

การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชุดดินเกาะสี่ช้างสำหรับแบบจำลอง SWAT

A Study of Engineering Properties of the Soil on Si-Chung Island for SWAT Modeling

วิรัตน์ ท.เพียรเจริญ¹ อูมา สิบุญเรือง² อุเบ ศิริแก้ว^{3*} ธนกร ภูสุวรรณ⁴ และ พิณช ชนชัยโชคศิริกุล³

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

² ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

³ อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

*Corresponding author; E-mail address: uba.si@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เกาะสี่ช้างเป็นเกาะท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง แต่ด้วยขนาดพื้นที่ที่มีขนาดเล็กเพียง 4 ตารางกิโลเมตร และด้วยสภาพทางธรณีวิทยาที่เป็นชั้นหินปูนและหินดินดาน ทำให้ช่วงฤดูฝนมีปริมาณฝนมาก เกิดน้ำท่าในปริมาณมาก แต่ในช่วงแล้งกลับประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด ทางชุมชนจึงต้องซื้อน้ำจาก อ.ศรีราชา ซึ่งมีราคาแพงมาบริโภค เสียโอกาสทางเศรษฐกิจและส่งผลถึงคุณภาพชีวิตของประชาชน แหล่งน้ำบาดาลที่ค้นพบยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ เนื่องจากเป็นชั้นน้ำบาดาลในหินผุ แนวทางการแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องกักเก็บน้ำท่าผิวดินที่มีปริมาณมากในฤดูฝนไว้ใช้ในฤดูแล้ง ดังนั้นการประเมินศักยภาพน้ำท่าผิวดินบนเกาะขนาดเล็กจึงเป็นสิ่งที่จะต้องทำเร่งด่วน ปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มีเครื่องมือเสริมเพื่อจำลองปริมาณน้ำท่าผิวดิน ชื่อว่า แบบจำลองวัฏจักรทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool: SWAT) ช่วยคำนวณกระบวนการย่อยของวัฏจักรอุทกวิทยา แต่จำเป็นต้องทราบพารามิเตอร์จำนวนมาก เช่น คุณสมบัติของดินมีผลต่อปริมาณน้ำท่าผิวดิน เป็นต้น การประเมินปริมาณน้ำท่าที่แม่นยำจำเป็นต้องมีตัวแปรตั้งต้นที่ถูกต้อง สำหรับพารามิเตอร์ดินของเกาะสี่ช้าง ยังไม่มีผลการศึกษาตรวจสอบดินที่เผยแพร่ในวงกว้างและฐานข้อมูลดินของ QSWAT ไม่ครอบคลุมพื้นที่เกาะสี่ช้าง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแผนที่ชุดดิน (Soil Map) ในพื้นที่เกาะสี่ช้างเพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นในการจำลองปริมาณน้ำท่าผิวดินโดยรวบรวมข้อมูลดิน ร่วมกับการทดสอบตัวอย่างดินจำนวน 14 ตำแหน่งแบ่งขอบเขตอิทธิพลของดินแต่ละตัวอย่างด้วย Thiessen Polygon ผลการศึกษาพบว่าดินบนเกาะสี่ช้างส่วนใหญ่จำแนกได้เป็นดินทรายปนดินเหนียว จัดกลุ่มดินทางอุทกวิทยาได้กลุ่ม C และ D ค่าการซึมได้ในสภาพอิ่มตัวต่ำ มีศักยภาพน้ำท่าผิวดินสูง

คำสำคัญ: แผนที่ชุดดิน, แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT, ศักยภาพน้ำท่าผิวดิน, สารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

Si-Chung Island is a tourist destination, although it covers an area of 4square kilometers. The geologic stratification consists of marble and sandstone. The heavy rain fell in rainy

season, but the water was insufficient in dry season. The governor needs to buy fresh water from Sracha's mainland, which high cost. Water shortage can reduce economic potential and negatively impacts of lives. The discovered groundwater resources were insufficient for demand due to the aquifers. Thus, surface water exploitation must perform properly. Estimation of surface runoff on small islands can be performed using Geographic Information System (GIS), which contains an extension Soil and Water Assessment Tool (SWAT) for calculate hydrological cycle, many parameters required. Some of them are SOL (Soil parameters) that impact surface runoff quantities. In case of Si-Chung Island, there are no available data for soil series, it was unable to meet reliable soil data. The purpose of this research to determine soil map and soil parameters, based on testing result. Soil sample was collected 14 locations all over the island, divided soil region by using Thiessen polygon. The initial soil data of Si-Chung Island was generated. The results showed that most of the soils on Si-Chung were classified as sandy clay soils. Hydrological soils can be classified to group C and D. Saturated hydraulic conductivity is low and high surface runoff potential.

Keywords: Soil map, SWAT, Surface Runoff Potential, GIS

1. บทนำ

การแก้ปัญหาขาดแคลนน้ำของเกาะขนาดเล็ก จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้าน หากแนวทางการแก้ปัญหาไม่ใช้ทั้งการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลหรือขนส่งน้ำจากแผ่นดินศรีราชา จ.ชลบุรี อย่างใดอย่างหนึ่ง การแก้ปัญหาขาดแคลนควรทำอย่างบูรณาการ [1] แต่ขาดแคลนข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมิน เช่น ปริมาณน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณน้ำใต้ดิน เป็นต้น การประเมินปริมาณน้ำต้นทุนบนเกาะขนาดเล็กเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การสร้างแผนการจัดการน้ำจืดสำหรับเกาะขนาดเล็ก ในปัจจุบันมีการใช้แบบจำลองวัฏจักรทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool: SWAT) ช่วยประเมินน้ำท่าที่เกิดจากฝน [2] แต่ระหว่างการรวบรวมข้อมูลประสบปัญหาขาดแคลนข้อมูลดินสำหรับ SWAT ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นที่จำเป็น

