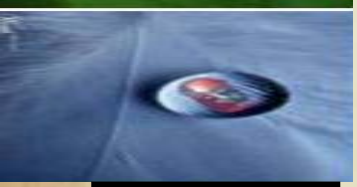


การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithm) ในการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลอง QUAL2Kw เพื่อประเมินภาระมลพิษในลำน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

ปฏิวิชช์ สาระพิน, กัมปนาท ภักดีกุล, จำลอง อรุณเลิศอารีย์, ทองเปลว กองจันทร์

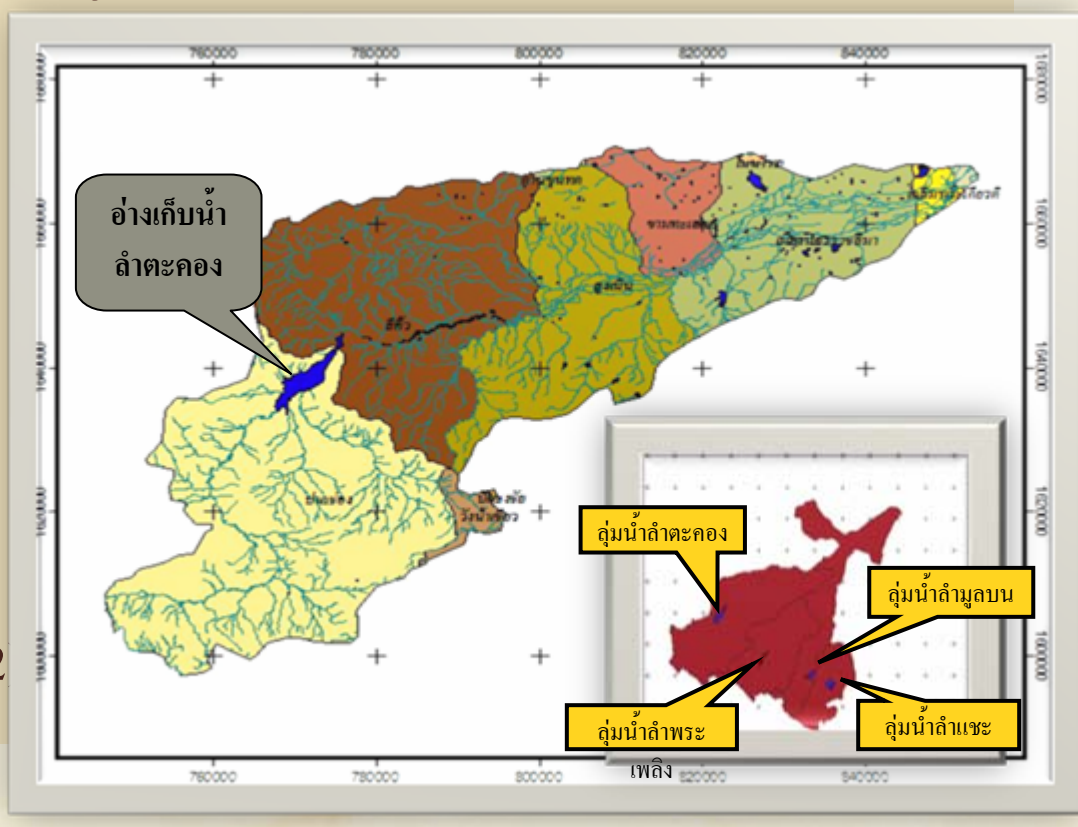
โดย

นายปฏิวิชช์ สาระพิน

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

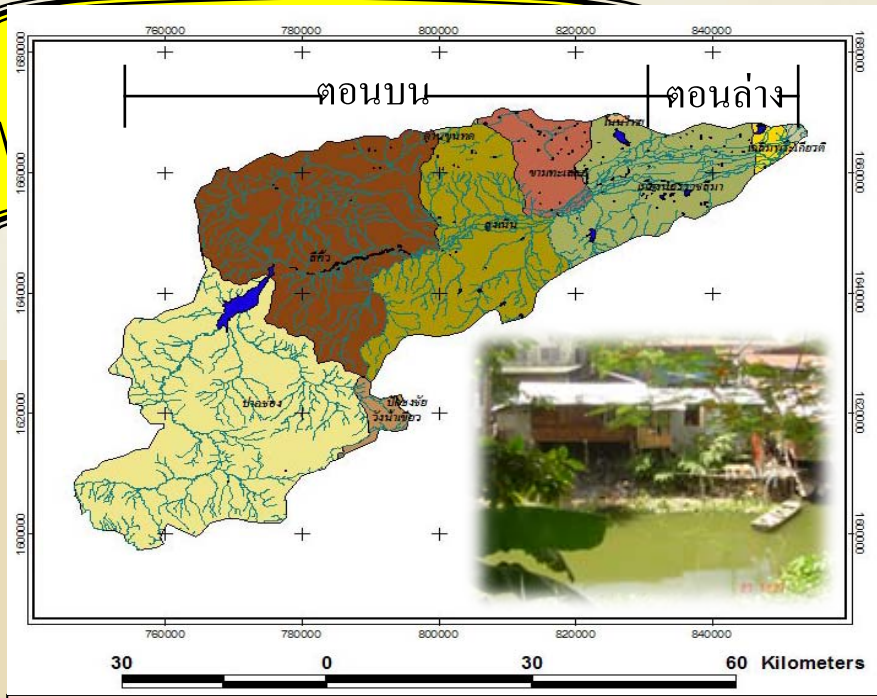
ลำน้ำลำตะคอง เป็นลำน้ำสาขาที่สำคัญสายหนึ่งของแม่น้ำมูล โดยมีต้นน้ำอยู่บริเวณเทือกเขาดงพญาเย็น ในท้องที่อำเภอปากช่อง ไหลผ่านพื้นที่ **อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมืองนครราชสีมา และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ** ในจังหวัดนครราชสีมา (สุทธิพร อนันต์พิพัฒน์กิจ,2542



ที่มาและความสำคัญ (ต่อ)

- จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคอง โดยกรมควบคุมมลพิษ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 เป็นต้นมา
- พบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำ**ลำตะคองตอนล่าง** โดยเฉพาะช่วงที่ผ่านเทศบาลนครนครราชสีมามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากมาโดยตลอด กล่าวคือ ค่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

สถานการณ์คุณภาพ

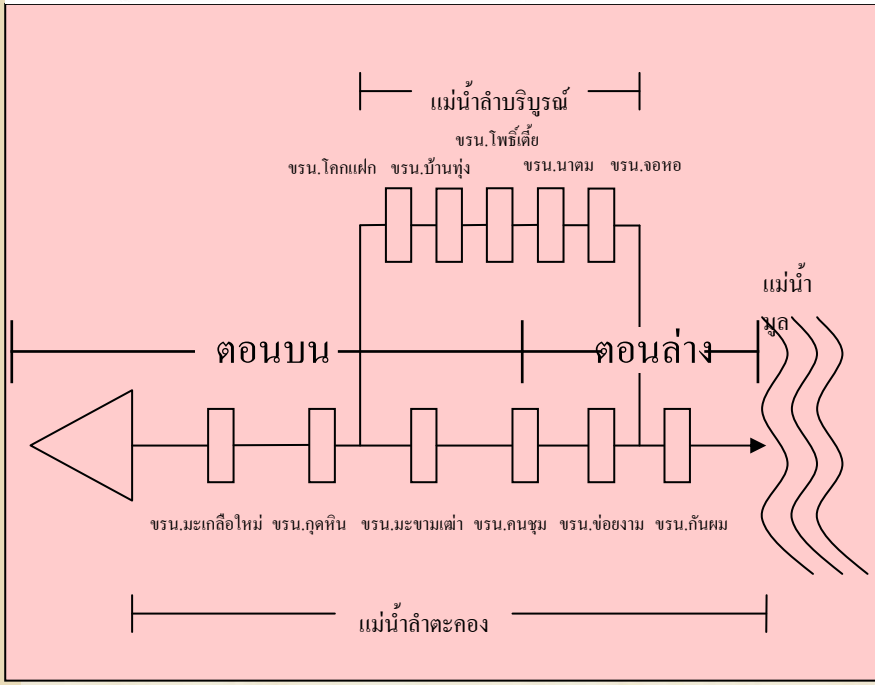


ประกาศกรมควบคุมมลพิษ (พ.ศ.2542)

- ตอนบน ตั้งแต่บริเวณฝายคนชุม บ้านคนชุม ตำบลพรุใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา กิโลเมตรที่ 24 จนถึงลำตะคอง บริเวณบ้านบุกระเฉด ตำบลขนงพระ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา กิโลเมตรที่ 180

- ตอนล่าง ตั้งแต่จุดบรรจบระหว่างลำตะคองกับแม่น้ำมูล บริเวณตำบลพะเนา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา กิโลเมตรที่ 0 จนถึงลำตะคอง บริเวณฝายคนชุม บ้านคนชุม ตำบลพรุใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา กิโลเมตรที่ 24

(กรมควบคุมมลพิษ, 2545)



สถานการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำลำตะคอง (ต่อ)

หน่วยงาน	พ.ศ.	ลำตะคอง	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	ปัญหา
สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	2532-2533	ตอนบน	ประเภทที่ 3 พอใช้	-
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	DO, BOD, TCB,FCB
สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม	2542	ตอนบน	ประเภทที่ 3 พอใช้	-
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	DO, TCB, FCB
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และเทศบาลนครนครราชสีมา	2544	ตอนบน	ประเภทที่ 3 พอใช้	Nutrient
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	DO, BOD, FCB, NH3 –N

สถานการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำลำตะคอง (ต่อ)

หน่วยงาน	พ.ศ.	ลำตะคอง	เกณฑ์คุณภาพน้ำ	ปัญหา
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	2545	ตอนบน	ประเภทที่ 3 พอใช้	-
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	FCB, NH3 –N, BOD
กรมควบคุมมลพิษ	2546	ตอนบน	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	FCB
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 5 เสื่อมโทรมมาก	DO, BOD
กรมควบคุมมลพิษ	2547	ตอนบน	ประเภทที่ 4 เสื่อมโทรม	BOD, FCB
		ตอนล่าง	ประเภทที่ 5 เสื่อมโทรมมาก	DO, BOD, TCB, FCB

ที่มาและความสำคัญ (ต่อ)

- การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินภาระมลพิษทั้งในแม่น้ำและลำน้ำที่ผ่านมานั้น
- ส่วนใหญ่ใช้**<u>วิธีการลองผิดลองถูก (Trial and error)</u>** ในการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ภายในแบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่า optimal ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง (model output) กับการตรวจวัดจริงในภาคสนาม (field measurement) แต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้มีโอกาสได้ค่า local optimal ค่อนข้างสูง ซึ่งวิธีการของพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithms: GA) น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ภายในแบบจำลองคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีโอกาสได้ค่า Global optima ค่อนข้างสูงและทำงานได้เร็วกว่าวิธีการของการลองผิดลองถูก (Gregory et al., 2005)

กรอบแนวคิดการวิจัย

- จากผลการศึกษาของ Gregory et al., (2005) พบว่า การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithms: GA) ในการปรับเทียบสัมประสิทธิ์ภายในแบบจำลอง QUAL2Kw โดยใช้ กระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators) ตามรูปแบบของ Charbonneau and Knapp (2002) ในแม่น้ำ Boulder Creek, USA
- พบว่า GA สามารถใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ได้ดี แต่ใช้เวลาในการปรับเทียบแบบจำลอง ค่อนข้างนานคือ 6 ชั่วโมงสำหรับ Population 100 และ Generation 100 (3.2 GHz Pentium 4 processor)

กรอบแนวคิดการวิจัย (ต่อ)

- **นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะแนวทางในการพัฒนา GA สำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ในอนาคตไว้คือ การหารูปแบบของ GA Operators ที่เหมาะสม เพื่อลดระยะเวลาในขั้นตอนของการปรับเทียบแบบจำลอง**
- ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators) ระหว่าง GA Operators ของ Charbonneau and Knapp (2002) กับ GA Operators ของ Goldberg (1991) and Michalewicz (1992) เพื่อหารูปแบบของกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators) ที่เหมาะสมและลดระยะเวลาในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง และคาดการณ์คุณภาพน้ำในลำน้ำลำตะคอง ดังรูป

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- ข้อมูลอุทกวิทยา
- ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ
  - Point source
  - Non point source
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง QUAL2Kw

คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคอง ได้แก่ T, pH, cond, DO, BOD, NH_3-N, NO_3-N, TP and TCB

การปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ด้วย GA Operators ของ Charbonneau and Knapp

การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ด้วย GA Operators ของ Goldberg and Michalewicz

Sensitivity Analysis

คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคองที่ได้จากการปรับเทียบด้วย GA Operators ของ Charbonneau and Knapp

คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคองที่ได้จากการปรับเทียบด้วย GA Operators ของ Goldberg and Deb และ Michalewicz

ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

No

Yes

ค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำลำตะคอง

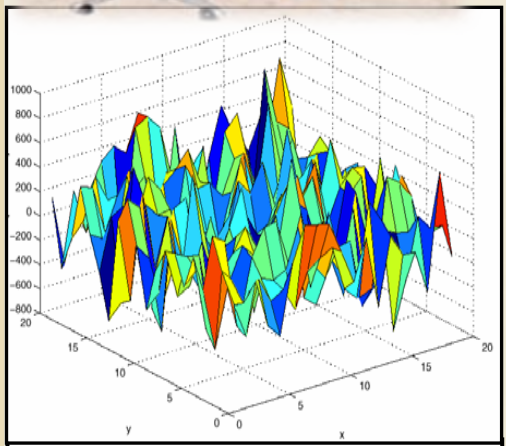
ประเมินภาระมลพิษและคาดการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคอง

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

กรอบแนวคิดการวิจัย

พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ : Genetic Algorithms (GAs)

- เป็นปัญญาประดิษฐ์แขนงหนึ่งที่เลียนแบบทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) ของ Charles Darwin
- ใช้ค้นหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด หรือบางท่านอาจเรียกว่าปัญหาการหาค่าอุตมภาพ (optimisation problem) ของฟังก์ชั่นเป้าหมายใดๆ (objective function) ที่เราต้องการ ซึ่ง function ดังกล่าวอาจเป็นแบบเส้นตรง (linear) และไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) ก็ตาม
- (กัมปนาท ภักดีกุล, 2547)



Charbonneau and Knapp, 2002

การเปรียบเทียบกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators)

GA Operators ของ Charbonneau and Knapp (2002)	GA Operators ของ Goldberg and Deb (1989) และ Michalewicz (1992)
1. ขั้นการคัดเลือก (selection operator) 1.1 full generational replacement 1.2 steady-state-replace-random 1.3 steady-state-replace-worst	1.ขั้นการคัดเลือก (selection operator) 1.1 Proportional Selection 1.2 Rank Selection 1.3 Tournament Selection

QUAL2Kw
WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

การเปรียบเทียบกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators)

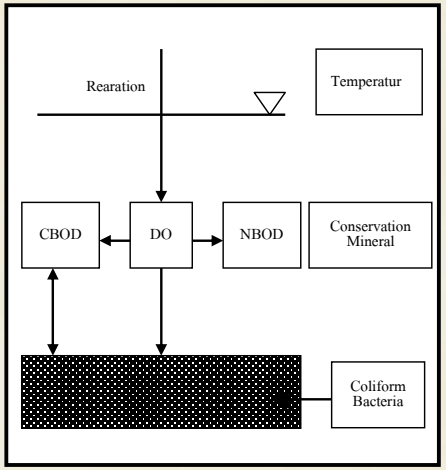
GA Operators ของ Charbonneau and Knapp (2002)	GA Operators ของ Goldberg and Deb (1989) และ Michalewicz (1992)
2. ขั้นการสลับตำแหน่งของจีน (crossover operator) 2.1 one-point crossover 2.2 two-point crossover 2.3 equal probability of either one-point or two-point crossover 2.4 uniform crossover 2.5 equal probability of either one-point, two-point, or uniform 2.6 arithmetic crossover 2.7 equal probability of either one-point, two-point, uniform, or arithmetic	2. ขั้นการสลับตำแหน่งของจีน (crossover operator) 2.1 one-point crossover 2.2 two-point crossover 2.3 uniform crossover

การเปรียบเทียบกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators)

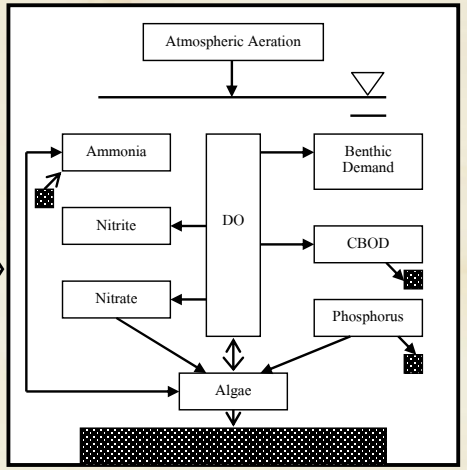
GA Operators ของ Charbonneau and Knapp (2002)	GA Operators ของ Goldberg and Deb (1989) และ Michalewicz (1992)
3. ขั้นดัดแปลงจีน (Mutation Operator) 3.1 one-point mutation, fixed rate 3.2 one-point, adjustable rate based on fitness 3.3 one-point, adjustable rate based on distance 3.4 one-point or creep, fixed rate 3.5 one-point or creep, adjustable rate based on fitness 3.6 one-point or creep, adjustable rate based on distance	3. ขั้นดัดแปลงจีน (Mutation Operator) 3.1 conventional mutation 3.2 uniform mutation 3.3 modified uniform mutation 3.4 non-uniform mutation

ความเป็นมาของแบบจำลอง QUAL

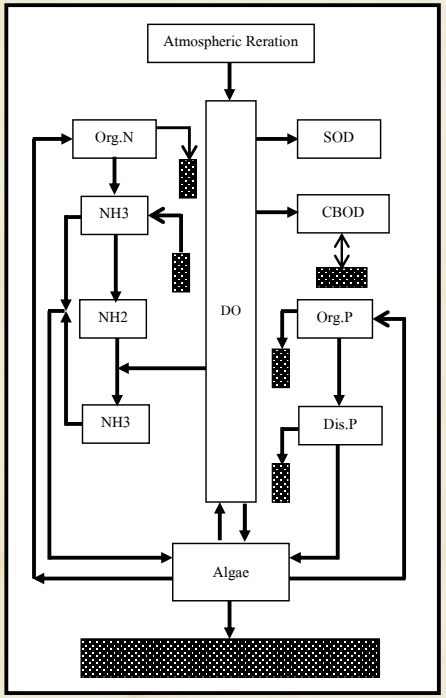
- **QUAL I (1970)** พัฒนาโดย Texas Water development Board
- **QUAL II (1975)** พัฒนาโดย Water Resource Engineer, Inc. (WRE) ภายใต้ข้อตกลงกับ US EPA และThe Southeast Michigan Council of Government (SEMCOG)
- **QUAL2E (1985)** พัฒนาโดย SEMCOG
- **QUAL2K (2000)** พัฒนาโดย Chapra, S.C. and Pelletier, G.J.
- **QUAL2Kw (2005)** พัฒนาโดย Gregory J. Pelletier, Steven C. Chapra, Hua Tao (Washington State Department of Ecology)



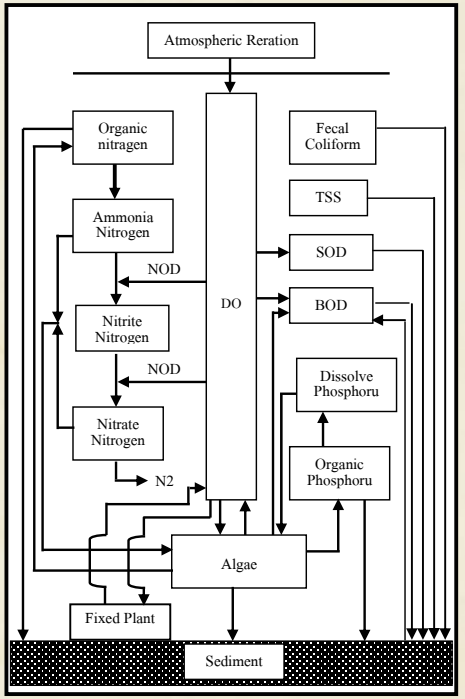
QUAL I Model (1970)



QUAL II Model (1973)



QUAL2E Model (1985)



QUAL2K Model (2000)

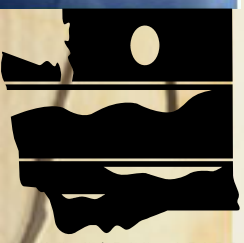
(Seok and Yong, 2002)

แบบจำลอง QUAL2Kw

- พัฒนาขึ้นโดย Gregory J. Pelletier, Steven C. Chapra, Hua Tao (Washington State Department of Ecology)ในปี ค.ศ.2005
- ซึ่งพัฒนาขึ้นต่อมาจากแบบจำลอง QUAL2K ของสถาบัน USEPA มีหลักการทำงานเหมือนกับ QUAL2K คือ ทำงานในระบบปฏิบัติการวินโดว์ โดยโปรแกรมสร้างจาก Visual Basic for Application (VBA) โดยใช้งานผ่านโปรแกรม Microsoft Excel
- สำหรับสิ่งที่เพิ่มเข้ามาใน QUAL2Kw นั้นคือ การนำ Genetic Algorithms มาใช้ในการ calibrate แบบจำลอง ซึ่งโปรแกรมสร้างจาก Fortran 95

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำของลำน้ำลำตะคอง โดยพารามิเตอร์ด้านกายภาพได้แก่ Temperature พารามิเตอร์ด้านเคมี ได้แก่ pH, Conductivity (cond.), Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Ammonia-Nitrogen (NH_3-N), Nitrate-Nitrogen (NO_3-N), Total phosphorus (TP) และพารามิเตอร์ด้านชีวภาพ ได้แก่ Total coliform bacteria (TCB) โดยใช้แบบจำลอง QUAL2Kw
2. เพื่อศึกษาปริมาณมลพิษที่มาจากลุ่มน้ำลำตะคองจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภททราบแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (point source) และไม่ทราบแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (non-point source)
3. เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators) ระหว่าง GA Operators ของ Charbonneau and Knapp กับ GA Operators ของ Goldberg and Michalewicz ในการปรับเทียบ (Calibration) สัมประสิทธิ์ภายในแบบจำลอง QUAL2Kw เพื่อประเมินภาระมลพิษในลำน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา รวมทั้งคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw กับแหล่งน้ำอื่นๆ
2. ทราบปริมาณมลพิษของแต่ละแหล่งกำเนิด ที่ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคอง เสื่อมโทรมลง
3. ทราบถึงแนวโน้มของคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการคุณภาพน้ำโดยใช้แบบจำลอง

A water quality modeling study of the nakdong River, Korea

- ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่าง QUAL2E และ QUAL2K ที่พัฒนาขึ้นโดย USEPA
- เพื่อที่จะนำไปแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำและสามารถประยุกต์ใช้กับแม่น้ำ Nakdong ในประเทศเกาหลี
- โดยพิจารณาพารามิเตอร์ ดังนี้ DO, BOD, N และ P series และ Chlorophyll-a
- การประเมินผลเป็นไปด้วยดีทั้ง QUAL2E และ QUAL2K ซึ่ง QUAL2K ให้ผลการศึกษาที่ดีว่าโดยเฉพาะค่า Algal death to BOD, Fixed plant DO และ denitrification
- **(Seok and Yong, 2002)**

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

Modeling and Assessment of Water Quality in The Kelani River, Srilanka.

