

11 เดือนกับงานด้านการพัฒนาแหล่งน้ำที่นิวซีแลนด์

ดร.อินทรชัย หอวิจิตร *

บทนำ

ผู้เขียนได้รับทุนจากรัฐบาลนิวซีแลนด์ ผ่านทางสำนักงานพัฒนาแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ ให้ไปฝึกงานภาคปฏิบัติในด้านการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยไปทำงานอยู่ที่ Science Centre (ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งของ Ministry of Works and Development) ในเมือง Christchurch เป็นเวลารวมทั้งสิ้น ๑๑ เดือน ออกเดินทางจากประเทศไทยราวกลางเดือนกันยายน ๒๕๒๔ และกลับเข้าปฏิบัติราชการตามเดิมเมื่อปลายเดือนสิงหาคม ๒๕๒๕ นี้

ด้วยเวลาและโอกาสอันจำกัดในประเทศนิวซีแลนด์ ผู้เขียนไม่แน่ใจว่าจะสามารถสรุปงานด้านการพัฒนาแหล่งน้ำของประเทศนี้ได้อย่างถูกต้องชัดเจนนัก แต่ด้วยสำนึกที่ว่าสิ่งที่ได้พบเห็นมาอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นบ้างจึงได้พยายามเรียบเรียงเป็นลักษณะของรายงาน ตั้งแต่เริ่มทำงานจนเสร็จสิ้นเป็นรายงานเฉพาะงานที่ได้ทำมาจริง ๆ โดยไม่สอดแทรกความคิดเห็นหรือข้อสรุปส่วนตัวไว้เลย

เดือนกันยายน ๒๕๒๔ - เดือนมกราคม ๒๕๒๕

ได้เข้าฝึกอบรมกับ Hydrology Group ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งของ Science Centre ลักษณะงานที่ทำแบ่งได้เป็น ๒ ลักษณะคือ งานสนามและงานประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล

ก. งานสนาม พื้นที่ที่หน่วยงานสนามนี้ต้องรับผิดชอบคือ ทางตอนเหนือของ Canterbury plain ได้มีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ เพื่อวัดระดับน้ำในแม่น้ำที่สำคัญทุกสาย ก่อสร้างสะพานหรือสายเคเบิลข้ามแม่น้ำ เพื่อใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ ตลอดจนการเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำนั้น ๆ สำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับฝนตกนั้นได้มีการศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการที่จะติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ โดยเลือกเอาจุดที่วัดค่าฝนตกได้ใกล้เคียงที่สุดกับค่า Catchment Mean Rainfall ของพื้นที่รับน้ำฝนนั้น ซึ่งบางแห่งรถเข้าไม่ถึงต้องเดินขึ้นเขาว่าครึ่งชั่วโมง

เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติที่ใช้มีอยู่ ๒ แบบคือ แบบใช้ลูกลอย (float-operated) และแบบใช้ความดัน (pressure-bulb operated) สำหรับแบบแรกที่ใช้กันมากจะเป็นแบบ digital punched tape recorders (เช่น Leupold & Stevens และ Fisher & Porter) ซึ่งจะเจาะค่าที่วัดได้ลงบน paper tape ที่สามารถนำเข้าไปเครื่องอ่านข้อมูลเข้าเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ทันที (เราสามารถอ่านเองออกมาเป็นตัวเลขได้) โดยมีความละเอียดถึง ๑ มม. สามารถตั้งช่วงเวลาในการวัดค่าได้เป็นทุก ๆ ๖ หรือ ๑๕ นาที (๑๕ นาที สำหรับการวัดระดับน้ำ) สำหรับ-

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

แบบใช้ความดันจะใช้ circular chart ในการบันทึกระดับน้ำโดยต่อเนื่อง (เช่น Foxboro recorders) เครื่องวัดเหล่านี้ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ชาร์จไฟใหม่ได้ทุก ๆ ๓ เดือน

เครื่องวัดฝนตกอัตโนมัติที่ใช้ยังมี ๒ แบบคือ แบบ tipping bucket และแบบชั่งน้ำหนัก (weighing) ทั้งสองแบบนี้ทาง WSISC ของนิวซีแลนด์ (Water and Soil Instrument Service Centre) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีความชำนาญด้านเครื่องมือและให้บริการในด้านนี้เพียงแห่งเดียวในประเทศ) ได้ดัดแปลงให้นำมาใช้กับ Fisher & Porter recorders ทำให้สามารถวัดและบันทึกฝนตกได้ว่าฝนตกเมื่อใด เป็นเวลานานเท่าใด (ละเอียดถึง ๖ นาที) และตกทั้งหมดกี่ มม. (ละเอียดถึง ๐.๕ มม.) ข้อมูลทั้งหมดนี้จะถูกบันทึกในรูปของ paper tape ซึ่งสามารถ process ต่อไปได้ง่ายเช่นเดียวกับการตีของเทปจากเครื่องวัดระดับน้ำ