สำหรับการประเมินน้ำท่า พารามิเตอร์ดินที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าอย่างมาก ได้แก่ SOL_K และ SOL_AWC [3] การสำรวจภาคสนามและทดสอบคุณสมบัติของดินบนเกาะสี่ซังทำให้เข้าใจข้อมูลเชิงพื้นที่และช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ดินที่ไม่ทราบค่าลงได้ ส่วนแผนที่ข้อมูลดินเป็นประโยชน์ที่ได้รับจากผลทดสอบคุณสมบัติของดิน โดยองค์ประกอบแผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนพารามิเตอร์ดินและแผนที่ [4]

พารามิเตอร์ดินจะได้จากการทดสอบดินแบบบูรณาการทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการจำนวน 14 ตำแหน่ง โดยมุ่งเน้นการทดสอบพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อการประเมินน้ำท่าและสามารถหาได้ด้วยวิธีการทดสอบดินทางปฐพีกลศาสตร์ พารามิเตอร์ดินทั้งหมดถูกเรียบเรียงเป็นตารางสำหรับใช้ป้อนค่าในตารางฐานข้อมูล SWAT

การสร้างแผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินจะถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนขอบเขตของดินโดยการแบ่ง Thiessen Polygon ผลลัพธ์จะได้แผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) และพารามิเตอร์ดินที่ได้จากการทดสอบซึ่งพร้อมนำไปใช้งานต่อไป

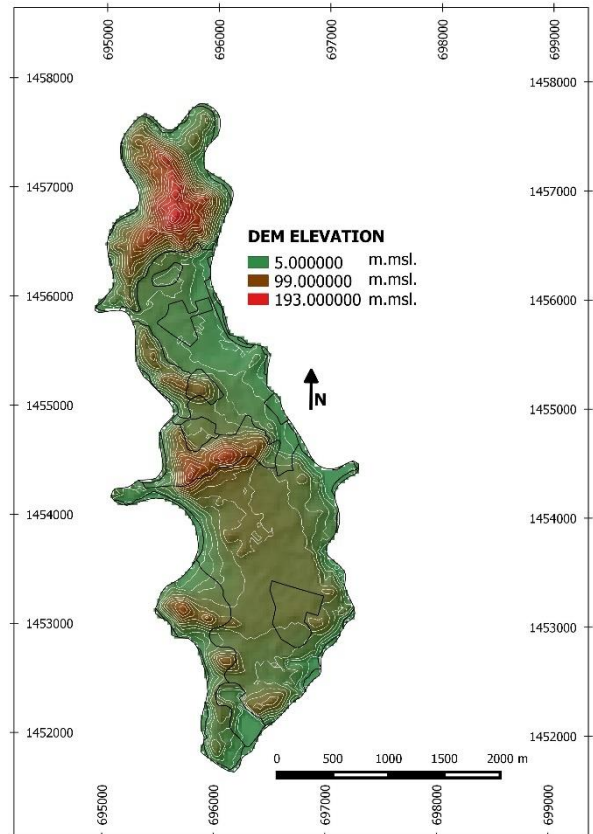
2. ข้อมูลและวิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่เกาะสี่ซัง ต.ท่าเวียง อ.เกาะสี่ซัง จ.ชลบุรี ตั้งอยู่ในทะเลอ่าวไทยบนระบบพิกัด UTM zone 47N พิกัด 694901E, 1457696N ถึง 697435E, 1451623N ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณเกาะสี่ซังแสดงดังรูปที่ 1 มีพื้นที่เกาะ 6.45 km² เส้นรอบรูป 16.86 km ระดับความสูงมีค่าตั้งแต่ 5 m.msl ถึง 193 m.msl ดังรูปที่ 2 ลักษณะทางธรณีสัณฐานเป็นหินปูนแปรสภาพและหินดินดาน ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงมีความลาดชัน 30–60% ปกคลุมด้วยป่าผลัดใบสมบูรณ์ มีที่ราบลุ่มบริเวณตอนบนของเกาะซึ่งเป็นเขตชุมชน สถานที่ราชการและอ่างเก็บน้ำ มีความลาดชัน 2–10% แต่ไม่มีแม่น้ำสายหลัก มีเพียงลำธารธรรมชาติที่ไม่ได้มีน้ำตลอดทั้งปี บริเวณตอนล่างเป็นที่ราบสูงปกคลุมด้วยผลัดใบร่อนฟูสภาพ โรงงานอุตสาหกรรม ท่าเรือน้ำลึกและบ่อลูกรังที่เหลือจากการระเบิดหิน ความลาด 7.5–35% เมื่อฝนตกก็จะมิน้ำท่าผิวดินไหลตามถนน สนามหญ้า บางจุดมีน้ำไหลผ่านบ้านเรือนประชาชน เมื่อหมดฝนน้ำท่าผิวดินก็จะหมดไปอย่างรวดเร็วทำให้ขาดแคลนน้ำจัดในฤดูแล้ง



รูปที่ 1 ภาพถ่ายทางอากาศพื้นที่ศึกษาเกาะสี่ซัง จ.ชลบุรี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) [5]



รูปที่ 2 DEM ส่วนเกาะสี่ซัง ระยะเวลา 51352 ขนาด 30x30m (กรมแผนที่ทหาร, 2564) [6]