- ได้ใช้แบบจำลอง QUAL2K ของ USEPA ในการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำ Kelani ประเทศศรีลังกา ทำการประเมินทั้ง point source และ non point source
- โดยพิจารณาพารามิเตอร์ ดังนี้ pH, conductivity, Turbidity, Temp, DO, BOD, COD, Chloride, Nitrate as N, Phosphate as P และ Total Coliform
- ผลการศึกษาพบว่าในช่วง Low Flow ผลการคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ค่า DO อยู่ที่ 4.2 % และ 5.2% ในเดือนกุมภาพันธ์ และมกราคม ปีค.ศ.2003 ตามลำดับ การคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ค่า BOD อยู่ที่ 17 %
- ส่วนในช่วง High Flow ผลการคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ค่า DO อยู่ที่ 2 % และ 5.5% ในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม ปีค.ศ.2003 ตามลำดับ ส่วนการคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ค่า BOD อยู่ที่ 15 %
- สำหรับค่าพารามิเตอร์นอกจากนี้แบบจำลองสามารถคาดการณ์ได้ดี
- **(Chaminda, G.G.T., 2005)**

การจัดการคุณภาพน้ำโดยใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์

(Genetic Algorithm)

QUAL2Kw

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

Selection of genetic algorithm operators for river water quality model calibration

- ได้ประยุกต์ใช้ Genetic Algorithm ในการ calibration แบบจำลองสำหรับประเมินคุณภาพน้ำ
- ซึ่งการ calibration ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง และประสิทธิภาพของการใช้ Genetic Algorithm ในการประเมินคุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับ
  - การเลือก GA operator
  - การคัดเลือกตัวแปร
  - การตั้งสมมติฐาน และ
  - sensitivity ที่เหมาะสม
- ซึ่งจะส่งผลต่อ output ที่ได้จากการประมวลผลด้วย Genetic Algorithm
- (Ng, A.W.M. and Perera, B.J.C., 2003)

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

A framework for modeling water quality in streams and river using a genetic algorithm for calibration

ประยุกต์ใช้กระบวนการคัดเลือกพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators) ตามรูปแบบของ Charbonneau and Knapp ในการปรับเทียบสัมประสิทธิ์ภายในแบบจำลอง QUAL2Kw เพื่อทำนายคุณภาพน้ำของแม่น้ำ Boulder Creek, USA.

พบว่ารูปแบบของ GA Operators ที่เหมาะสมที่สุดใน

- ขั้นตอนการคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)ใช้วิธีกลยุทธ์การคัดเลือกหัวกระทิ (elitist strategy) รวมกับ Full generational replacement
- ขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ (crossover) ใช้วิธี equal probability of either one-point, two-point, or uniform,
- ขั้นตอนการกลายพันธุ์ (mutation) ใช้วิธี one-point mutation, fixed rate และ
- population size, Generation เท่ากับ 100 ซึ่งใช้เวลาในการคำนวณ 6 ชั่วโมง (3.2 GHz Pentium 4 processor)
- นอกจากนี้ยังได้เสนอแนวทางในการพัฒนา GA สำหรับการ Calibration แบบจำลองคุณภาพน้ำในอนาคต คือหา GA Operators ที่เหมาะสมเพื่อลดเวลาของการ Calibration

(Gregory et al., 2005)

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

การดำเนินการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU 3.0 GHz Pentium 4 processor
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ QUAL2Kw version 5.1
3. โปรแกรม Microsoft Excel (Visual Basic for Application [VBA])
4. โปรแกรม Arcview GIS 3.3a

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การรวบรวมข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง QUAL2Kw

การปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ด้วย GA Operators ของ Charbonneau and Knapp

การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw ด้วย GA Operators ของ Goldberg and Michalewicz

Sensitivity Analysis

คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคองที่ได้จากการปรับเทียบ ด้วย GA Operators ของ Charbonneau and Knapp

คุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคองที่ได้จากการปรับเทียบด้วย GA Operators ของ Goldberg and Michalewicz

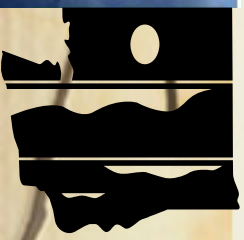
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

NO

Yes

ประเมินภาระมลพิษและคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา



ประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

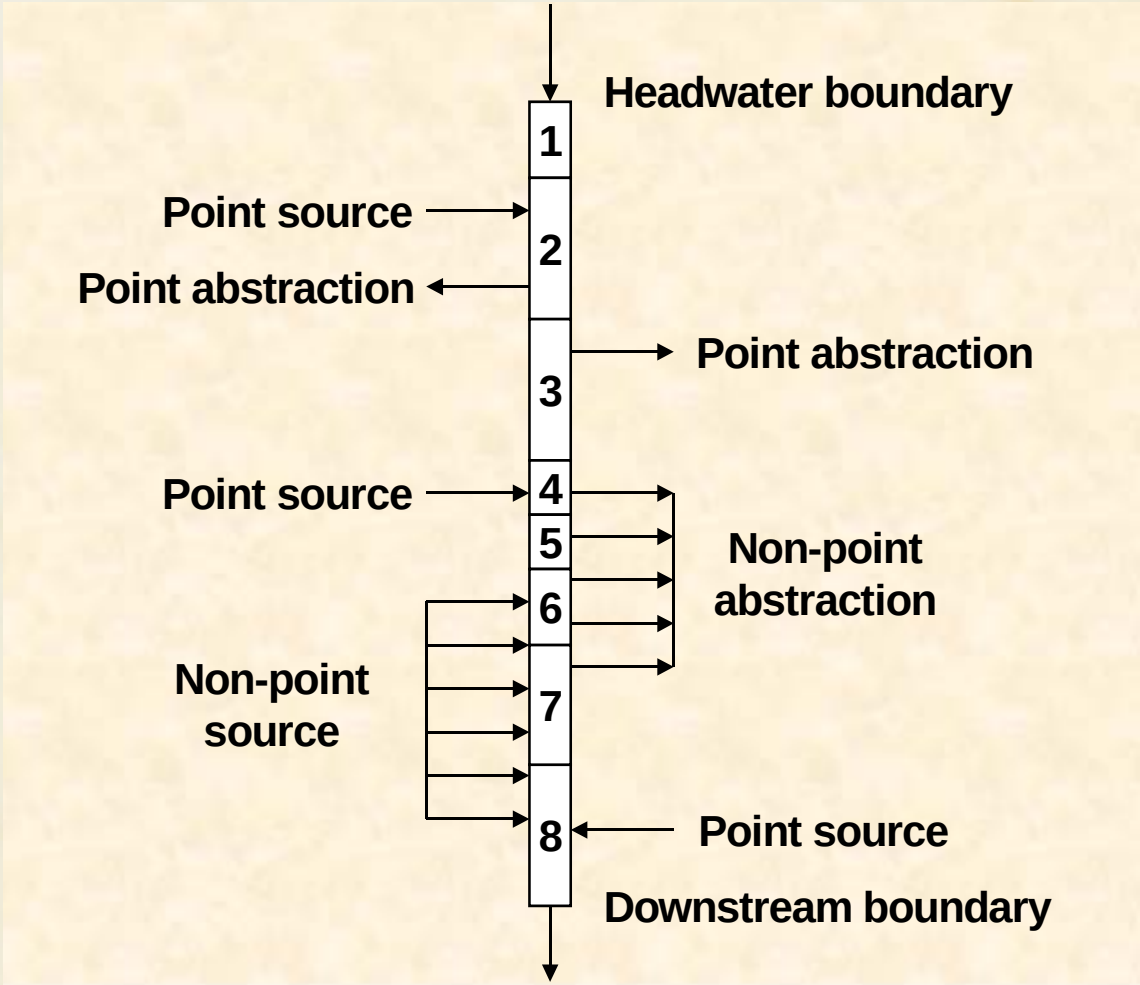
ประเภท	รายละเอียด	ที่มา
- ข้อมูลอุทกวิทยา	อัตราการไหลของน้ำ (Discharge) ความเร็วกระแสน้ำ (velocity) และระดับน้ำ (Water Level) เฉลี่ยรายเดือน กรมชลประทานและสำนักชลประทานที่ 8 นครราชสีมา	อัตราการไหลของน้ำ (Discharge) ความเร็วกระแสน้ำ (velocity) และระดับน้ำ (Water Level) เฉลี่ยรายเดือนกรมชลประทานและสำนักชลประทานที่ 8 นครราชสีมา
-ข้อมูลคุณภาพน้ำ	Water Temp, pH, DO, BOD, NO_3-N, NH_3-N, TP, TCB, Conductivity	กรมควบคุมมลพิษและเทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

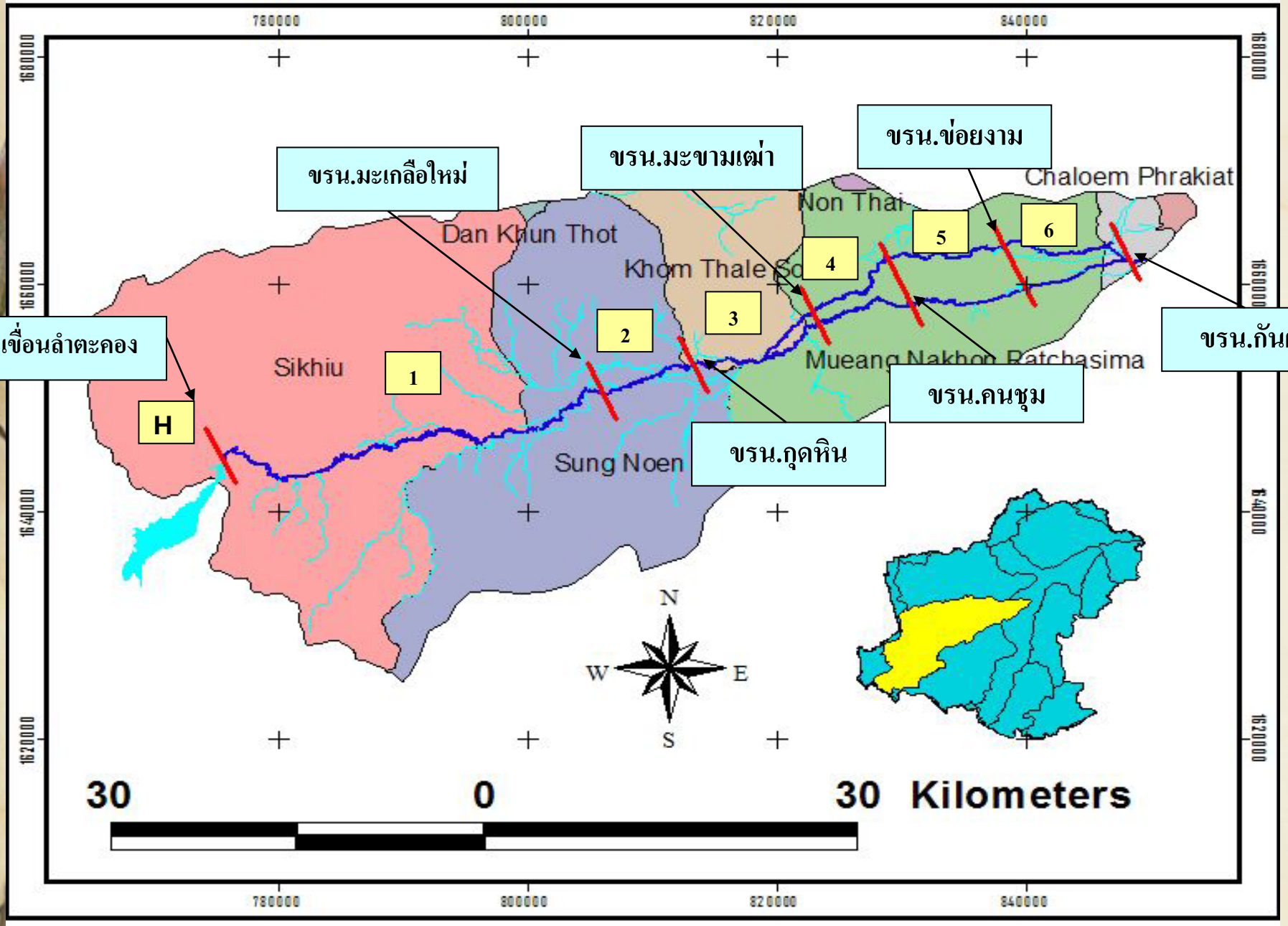
ประเภท	รายละเอียด	ที่มา
-ข้อมูลแหล่งกำเนิดของเสียทั้งปริมาณการใช้น้ำและปริมาณมลพิษ	- Point Source ได้แก่ มลพิษที่เกิดจากแหล่งชุมชนและ โรงงานอุตสาหกรรม - Non Point Source ได้แก่ มลพิษที่เกิดจาก Runoff และ Discharge	หน่วยงานในจังหวัดนครราชสีมา และฐานข้อมูล GIS จังหวัดนครราชสีมา ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	Air Temperature, Dew point temperature, Wind speed, Cloud cover และ Shade and Rainfall	กรมอุตุนิยมวิทยา

วิธีและขั้นตอนในการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลอง QUAL2Kw

1. แบ่ง Reach ของแม่น้ำ โดยการแบ่งลำน้ำออกเป็นช่วงระยะทาง (Reach) ซึ่งเป็นช่วงของลำน้ำที่มีลักษณะของ hydraulic characteristics แบบเดียวกัน