นอกจากนี้ทาง WSISC ยังได้ดัดแปลง F & P recorders ให้ใช้บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ต้องการพร้อม ๆ กันหลาย ๆ ค่า เช่น ค่าความเร็วของลมจาก Anemometers ๓ ตัวที่ระดับต่าง ๆ กัน ค่าฝนตกจากเครื่องวัดแบบ tipping bucket แต่ไม่แพร่หลายเนื่องจากค่อนข้างยากแก่การตรวจสอบของเจ้าหน้าที่สนาม

เจ้าหน้าที่ประจำในหน่วยงานสนามโดยทั่วไปจะประกอบด้วยหัวหน้าหน่วยและลูกมืออีก ๒ คน หัวหน้าหลักของหน่วยนี้ประกอบด้วยงานประจำและงานพิเศษ งานประจำได้แก่การออกเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากเครื่องวัด ตลอดจนการดูแลรักษาเครื่องมือเครื่องวัดต่าง ๆ ในสนามให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี นอกจากนี้หน่วยงานสนามยังต้องมีหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลที่ไดมาจากสนาม ตลอดจนการแก้ไขเบื้องต้นเพื่อให้พร้อมที่จะนำไปเก็บรวมในคลังข้อมูลต่อไป รายละเอียดของงานประจำมีดังนี้.-

๑. งานเกี่ยวกับการวัดระดับน้ำในแม่น้ำ ได้แก่ การออกไปเก็บรวบรวม paper tape จากเครื่องบันทึกอัตโนมัติในสนามและติดตั้งแท่นวัดใหม่ การเปลี่ยนแบตเตอรี่เพื่อนำของเก่ากลับมาชาร์จ ตลอดจนการตรวจสอบเครื่องบันทึกตรวจสอบสภาพทั่ว ๆ ไปของสถานที่ตั้งเครื่องบันทึก ตรวจสอบ static tubes ว่ามีอะไรอุดตันในท่อหรือไม่ มีเศษหญ้าหรือหินมาปิดปลายท่อหรือไม่ เป็นต้น

๒. งานเกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น current meter ซึ่งใช้อยู่ ๓ ขนาดคือแบบ Pygmy, Gurley และ Ott แบบแรกใช้กับลำน้ำขนาดเล็กและไม่ไหลเร็วจนเกินไป แบบที่สองเป็นแบบที่ใช้กับแม่น้ำส่วนใหญ่ได้ ส่วนแบบที่สามใช้กับแม่น้ำที่มีระดับน้ำท่วมขึ้นสูงกว่าระดับปรกติ ในการนับรอบการหมุนของเครื่องเหล่านี้ใช้ทั้งวิธีนับจากการมอง และนับสัญญาณไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำ การใช้ current meter นั้นมีหลายลักษณะคือถ่วงด้วยน้ำหนักแล้วหย่อนลงสู่แม่น้ำจากสะพานข้ามแม่น้ำ หรือจากกระเช้าซึ่งแขวนอยู่บนเคเบิลข้ามแม่น้ำหรือจากหัวของ jet boat ที่ถูกบังคับให้หยุดนิ่งตามจุดต่าง ๆ ตามภาคตัดขวางของแม่น้ำ หรือติดกับแท่งเหล็กแล้วเดินลุยน้ำวัด (wading)

นอกจากนี้ยังมีการวัดอัตราการไหลของน้ำแบบอื่น ๆ ตามสภาพความเหมาะสมคือการใช้ Calibrated structures เช่น การสร้าง sharp-crested weirs, compound weirs เป็นต้น และการใช้สารเคมี (chemical or dilution gauging) สารเคมีที่ใช้เป็น tracer มีหลายสาร