2.2 การรวบรวมข้อมูล

2.2.1 การรวบรวมข้อมูลดินจากภาครัฐ

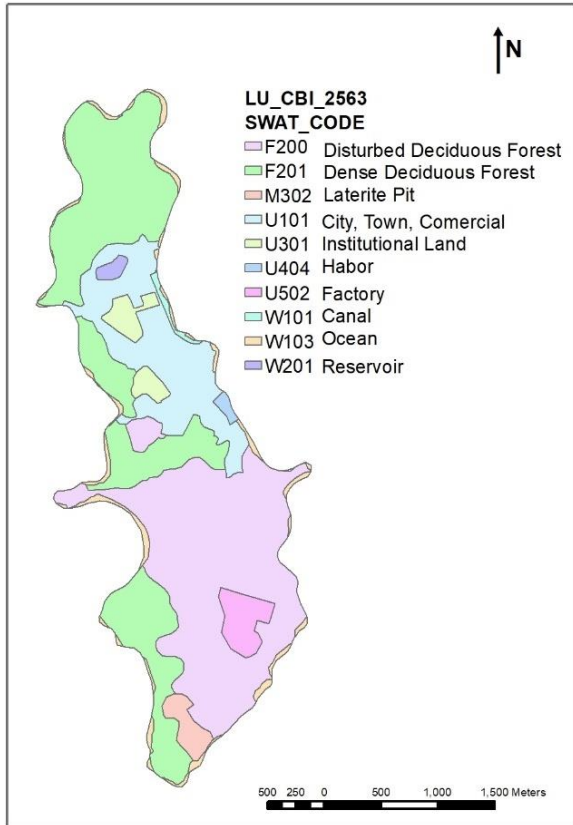
ฐานข้อมูลชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2564 [7] ไม่ได้สำรวจชุดดินบนเกาะสี่ซังไว้ จึงระบุเป็นชุดดินเกาะ ซึ่งใช้สัญลักษณ์อักษร I (Island) หมายความว่ายังไม่ได้สำรวจ ต่อมาส่วนปฐพีกลศาสตร์ กรมชลประทาน พ.ศ. 2564 [8] ได้ออกรายงานการตรวจสอบอ่างเก็บน้ำเกาะสี่ซัง โดยมีกรทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้บริเวณอ่างทั้งหมด 6 จุด ได้เฉลี่ย 7.78×10^{-6} cm/s ซึ่งเป็นของชั้นแผ่นดินเหนียว (Geosynthetic Clay Liner: GCL) เห็นได้ชัดว่ามีความตึบน้ำ กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2564 [9] ได้เผยแพร่แผนที่ชุดหินและรอยแตกครอบคลุมพื้นที่เกาะสี่ซังเป็นหินดินดาน หินอ่อนเนื้อโตไลต์และหินเชิร์ต

2.2.2 การรวบรวมข้อมูลดินจากฐานข้อมูล SWAT

จากการรวบรวมข้อมูลดินจากฐานข้อมูลชุดดิน SWAT [10] ได้ทำการแบ่งกลุ่มดินบริเวณพื้นที่เกาะสี่ซังเป็นชนิดเดียวซ้อนกันจำนวน 2 ชั้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ชั้นหน้าดิน 12 mm/h และชั้นถัดไป 23 mm/h ความลึกของชั้นหน้าดิน 30 cm และชั้นถัดไป 100 cm รวม 130 cm หลังจากนั้นจะถือว่าเป็นหินตึบน้ำ โดยฐานข้อมูลดังกล่าวถูกใช้เป็นเพียงข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้จากการทดสอบ

2.2.3 การรวบรวมข้อมูลการใช้ที่ดิน

นำแผนที่การใช้ที่ดิน (Land use) ปี พ.ศ. 2563 ของจังหวัดชลบุรี มาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดินในรูปแบบ Polygon-Shapefile ดังรูปที่ 3 พื้นที่ที่เป็นเมือง ชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมรวมคิดเป็น 21.25% ของพื้นที่เกาะ พื้นที่ดังกล่าวมีแนวโน้มที่มีปริมาณน้ำท่าผิวดินมาก เนื่องจากเป็นพื้นคอนกรีต หลังคา บ้านเรือน ส่วนที่เหลือพื้นที่ป่าบ่อลูกรังและแหล่งน้ำธรรมชาติ ศักยภาพของน้ำท่าผิวดินขึ้นกับคุณสมบัติของดินและการใช้ที่ดินแต่ละตำแหน่ง [11]



รูปที่ 3 แผนที่การใช้ที่ดิน (Land Use Map) เกาะสีชัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

2.3 ขอบเขตการศึกษา

จากการศึกษาโปรแกรม SWAT ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์น้ำท่าซึ่งทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าข้อมูลดินถือเป็นข้อมูลที่สำคัญซึ่งยังขาดข้อมูลในส่วนนี้อยู่ การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาข้อมูลดินจากการทดลองทางห้องปฏิบัติการและภาคสนามเพื่อนำเข้าแบบจำลอง SWAT โดยยังไม่ได้มีการสอบเทียบและตรวจทานข้อมูลผ่านโปรแกรม

2.4 การเก็บตัวอย่างดิน

2.4.1 การวางแผนเก็บตัวอย่างดิน

การเลือกตำแหน่งเก็บดินมุงเน้นบริเวณที่ใกล้ลำน้ำธรรมชาติหรืออยู่ใกล้เส้นทางการไหลของน้ำ สามารถเก็บตัวอย่างได้ 14 ตำแหน่ง ในชั้นต้นนี้ใช้เครื่องมือขุดเจาะด้วยมือ (Hand Auger) ขุดนำร่องเพื่อสำรวจระดับ

น้ำใต้ดินและระดับชั้นหิน (Bed Rock) ทุกจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง ความลึกหน้าดินเฉลี่ยประมาณ 100 cm หลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จจะใช้วิธีการถ่ายภาพและบันทึกพิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่าง