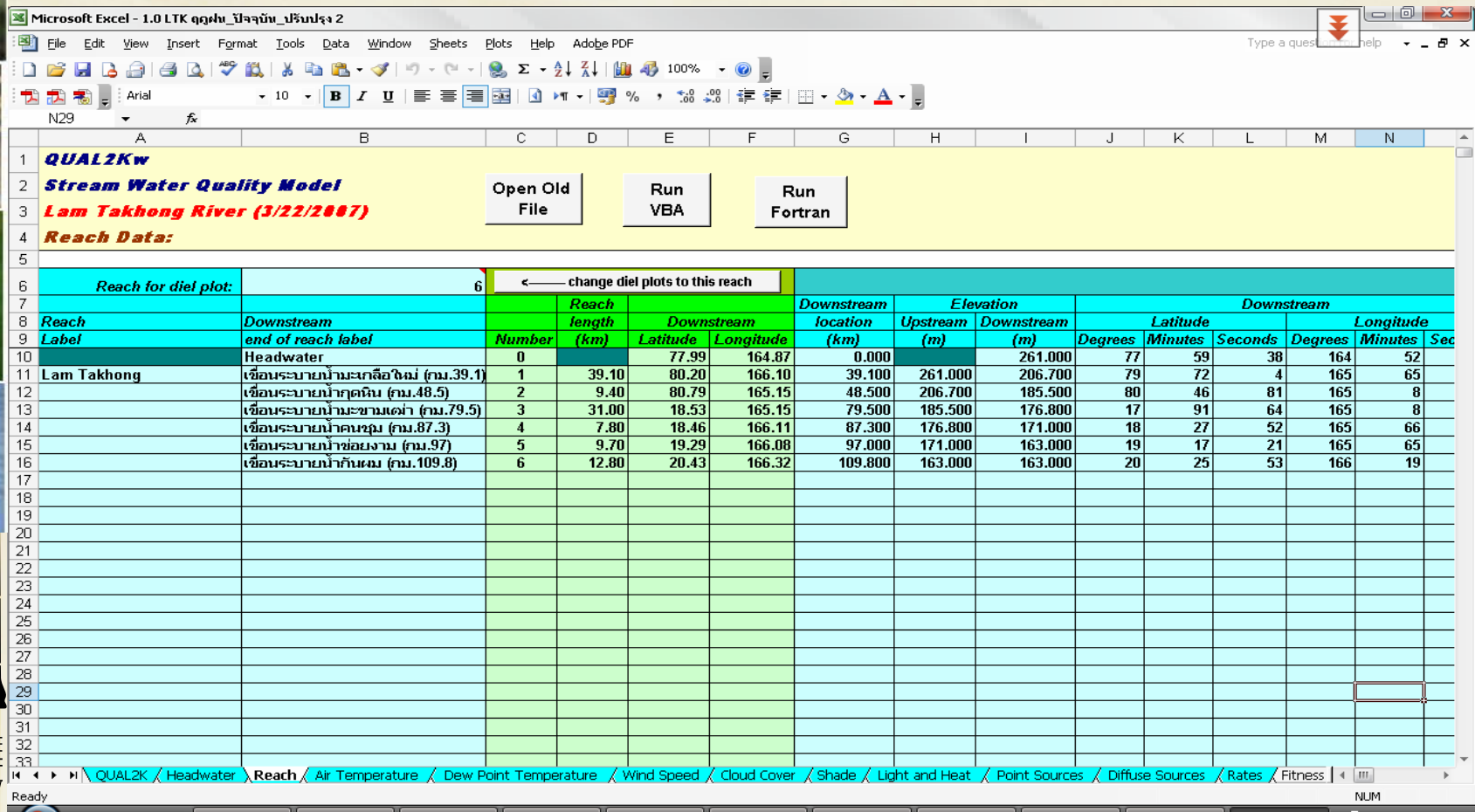
QUAL2Kw segmentation scheme



การแบ่ง Reach ของแม่น้ำลำตะคอง

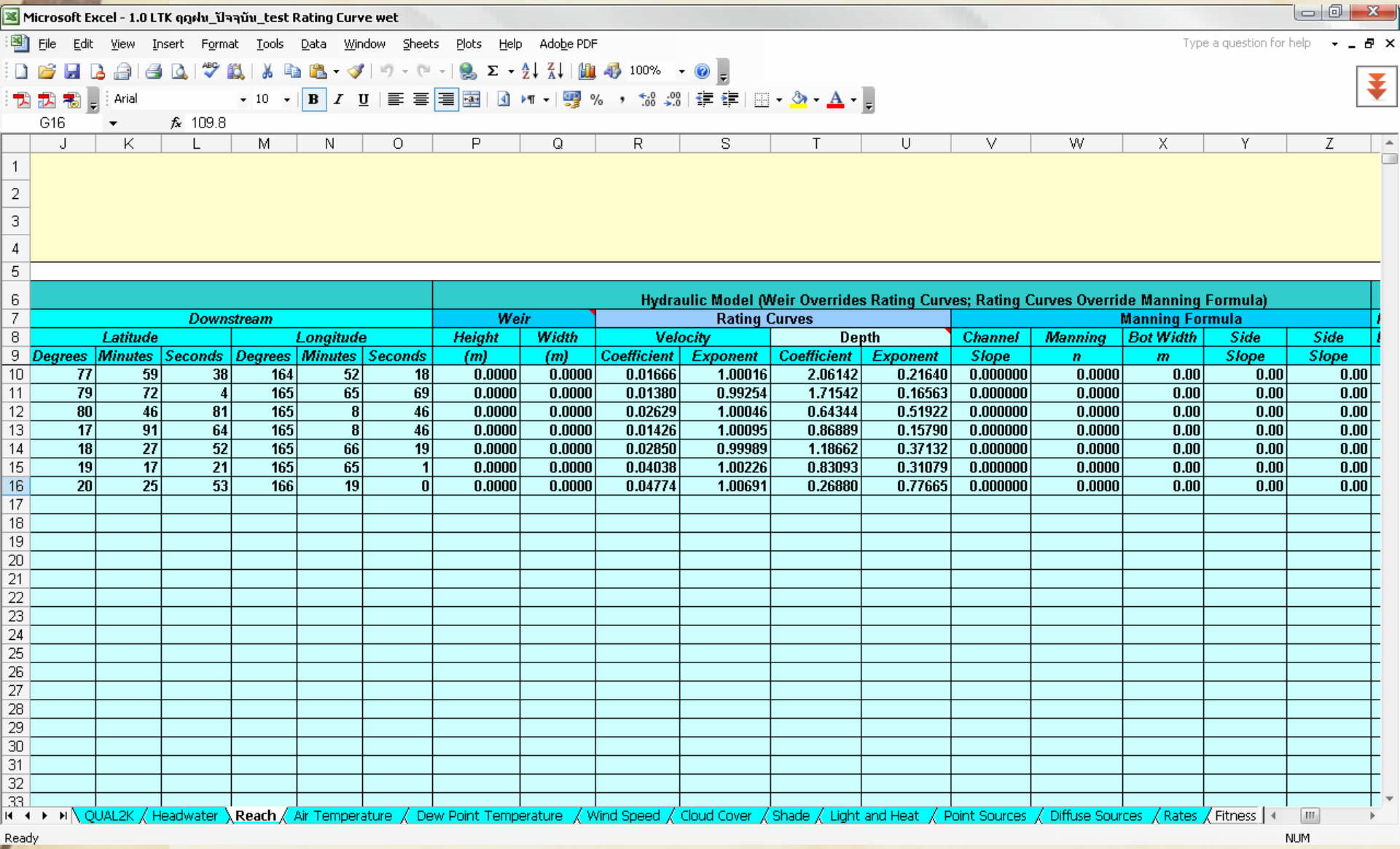
2.1) ข้อมูลอุทกวิทยา

- Reach specific data
  - Elevation
  - Latitude/Longitude



WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

ลักษณะทางชลศาสตร์



Microsoft Excel - 1.0 LTK ดูดฟน_ปิจจุบัน_test Rating Curve wet

File Edit View Insert Format Tools Data Window Sheets Plots Help Adobe PDF

Arial 10 B I U

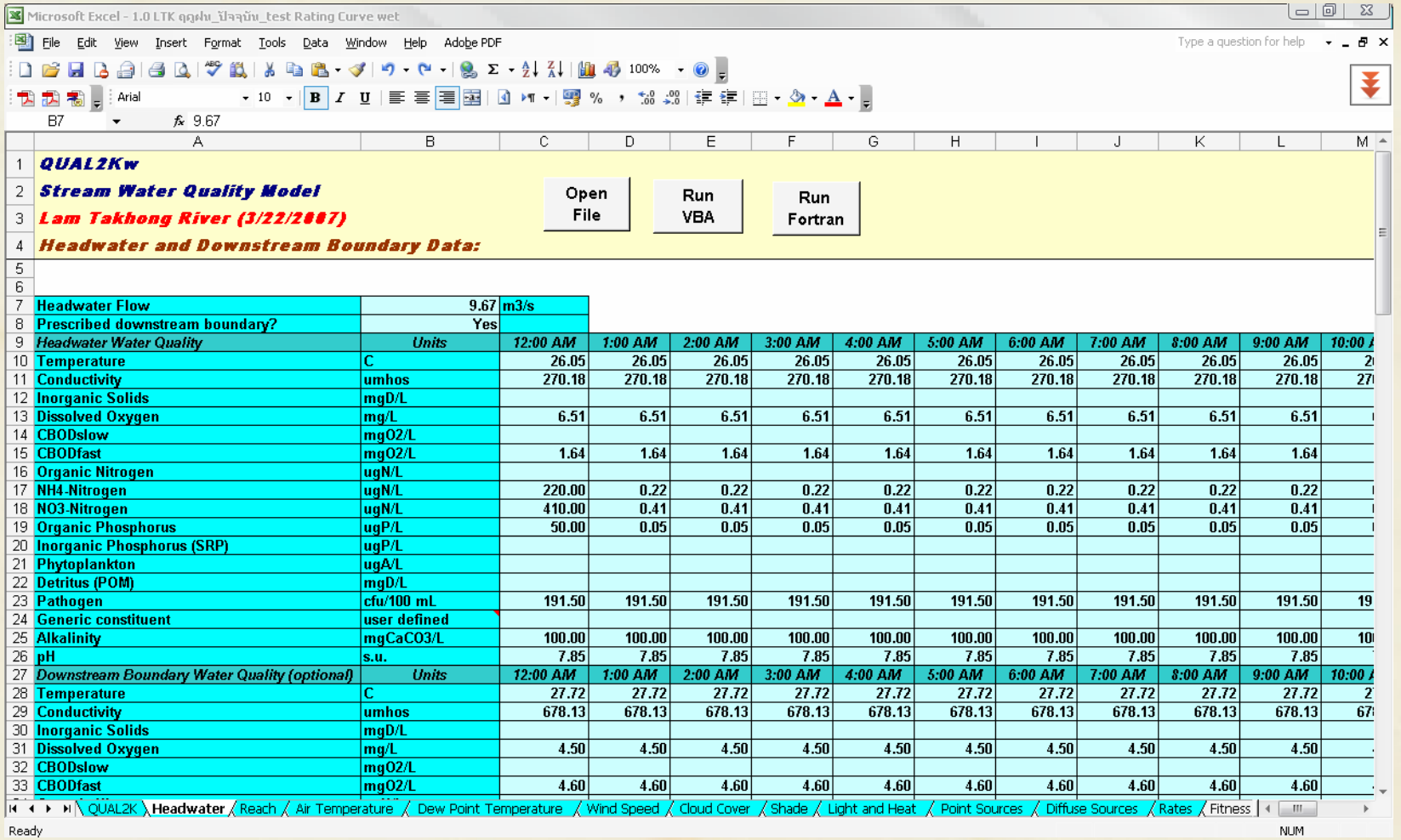
G16 fx 109.8

	Downstream						Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)										
							Weir		Rating Curves				Manning Formula				
	Latitude			Longitude			Height	Width	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(m)	(m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
10	77	59	38	164	52	18	0.0000	0.0000	0.01666	1.00016	2.06142	0.21640	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
11	79	72	4	165	65	69	0.0000	0.0000	0.01380	0.99254	1.71542	0.16563	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
12	80	46	81	165	8	46	0.0000	0.0000	0.02629	1.00046	0.64344	0.51922	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
13	17	91	64	165	8	46	0.0000	0.0000	0.01426	1.00095	0.86889	0.15790	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
14	18	27	52	165	66	19	0.0000	0.0000	0.02850	0.99989	1.18662	0.37132	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
15	19	17	21	165	65	1	0.0000	0.0000	0.04038	1.00226	0.83093	0.31079	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00
16	20	25	53	166	19	0	0.0000	0.0000	0.04774	1.00691	0.26880	0.77665	0.000000	0.0000	0.00	0.00	0.00

QUAL2K | Headwater | Reach | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Light and Heat | Point Sources | Diffuse Sources | Rates | Fitness

Ready NUM

2.3) ข้อมูลคุณภาพน้ำสถานีต้นน้ำและท้ายน้ำ



WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

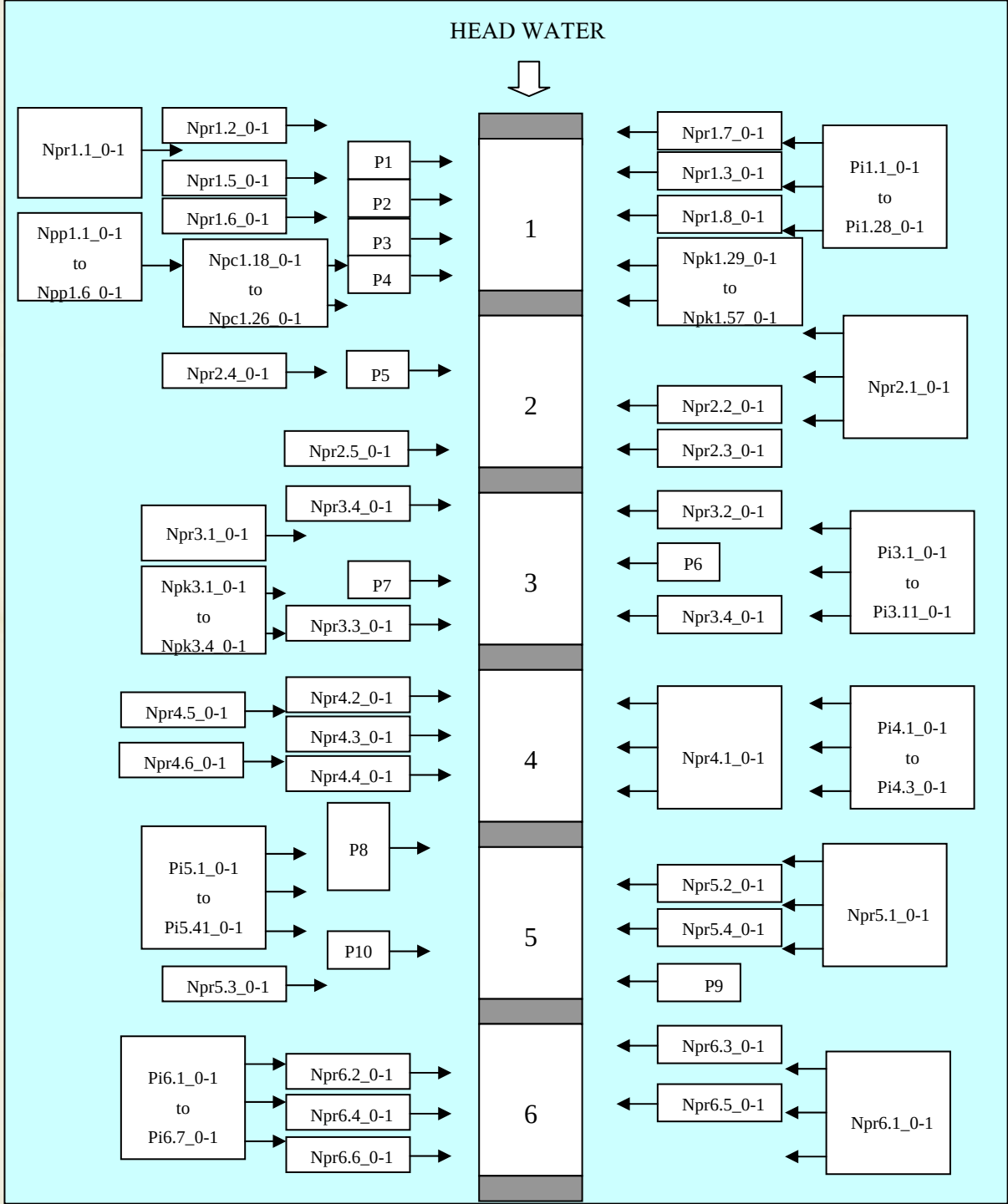
2.4) ข้อมูลแหล่งกำเนิดของเสียทั้งปริมาณการใช้น้ำและปริมาณมลพิษ

(กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

-Buffer Zone

0 – 1 กิโลเมตร

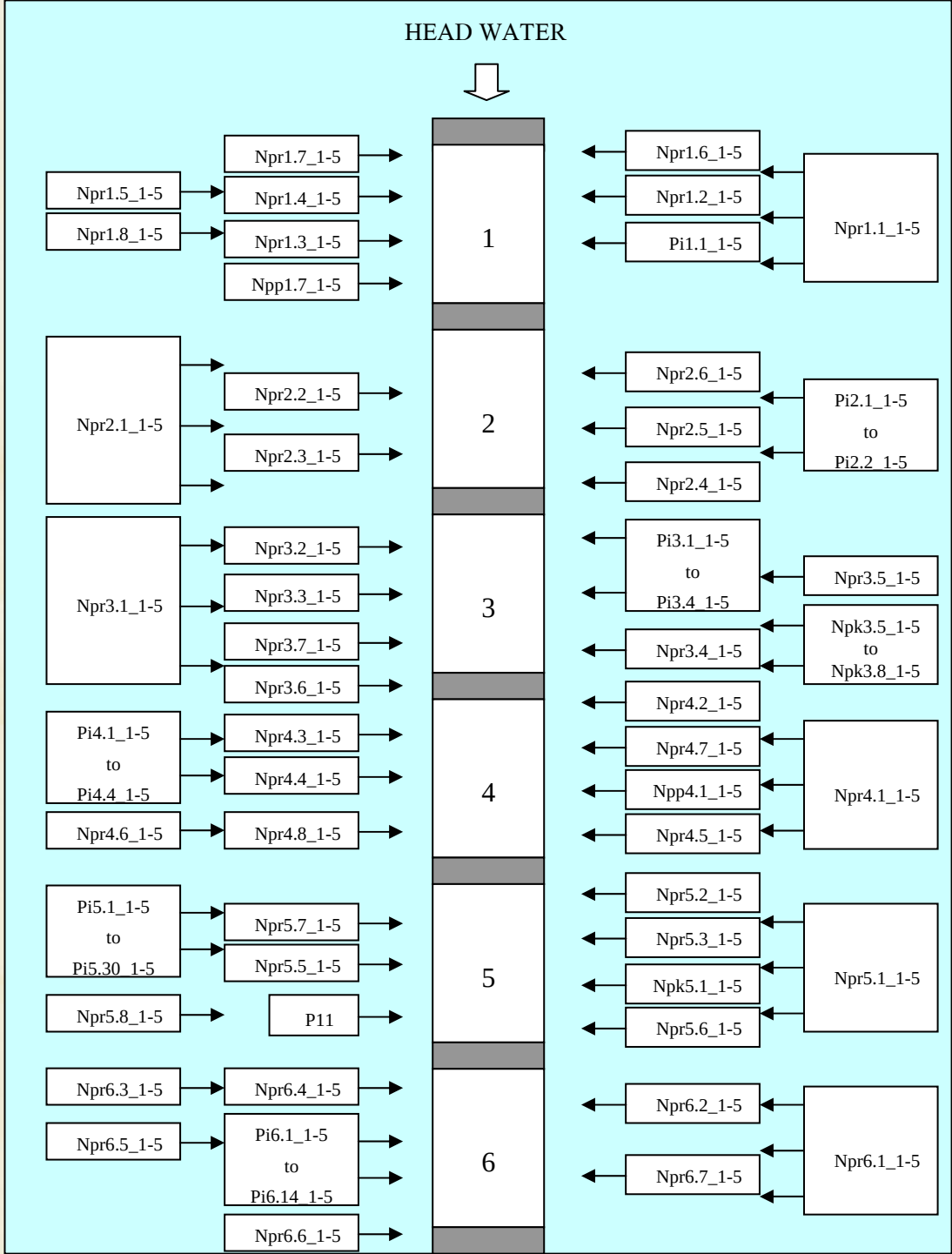
- 90 % ของค่าภาระมลพิษที่เกิดขึ้นจริงในลุ่มน้ำทั้งหมดและอีก 10 % ระบายลงสู่พื้นดิน



-Buffer Zone

1–5 กิโลเมตร

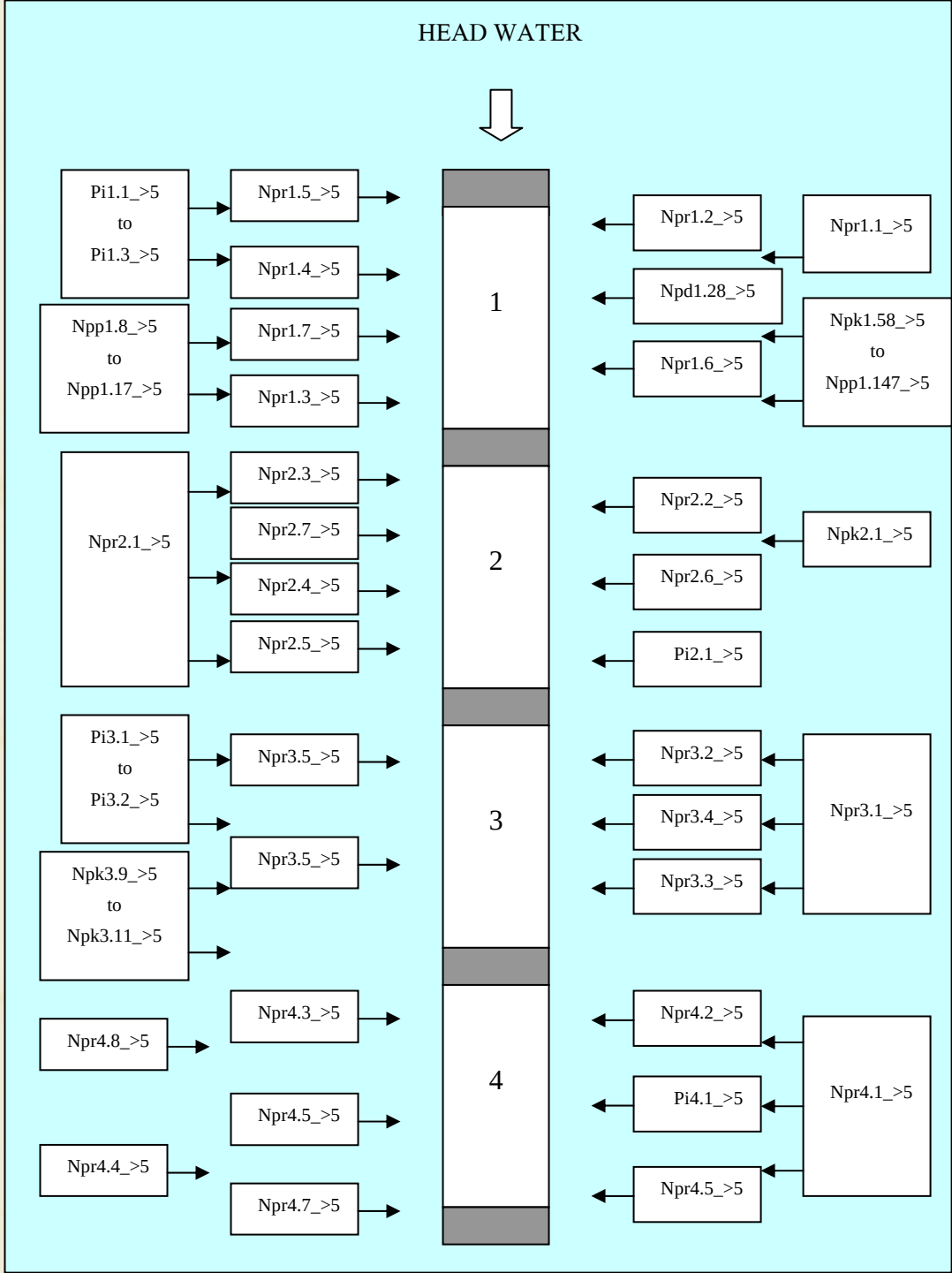
-20 % ของค่าภาระมลพิษที่เกิดขึ้นจริงในลุ่มน้ำทั้งหมดและอีก 80 % ระบายลงสู่พื้นดิน



- Buffer Zone มากกว่า 5 กิโลเมตร

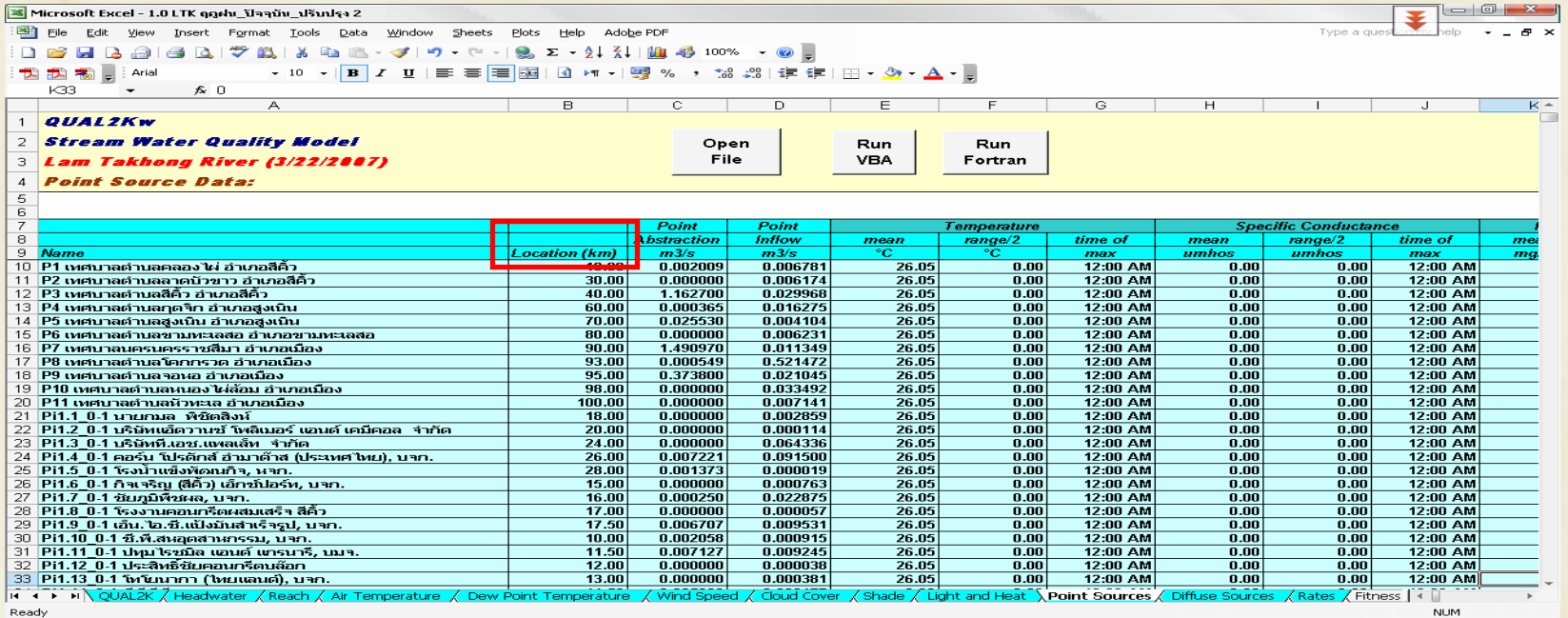
- 10 % ของค่าภาระมลพิษที่เกิดขึ้นจริงในลุ่มน้ำทั้งหมดและอีก 90 % ระบายลงสู่พื้นดิน

(วราภรณ์ ทนงศักดิ์, 2547)



QUAL2Kw Inputs,cont.