เช่น fluorescein, sodium chloride เป็นต้น

เจ้าหน้าที่หน่วยสนามจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการวัดในสนามมาคำนวณเพื่อหาอัตราการไหลของแม่น้ำ โดยใช้ programmable calculator และเก็บรวมข้อมูลเพื่อนำไปเขียนกราฟ-ความอิ่มันซ์ (Rating curves) ระหว่างระดับน้ำในแม่น้ำกับอัตราการไหลของแม่น้ำในขณะนั้นต่อไป

ค. งานเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ตะกอน (Sediment sampling) จะเก็บตัวอย่างน้ำที่ ๓ ตำแหน่ง ซึ่งแบ่งความกว้างของแม่น้ำออกเป็น ๔ ส่วนเท่า ๆ กัน โดยประมาณ โดยการค่อย ๆ หย่อนขวดซึ่งถ่วงด้วยน้ำหนัก (ขวดขอยู่ในแนวราบโดยหันปากขวดไปทางเหนือ) จนกระทั่งถึงพื้นแม่น้ำแล้วค่อยดึงขึ้นความเร็วในการหย่อนลงและดึงขึ้นควรเท่า ๆ กัน เพื่อให้ได้น้ำจากส่วนลึกต่าง ๆ จำนวนเท่า ๆ กัน และควรให้น้ำเต็มขวดพอดีเมื่อกลับขึ้นมาถึงผิวน้ำ ตัวอย่างน้ำที่ได้จะถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ เมื่อได้รับผลการวิเคราะห์แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณของตะกอนทั้งหมดและรวบรวมผลไว้เพื่อการทำ Sediment rating curves ต่อไป

๔. งานเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลของฝนตก ได้แก่ การออกไปเก็บรวบรวม paper tape จากเครื่องบันทึกอัตโนมัติในสนามและติดตั้งเทป่วนใหม่ การเปลี่ยนแบตเตอรี่ ตลอดจนการตรวจสอบเครื่องบันทึกและสภาพทั่วไปโดยรอบ

๕. งานเกี่ยวกับการจัดและตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อนที่จะส่งข้อมูลที่ได้ออกให้หน่วยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล หน่วยสนามจะต้องตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลว่ามีความผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในสนาม เช่น นาฬิกาของเครื่องบันทึกเดินช้าหรือเร็วกว่าปรกติ เทปติดพันทำให้เครื่องหยุด ค่าที่อ่านได้จากเครื่องต่างจากค่าเป็นจริงในสนามมาก หรือความผิดพลาดเกิดจากเครื่องอ่านเทป เป็นต้น เนื่องจากหน่วยสนามย่อมจะมองเห็นภาพได้ชัดเจนกว่า ว่าเหตุควรเกิดจากอะไร ความผิดพลาดของข้อมูลนอกเหนือจากนี้หน่วยประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นผู้แก้ไขเพิ่มเติมอีกครั้งตอนประมวลข้อมูลประจำปี ซึ่งทำให้เห็นลักษณะการต่อเนื่องของข้อมูลได้เด่นชัดเจน

นอกเหนือจากงานประจำดังกล่าวแล้วยังมีงานพิเศษที่หน่วยงานสนามจะต้องทำคือ การค้นคว้าวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของงานประจำที่ทำอยู่ เช่น ได้ศึกษาหาสูตรสำเร็จในการคำนวณหา Conductivity ของน้ำในแม่น้ำที่อุณหภูมิมาตรฐานจากที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันในสนาม ซึ่งให้ค่าที่แม่นยำมากเมื่อเทียบกับผลจากการทดลองการศึกษาการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำแบบ dilution gauging โดยใช้น้ำเกลือเป็น tracer การทำงานจะเป็นไปโดยอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำในลำน้ำสูงขึ้นถึงระดับที่ตั้งไว้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากทำให้ได้ข้อมูลของอัตราการไหลของน้ำที่ระดับที่ต้องการเป็นต้น นอกจากนี้หน่วยงานสนามยังต้องออกแบบ เครื่องมือหรือก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยเหล่านี้เอง ถ้าไม่ใหญ่โตเกินไปนักและยังต้องทำงานสนามในลักษณะที่เกี่ยวข้องนี้ บริการให้กับหน่วยงานอื่น ๆ ที่ขอความช่วยเหลือมา

ข. งานประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล หน่วยงานนี้ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ ๓ คน แต่ละคนรับผิดชอบการประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานสนามจากแต่ละพื้นที่ (นอกจากหน่วยสนามที่ประจำพื้นที่ North Canterbury ดังกล่าวแล้ว ยังมีหน่วยประจำพื้นที่แถบ Westcoast อยู่ที่เมือง Greymouth และหน่วยประจำพื้นที่แถบ Lake Tekapo อยู่ที่เมือง Tekapo อีกด้วย โดย ๒ หน่วยนี้