2.4.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

วิธีการเก็บตัวอย่างนี้มุ่งเน้นกระทำโดยไม่มีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์หนัก ดินเกาะสีชังมีสภาพเป็นดินที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) สามารถเก็บใส่ท่อด้วยวิธีการกดได้ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างดินเป็นท่อ PVC 4 นิ้ว ชั้นคุณภาพ มอก. 8.5 ความยาว 10 cm ใช้วิธีการกดท่อเก็บตัวอย่างลงในชั้นดินที่ต้องการจนได้ดินเต็มท่อและขุดดินรอบ ๆ ท่อเก็บตัวอย่างออกเพื่อให้สามารถหยิบท่อออกมาจากดินได้ จากนั้นท่อใส่ถุงพลาสติกใส มัดปากถุงให้แน่นหวนำกลับมาทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงในรูปที่ 4 การเก็บด้วยวิธีนี้ได้ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed sample) แต่จะถูกรบกวนบริเวณขอบในขั้นตอนการกด เนื่องจากกระบอกมีความหนา แต่ดินในกระบอกยังมีโครงสร้างมวลดินใกล้เคียงธรรมชาติและทราบปริมาณ



รูปที่ 4 ท่อที่ถูกกดลงในชั้นหน้าดินและตัวอย่างที่เก็บแล้วพร้อมนำกลับไปทดสอบ

2.5 พารามิเตอร์ดินใน SWAT

พารามิเตอร์ดินใน SWAT แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ พารามิเตอร์ทางกายภาพและพารามิเตอร์ทางเคมี ทางกายภาพเกี่ยวกับการไหลซึมของน้ำหรืออากาศในมวลดิน ทางเคมีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสารเคมีในมวลดิน ข้อมูลพารามิเตอร์ดินใน SWAT จะถูกหน่วยประมวลผลย่อย Hydrologic Response Units (HRUs) ดึงไปใช้ โดยตัว HRUs จะใช้ตาราง lookup (.csv) สำหรับจับคู่ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute) ในแผนที่ข้อมูลดิน (Soil Map) กับคุณสมบัติดินในฐานะข้อมูล SWAT ซึ่งหมายความว่าขอบเขตของดินแต่ละชนิดถูกกำหนดด้วยแผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) คุณสมบัติของชุดดินทางกายภาพถูกแทนที่ด้วยพารามิเตอร์ดินทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาของดินแต่ละชั้น (Z ในหน่วย mm) ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้ (AWC ในหน่วย mmH₂O/mm) ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินในสภาพอิ่มตัว (K ในหน่วย mm/h) เปอร์เซ็นต์ของตะกอนอินทรีย์ (CBN ในหน่วย % โดยน้ำหนักดิน) เปอร์เซ็นต์ของทราย เปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว เปอร์เซ็นต์ของตะกอนอินทรีย์ (% โดยน้ำหนักดิน) เปอร์เซ็นต์ของหิน (ROCK ในหน่วย % โดยน้ำหนักรวม) ดินแต่ละชนิดจะถูกจำแนกเป็นกลุ่มทางอุทกวิทยา (Hydrologic Soil Group: HYDRGP) A ถึง D ซึ่งดินกลุ่ม A เป็นดินที่มี

อัตราการซึมเร็วถึงแม้จะอ้อมตัวด้วยน้ำ ศักยภาพน้ำทำผิวดินต่ำ ตรงกันข้ามในดินกลุ่ม D เป็นดินที่เมื่ออ้อมตัวด้วยน้ำมีอัตราการซึมช้า เป็นดินเม็ดละเอียด บวมตัวได้ ให้ศักยภาพน้ำทำผิวดินสูง สำหรับชั้นผิวดิน (Surface Layer) ดินกลุ่ม A มีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้มากกว่า 254.0 mm/h ดินกลุ่ม B มีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ระหว่าง 84.0–254.0 mm/h ดินกลุ่ม C 8.4–84.0 mm/h กลุ่ม D มีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้น้อยกว่า 8.4 mm/h นอกจากนี้ยังสามารถประเมินการกัดเซาะจากปริมาณตะกอนสามารถใช้สมการตะกอน Universal Soil Loss Equation (USLE) เพื่อคำนวณได้เช่นกัน

2.6 การทดสอบตัวอย่างดิน

การทดสอบตัวอย่างดินมุ่งเน้นการหาพารามิเตอร์ดิน สำหรับการประเมินน้ำทำด้วย SWAT [12] พารามิเตอร์ทางกายภาพสามารถหาได้ด้วยวิธีทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ จับคู่ตัวแปร SWAT กับวิธีการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จับคู่พารามิเตอร์ดินตาม SWAT CODE กับวิธีการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์

SWAT CODE	DEFINITION	UNIT	LABORATORY
HYDGRP	Hydrologic Soil Group (A, B, C, D)	-	Permeability Test, In-Situ Field Test
SOL_BD	Bulk Density	T/m ³	Bulk Density Test
SOL_K	Saturated Hydraulic Conductivity	mm/h	Permeability Test, In-Situ Field Test
SOL_SILT	อนุภาคขนาดระหว่าง 0.050–0.002 mm	% By Soil Weight	Sieve Analysis, Hydrometer Test
SOL_CLAY	อนุภาคขนาดเล็กกว่า 0.002 mm	% By Soil Weight	Sieve Analysis, Hydrometer Test
SOL_SAND	อนุภาคขนาดระหว่าง 2.000–0.050 mm	% By Soil Weight	Sieve Analysis
SOL_ROCK	อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2.000 mm	% By Total Weight	Sieve Analysis

2.5.1 การทดสอบความซึมได้ในสนาม (Field Permeability Test)