- Point Sources Pollution
  - Location
  - Waste Flow
  - Temperature characteristics



Microsoft Excel - 1.0 LTK คุณฝน_ปัจจุบัน_ปรับปรุง 2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Sheets Plots Help Adobe PDF

K33

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Lam Takhong River (3/22/2007)
Point Source Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

		Point	Point	Temperature			Specific Conductance			
		Abstraction	Inflow	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	me
Name	Location (km)	m3/s	m3/s	°C	°C	max	umhos	umhos	max	mg
P1 เทศบาลตำบลคลอง ไผ่ อำเภอสีคิ้ว	10.00	0.002009	0.006781	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P2 เทศบาลตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว	30.00	0.000000	0.006174	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P3 เทศบาลตำบลสีคิ้ว อำเภอสีคิ้ว	40.00	1.162700	0.029968	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P4 เทศบาลตำบลกุดจิก อำเภอสูงเนิน	60.00	0.000365	0.016275	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P5 เทศบาลตำบลสูงเนิน อำเภอสูงเนิน	70.00	0.025530	0.004104	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P6 เทศบาลตำบลขามทะเลสอ อำเภอขามทะเลสอ	80.00	0.000000	0.006231	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P7 เทศบาลนครนครราชสีมา อำเภอเมือง	90.00	1.490970	0.011349	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P8 เทศบาลตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง	93.00	0.000549	0.521472	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P9 เทศบาลตำบลจอหอ อำเภอเมือง	95.00	0.373800	0.021045	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P10 เทศบาลตำบลหนองไผ่ล้อม อำเภอเมือง	98.00	0.000000	0.033492	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
P11 เทศบาลตำบลหัวทะเล อำเภอเมือง	100.00	0.000000	0.007141	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.1_0-1 นายกมล พิชัยสิงห์	18.00	0.000000	0.002859	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.2_0-1 บริษัทเอ็ดวานซ์ โพลิเมอร์ แฮนด์ เคมีคอล จำกัด	20.00	0.000000	0.000114	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.3_0-1 บริษัทที.เอช.แพลเล็ท จำกัด	24.00	0.000000	0.064336	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.4_0-1 คอร์น โปรดักส์ อำมาตีส (ประเทศไทย), บจก.	26.00	0.007221	0.091500	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.5_0-1 โรงน้ำแข็งพัดนก้จ, บจก.	28.00	0.001373	0.000019	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.6_0-1 กิจเจริญ (สีคิ้ว) เอ็กซ์พอร์ท, บจก.	15.00	0.000000	0.000763	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.7_0-1 ชัยภูมิพืชผล, บจก.	16.00	0.000250	0.022875	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.8_0-1 โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ สีคิ้ว	17.00	0.000000	0.000057	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.9_0-1 เอ็น.ไอ.ซี.แป้งมันสำเร็จรูป, บจก.	17.50	0.006707	0.009531	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.10_0-1 ซี.พี.สหอุตสาหกรรม, บจก.	10.00	0.002058	0.000915	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.11_0-1 ปทุมไรซมิล แฮนด์ แพรนารี, บมจ.	11.50	0.007127	0.009245	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.12_0-1 ประสิทธิ์ชัยคอนกรีตบล็อก	12.00	0.000000	0.000038	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	
Pi1.13_0-1 โกวิทนากา (ไทยแลนด์), บจก.	13.00	0.000000	0.000381	26.05	0.00	12:00 AM	0.00	0.00	12:00 AM	

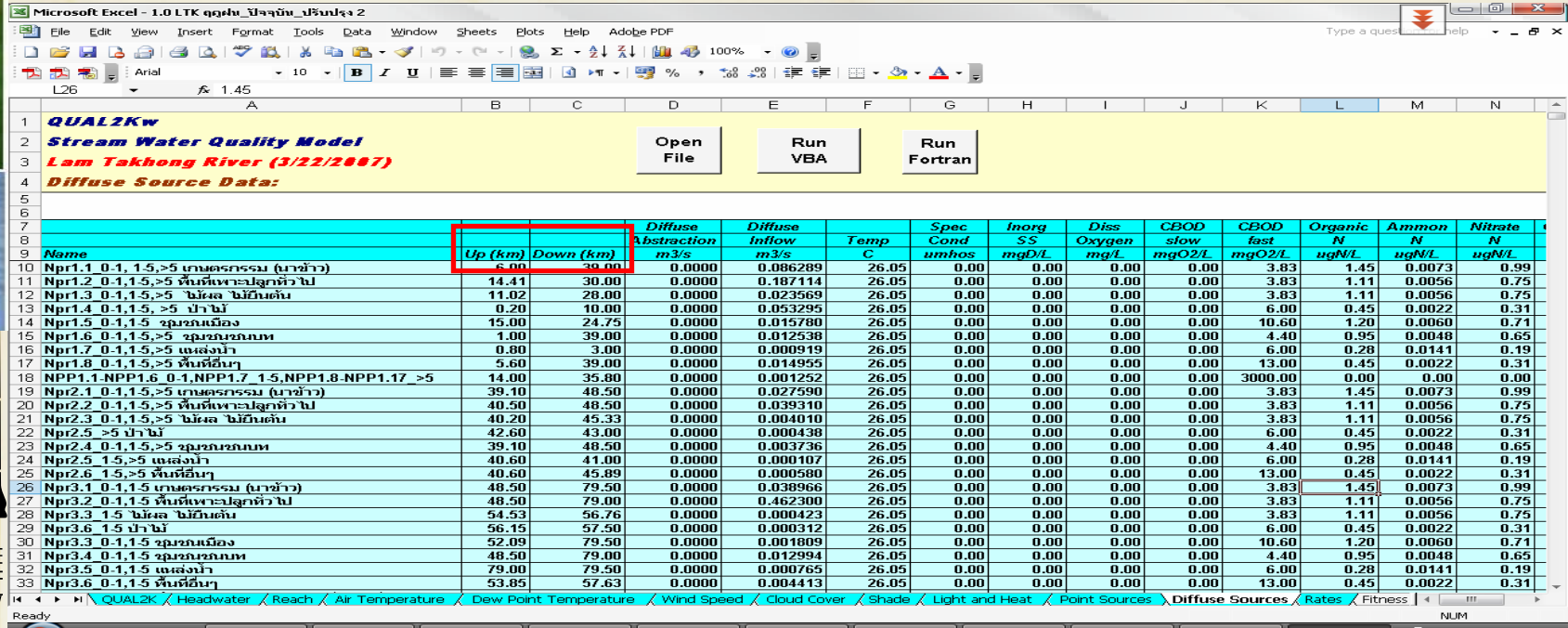
QUAL2K | Headwater | Reach | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Light and Heat | Point Sources | Diffuse Sources | Rates | Fitness

Ready NUM

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

QUAL2Kw Inputs,cont.

- Diffuse Sources (Non-point)
  - Location (upstream to downstream)
  - Waste Flow
  - Temperature characteristics



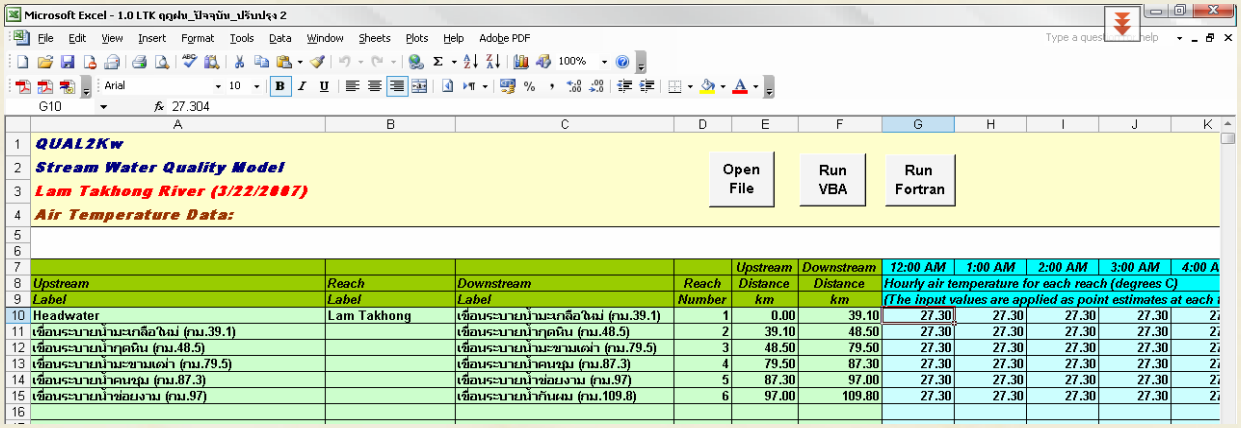
Name	Up (km)	Down (km)	Diffuse Abstraction m3/s	Diffuse Inflow m3/s	Temp C	Spec Cond umhos	Inorg SS mgD/L	Diss Oxygen mg/L	CBOD slow mgO2/L	CBOD fast mgO2/L	Organic N ugN/L	Ammon N ugN/L	Nitrate N ugN/L
Npr1.1 0-1, 1-5,>5 เกษตรกรรม (นาข้าว)	6.00	39.00	0.0000	0.086289	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.45	0.0073	0.99
Npr1.2 0-1,1-5,>5 พื้นที่เพาะปลูกทั่วไป	14.41	30.00	0.0000	0.187114	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr1.3 0-1,1-5,>5 ไม้ผล ไม้ยืนต้น	11.02	28.00	0.0000	0.023569	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr1.4 0-1,1-5, >5 ป่าไม้	0.20	10.00	0.0000	0.053295	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.45	0.0022	0.31
Npr1.5 0-1,1-5 ชุมชนเมือง	15.00	24.75	0.0000	0.015780	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	1.20	0.0060	0.71
Npr1.6 0-1,1-5,>5 ชุมชนชนบท	1.00	39.00	0.0000	0.012538	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.95	0.0048	0.65
Npr1.7 0-1,1-5,>5 แหล่งน้ำ	0.80	3.00	0.0000	0.000919	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.28	0.0141	0.19
Npr1.8 0-1,1-5,>5 พื้นที่อื่นๆ	5.60	39.00	0.0000	0.014955	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.45	0.0022	0.31
NPP1.1-NPP1.6 0-1,NPP1.7 1-5,NPP1.8-NPP1.17 >5	14.00	35.80	0.0000	0.001252	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3000.00	0.00	0.00	0.00
Npr2.1 0-1,1-5,>5 เกษตรกรรม (นาข้าว)	39.10	48.50	0.0000	0.027590	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.45	0.0073	0.99
Npr2.2 0-1,1-5,>5 พื้นที่เพาะปลูกทั่วไป	40.50	48.50	0.0000	0.039310	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr2.3 0-1,1-5,>5 ไม้ผล ไม้ยืนต้น	40.20	45.33	0.0000	0.004010	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr2.5 >5 ป่าไม้	42.60	43.00	0.0000	0.000438	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.45	0.0022	0.31
Npr2.4 0-1,1-5,>5 ชุมชนชนบท	39.10	48.50	0.0000	0.003736	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.95	0.0048	0.65
Npr2.5 1-5,>5 แหล่งน้ำ	40.60	41.00	0.0000	0.000107	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.28	0.0141	0.19
Npr2.6 1-5,>5 พื้นที่อื่นๆ	40.60	45.89	0.0000	0.000580	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.45	0.0022	0.31
Npr3.1 0-1,1-5 เกษตรกรรม (นาข้าว)	48.50	79.50	0.0000	0.038966	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.45	0.0073	0.99
Npr3.2 0-1,1-5 พื้นที่เพาะปลูกทั่วไป	48.50	79.00	0.0000	0.462300	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr3.3 1-5 ไม้ผล ไม้ยืนต้น	54.53	56.76	0.0000	0.000423	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	1.11	0.0056	0.75
Npr3.6 1-5 ป่าไม้	56.15	57.50	0.0000	0.000312	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.45	0.0022	0.31
Npr3.3 0-1,1-5 ชุมชนเมือง	52.09	79.50	0.0000	0.001809	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	1.20	0.0060	0.71
Npr3.4 0-1,1-5 ชุมชนชนบท	48.50	79.00	0.0000	0.012994	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	0.95	0.0048	0.65
Npr3.5 0-1,1-5 แหล่งน้ำ	79.00	79.50	0.0000	0.000765	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.28	0.0141	0.19
Npr3.6 0-1,1-5 พื้นที่อื่นๆ	53.85	57.63	0.0000	0.004413	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.45	0.0022	0.31

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

2.5) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

- Climate Data (also reach specific)

Air temperature



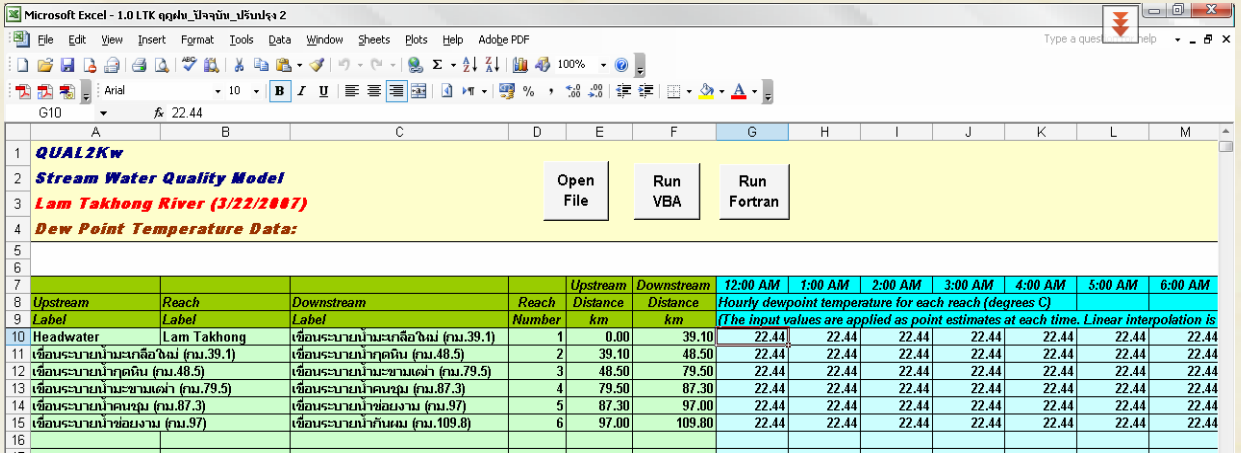
Microsoft Excel - 1.0 LTK ฤดูฝน_ปัจจุบัน_ปรับปรุง 2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Sheets Plots Help Adobe PDF

G10 fx 27.304

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	QUAL2Kw										
2	Stream Water Quality Model						Open File	Run VBA	Run Fortran		
3	Lam Takhong River (3/22/2007)										
4	Air Temperature Data:										
5											
6											
7						Upstream	Downstream	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 A
8	Upstream	Reach	Downstream	Reach	Distance	Distance	Hourly air temperature for each reach (degrees C)					
9	Label	Label	Label	Number	km	km	(The input values are applied as point estimates at each t					
10	Headwater	Lam Takhong	เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่ (กม.39.1)	1	0.00	39.10	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
11	เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่ (กม.39.1)		เขื่อนระบายน้ำกุดหิน (กม.48.5)	2	39.10	48.50	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
12	เขื่อนระบายน้ำกุดหิน (กม.48.5)		เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)	3	48.50	79.50	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
13	เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)		เขื่อนระบายน้ำคนชุม (กม.87.3)	4	79.50	87.30	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
14	เขื่อนระบายน้ำคนชุม (กม.87.3)		เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)	5	87.30	97.00	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
15	เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)		เขื่อนระบายน้ำกันผม (กม.109.8)	6	97.00	109.80	27.30	27.30	27.30	27.30	27.30	2
16												

Dew point temperature



Microsoft Excel - 1.0 LTK ฤดูฝน_ปัจจุบัน_ปรับปรุง 2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Sheets Plots Help Adobe PDF

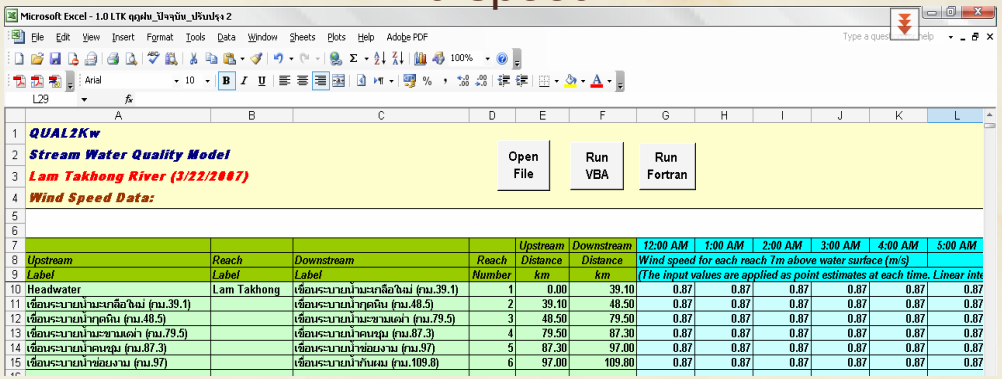
G10 fx 22.44

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	QUAL2Kw												
2	Stream Water Quality Model						Open File	Run VBA	Run Fortran				
3	Lam Takhong River (3/22/2007)												
4	Dew Point Temperature Data:												
5													
6													
7					Upstream	Downstream	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	6:00 AM
8	Upstream	Reach	Downstream	Reach	Distance	Distance	Hourly dewpoint temperature for each reach (degrees C)						
9	Label	Label	Label	Number	km	km	(The input values are applied as point estimates at each time. Linear interpolation is						
10	Headwater	Lam Takhong	เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่ (กม.39.1)	1	0.00	39.10	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
11	เขื่อนระบายน้ำมะเกลือใหม่ (กม.39.1)		เขื่อนระบายน้ำกุดหิน (กม.48.5)	2	39.10	48.50	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
12	เขื่อนระบายน้ำกุดหิน (กม.48.5)		เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)	3	48.50	79.50	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
13	เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)		เขื่อนระบายน้ำคนชุม (กม.87.3)	4	79.50	87.30	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
14	เขื่อนระบายน้ำคนชุม (กม.87.3)		เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)	5	87.30	97.00	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
15	เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)		เขื่อนระบายน้ำกันผม (กม.109.8)	6	97.00	109.80	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44	22.44
16													

QUAL2Kw Inputs,cont.

- Climate Data (also reach specific)

Wind speed



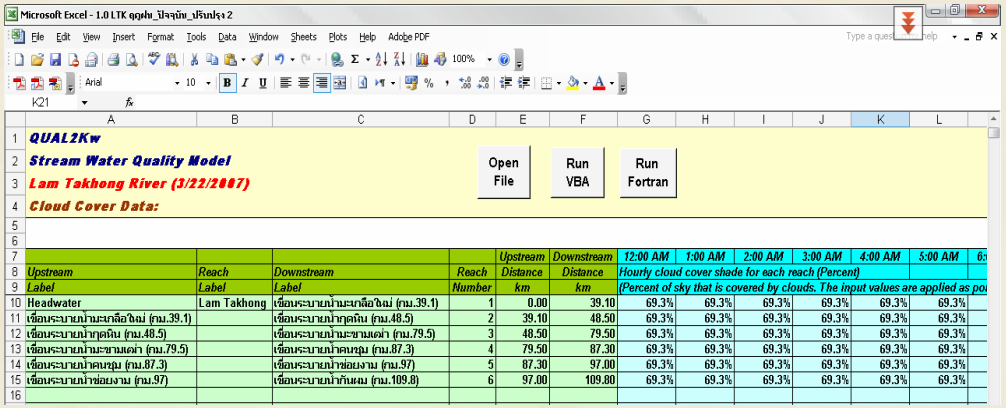
Microsoft Excel - 1.0 LTK qqwhu_Ll̃qxÿu_uRrunpÿq 2

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Lam Takhong River (3/22/2007)
Wind Speed Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

Upstream	Reach	Downstream	Reach	Upstream Distance	Downstream Distance	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM
Label	Label	Label	Number	km	km	(The input values are applied as point estimates at each time. Linear inte					
Headwater	Lam Takhong	เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)	1	0.00	39.10	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)		เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)	2	39.10	48.50	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)		เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)	3	48.50	79.50	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)		เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)	4	79.50	87.30	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)		เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)	5	87.30	97.00	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)		เขื่อนระบายน้ำกันผม (กม.109.8)	6	97.00	109.80	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

Cloud cover



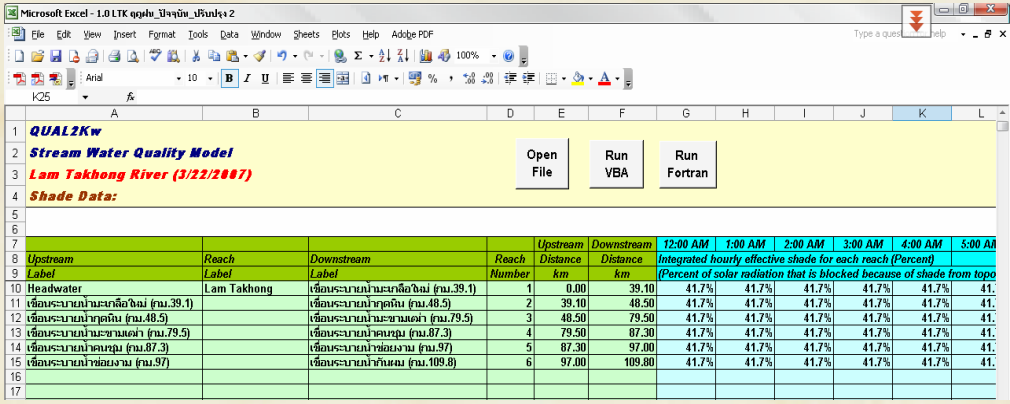
Microsoft Excel - 1.0 LTK qqwhu_Ll̃qxÿu_uRrunpÿq 2

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Lam Takhong River (3/22/2007)
Cloud Cover Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

Upstream	Reach	Downstream	Reach	Upstream Distance	Downstream Distance	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM
Label	Label	Label	Number	km	km	(Percent of sky that is covered by clouds. The input values are applied as po					
Headwater	Lam Takhong	เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)	1	0.00	39.10	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%
เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)		เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)	2	39.10	48.50	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%
เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)		เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)	3	48.50	79.50	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%
เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)		เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)	4	79.50	87.30	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%
เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)		เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)	5	87.30	97.00	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%
เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)		เขื่อนระบายน้ำกันผม (กม.109.8)	6	97.00	109.80	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%	69.3%

Shade



Microsoft Excel - 1.0 LTK qqwhu_Ll̃qxÿu_uRrunpÿq 2

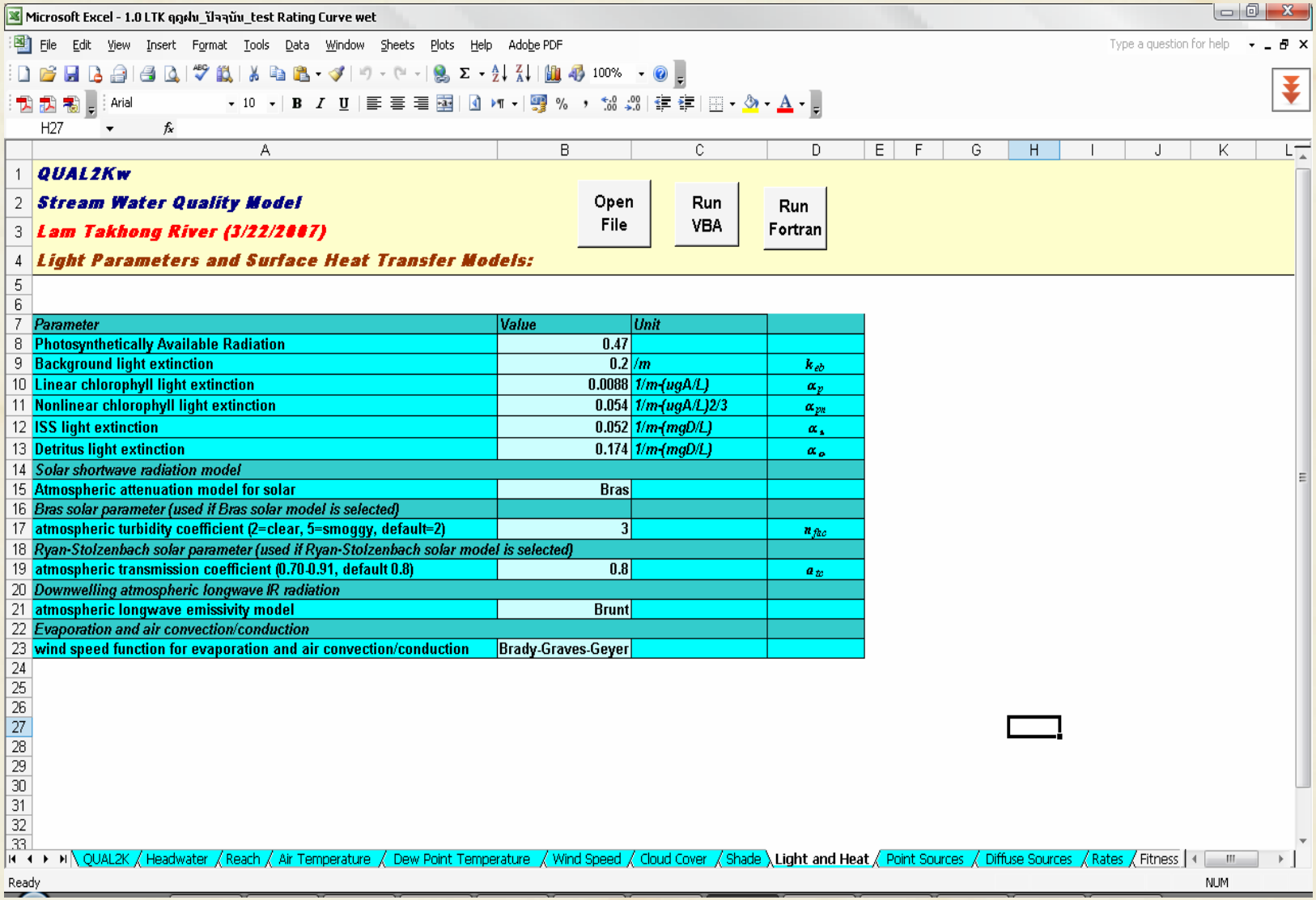
QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Lam Takhong River (3/22/2007)
Shade Data:

Open File | Run VBA | Run Fortran

Upstream	Reach	Downstream	Reach	Upstream Distance	Downstream Distance	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM
Label	Label	Label	Number	km	km	(Percent of solar radiation that is blocked because of shade from topo					
Headwater	Lam Takhong	เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)	1	0.00	39.10	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%
เขื่อนระบายน้ำมะกลือใหม่ (กม.39.1)		เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)	2	39.10	48.50	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%
เขื่อนระบายน้ำกุดกิน (กม.48.5)		เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)	3	48.50	79.50	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%
เขื่อนระบายน้ำมะขามเฒ่า (กม.79.5)		เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)	4	79.50	87.30	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%
เขื่อนระบายน้ำคนหุม (กม.87.3)		เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)	5	87.30	97.00	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%
เขื่อนระบายน้ำห่อยงาม (กม.97)		เขื่อนระบายน้ำกันผม (กม.109.8)	6	97.00	109.80	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%	41.7%

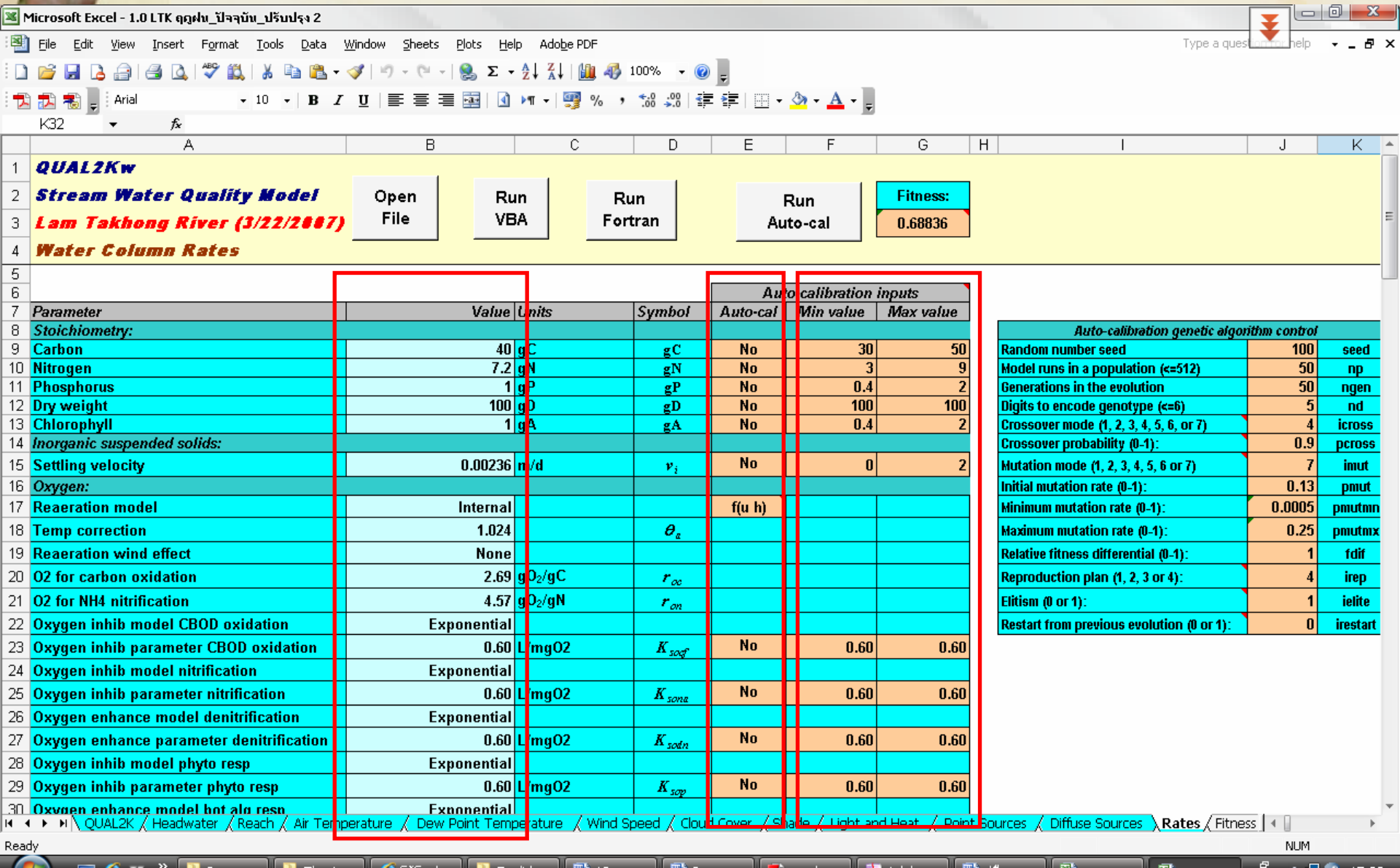
WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

Light and Heat parameters



WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

การปรับเทียบด้วย GA



Microsoft Excel - 1.0 LTK ฤดูฝน_ปัจจุบัน_ปรับปรุง 2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Sheets Plots Help Adobe PDF

K32

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Lam Takhong River (3/22/2007)
Water Column Rates

Open File | Run VBA | Run Fortran | Run Auto-cal | Fitness: 0.68836

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs: Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7.2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0.4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0.4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	0.00236	m/d	v_i	No	0	2
Oxygen:						
Reaeration model	Internal			f(u h)		
Temp correction	1.024		θ_a			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2.69	gO_2/gC	r_{oc}			
O2 for NH4 nitrification	4.57	gO_2/gN	r_{on}			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0.60	L/mgO2	K_{soaf}	No	0.60	0.60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0.60	L/mgO2	K_{sona}	No	0.60	0.60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					
Oxygen enhance parameter denitrification	0.60	L/mgO2	K_{sodn}	No	0.60	0.60
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential					
Oxygen inhib parameter phyto resp	0.60	L/mgO2	K_{sop}	No	0.60	0.60
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential					

Auto-calibration genetic algorithm control		
Random number seed	100	seed
Model runs in a population (<=512)	50	np
Generations in the evolution	50	ngen
Digits to encode genotype (<=6)	5	nd
Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)	4	icross
Crossover probability (0-1):	0.9	pcross
Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7)	7	imut
Initial mutation rate (0-1):	0.13	pmut
Minimum mutation rate (0-1):	0.0005	pmutmn
Maximum mutation rate (0-1):	0.25	pmutmx
Relative fitness differential (0-1):	1	fdif
Reproduction plan (1, 2, 3 or 4):	4	irep
Elitism (0 or 1):	1	ielite
Restart from previous evolution (0 or 1):	0	irestart

QUAL2K | Headwater | Reach | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Light and Heat | Point Sources | Diffuse Sources | Rates | Fitness

Ready NUM

1.1 จะให้วนกี่รอบเมื่อได้คำตอบ คงที่แล้ว (fitness)

1.2 จำนวนของประชากรในแต่ละรุ่น (Population Size)

1.3 จำนวนของรุ่น (Generation)

1.4 รูปแบบการเข้ารหัสสายพันธุกรรม (Coding System)

1.5 ความน่าจะเป็นของการไขว้สายพันธุกรรม

1.6 ค่าเริ่มต้นของกระบวนการผ่าสายพันธุกรรม

1.7 ค่าน้อยที่สุดของกระบวนการผ่าสายพันธุกรรม

1.8 ค่ามากที่สุดของกระบวนการผ่าสายพันธุกรรม

1.9 ความแตกต่างของค่า fitness

1.10 การเก็บสายพันธุ์ที่ดีที่สุดของรุ่นปัจจุบัน (0=off/1=on)

1.11 ค่าเริ่มต้นของวิวัฒนาการใหม่

0 = สุ่มค่าเริ่มต้นใหม่

1 = เลือกรุ่น (Generation) สุดท้ายมาเป็น ค่าเริ่มต้น

Auto-calibration genetic algorithm control:		
Random number seed	10	seed
Model runs in a population (<=512)	6	np
Generations in the evolution	10	ngen
Digits to encode genotype (<=6)	5	nd
2 Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)	3	icross
Crossover probability (0-1):	0.85	pcross
3 Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, or 6)	2	imut
Initial mutation rate (0-1):	0.005	pmut
Minimum mutation rate (0-1):	0.0005	pmutmn
Maximum mutation rate (0-1):	0.25	pmutmx
Relative fitness differential (0-1):	1	fdif
1 Reproduction plan (1, 2, or 3):	1	irep
Elitism (0 or 1):	1	ielite
Restart from previous evolution (0 or 1):	0	irestart

Objective Function

$$f(x) = \left[\sum_{i=1}^{q} Wi\right]\left[\sum_{i=1}^{q} \frac{1}{Wi}\left[\frac{\frac{\sum_{j=1}^{m} Oi,j}{m}}{\left[\frac{\sum_{j=1}^{m} (Pi,j - Oi,j)^2}{m}\right]}\right]^{1/2}\right]$$

เมื่อ Oi, j = observed value

Pi, j = predicted value

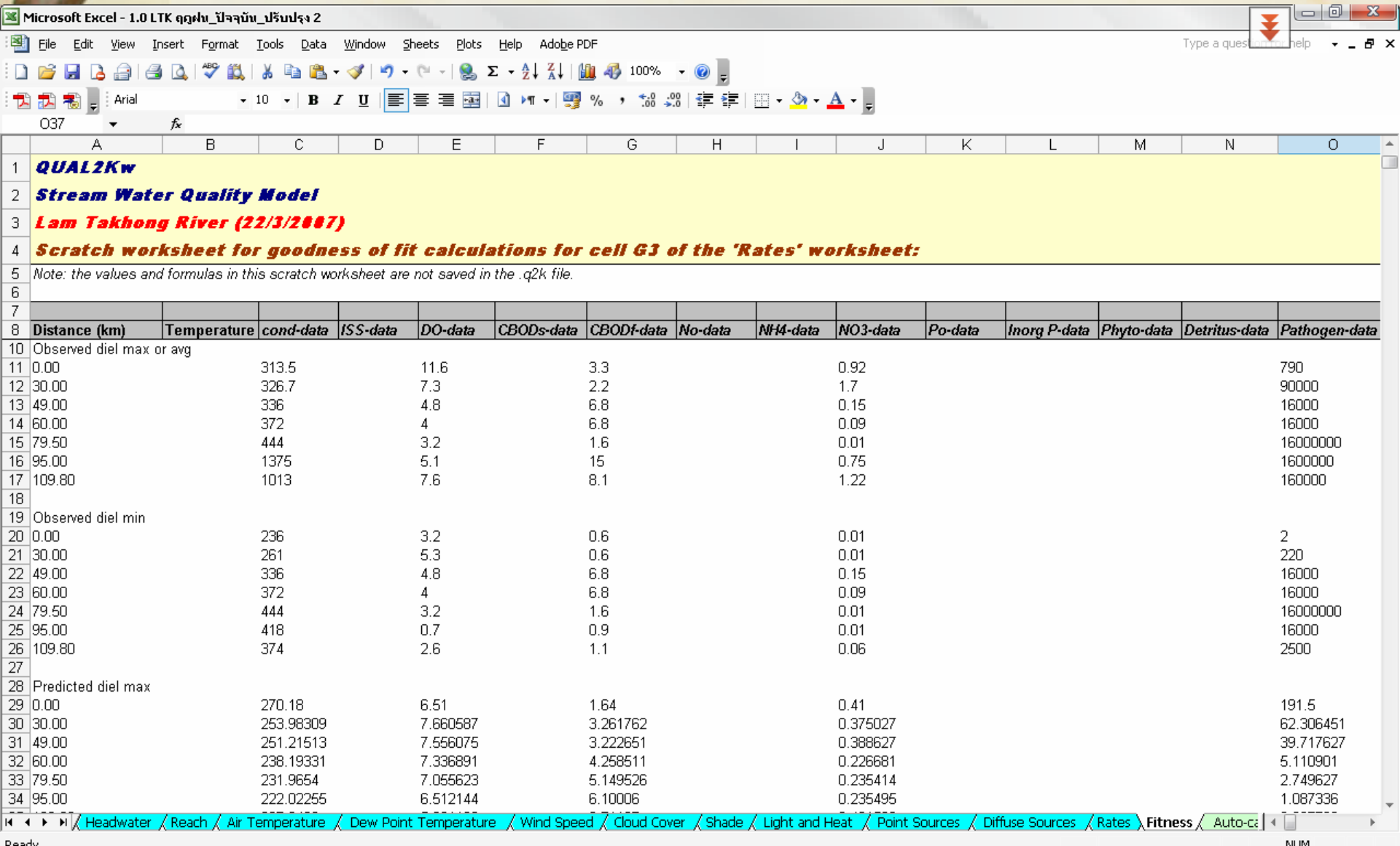
m = number of pairs of predicted and observed values

Wi = weighting factor

q = number of different state variables (e.g. dissolved oxygen, pH, nutrient concentrations,etc.) included in the reciprocal of the weighted normalized RMSE.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

sheet Fitness ใช้ใส่ค่าในสมการ Objective function



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	**QUAL2Kw**														
2	**Stream Water Quality Model**														
3	**Lam Takhong River (22/3/2007)**														
4	**Scratch worksheet for goodness of fit calculations for cell G3 of the 'Rates' worksheet:**														
5	*Note: the values and formulas in this scratch worksheet are not saved in the .q2k file.*														
6															
7															
8	**Distance (km)**	**Temperature**	***cond-data***	***ISS-data***	***DO-data***	***CBODs-data***	***CBODf-data***	***No-data***	***NH4-data***	***NO3-data***	***Po-data***	***Inorg P-data***	***Phyto-data***	***Detritus-data***	***Pathogen-data***
10	Observed diel max or avg														
11	0.00		313.5		11.6		3.3			0.92					790
12	30.00		326.7		7.3		2.2			1.7					90000
13	49.00		336		4.8		6.8			0.15					16000
14	60.00		372		4		6.8			0.09					16000
15	79.50		444		3.2		1.6			0.01					16000000
16	95.00		1375		5.1		15			0.75					1600000
17	109.80		1013		7.6		8.1			1.22					160000
18															
19	Observed diel min														
20	0.00		236		3.2		0.6			0.01					2
21	30.00		261		5.3		0.6			0.01					220
22	49.00		336		4.8		6.8			0.15					16000
23	60.00		372		4		6.8			0.09					16000
24	79.50		444		3.2		1.6			0.01					16000000
25	95.00		418		0.7		0.9			0.01					16000
26	109.80		374		2.6		1.1			0.06					2500
27															
28	Predicted diel max														
29	0.00		270.18		6.51		1.64			0.41					191.5
30	30.00		253.98309		7.660587		3.261762			0.375027					62.306451
31	49.00		251.21513		7.556075		3.222651			0.388627					39.717627
32	60.00		238.19331		7.336891		4.258511			0.226681					5.110901
33	79.50		231.9654		7.055623		5.149526			0.235414					2.749627
34	95.00		222.02255		6.512144		6.10006			0.235495					1.087336

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

- ในขั้นตอนนี้ จะมีวิธีการดำเนินการ เช่นเดียวกับขั้นการปรับเทียบแบบจำลอง จากนั้นทำการคำนวณผลโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการปรับเทียบ เปรียบเทียบกับผลจากการตรวจวัดของฝ่ายจัดการคุณภาพน้ำ ส่วนช่างสุขาภิบาล เทศบาลนครนครราชสีมา

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกพิจารณา สถิติวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Root mean square error [RMSE]) เป็นสถิติที่ใช้ในการพิจารณาความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณจากแบบจำลองและข้อมูลจริง

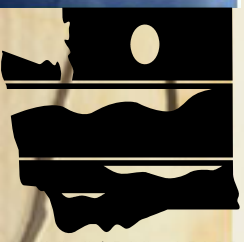
ประเมินภาระมลพิษและคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต

- ทำการคาดการณ์มลพิษจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทต่างๆ ทั้ง Point Source และ Non Point Source ที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองในอนาคต รวมทั้งใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ลักษณะคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำตะคองในอีก 5 ปี (พ.ศ.2553) และ 10 ปี (พ.ศ.2558) ข้างหน้า

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

- วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลอง QUAL2Kw ด้วยวิธีของพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithm) ในการประเมินภาระมลพิษในแม่น้ำลำตะคองทั้งในสถานการณ์ปัจจุบันและอนาคต

ผลและอภิปราย



สามารถแบ่งหัวข้อออกได้ดังนี้

4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw โดยใช้ Genetic Algorithm

4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง QUAL2Kw

4.4 ภาระมลพิษที่ระบายลงลุ่มน้ำลำตะคอง

4.5 การคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต

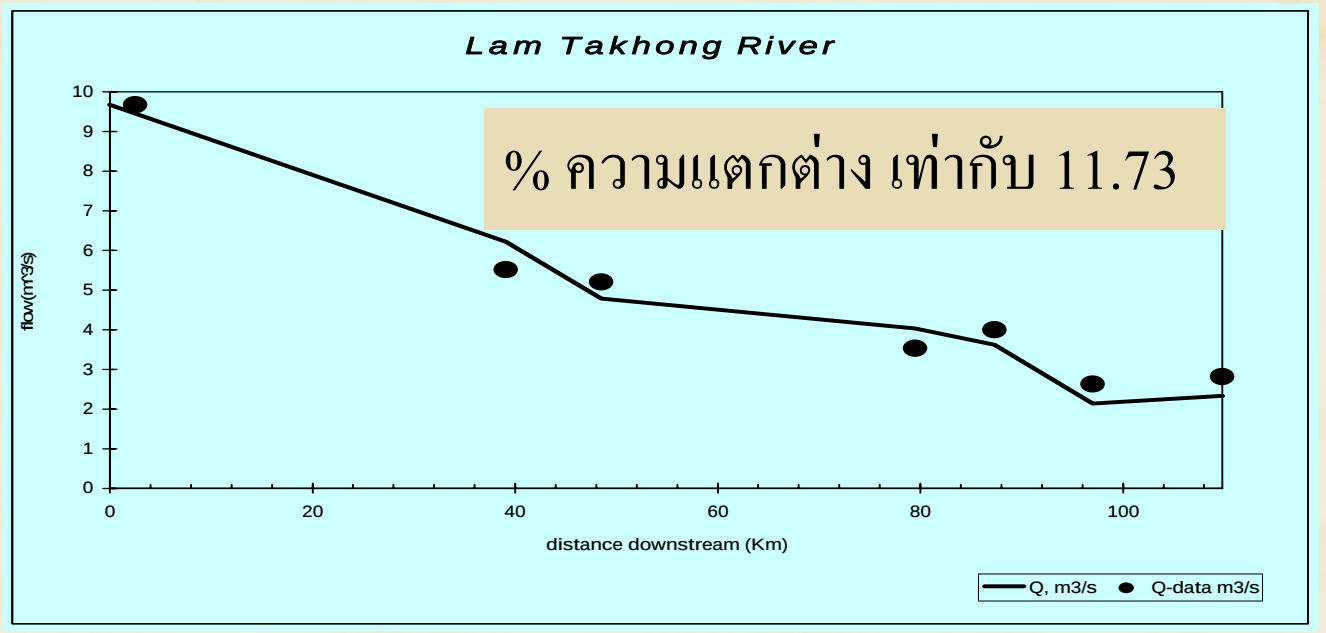
4.6 อภิปรายกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators)

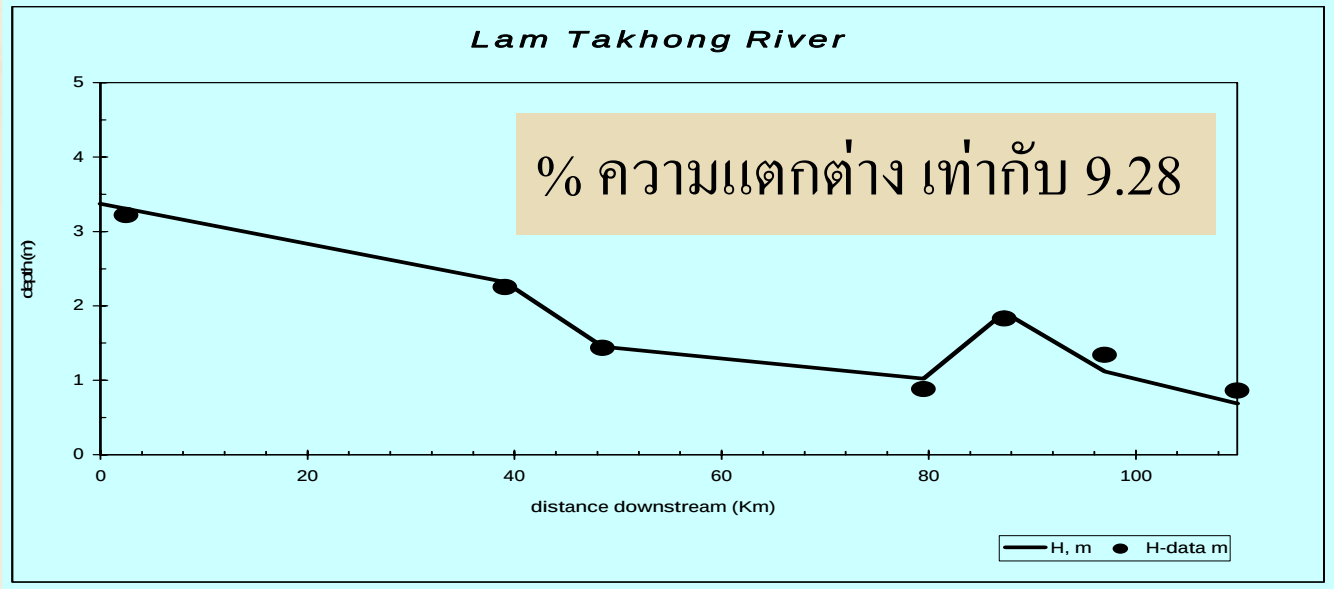
4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw โดยใช้ Genetic Algorithm

4.1.1 ลักษณะทางชลศาสตร์ (Hydraulic Characteristics)