จะส่งเจ้าหน้าที่เข้ามาที่ Science Centre เมือง Christchurch ทุกเดือน เพื่อจัดการและตรวจสอบข้อมูลโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวในข้อ ๔) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้แต่เดิมคือ IBM 370/168 ซึ่งอยู่ที่ Vogel Computer Centre ที่ Wellington ภายหลังได้เปลี่ยนแปลงให้มีสมรรถภาพสูงขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มจำนวน terminals ตามหน่วยงานต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยใช้ได้พร้อมกันประมาณ ๑๕๐ users ที่ Science Centre มี terminals ให้ใช้ได้ทั้งหมด ๔ เครื่อง นอกจากนี้ยังมี Mini-computer ของ PDP 11/23 พร้อม terminals ๒ เครื่องและ Micro-computers ของ Altos อีกหลายเครื่อง

ทางด้าน software ของคอมพิวเตอร์นั้นมียุ่่มากมายสำหรับทุก ๆ สาขาของงานของ Ministry of Works and Development ที่ใช้มากที่สุด ในหน่วยงานนี้คือ TIDEDA (ซึ่งย่อมาจาก Time Dependent Data) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ของนิวซีแลนด์เป็นผู้คิดค้นขึ้นเอง และเชื่อกันว่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้ (ในปัจจุบันกำลังมีการพัฒนาและปรับปรุง LADEDA ซึ่งย่อมาจาก Land Dependent Data เพื่อใช้ในงาน Land resources อย่างมีประสิทธิภาพ) นอกจากนี้ยังมี ICES (Integrated Civil Engineering System) ซึ่งแบ่งเป็นระบบย่อย ๆ ได้อีกมากมาย

หน้าที่หลักของกลุ่มนี้ได้แก่การจัดการระบบการประมวลข้อมูลในสำนักงาน จัดส่งข้อมูลที่ได้จากหน่วยสนามในรูปของ diskette ไปที่ Vogel Computer Centre เพื่อบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมลงในม้วนเทปหลัก งาน Editing เพื่อแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลส่วนที่ขาดหายไปตามเหตุผลที่เห็นสมควร พร้อมกับมี comment กำกับไว้ด้วย นอกจากนี้ยังต้องจัดทำ Rating curves ทั้งของระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหลและตะกอนกับอัตราการไหล เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอจากหน่วยสนาม และเป็นผู้คำนวณหา Catchment mean rainfall จากข้อมูลที่ได้จากฝ่ายสนาม เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้ง rain gauge (Catchment representative) งานพิเศษสำหรับหน่วยงานนี้ได้แก่การบริการแก่หน่วยงานอื่น ๆ ด้านให้ข้อมูลหรือแนะนำการที่จะนำข้อมูลออกมาใช้ เป็นต้น

เดือนกุมภาพันธ์ - เดือนเมษายน ๒๕๒๔

ได้ย้ายเข้ามาปฏิบัติงานกับ Groundwater Group ซึ่งเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งของ Science Centre โดยเข้าปฏิบัติงานกับหน่วยที่ทำงานเกี่ยวกับ computer modelling ซึ่งในขณะนั้นเพิ่งได้รับอนุมัติให้ทำการศึกษาระบบการไหลของน้ำใต้ดินที่ Waimea alluvial basin อยู่ทางตอนเหนือของเกาะใต้ ลักษณะทั่วไปของบริเวณนี้จะประกอบด้วย aquifers ๓ ชั้น ชั้นบนสุดเป็นแบบ unconfined คอมพิวเตอร์โปรแกรม (FORTRAN) ที่ใช้เป็นของ USGS ซึ่งได้รับการปรับปรุงโดย P.C.Trescott เพื่อที่จะนำเอา head-dependent river recharge และ groundwater evaporation มาคิดในการคำนวณด้วย model นี้ มีลักษณะเป็น quasi-three dimensional model ซึ่ง leakage ระหว่าง aquifers มีผลในการคำนวณด้วยที่เรียกเป็น "quasi" เพราะว่าไม่ได้กำหนดให้มี nodes แทนชั้นของ aquicludes แต่การไหลในแนวตั้งผ่าน aquicludes เกิดขึ้นได้โดยให้มีค่า leakage ของแต่ละ node ของ aquifer ที่อยู่ต่ำลงไป