การทดสอบความซึมได้ในสนามใช้วิธีระดับน้ำเปลี่ยนแปลง (Variable Head Method) โดยควบคุมเงื่อนไขการทดสอบให้เป็นไปตามสมการ Hvorslev & Bouwer Slug Test [13–14] ดังสมการที่ (1)

$$K = \frac{2\pi r_c + 11l}{11(t_2 - t_1)} \ln \left[\frac{S_1}{S_2} \right] \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) l คือความยาวดินในกระบอก (cm) r_c คือรัศมีภายในกระบอก (cm) t_1, t_2 คือเวลา (s) S_1, S_2 คือระดับน้ำที่เวลา t_1, t_2 (cm) สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินในสภาพอ้อมตัวแทนด้วย K (cm/s)

2.5.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Test)

ความหนาแน่นมวลดิน (Bulk Density) คืออัตราส่วนของน้ำหนักดินแห้งหารด้วยปริมาตรมวลดิน การเก็บตัวอย่างดินจำเป็นต้องทราบปริมาตร

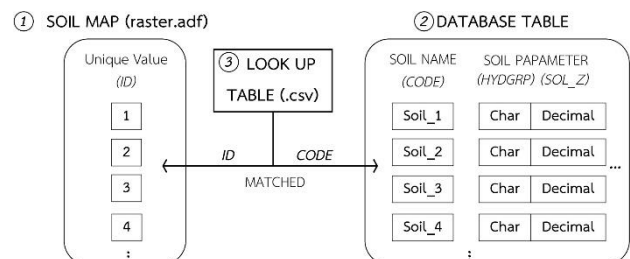
ของมวลดินที่เก็บมาด้วย การทดสอบนี้ทำให้ทราบความชื้นในมวลดิน (Residual Water Content) เนื่องจากต้องอบดินให้แห้ง ดินที่ผ่านการอบแห้งมาแล้วจะนำไปทดสอบหาขนาดคละเม็ดดินและการกระจายตัวของอนุภาคดิน (Gradation) อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 mm ใช้การทดสอบ Sieve Analysis โดยทำทั้ง Wet Sieve Analysis และ Dry Sieve Analysis อนุภาคที่เล็กกว่า 0.075 mm ใช้การทดสอบ Hydrometer Analysis ตามมาตรฐาน ASTM D-422 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินและการทดสอบหาขีดจำกัดอะตตะเบิร์ก (Atterberg's Limit) ใช้สำหรับการจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification การทดสอบสัมประสิทธิ์ความซึมได้ (Permeability Test) ใช้มาตรฐาน ASTM D-2434 วิธีระดับน้ำเปลี่ยนแปลง (Falling Head Method) แสดงในสมการที่ (2)

$$K = \frac{2.3r^2L}{r_s^2t} \log \frac{H_0}{H_1} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) K คือสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินในสภาพอ้อมตัวที่อุณหภูมิทดสอบ (cm/s) H_0 คือระดับน้ำในท่อขณะเริ่มทดสอบ (cm) H_1 คือระดับน้ำในท่อเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (cm) t คือเวลาตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ (s) r_s คือเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างดิน (cm) r คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (cm)

2.7 การสร้างแผนที่ข้อมูลดิน

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) เกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อย Hydrologic Response Units (HRUs) แผนที่ข้อมูลดินมีหน้าที่กำหนดขอบเขตอิทธิพลของดินแต่ละชนิด ส่วนพารามิเตอร์ดินของแต่ละขอบเขตจะถูกกำหนดแยกไว้ในตารางฐานข้อมูล ซึ่งได้จากการรวบรวมเอกสาร การสำรวจภาคสนามและการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ ทั้งนี้แผนที่ข้อมูลดินและพารามิเตอร์ดินถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันด้วย lookup table แผนภาพการทำงานของ HRUs ในการเชื่อมโยงข้อมูลแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังการทำงานภายใน HRUs โดยมี Look up table เป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูลระหว่าง Soil map และพารามิเตอร์ดิน

การแบ่งขอบเขตอิทธิพลของดินแต่ละชนิดใช้วิธี Thiessen Polygon โดยใช้ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินเป็นตัวแบ่ง เมื่อรวมข้อมูลชุดดินที่สำรวจทั้งหมด 14 ตำแหน่ง เข้ากับข้อมูลทดสอบชุดดินบริเวณอ่างเก็บน้ำอีก 1 ตำแหน่ง จะมีข้อมูลดินทั้งหมดเป็น 15 ตำแหน่ง

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการทดสอบตัวอย่างดิน

3.1.1 ผลการทดสอบค่าความซึมได้ ความหนาแน่นและความชื้น

ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินในสภาพอิ่มตัว (Saturated Hydraulic Conductivity) สามารถนำมาใช้จำแนกกลุ่มดินทางอุทกวิทยา (Hydrologic Soil Group) ได้โดยทำในขั้นตอนการทดสอบหาความหนาแน่นมวลดินจะทราบความชื้นในมวลดินที่ความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity) ผลการทดสอบค่าความซึมได้ ความหนาแน่นและความชื้นของดินทุกตำแหน่ง แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำและพารามิเตอร์ดิน SWAT

Location	SOL_K (mm/h)		SOL_Z ₁ (mm)	HYDGRP	SOL_BD (T/m ³)	FC (Vol/Vol)
	Field	Lab				
1	n/a	3.868	400	D	1.448	0.299
2	3.541	1.361	450	D	1.315	0.300
3	4.572	1.383	350	D	1.465	0.279
4	2.804	3.447	350	D	1.710	0.453
5	n/a	2.637	250	D	1.443	0.122
6	n/a	8.393	200	D	1.381	0.212
7	n/a	26.481	200	C	1.129	0.361
8	n/a	293.168	500	A	1.517	0.283
9	n/a	3.658	250	D	1.687	0.210
10	n/a	6.113	450	D	1.673	0.185
11	n/a	3.652	250	D	1.455	0.130
12	n/a	12.266	450	C	1.412	0.088
13	n/a	15.165	350	C	1.312	0.130
14	n/a	6.783	300	C	1.355	0.306
15	0.280	-	200	D	-	-

จากตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 1 หมายถึง ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินหรือตำแหน่งที่ทำการทดสอบในสนาม คอลัมน์ที่ 2 หมายถึงผลการทดสอบค่าความซึมได้ของดินในสภาพอิ่มตัวแยกเป็นการทดสอบในสนามและการทดสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งแทนด้วยพารามิเตอร์ SOL_K อักษร n/a หมายถึง ไม่สามารถทดสอบได้ เนื่องจากไม่ทราบระดับน้ำใต้ดิน คอลัมน์ที่ 3 หมายถึงความหนาของชั้นดินที่ทดสอบในหน่วย mm คอลัมน์ที่ 4 หมายถึงกลุ่มดินทางอุทกวิทยาโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้แทนด้วยพารามิเตอร์ HYDGRP คอลัมน์ที่ 5 หมายถึง ความหนาแน่นมวลดิน (Bulk Density) ซึ่งแทนด้วยพารามิเตอร์ SOL_BD คอลัมน์ที่ 6 หมายถึงความจุความชื้นของดินในสนาม

3.1.2 ผลการทดสอบขนาดคละและการกระจายตัวของเม็ดดิน

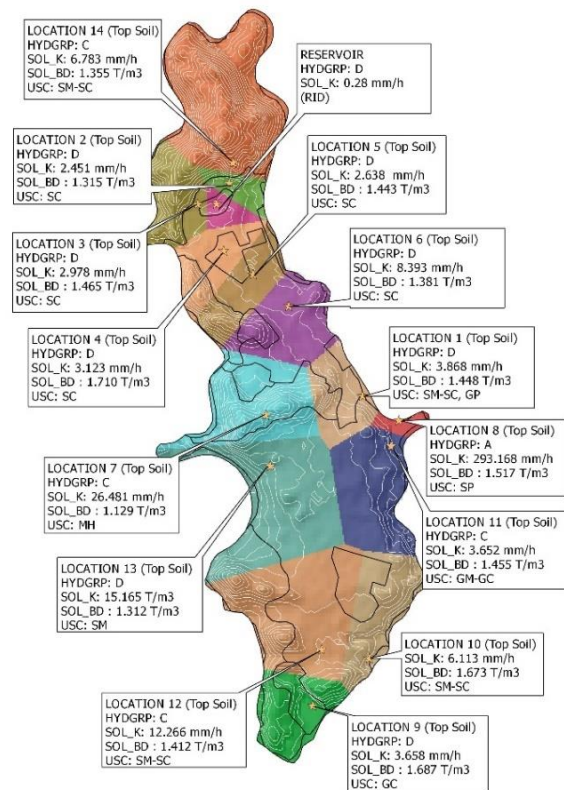
ขนาดคละและการกระจายตัวของเม็ดดินใช้สำหรับการจำแนกดินในระบบ USC และการคำนวณตะกอนในสมการตะกอน Universal Soil Loss Equation (USLE) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบขนาดคละและการกระจายตัวของเม็ดดินและพารามิเตอร์ดิน SWAT

1	2	3	4	5	6
Location	SOL_ROCK % Total Wt.	SOL_SAND % Soil Wt.	SOL_CLAY % Soil Wt.	SOL_SILT % Soil Wt.	USC System
1	13.363	51.632	17.696	30.648	SM-SC
2	13.843	53.780	25.537	19.973	SC
3	6.907	60.279	14.282	24.732	SC
4	42.664	37.894	21.270	39.116	SC
5	44.851	65.484	12.931	21.275	SC
6	4.945	63.289	11.855	24.772	SC
7	21.914	31.133	32.151	34.504	MH
8	3.068	99.155		0.844	SP
9	56.152	45.998	32.428	19.120	GC
10	20.512	44.052		55.747	SM-SC
11	36.935	56.128		41.651	GM-GC
12	29.170	85.714		14.286	SM-SC
13	24.303	72.113		27.886	SM
14	28.558	61.890		38.110	SM-SC
15	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 3 คอลัมน์ที่ 1 หมายถึง ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง คอลัมน์ที่ 2 ถึงคอลัมน์ที่ 5 เป็นเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคเม็ดดินและคอลัมน์ที่ 6 หมายถึงชนิดของดินตามระบบ Unified Soil Classification (USC)

3.1 แผนที่ข้อมูลดิน (Soil Map)



รูปที่ 6 แผนที่ข้อมูลดิน (Soil Map) เกษะสีซึ่งสำรวจเมื่อ พ.ศ. 2564

แผนที่ข้อมูลดินในรูปแบบ Raster สำหรับใช้งานใน HRUs ของ SWAT ใช้การแบ่งขอบเขตอิทธิพลของจุดดินด้วย Thiessen Polygon โดยยึดตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเป็นตัวแบ่ง ข้อมูลดินถูกเก็บในรูปแบบพารามิเตอร์ดินเป็นฐานข้อมูลตารางที่มีไฟล์ lookup สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลแผนที่กับพารามิเตอร์ ขอบเขตอิทธิพลของดินแต่ละตำแหน่งแทนด้วยสีที่แตกต่างกัน และสรุปพารามิเตอร์ดินแสดงดังรูปที่ 6