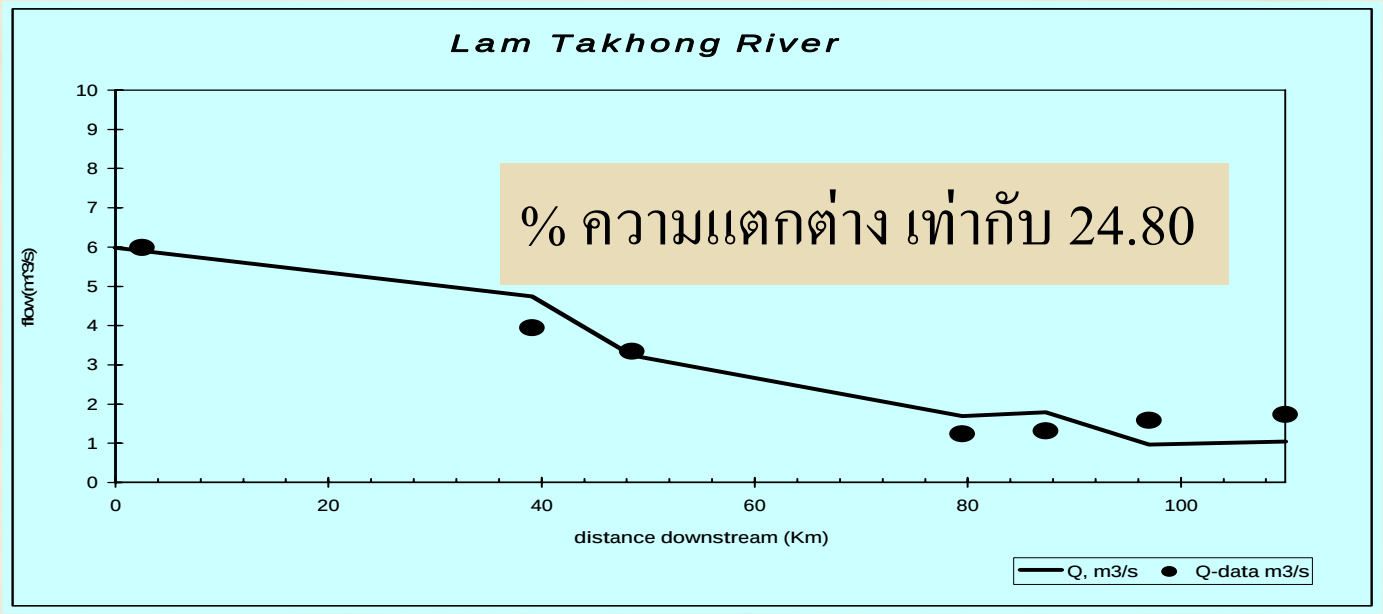
4.1.2 ผลการปรับเทียบคุณภาพน้ำ (Water Quality)

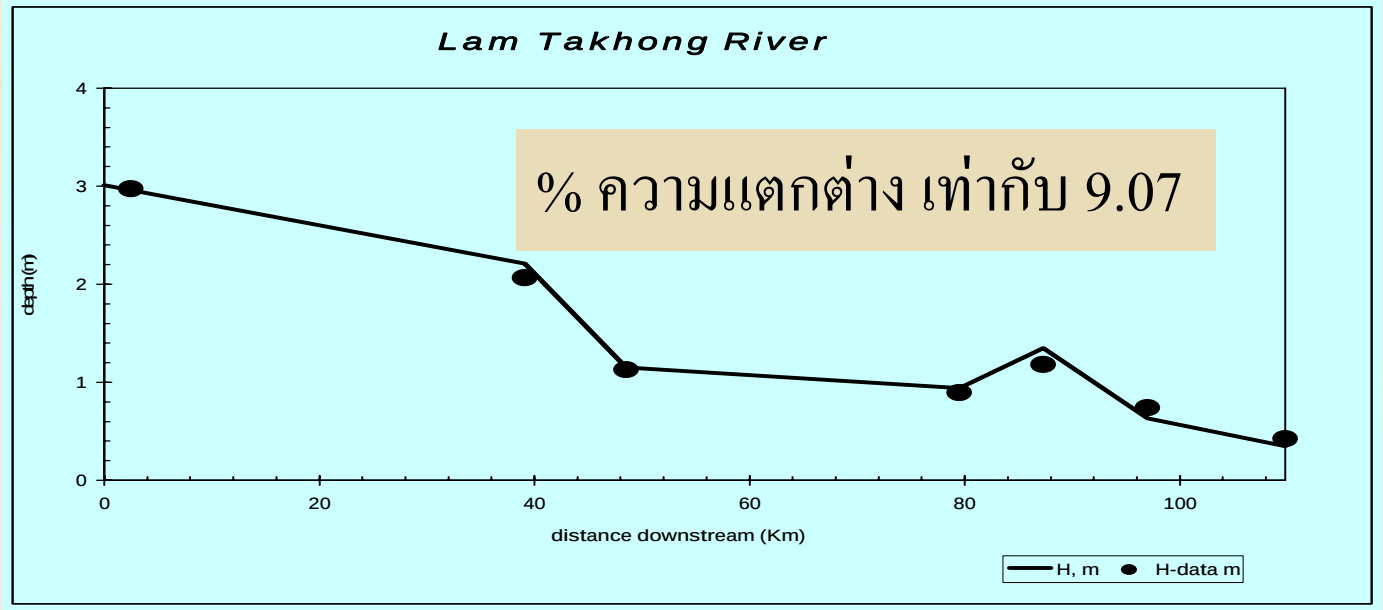
อัตราการไหลของน้ำและระดับน้ำในช่วงฤดูฝน

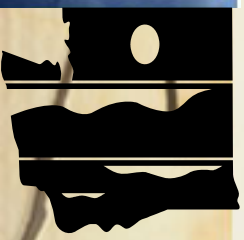




อัตราการไหลของน้ำและระดับน้ำในช่วงฤดูแล้ง







4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

ผลการทดสอบค่า Sensitivity ของ กระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (GA operators) ต่างๆ ในลำน้ำลำตะคอง

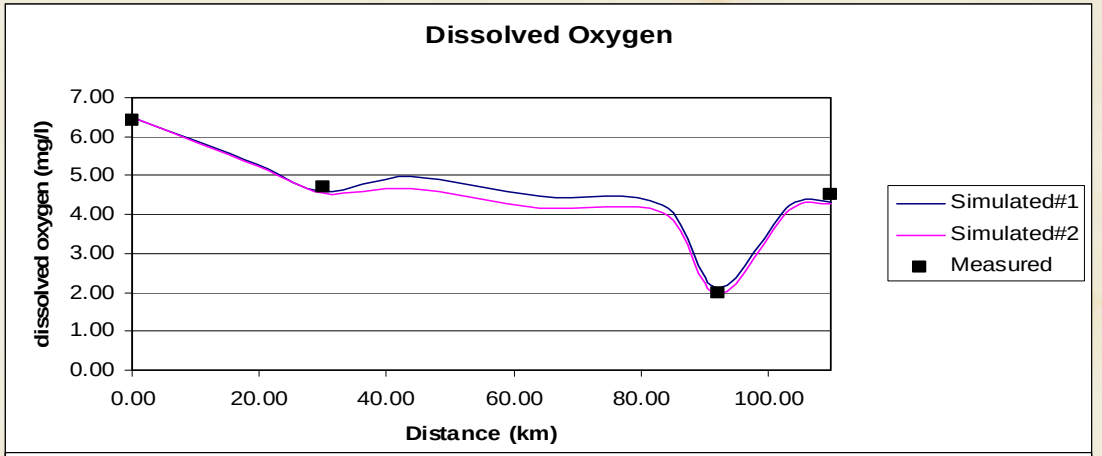
Items	Results			
	Charbonneau and Knapp		Goldberg and Michalewicz	
	Wet	Dry	Wet	Dry
Type of selection	Elitism + Full generational replacement	Elitism + Full generational replacement	Tournament Selection	Tournament Selection
Type of crossover	equal probability of either one-point, two-point, or uniform	equal probability of either one-point, two-point, or uniform	Uniform crossover	Uniform crossover
Type of mutation	one-point mutation, fixed rate	one-point or creep, fixed rate	Modified uniform mutation	Modified uniform mutation
Probability of crossover	0.60	0.65	0.90	0.80
Probability of mutation	0.23	0.15	0.13	0.25
Population size	100	100	100	100
Generation in the evolution	80	20	50	30
Best Fitness	0.71074	0.70450	0.69074	0.68450
Execution Time (minute)	2,352.23	520.62	230.65	131.75

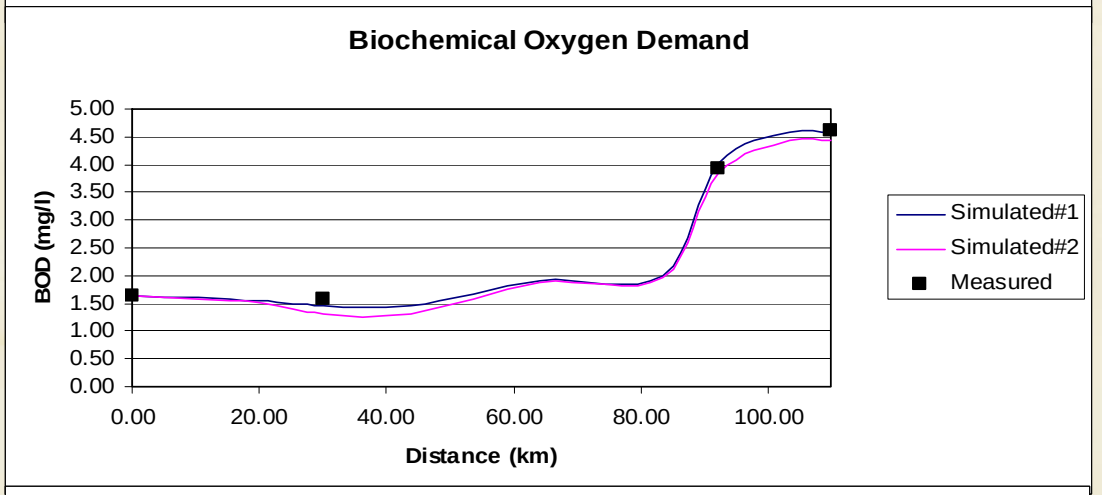
คุณภาพน้ำฤดูฝน

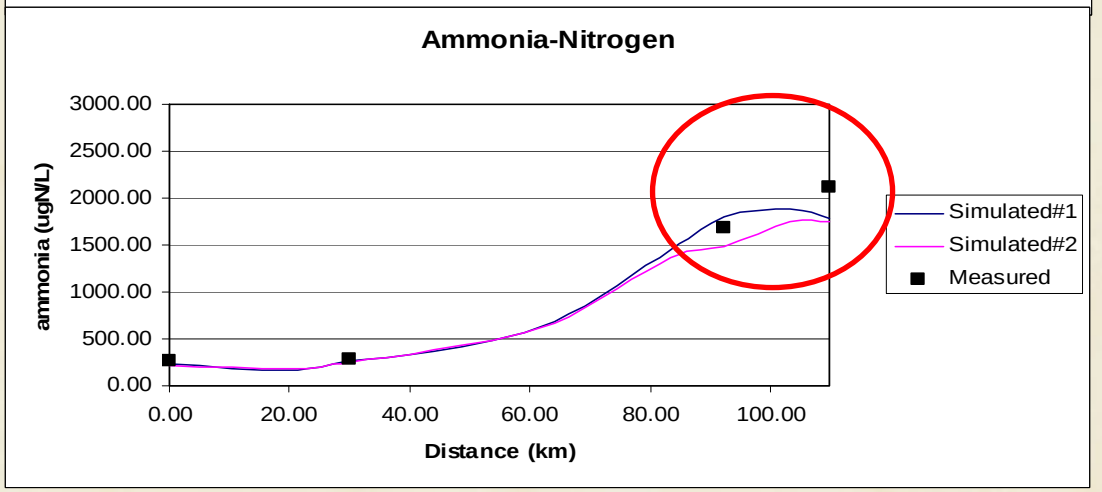
***

Simulated[#1] = Charbonneau and Knapp,

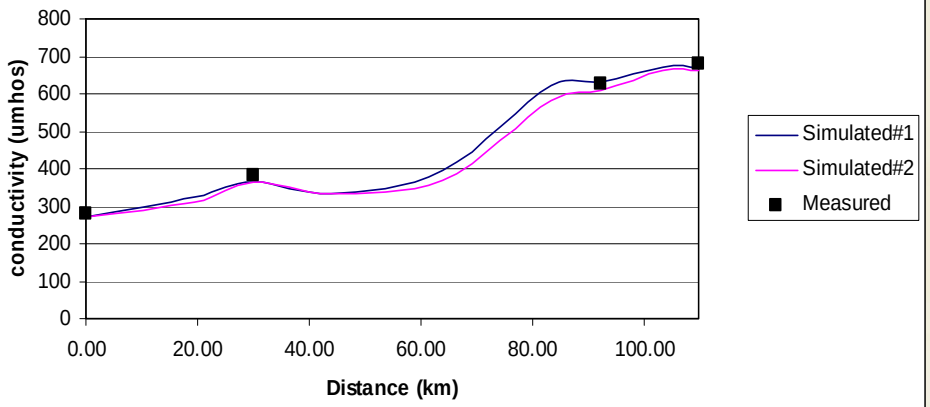
Simulated[#2] = Goldberg and Michalewicz