การฝึกงานในช่วงนี้ได้ใช้ terminal ซึ่งต่อตรงกับ Vogel Computer Centre เป็นส่วนใหญ่ ได้ช่วยในการจัดข้อมูลเบื้องต้นสำหรับ model นี้ ตลอดจนข้อมูลเบื้องต้นสำหรับตรวจสอบ model ซึ่งเป็นข้อมูลง่าย ๆ สำหรับกรณีอื่น ๆ อีกด้วย ได้ช่วยในการปรับปรุงผลที่ได้ออกมาจากโปรแกรมดั้งเดิมให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับสภาพใช้งานยิ่งขึ้น และยังได้ร่วมในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการใช้ model จนสำเร็จกลายเป็น model ที่พร้อมสำหรับการปรับปรุงในขั้นต่อไป

เดือนพฤษภาคม - เดือนมิถุนายน ๒๕๒๔

ได้ย้ายเข้ามาทำงานกับ Irrigation Department เป็นหน่วยงานหนึ่งของ Ministry of Works and Development ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับการชลประทานในเขต Canterbury Plain การชลประทานส่วนใหญ่ในพื้นที่นี้ เพื่อใช้น้ำในการปลูกหญ้าสำหรับใช้เลี้ยงแกะ ระบบชลประทานที่ใช้แบ่งเป็น ๒ ระบบใหญ่ ๆ คือ Border-dyke irrigation และ Spray irrigation น้ำที่ใช้มีทั้งมาจากแม่น้ำ และน้ำจากน้ำบาดาล สำหรับงานที่ได้ร่วมทำกับแผนกนี้เป็นการใช้ภาษา TIDEA ในการจำลองการไหลของ Rakaia river จากข้อมูลในช่วง ๑๐ ปีหลัง เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ ดูความเป็นไปได้ในการที่จะเพิ่มน้ำในแม่น้ำในช่วงหน้าแล้ง โดยการปล่อยน้ำจาก Lake Coleridge ผ่านทางโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากขณะนั้นทางแผนกกำลังมีปัญหาในโครงการชลประทานขนาดใหญ่ โครงการหนึ่งซึ่งจะต้องใช้น้ำจากแม่น้ำ Rakaia แต่ได้รับการคัดค้านจากบรรดานักตกปลาและนักอนุรักษ์ธรรมชาติทั้งหลาย จนโครงการนี้ถูกระงับไปในภายหลัง

เดือนกรกฎาคม - เดือนสิงหาคม ๒๕๒๔

ได้เข้าทำงานกับ Resource Investigations Division ซึ่งเป็นแผนกหนึ่งของ North Canterbury Catchment Board and Regional Water Board แผนกนี้ประกอบด้วยหน่วยงานย่อย ๆ หลายหน่วยคือ Water Quality, Surface Hydrology, Graphics, Land Resources, Groundwater Geology และ Computer ส่วนใหญ่ได้ทำงานกับหน่วย Groundwater และ Water Quality

งานของหน่วย Groundwater ที่ต้องทำอยู่เป็นประจำคือการออกสนามไปวัดค่าระดับน้ำในบ่อต่าง ๆ ซึ่งกระจายอยู่โดยทั่วไปในเขตความรับผิดชอบ มีอยู่ประมาณ ๒๕ บ่อ ที่ต้องออกไปวัดทุกอาทิตย์นอกนั้นอาจเป็นเดือนหรือสองเดือนต่อครั้ง งานที่ทำเป็นครั้งคราวคือการทำวิจัยและการทดสอบเพื่อศึกษาคุณสมบัติของ aquifers ต่าง ๆ เป็นต้น งานของหน่วย Water Quality ซึ่งเป็นงานวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในห้องปฏิบัติการมักทำควบคู่ไป และให้บริการกับหน่วย Groundwater

งานที่ได้ช่วยทำกับแผนกนี้คือ ได้ช่วยในการเขียนคอมพิวเตอร์โปรแกรม (คอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ PDP 11/23) สำหรับใช้กับ Plotter ในการเขียน finger print diagrams และช่วยในการทำ step-drawdown test และ aquifer test ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวจนเสร็จสิ้น

สรุป

ผู้เขียนหวังว่ารายงานนี้คงเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย และผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อสำนักงานพัฒนาแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ รัฐบาลนิวซีแลนด์ในโอกาสนี้ด้วย.

.....