Binh Trieu Bridge	ดีมาก	พอใช้	2	พอใช้	พอใช้	0
	Binh Phuoc Bridge	ดีมาก	พอใช้	2	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	Phu Coung Bridge	ดีมาก	พอใช้	2	เสื่อมโทรม	พอใช้	1
	Ben Suc Bridge	ดีมาก	พอใช้	2	เสื่อมโทรมมาก	พอใช้	2
ประเทศอินโดนีเซีย	Wangisagara	พอใช้	พอใช้	0	พอใช้	พอใช้	0
	Sapan	พอใช้	เสื่อมโทรม	1	พอใช้	พอใช้	0
	Cijeruk	พอใช้	เสื่อมโทรม	1	พอใช้	พอใช้	0
	Kertamulya	พอใช้	เสื่อมโทรม	1	พอใช้	พอใช้	0
	Nanjung	พอใช้	เสื่อมโทรม	1	พอใช้	พอใช้	0
	Cipatik	พอใช้	เสื่อมโทรม	1	พอใช้	พอใช้	0

จากการเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละประเทศกับดัชนีที่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถประเมินและทำนายคุณภาพน้ำได้เบื้องต้น โดยดูจากมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของแต่ละประเทศ สามารถทำนายว่า พอใช้ ตัวอย่างดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การทำนายคุณภาพน้ำของแต่ละพารามิเตอร์เทียบจากมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเทศ

จุดเก็บ	ฤดู	พารามิเตอร์ที่ศึกษา							คุณภาพ
		DO	BOD	NH ₃	TCB	FCB	TP	TS	
ไทย ปี 2549 พระราม 6	แล้ง	2.95	5.33	0.1	233000	-	0.3	15.5	พอใช้
	การ ทำนาย	เสื่อมโทรม	เสื่อม โทรมมาก	ดี	เสื่อมโทรม	-	เสื่อมโทรม	ดี	
	หลาก	3.32	4	0	296000	-	0.2	67.8	พอใช้
	การ ทำนาย	เสื่อมโทรม	เสื่อม โทรม	ดี	เสื่อมโทรม	-	พอใช้	ดี	

เมื่อพิจารณาจากดัชนีคุณภาพน้ำของประเทศเทียบกับดัชนีที่พัฒนาใหม่ พบว่าแตกต่างกัน 1 ระดับ ซึ่งทำนายได้ว่าคุณภาพน้ำดีขึ้น โดยที่ ดัชนีของประเทศทำนายคุณภาพน้ำว่า เสื่อมโทรม ส่วนดัชนีที่พัฒนาใหม่ ผลคือ คุณภาพน้ำ พอใช้ เนื่องจากค่า NH₃, TP และ TS มีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินของประเทศ พบว่า ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดจะอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับค่าที่ทำนายได้ คุณภาพน้ำคือ พอใช้

จากตารางที่ 4.17 ในภาพรวมการทำนายโดยใช้ดัชนีคุณภาพที่พัฒนาใหม่แสดงผลเทียบกับดัชนีคุณภาพน้ำของประเทศ จำนวน 20 จุดเก็บในฤดูแล้งและ 20 จุดเก็บในฤดูน้ำหลาก คิดเป็นประเทศไทย แตกต่าง 1 ระดับ จำนวน 9 ครั้ง จาก 16 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น $(9/16)*100 = 56.25 \%$

แตกต่าง 0 ระดับ จำนวน 7 ครั้ง จาก 16 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น $(7/16)*100 = 43.75 \%$

ประเทศเวียดนาม แตกต่าง 2 ระดับ จำนวน 7 ครั้ง จาก 12 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น $(7/12)*100 = 58.3 \%$

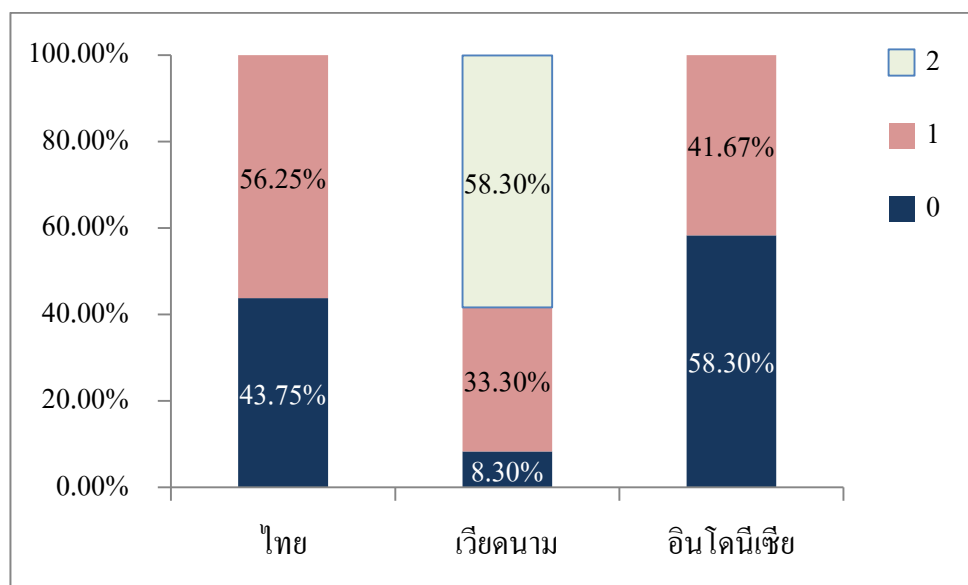
แตกต่าง 1 ระดับ จำนวน 4 ครั้ง จาก 12 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น $(4/12)*100 = 33.3 \%$

แตกต่าง 0 ระดับ จำนวน 1 ครั้ง จาก 12 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น
 $(1/12) \times 100 = 8.3 \%$

ประเทศอินโดนีเซีย แตกต่าง 1 ระดับ จำนวน 5 ครั้ง จาก 12 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น
 $(5/12) \times 100 = 41.67 \%$

แตกต่าง 0 ระดับ จำนวน 7 ครั้ง จาก 12 จุดในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก คิดเป็น
 $(7/12) \times 100 = 58.3 \%$

เมื่อทำการแบ่งระดับในการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของดัชนีแต่ละประเทศกับดัชนีที่พัฒนาใหม่
 ออกเป็นช่วงระดับแล้วคิดเป็นร้อยละของความแตกต่างระดับได้ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การแบ่งระดับการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำออกเป็นค่าร้อยละของความแตกต่าง

จากการเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละประเทศ เทียบกับดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่
 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานคุณภาพน้ำร่วมกัน วิเคราะห์คุณภาพน้ำเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพน้ำของแต่ละ
 ประเทศและดัชนีที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้น พบว่าค่าคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน 1 ระดับ มีมากที่สุดดัชนีของ
 ประเทศเวียดนามอาจมีความแตกต่างจากดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มากที่สุดเนื่องจากการคำนวณ
 ค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวอาจมีบางพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดทำให้วิเคราะห์และคำนวณค่า
 ออกมาไม่ได้ เช่น TCB, BOD ซึ่งมีผลทำให้ค่าคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการวิเคราะห์จาก
 ดัชนีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ชัดเจน และการคำนวณมีความสะดวกรวดเร็ว และ
 สามารถนำไปใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำสำหรับประเทศที่ยังไม่มีการกำหนดและจัดทำดัชนีคุณภาพน้ำได้

ตารางที่ 4.19 แสดงข้อดี-ข้อด้อย ของการใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่

ตารางที่ 4.19 ข้อดี – ข้อด้อยของการใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่พัฒนาขึ้นใหม่

ข้อดี	ข้อด้อย
- ใช้เป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่มีมาตรฐานคุณภาพน้ำร่วมกัน - วิธีการคำนวณง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่าการคำนวณดัชนีของแต่ละประเทศ - ตัวแปรที่เลือกมาวิเคราะห์สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของแหล่งน้ำได้ เช่น ค่าความสกปรกของแหล่งน้ำ, การปนเปื้อนของแบคทีเรียในแหล่งน้ำ และ ค่าออกซิเจนในแหล่งน้ำ เป็นต้น - ตัวแปรที่เลือกมาเป็นตัวแปรที่แต่ละประเทศวิเคราะห์ได้ง่าย - สามารถใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในประเทศที่ยังไม่มีการจัดทำดัชนีคุณภาพน้ำได้	- บางประเทศ บางฤดูกาล มีการตรวจวัดไม่ครบทุกตัวแปร ทำให้การวิเคราะห์คุณภาพน้ำอาจมีการผิดพลาดหรือเปลี่ยนแปลงไป - พารามิเตอร์ที่ใช้มีน้อย ทำให้การประเมินด้วยดัชนีที่พัฒนาใหม่แตกต่างจากค่าดัชนีของประเทศ