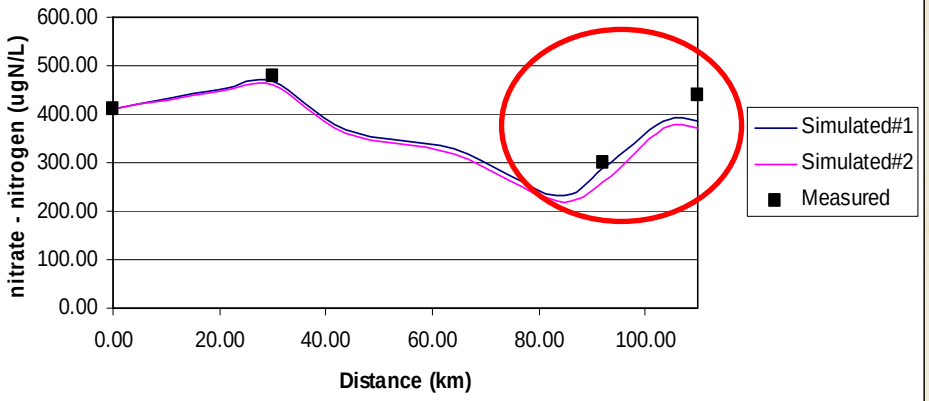




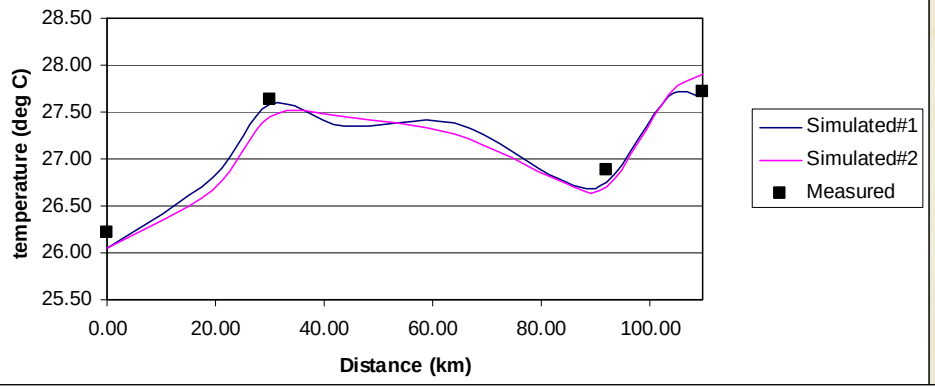
Conductivity



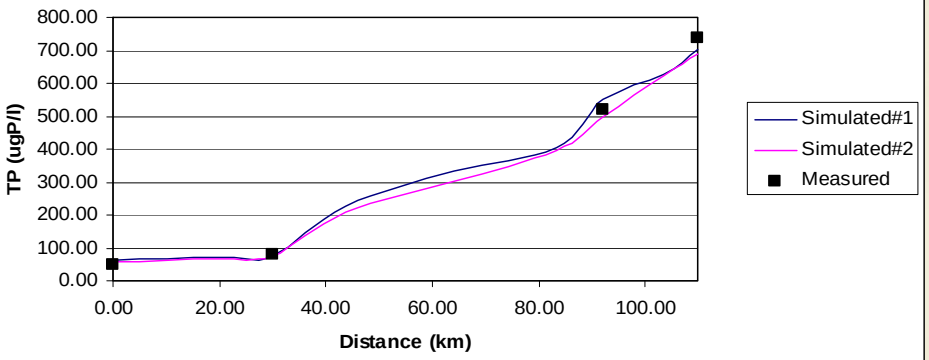
Nitrate-Nitrogen



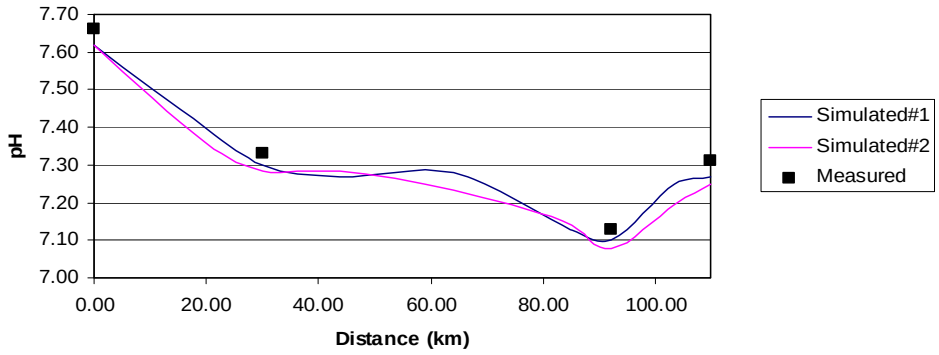
Temperature



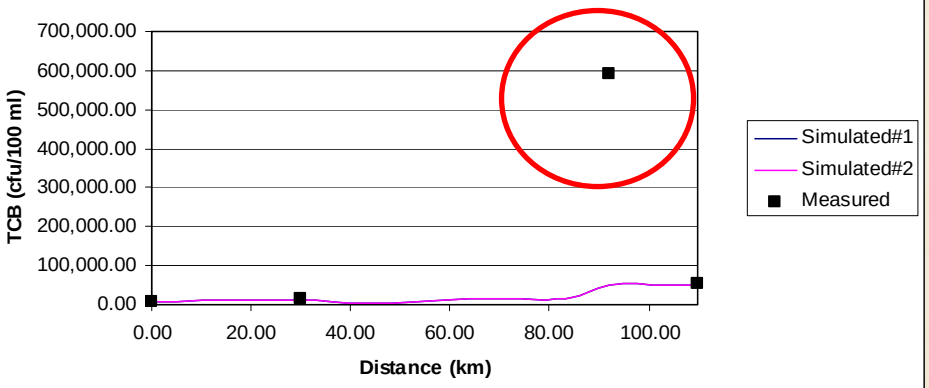
Total Phosphorus



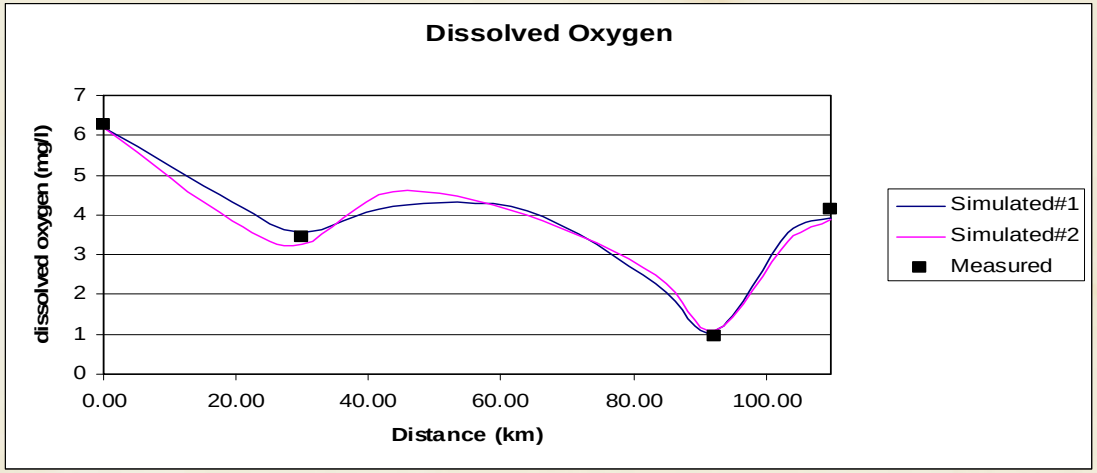
pH

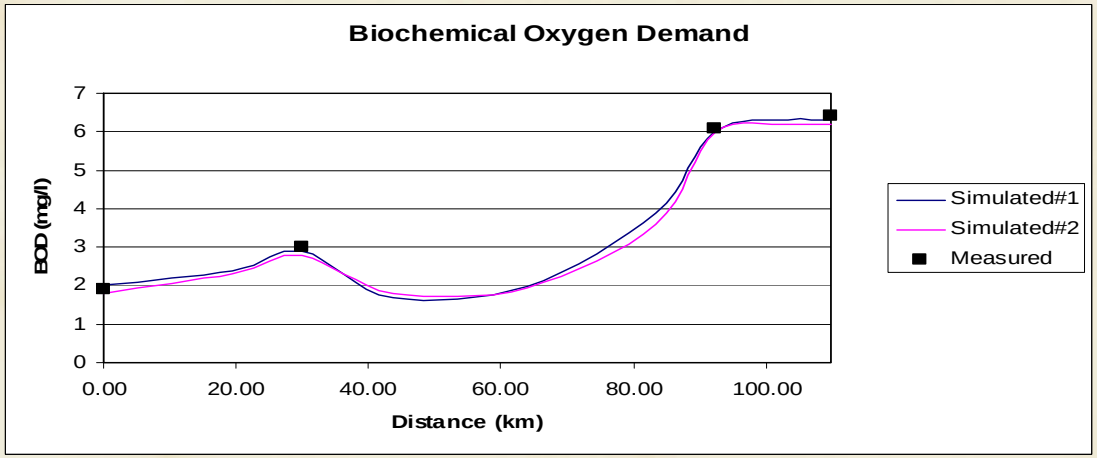


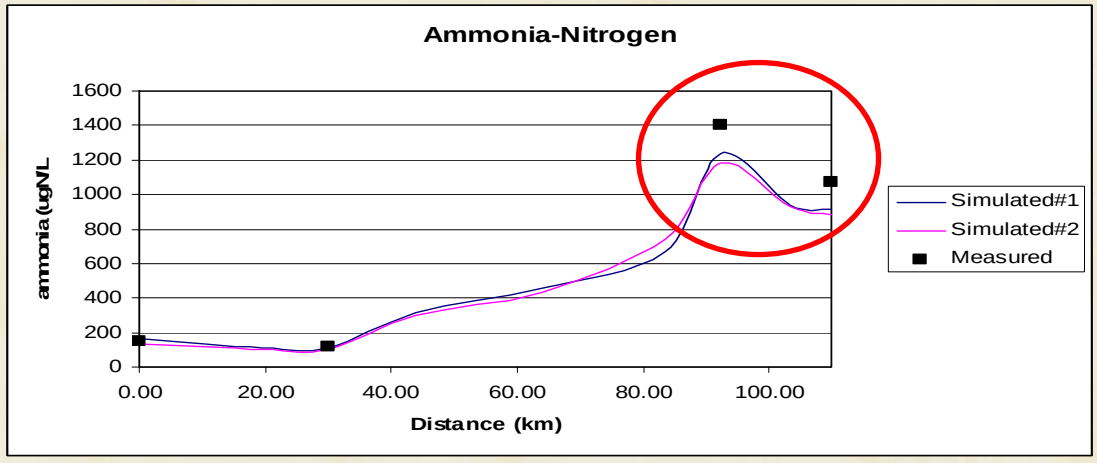
Total Coliform Bacteria



คุณภาพน้ำฤดูแล้ง





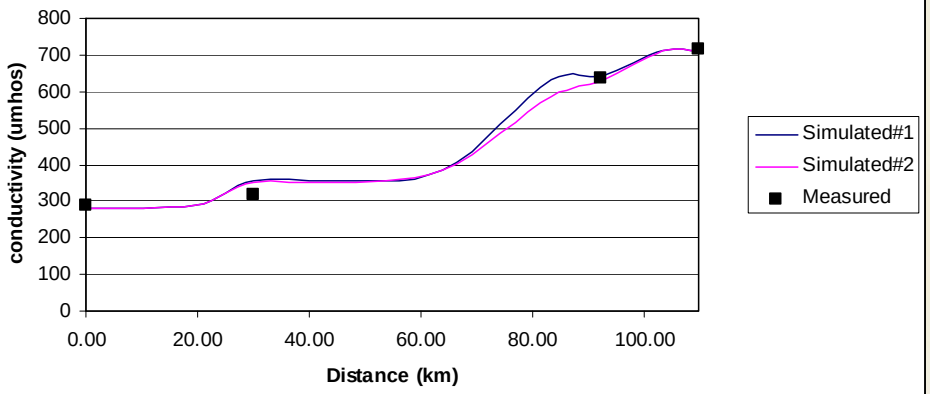


***

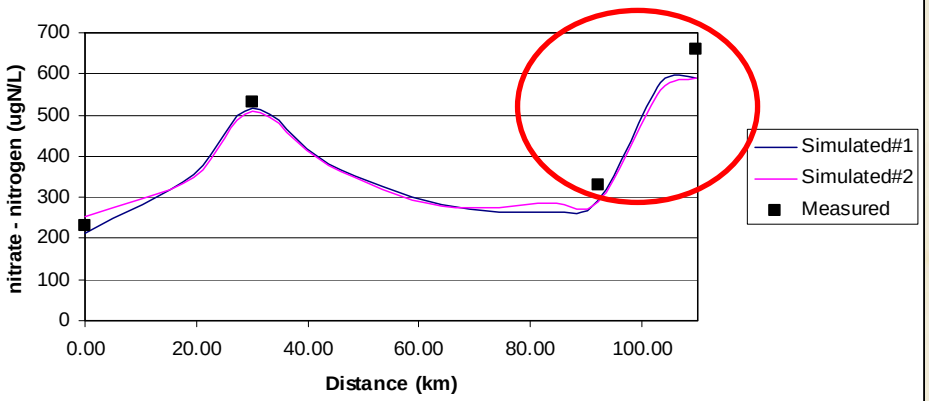
Simulated[#1] = Charbonneau and Knapp,

Simulated[#2] = Goldberg and Michalewicz

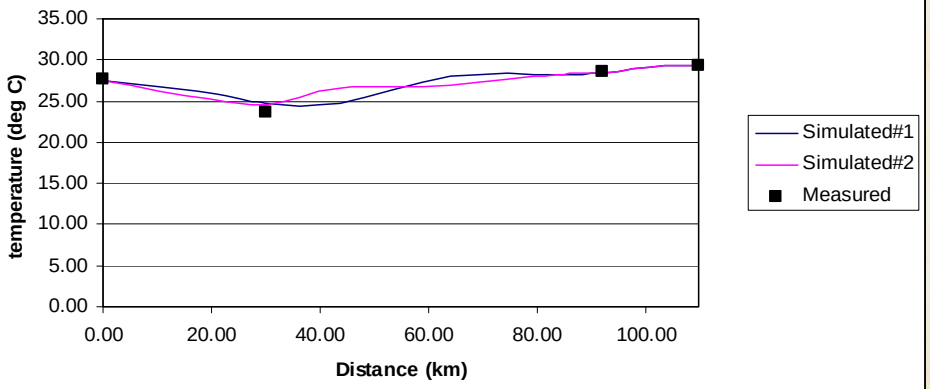
Conductivity



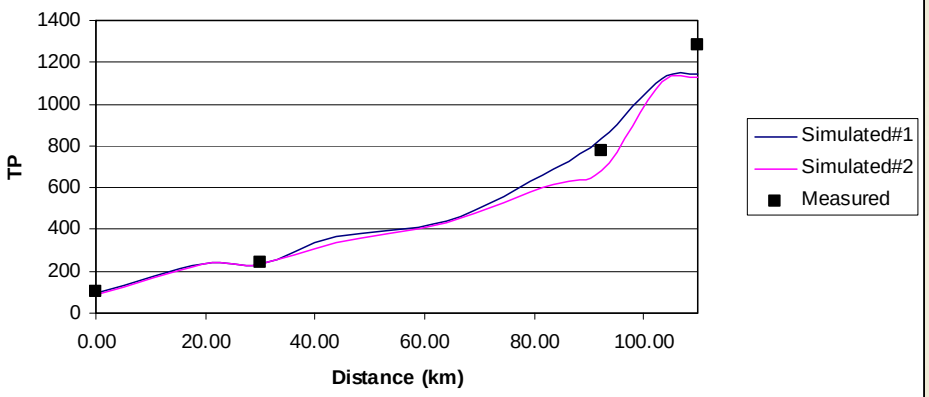
Nitrate-Nitrogen



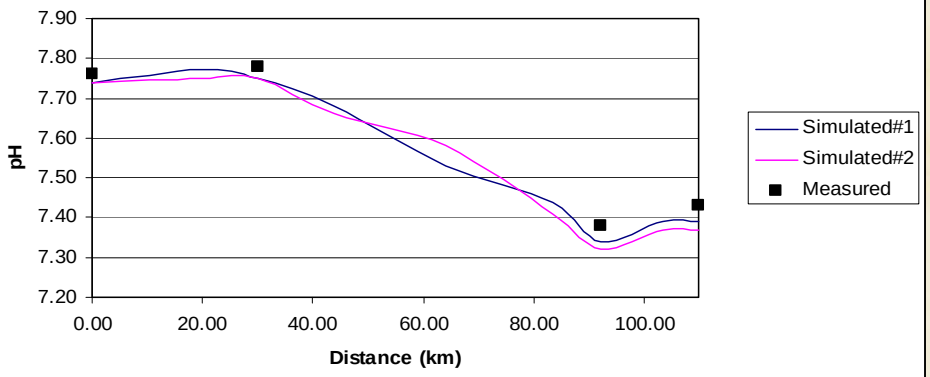
Temperature



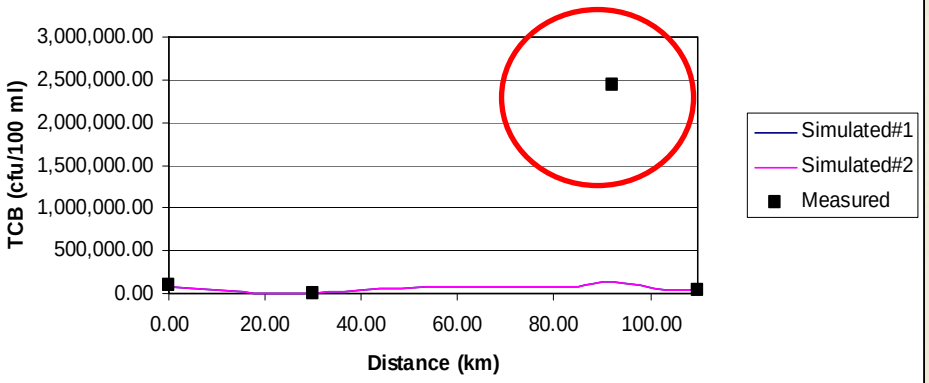
Total Phosphorus



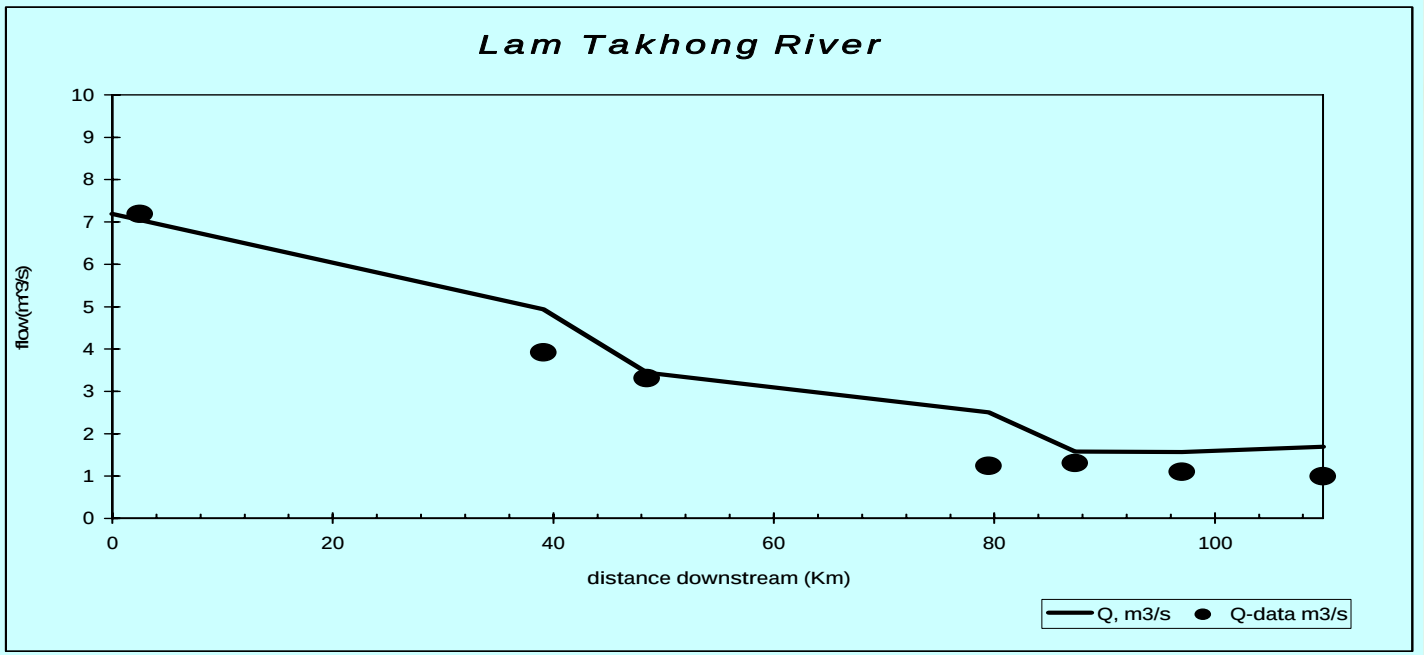
pH

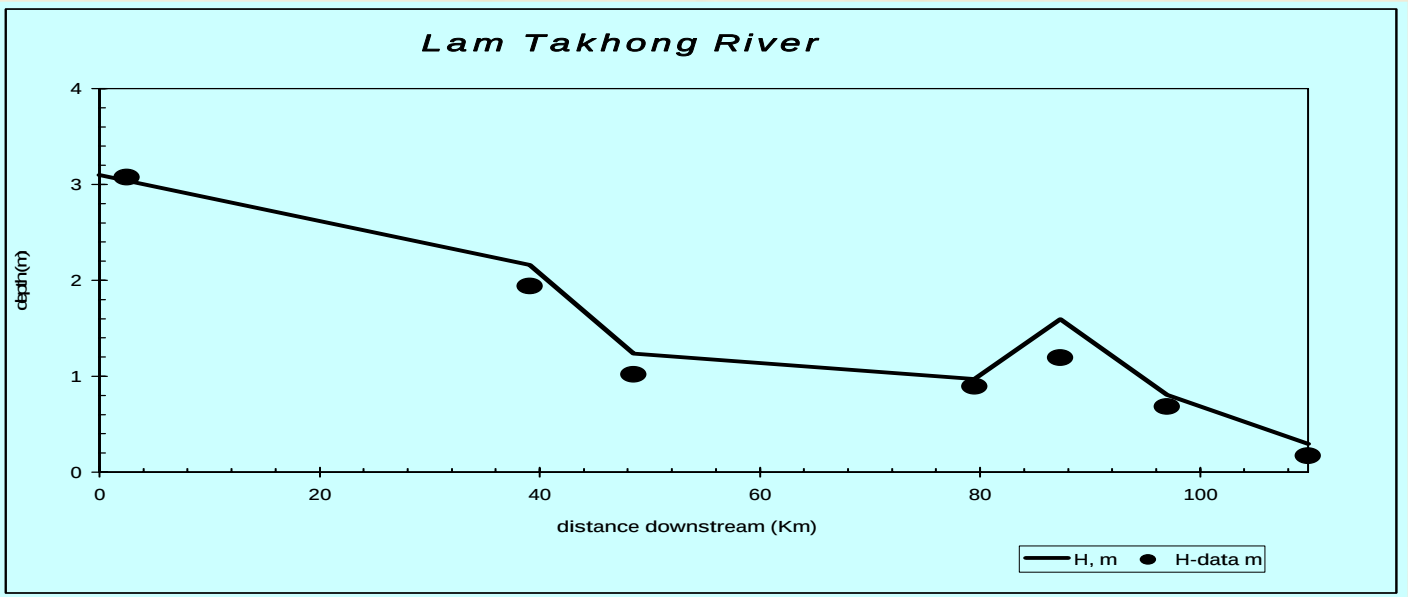


Total Coliform Bacteria



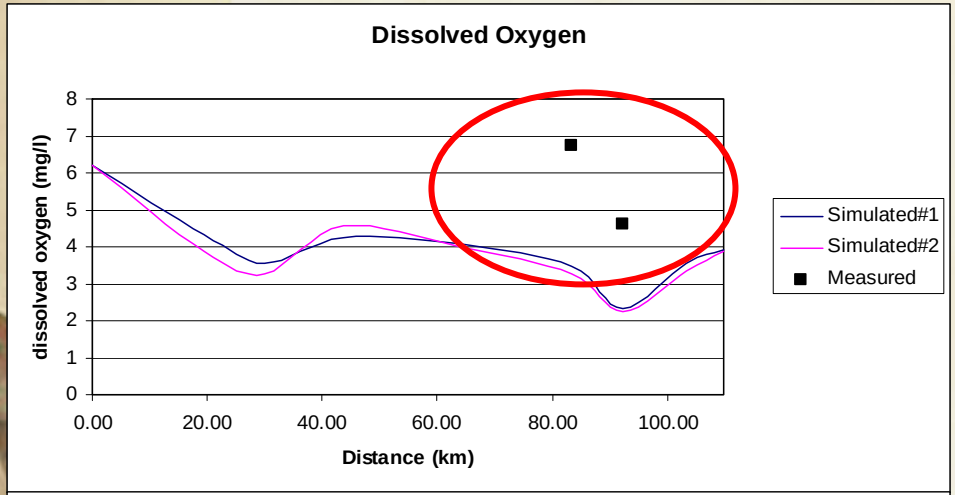
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง QUAL2Kw

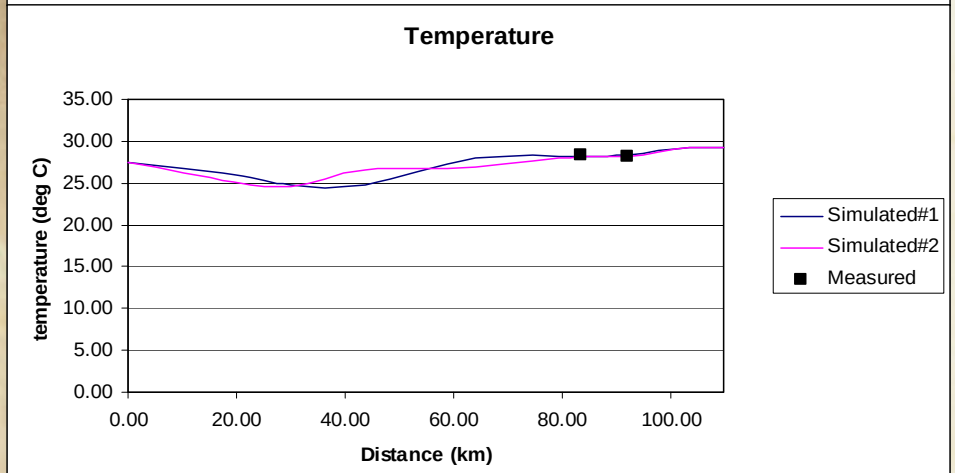


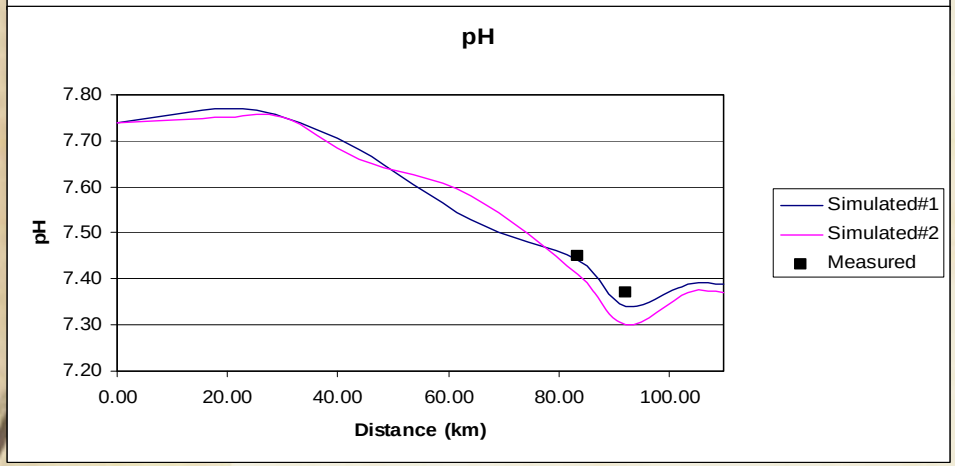


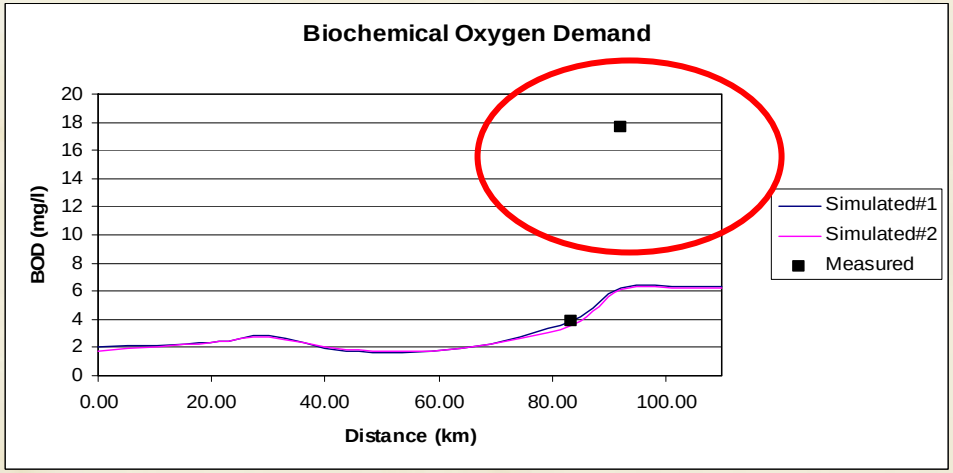
WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY

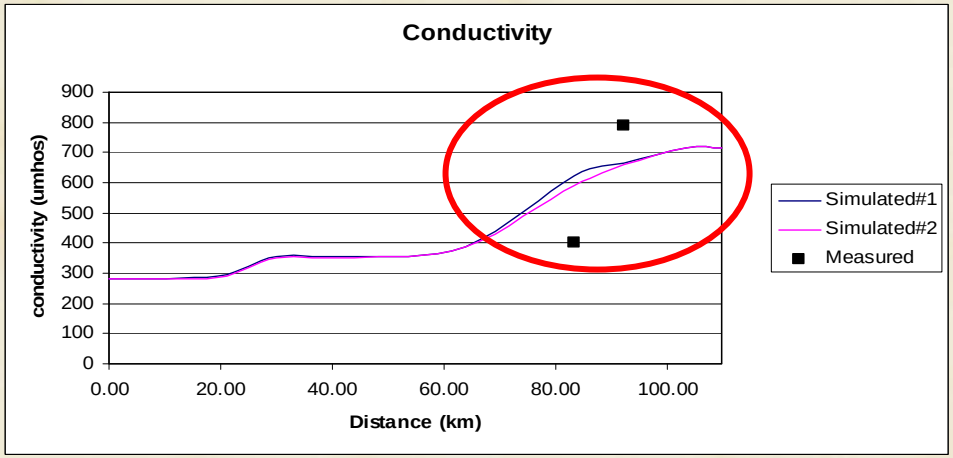
ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง QUAL2Kw กับการตรวจวัดคุณภาพน้ำของเทศบาลนครนครราชสีมา