4. อภิปรายผลและสรุปผล

แผนที่ข้อมูลดินที่ได้ สร้างโดยใช้ข้อมูลดินที่รวบรวมจากการสำรวจภาคสนาม การเก็บตัวอย่างคงสภาพมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างถูกใช้เป็นตัวแบ่งขอบเขตของดินแต่ละชนิดโดยใช้ Thiessen Polygon วิธีนี้เสนอเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการสร้างแผนที่ข้อมูลดิน (Soil map) สำหรับเกาะขนาดเล็ก ถึงแม้ว่าเกาะสีขังจะมีพื้นที่ไม่ถึง 7 km² แต่กลับมีลุ่มน้ำเล็ก ๆ จำนวนมาก การแบ่งขอบเขตของตัวอย่างดินออกเป็นพื้นที่ย่อยทำให้สามารถปรับแก้พารามิเตอร์ดินได้ละเอียด การเก็บตัวอย่างดินต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการขนส่ง การเดินทาง มีความยากกว่าบนแผ่นดินใหญ่ (Mainland) อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างคือท่อ PVC 4 นิ้ว ชั้นคุณภาพ 8.5 มอก. 17-2532 นำมาตัดเป็นท่อน ท่อนละ 10 cm ความหนาของท่อ ประมาณ 5.2 mm ความหนาท่อทำให้เกิดการบดกรนตัวอย่างดินบริเวณขอบ กระบวนการเก็บตัวอย่างโดยการกดท่อลงดินอาจมีผลให้ดินอัดกันแน่นมากขึ้น แต่ยังสามารถคงสภาพโครงสร้างมวลดินและทราบปริมาตรดินที่เก็บได้ การเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินจะพยายามเลือกตำแหน่งที่ใกล้ทางน้ำไหล เพื่อให้ตัวอย่างดินนั้นเป็นตัวแทนของดินในแต่ละลุ่มน้ำย่อย ค่าความหนาแน่นมวลดิน (Bulk Density) ที่ทดสอบได้ยังอยู่ในเกณฑ์ของดินปกติในช่วง 1.2-1.7 T/m³ ในวันที่เก็บตัวอย่างดินตำแหน่งที่ 1 ถึง 9 มีฝนตกชุก ช่วงเวลาที่เก็บจะเป็นช่วงหลังฝนตก อาจทำให้ค่าความชื้นในมวลดินสูงกว่าค่าความจุความชื้นสนาม (Water content at field capacity: FC) ตัวอย่างที่ 10 ถึง 14 เป็นช่วงฝนทิ้งช่วงนานกว่า 3 วัน ความชื้นในมวลดินจะใกล้เคียงกับค่าความจุความชื้นสนาม

การทดสอบดินในตำแหน่งที่ 8 มีค่า %SAND มากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ เนื่องจากตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ชายหาด ตัวอย่างที่เก็บมาทดสอบเป็นทรายทะเลสีขาว ไม่มีต้นไม้ แตกต่างจากตำแหน่งอื่น ๆ ที่เป็นทรายปนดินเหนียวหรือดินลูกรังและมีป่าปกคลุม

การทดสอบค่าความซึมได้ของดินในสนาม (Field Permeability) โดยใช้สมการ Slug Test มีข้อจำกัดคือต้องทราบระดับน้ำใต้ดิน เนื่องจากทดสอบค่าความซึมได้ในสภาวะอิ่มตัว ดังนั้นตำแหน่งที่ทำการขุดเจาะโดยส่วนมือแล้วไม่สามารถระบุระดับน้ำใต้ดิน จะไม่สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมในสนามได้ แต่จะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างมาทดสอบในห้องปฏิบัติการแทน ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินในสภาวะอิ่มตัวสามารถจำแนกชนิดของดินทางอุทกวิทยา (Hydrological Soil Group) ส่วนใหญ่ของดินบนเกาะสีขังเป็นชนิด D หรือเป็นทรายปนดินเหนียว (Clayey Sand: SC) มีศักยภาพน้ำท่าผิวดินสูงกว่าดินกลุ่มอื่น การจำแนกกลุ่มดิน USC สามารถใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ใน

ทางอ้อม แต่อาจไม่แม่นยำเท่าการทดสอบ อย่างไรก็ตามควรเก็บตัวอย่างดินแต่ละตำแหน่งให้ได้น้ำหนักมากกว่า 5 kg เพื่อให้มีตัวอย่างดินเพียงพอสำหรับการทดสอบ

พื้นที่ภูเขาอาจมีดินตะกอนที่ถูกพัดพาสะสมอยู่บริเวณตีนเขา ควรเจาะสำรวจข้อมูลชั้นดิน (Soil Boring Test) เพิ่มเติมบนพื้นที่ภูเขาเพื่อให้ได้ข้อมูลชั้นดิน (Soil profile) ที่แม่นยำและควรเก็บตัวอย่างเพิ่มในตำแหน่งใกล้ลำธารหรือในตำแหน่งที่จะใช้เป็นสถานีตรวจวัดน้ำที่จะใช้ตรวจสอบแบบจำลองต่อไป จากการทดสอบด้วยเครื่องมือขุดเจาะด้วยมือ (Hand Auger) พบชั้นหินผุอยู่ต้นในความลึกระหว่าง 60-120 cm ในพื้นที่ราบลุ่มและมีชั้นดินหนาขึ้นในตำแหน่งภูเขาตั้งแต่ 100-300 cm หลังจากนั้นเป็นชั้นหินผุ การเจาะสำรวจดินจึงไม่สะดวกที่จะใช้สามขาหรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่

ตัวแปรคุณสมบัติดินที่ได้จากการศึกษาี้ยังไม่ครอบคลุมจำนวนตัวแปรคุณสมบัติที่ดินที่จำเป็นต้องใช้ในแบบจำลอง SWAT ดังนั้นก่อนนำผลการศึกษาไปใช้จริงจำเป็นต้องมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม ได้แก่ SOL_AWC, SOL_CBN, SOL_ALB, USLE_K

แผนที่ข้อมูลดิน (Soil Map) ในการศึกษาี้ สร้างจาก Polygon Shapefile ของอำเภอเกาะสีขัง ขอบเขตอิทธิพลของดินแต่ละสีเกิดจากการแบ่ง Thiessen Polygon เป็นการแบ่งขอบเขตโดยใช้ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินเป็นหลัก ขอบเขตที่ได้ถูกแทนที่ด้วยคุณสมบัติของตัวอย่างดินที่ตำแหน่งนั้น ๆ การแบ่งขอบเขตด้วยลุ่มน้ำหรือระดับความลาดชัน เป็นการแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ การเก็บตัวอย่างดินต้องวางแผนให้อยู่ในพื้นที่ที่แบ่งไว้ เช่น อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำหรืออยู่ในตำแหน่งที่มีความลาดชันใด ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละขอบเขตที่กำหนด แนวทางการเก็บตัวอย่างดินต้องมีจำนวนตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากการศึกษาี้ จากการสำรวจพบว่าจุดดินส่วนใหญ่มีความคล้ายกัน อยู่ในกลุ่ม C, D และเป็นทรายปนดินเหนียว (SC) การสำรวจตัวอย่างให้ถี่ขึ้นอาจไม่ทำให้ได้ผลสำรวจดินที่ได้นั้นต่างไปจากเดิมมากนัก แต่หากประเมินได้ว่าจุดดินมีความแตกต่างกันชัดเจนอาจใช้การกำหนดคุณสมบัติดินด้วยวิธีผสม กล่าวคือนำ Thiessen Polygon ซ้อนทับกับขอบเขตลุ่มน้ำก็อาจช่วยให้การปรับค่าข้อมูลดินตอนสอบเทียบแบบจำลองสามารถทำได้ละเอียดและสอดคล้องกับสภาพจริงมากยิ่งขึ้น อุปสรรคทางด้านทรัพยากรที่จำกัดทำให้ไม่สามารถสำรวจได้ครอบคลุมและจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือด้านการสำรวจข้อมูลดินจากหน่วยงานภาครัฐ อย่างไรก็ตามข้อมูลดินเป็นเพียงการหาค่าตั้งต้นของดินสำหรับประเมินปริมาณน้ำท่าด้วย SWAT ยังต้องมีกระบวนการเพื่อตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องจากผลการตรวจวัดน้ำท่าในภาคสนามร่วมด้วยก่อนนำข้อมูลไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สัญญาเลขที่ 2565-02-01-083 และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมทำงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Singh, A. (2014). Conjunctive use of water resources for sustainable irrigated agriculture. *Journal of Hydrology*, 519(PB), 1688-1697. doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.09.049
- [2] Kalogeropoulos, K. and Chalkias, C. (2013). Modelling the impacts of climate change on surface runoff in small Mediterranean catchments: Empirical evidence from Greece. *Water and Environment Journal*, 27(4), 505-513. doi: 10.1111/j.1747-6593.2012.00369.x
- [3] ปิยวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ, พีรวัฒน์ ปลาเงิน และ สมพินิจ เหมืองทอง. 2559. การศึกษาการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงโดยใช้แบบจำลอง SWAT. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า* 14: 145-158.
- [4] Kalogeropoulos, K., Stathopoulos, N., Psarogiannis, A., Pissias, E., Louka, P., Petropoulos, G.P. and Chalkias, C. (2020). An integrated GIS-hydro modeling methodology for surface runoff exploitation via small-scale reservoirs. *Water (Switzerland)* 12 (11): 1-18. doi: 10.3390/w12113182.
- [5] กรมพัฒนาที่ดิน, *ข้อมูลการใช้ที่ดิน ระดับ 3 พ.ศ. 2563 จังหวัดชลบุรีในรูปแบบ Shapefile*, กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมพัฒนาที่ดิน, 2020.
- [6] กรมแผนที่ทหาร, *ค่าระดับดิจิทัล DEM ขนาด 30m x 30m*, กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร, 2563.
- [7] กรมพัฒนาที่ดิน. (2020). *สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2*. [Online]. Available: <http://r02.ldd.go.th/cbi/soil.html>. [Accessed 19 June 2021].
- [8] ส่วนปฏิบัติการศาสตร์. (2564). *รายงานผลการสำรวจ ตรวจสอบ ปัญหาอ่างเก็บน้ำเกาะสีชังเก็บน้ำไม่ได้*. กรุงเทพมหานคร: สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน.
- [9] สำนักธรณีวิทยา. (2555). *ธรณีวิทยาและแหล่งเรียนรู้ธรณีวิทยา จังหวัดชลบุรี*. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี.
- [10] USDA Agricultural Research Service. (2021). SWAT Soil and Water Assessment tool. [Online]. Available: <https://swat.tamu.edu/disclaimer>. [Accessed 20 May 2021].
- [11] Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R. and Williams J. R. (1998). LARGE AREA HYDROLOGIC MODELING AND ASSESSMENT PART I : MODEL DEVELOPMENT. *THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION*, 34(1), 73-89.
- [12] Arnold, J., Kiniry, J., Srinivasan, R., Williams, J., Haney, E. and Neitsch, S. (2012). *SWAT Input/Output Documentation*. Texas: Texas Water Resources Institute-TR-439.
- [13] Bouwer, H. (1961). A Double-Tube for Measuring Hydraulic Conductivity of soil in situ above a water table. *Soil Scientific Society of American* 25, 334-339.
- [14] Zobel, W.M. (1974). *Naval Facilities Command*. U.S. Dept. of Navy. pp.7.1-103-7.1-106.