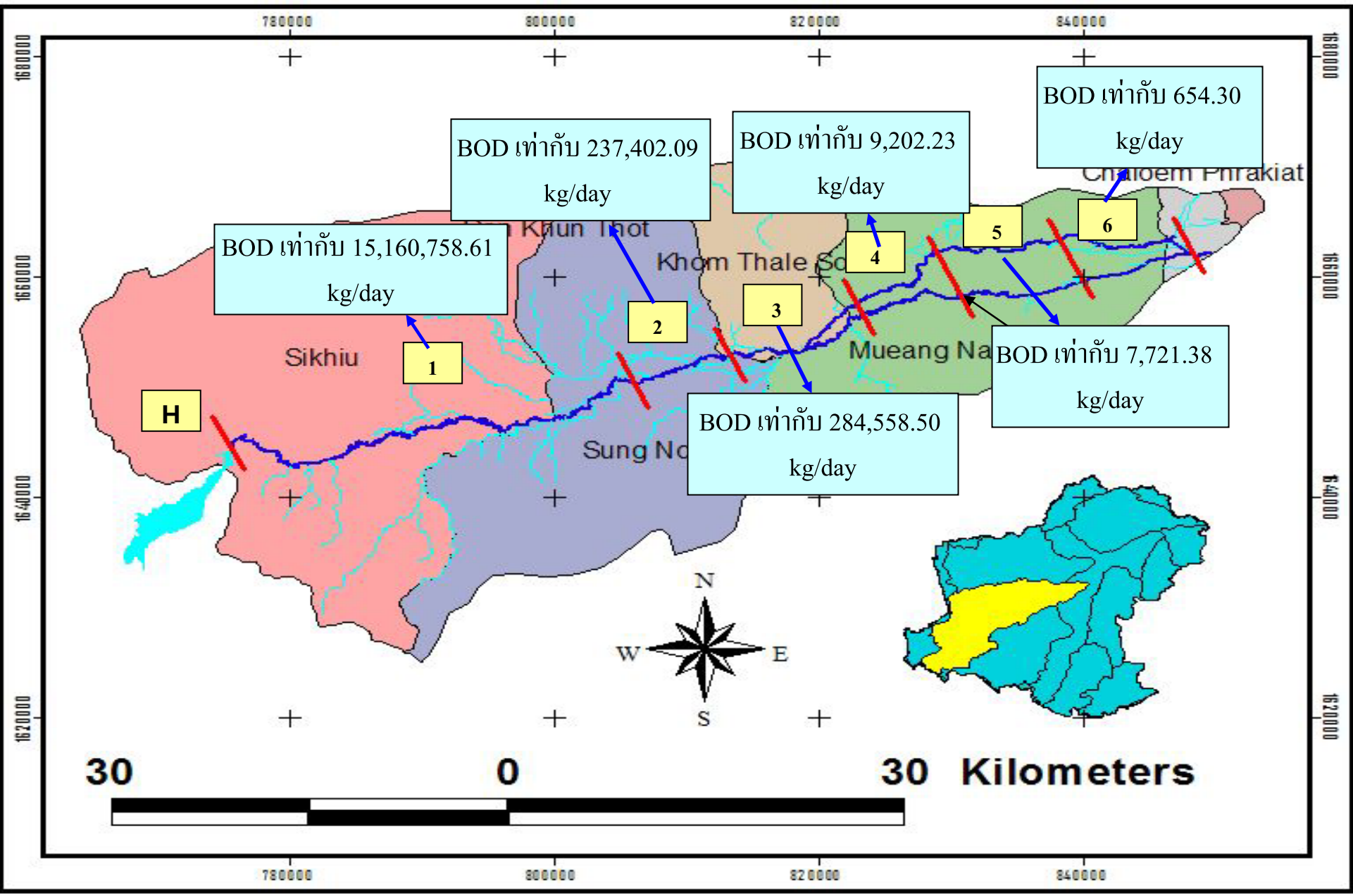




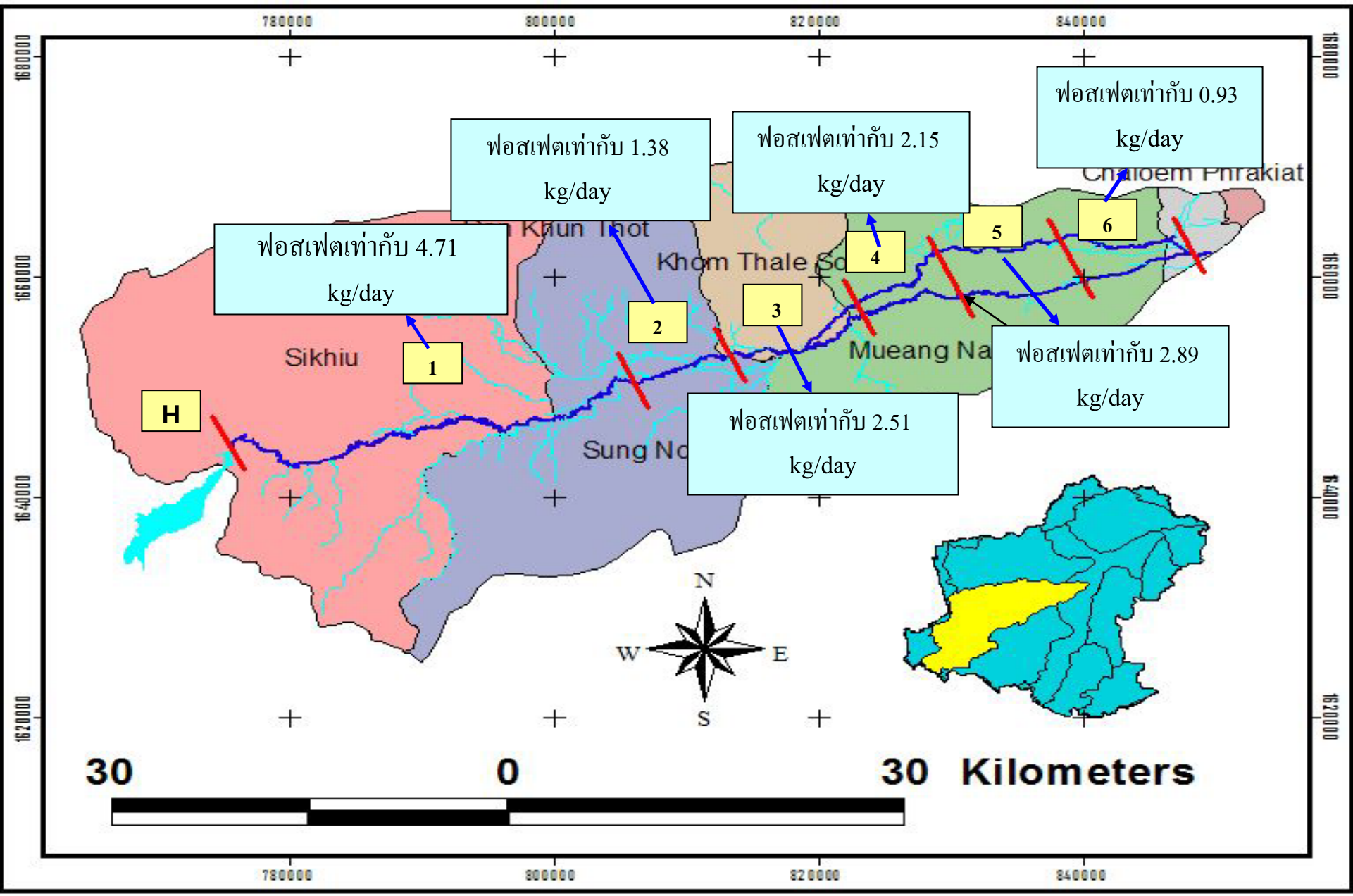




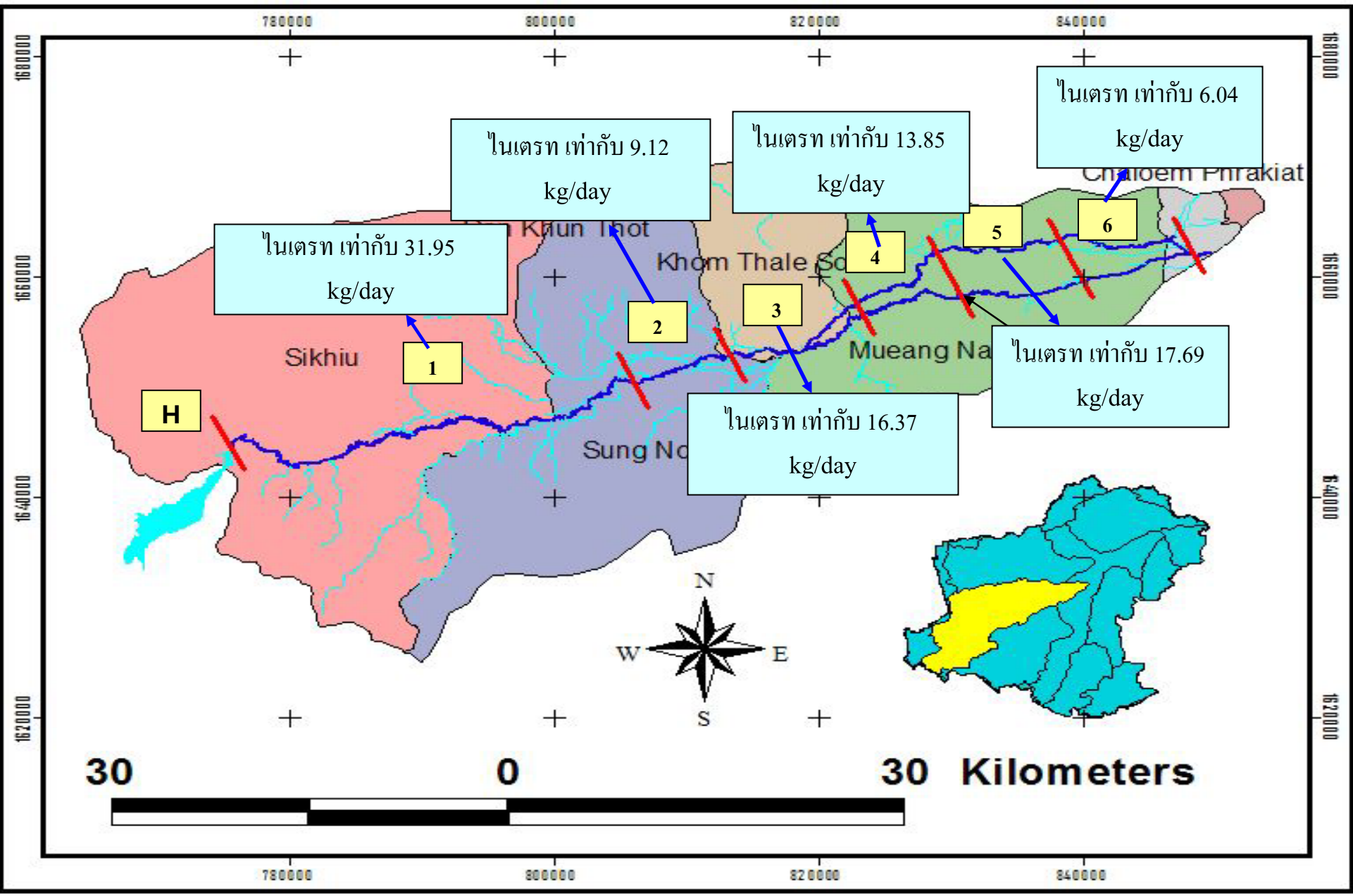
4.4 ภาระมลพิษที่ระบายลงลุ่มน้ำลำตะคอง

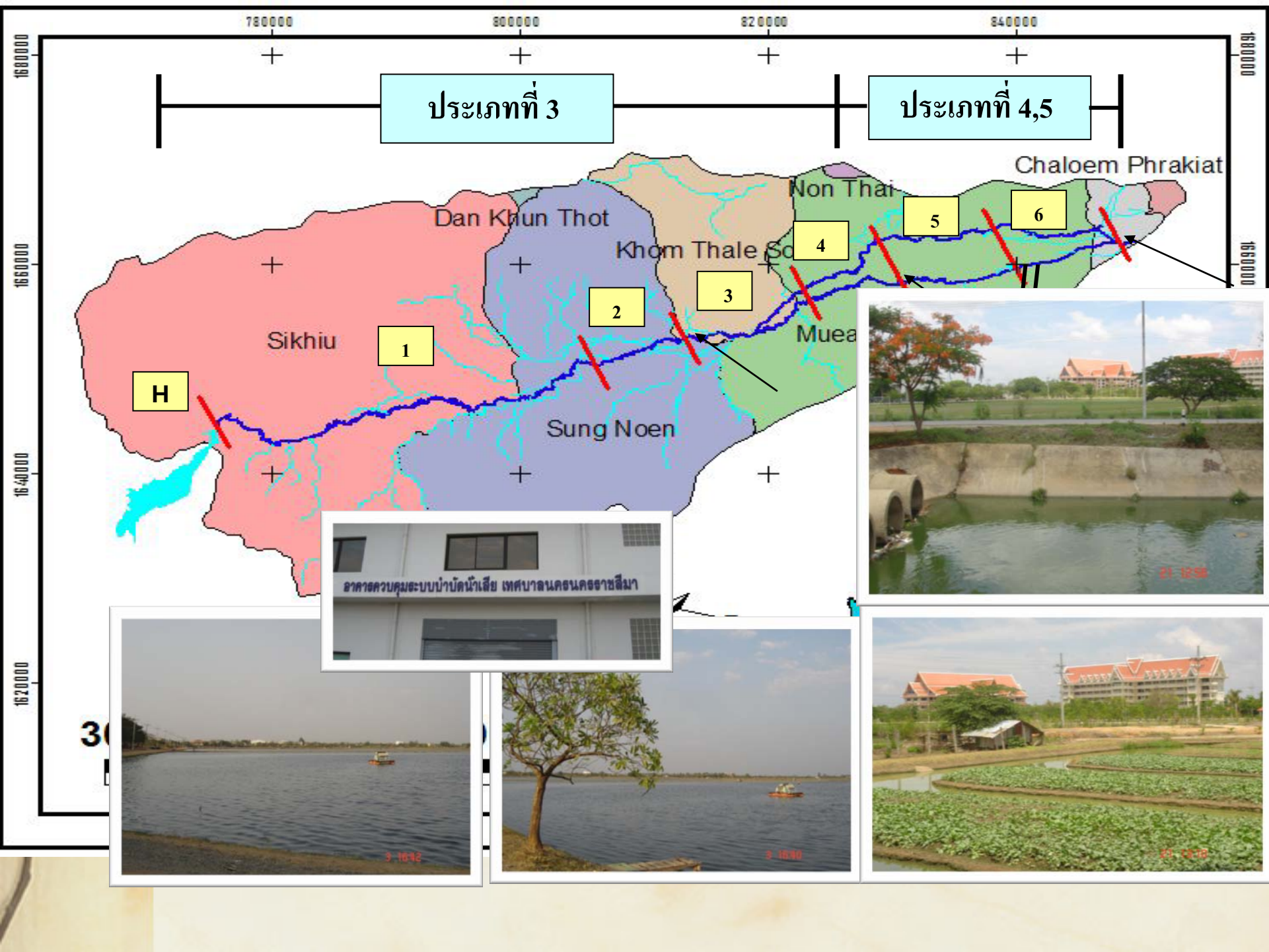


4.4 ภาระมลพิษที่ระบายลงลุ่มน้ำลำตะคอง

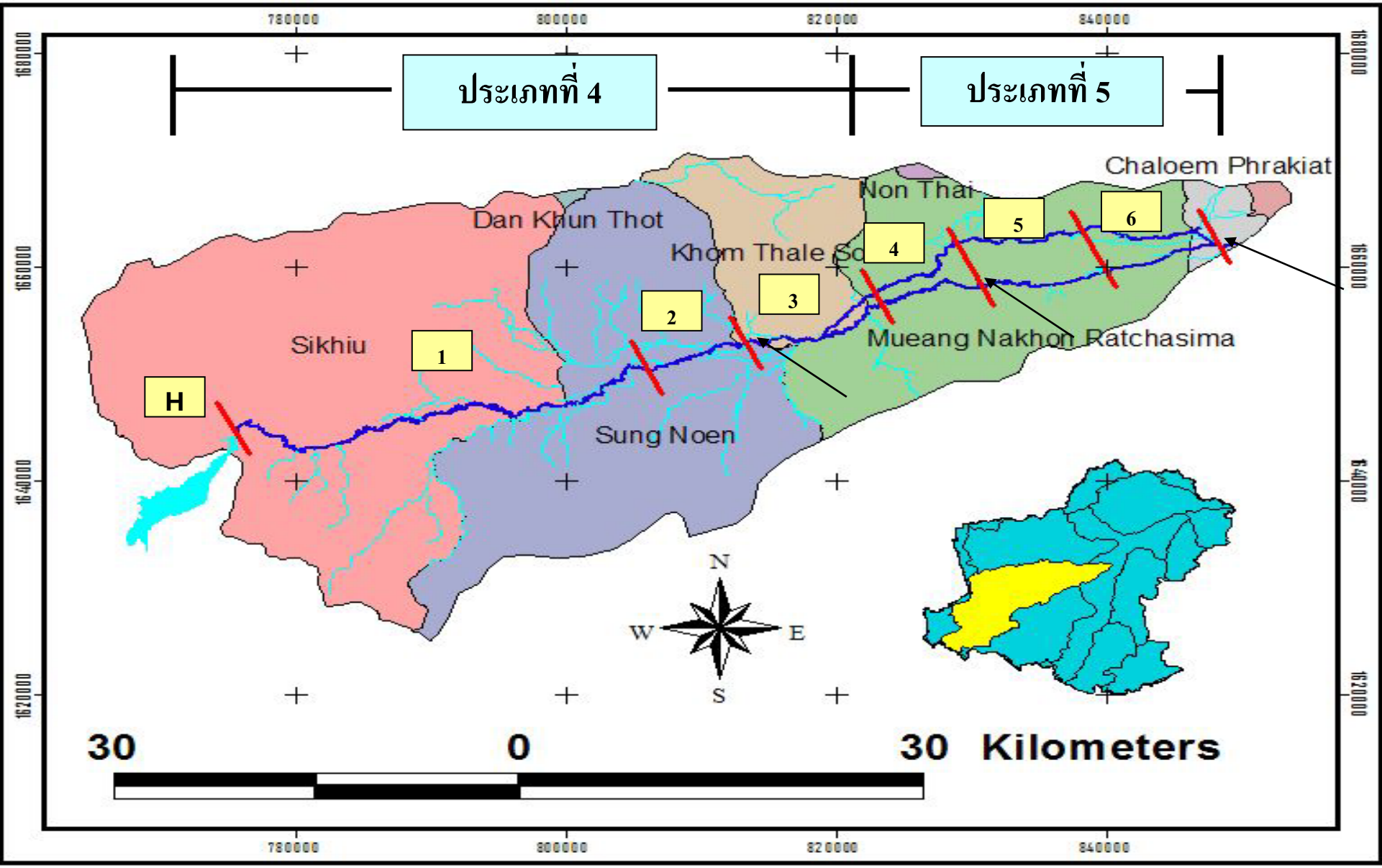


4.4 ภาระมลพิษที่ระบายลงลุ่มน้ำลำตะคอง




780000
800000
820000
840000
1680000
1660000
1640000
1620000
ประเภทที่ 3
ประเภทที่ 4,5
Chaloem Phrakiat
Non Thai
Dan Khun Thot
Khom Thale So
Sikhiu
Muea
Sung Noen
H
1
2
3
4
5
6
อาคารควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เทศบาลนครนครราชสีมา

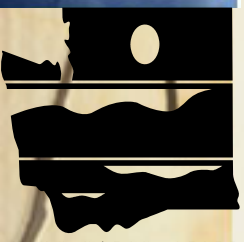
4.5 การคาดการณ์คุณภาพน้ำในอนาคต 5 ปี (พ.ศ.2553) และ 10 ปี (พ.ศ.2558)



4.6 อภิปรายกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GA Operators)

- จุดที่ Execution time ของ GA Operators ของ Charbonneau and Knapp อยู่ที่ขบวนการสุ่มคัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่ที่ใช้วิธีการของวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) แบบวิธีการจัดอันดับ (Ranking Selection) ซึ่งมี
  - ข้อดีคือจะให้ค่าของโอกาสในการถูกคัดเลือกที่ไม่แปรผันไปตามขนาดของค่าความเหมาะสมแต่จะขึ้นอยู่กับอันดับของโครโมโซม
  - อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวจะมีผลทำให้การลู่เข้าสู่คำตอบของ GA ช้า เนื่องมาจากโครโมโซมที่ด้อยกว่ามีโอกาสในการถูกคัดเลือกที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ (อาทิตย์ ศรีแก้ว, 2002)

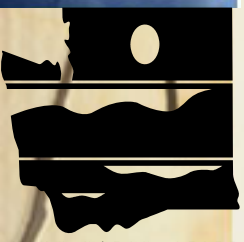
สรุปและข้อเสนอแนะ



สรุปผลการศึกษา

- เนื่องจากวิธีการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ภายในแบบจำลอง QUAL2Kw โดยใช้ GA Operators ต่างๆ ทั้งของ Charbonneau and Knapp (2002) และของ Goldberg (1989) and Michalewicz (1992) มีทั้งจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกันไป

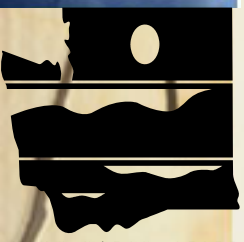
- อย่างไรก็ตาม GA Operators ของทั้ง 2 รูปแบบสามารถจำลองคุณภาพน้ำของแม่น้ำลำตะคองได้ใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ ยกเว้นค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (TCB) ของช่วงลำน้ำที่ 5 ที่ไม่สามารถจำลองได้เนื่องจากขาดข้อมูลที่จะนำมาคำนวณภาระโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดที่ระบายลงสู่แม่น้ำลำตะคอง



ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1) การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้นำข้อมูลของจุดสูบน้ำ (point abstraction) มาใช้รวมด้วยจึงทำให้การคาดการณ์ลักษณะทางชลศาสตร์มีความคลาดเคลื่อน

2) ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าความสำคัญของปัจจัย (Weighting factor) ของแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง QUAL2Kw



ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป (ต่อ)

3) ควรมีการศึกษาค่าแอมโมเนียจากฟาร์มสุกรเพิ่มเติมเพื่อให้แบบจำลองสามารถจำลองค่า แอมโนเนียไนโตรเจนได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

4) ควรมีการศึกษาปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนระบายแต่ละแห่งให้ไปเจือจางมลพิษให้อยู่ในแกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความสามารถในการรองรับของเสียสูงสุดรายวันด้วย

5) ในการพัฒนาแบบจำลอง QUAL2Kw ควรใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากหากใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณนานมาก หากเป็นไปได้ในการทำส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (GUI) ควรใช้โปรแกรมสำหรับการคำนวณโดยเฉพาะเนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาได้จะมีความเร็วมากกว่าโปรแกรมที่พัฒนาจาก VBA

Thank You for your Attention

Q & A

กิตติกรรมประกาศ

- ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ที่ให้โอกาส และสนับสนุนทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยและขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กัมปนาท ภักดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.จำลอง อรุณเลิศอารีย์ อาจารย์ ดร.ทองเปลว กองจันทร์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนการตรวจแก้ไขโครงร่างวิทยานิพจน์จนกลายเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อีกทั้งยังให้ ประสบการณ์การทำงานที่ดีและมีคุณค่าอย่างยิ่งเพื่อปรับไปใช้ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย