

บทที่ 5

น้ำบนผิวดินและการวัดน้ำในลำน้ำ

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถอธิบายหรือตอบคำถามต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความหมายของน้ำไหลบ่าหน้าดินได้
2. บอกขั้นตอนของการไหลของน้ำในลำน้ำได้
3. อธิบายความหมายของน้ำพีชมีตได้
4. อธิบายการวัดน้ำในลำน้ำด้วยเครื่องวัดกระแสน้ำได้
5. อธิบายการวัดน้ำในลำน้ำด้วยเชือกวัดน้ำได้
6. สามารถสร้างกราฟน้ำไหลหรือไฮโดรกราฟได้
7. อธิบายขั้นตอนและวิธีการแยกกราฟน้ำไหลได้

สาระสำคัญ

1. ความสำคัญ

ความสำคัญของน้ำบนผิวดิน (Surface water) ซึ่งประมาณว่า ในส่วนที่เป็นน้ำจืดอยู่ประมาณร้อยละ 0.001 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในโลกจะเห็นได้ว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก น้ำส่วนนี้เป็นน้ำส่วนที่จะต้องนำมาเป็นน้ำดื่มน้ำใช้สำหรับชีวิตประจำวัน น้ำส่วนนี้จะถูกสะสมไว้ในแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ลำน้ำต่าง ๆ อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

ในการจัดการลุ่มน้ำนั้นต้องอาศัยความรู้ทางด้านอุทกวิทยา (Hydrology) เข้าช่วยในการจัดการทรัพยากรน้ำภายในลุ่มน้ำนั้น อุทกวิทยาเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ช่วยในการเกิดน้ำบนโลก ทั้งที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี การเปลี่ยนรูป การรวมตัวและการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาเหตุต่าง ๆ ในขบวนการวัฏจักรของน้ำ ความรู้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุทกวิทยาเมื่อนำมาประยุกต์กับสาขาวิชาอื่น ๆ แล้วจะก่อให้เกิดสาขาวิชาเฉพาะต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่น Watershed hydrology, Hydraulic engineering , Inland water transportation , Irrigation และ Soil erosion control เป็นต้น โดยเฉพาะอุทกวิทยาลุ่มน้ำซึ่งเป็นการศึกษาถึงการจัดการน้ำ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำตลอดจนการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนไหวของน้ำ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้มีน้ำใช้อย่างพอเพียง อีกทั้งน้ำจะต้องมีคุณภาพดีด้วย นอกจากนี้ ยังมีการควบคุมป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและขณะเดียวกันก็ให้ผลผลิตอื่น ๆ จากลุ่มน้ำพร้อมกันไปด้วย

น้ำผิวดินมีความสำคัญมากในการควบคุมให้มีน้ำใช้อย่างพอเพียงตลอดไป (Water yield) มีปัญหาหลายประการในการควบคุมให้มีน้ำใช้อย่างพอเพียงตลอดไป ทั้งทางด้านปริมาณ คุณภาพและระยะเวลาการไหลของน้ำ การไหลของน้ำในลำน้ำเป็นสิ่งสำคัญมากในการจัดการลุ่มน้ำ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา ซึ่งมีวิธีการและรายละเอียดเป็นจำนวนมาก ข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นต้องทราบเป็นพื้นฐานเบื้องต้นของอุทกวิทยาลุ่มน้ำก็คือ การวัดน้ำในลำน้ำ (Streamflow measurement) และการเขียนกราฟน้ำไหลหรือไฮโดรกราฟ (Hydrograph)

น้ำผิวดินหรืออาจเรียกได้ว่า น้ำในลำน้ำ (Streamflow) เป็นน้ำที่เอ่อล้นอยู่บนผิวดินชั่วคราว (Surface detention) เนื่องจากดินมีอัตรา การซึมน้ำช้ากว่าปริมาณน้ำฝน อันมีสาเหตุเนื่องมาจากเนื้อดินแน่นทำให้ดินมีความสามารถซึม

น้ำซึ่กว่าปริมาณน้ำฝน เมื่อฝนตกลงมาในปริมาณมากพอ น้ำส่วนที่เหลือจากการซึ่จะไหลอยู่บนผิวดินเรียกว่า "น้ำไหลบ่าหน้าดิน" (Surface flow หรือ Overland flow หรือ Surface runoff) แล้วจึงไหลรวมกันลงสู่ลำน้ำหรือลำธารต่าง ๆ เรียกว่า น้ำในลำน้ำ ซึ่งในลำน้ำเหล่านี้ นอกจากจะมีน้ำจากผิวดินดังกล่าวแล้ว อาจจะมีน้ำที่ไหลซึ่ออกจากดินทางด้านข้างของลำน้ำ (Lateral movement) ด้วยก็ได้ ในลักษณะเช่นนี้จะพบเห็นอยู่โดยทั่วไปโดยเฉพาะในป่าดิบเขาในธรรมชาติ ไม่ปรากฏว่ามีน้ำไหลอยู่ตามผิวดินแต่น้ำในลำธารอยู่ตลอดปี ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำที่ซึ่จากดินในลุ่มน้ำในลักษณะดังกล่าวนั่นเอง น้ำในลำน้ำจะเป็นเครื่องชี้ที่แสดงให้เห็นถึงสภาพการระบายน้ำของลุ่มน้ำ ในกรณีที่สภาพของลุ่มน้ำเลวจะมีอัตราการซึ่ของดิน (Infiltration) ซึ่หรือค่อนข้างซึ่ กรณีนี้ ผลจะปรากฏให้เห็นเมื่อมีฝนตกลงมาแม้เพียงเล็กน้อย จะมีน้ำไหลในลำน้ำสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีน้ำไหลบ่าหน้าดินอย่างชัดเจน แต่ถ้าในกรณีที่ลุ่มน้ำมีสภาพดี สภาพของดินและสิ่งปกคลุมดินดี เมื่อมีฝนตกแล้วปริมาณของน้ำในลำน้ำอาจจะสูงขึ้นแต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเกิดได้ยากกว่ากรณีที่สภาพของลุ่มน้ำเลว โดยทั่วไปพบว่า ลุ่มน้ำที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดีแม้ว่าดินจะดี ร่วนซุยและมีรูพรุนจำนวนมากก็ตาม แต่จากการกระทบของเม็ดฝนโดยเฉพาะเม็ดฝนที่เกิดจากลมพายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm) ซึ่งค่อนข้างมีขนาดใหญ่และรุนแรง แรงตกกระทบของเม็ดฝนที่กระทบกับหน้าดินโดยตรง เนื่องจากไม่มีสิ่งปกคลุมดิน แรงตกกระทบนั้นจะทำให้เม็ดดินแตกกระจายออกกลายเป็นเม็ดดินขนาดเล็ก เม็ดดินเล็ก ๆ เหล่านี้จะไปอุดหรือช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินตามผิวหน้าดิน ทำให้อัตราการซึ่ของดินลดลงอย่างมาก โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงมีสูง ยิ่งถ้าภูมิประเทศของลุ่มน้ำนั้นมีความลาดชันมาก การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะมีโอกาสสูงมากและรุนแรงยิ่งขึ้น อาจทำให้เกิดเป็นร่องน้ำเล็ก ๆ (Gully) ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินอย่างรุนแรงอีกด้วย

2. การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน

การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff process) เกิดขึ้นเมื่อฝนตกลงสู่พื้นโลก ปริมาณของฝนทั้งหมด (Gross rainfall) จะถูกรองรับไว้ด้วยสิ่งปกคลุมดินชนิดต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยต้นไม้และอาคารบ้านเรือน ตลอดจนสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ น้ำในส่วนนี้จะเรียกว่า น้ำพืชยึดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการน้ำพืชยึด (Interception process) หลังจากถูกรองรับจนเปียกชุ่มแล้วน้ำเหล่านี้จะไหลลงมาสู่ดินในที่สุด รวมทั้งเม็ดฝนที่ร่วงผ่านเรือนยอดของต้นไม้สู่พื้นดิน น้ำที่ไหลจากลำต้นลงสู่พื้นดินรวมกับฝนที่ตกลงสู่พื้นดินเรียกว่า "net rainfall " อัตราการเสียน้ำจากน้ำพืชยึดของป่าแต่ละชนิดมีแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของป่า แม้ว่าอัตราของ net rainfall จะมีข้อสังเกตอยู่บ้างเล็กน้อย คือ ค่าแท้จริงของ net rainfall นั้นจะต้องหักค่าน้ำฝนที่เกิดการระเหยระหว่างลงสู่พื้นดินออก แต่เนื่องจากค่าการระเหยดังกล่าวมีน้อยมากจึงไม่นิยมนำมาหักออก อย่างไรก็ตาม เมื่อน้ำฝนตกลงสู่พื้นดินบริเวณผิวหน้าดินแล้ว น้ำส่วนนี้จะเริ่มซึมผ่านผิวดิน การซึมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหรืออย่างช้า ๆ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของดินและสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ การซึมจะเกิดขึ้นได้มากและรวดเร็วถ้าดินแห้งมีรูพรุนมากหรือมีรูพรุนขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้ามการซึมของน้ำจะเกิดขึ้นได้ช้าถ้าดินเปียกชื้น มีรูพรุนน้อยหรือมีรูพรุนขนาดเล็กหรือมีดินแน่น ในกรณีที่น้ำซึมผ่านลงไปใ้ในดินได้มาก ดินนั้นก็จะมีอุณหภูมิต่ำที่ตกลงมาได้มาก โอกาสที่น้ำจะเอ่อล้นอยู่เหนือผิวดินก็จะเป็นไปได้ช้า แต่ถ้าน้ำซึมผ่านลงไปใ้ในดินได้น้อย ดินนั้นก็จะมีอุณหภูมิต่ำที่ตกลงมาได้น้อยหรืออุณหภูมิต่ำได้ช้ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ในลักษณะเช่นนี้ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจึงมีมากกว่าอัตราการซึมของน้ำลงสู่ดิน น้ำส่วนที่เหลือก็จะเอ่อล้นอยู่เหนือผิวดินทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินไหลลงสู่ที่ต่ำคือลำน้ำต่าง ๆ ถ้าสภาพภูมิประเทศมีความลาดชันมาก ประกอบกับสภาพดินที่ถูกกัดเซาะง่ายจะทำให้เกิดร่องน้ำเล็ก ๆ (Gully erosion)

จำนวนมากเกิดขึ้นไม่นานหลังจากที่ฝนตก น้ำเหล่านี้จะพัดพาเอาหน้าดินไปด้วย ทำให้
เห็นน้ำขุ่นขึ้นจำนวนมากไหลลงสู่ลำน้ำต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาที่ฝนตกและหลังฝนตก
เมื่อน้ำซึมผ่านผิวดินแล้วจะมีขบวนการซึมผ่านของน้ำใต้ผิวดิน (Percolation
process) โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก น้ำในส่วนนี้เป็นน้ำใต้ดินส่วนที่คอยหล่อเลี้ยง
ระดับน้ำในลำน้ำให้ไหลอยู่ได้ตลอดปี ดังนั้น เครื่องชี้วัดว่าลุ่มน้ำใดมีสภาพดีหรือเลวเพียงไร
อาจดูได้จากระดับน้ำในหน้าแล้ง ถ้าในลำน้ำในหน้าแล้งยังคงมีอยู่ในระดับที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้
ได้แสดงว่า สภาพของลุ่มน้ำนั้นยังมีสภาพดี แต่ถ้าในฤดูแล้งระดับน้ำในลำน้ำแห้งขอดหรือมี
น้ำอยู่เพียงเล็กน้อยไม่พอใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคแสดงว่า ลุ่มน้ำนั้นมีสภาพที่ไม่ดี การ
จัดการลุ่มน้ำมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะให้น้ำไหลอยู่ในลำน้ำตลอดเวลา ในระดับที่พอเพียงใน
การใช้ประโยชน์ได้ซึ่งจะต้องไหลอยู่อย่างสม่ำเสมอ น้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำ เรียกว่า น้ำท่า
(Streamflow) โดยทั่วไปปริมาณของน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำจะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่
ลุ่มน้ำ ถ้าลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่มากโอกาสที่จะรับน้ำก็จะมีมากทำให้ปริมาณน้ำในลำน้ำมากตาม
ไปด้วย ขนาดของลำน้ำในลุ่มน้ำขนาดใหญ่มักจะมีขนาดใหญ่กว่าลำน้ำในลุ่มน้ำขนาดเล็ก
ลำน้ำเหล่านี้จะพัฒนาตัวเองให้สามารถรองรับปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นได้ ตามปกติแล้ว
ไม่ว่าลุ่มน้ำจะมีพื้นที่มากน้อยเพียงใดก็ตาม มักจะต้องมีลำน้ำอยู่เป็นสายหลักอย่างน้อยหนึ่ง
สายเสมอ แต่ในส่วนของสาขาของลำน้ำสายหลักดังกล่าวนั้น ขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการของตัว
ลำน้ำหรืออาจจะมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นประกอบด้วย ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการ
วิวัฒนาการของลำน้ำมีมากมาย เช่น โครงสร้างทางธรณีวิทยา ลักษณะทางธรณีสัณฐาน
ชนิดของดิน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนลักษณะของพืชพรรณธรรมชาติ ฯลฯ
เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นปัจจัยในการก่อรูปร่างของลุ่มน้ำและสร้างรูปแบบของลำน้ำ
ข้อสำคัญประการหนึ่งก็คือ โดยทั่วไปแล้วถ้าปล่อยให้ลุ่มน้ำอยู่ในสภาพธรรมชาติโดยไม่มีสิ่ง
รบกวนแล้ว ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่มักจะมีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ โดย

เฉพาะลุ่มน้ำที่เป็นป่าดิบหรือป่าดิบเขา เพราะมีความชื้นสูงและสภาพของดินอำนวย

ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการไหลของน้ำในลุ่มน้ำที่สำคัญก็คือ ปัจจัยเกี่ยวกับ ภูมิอากาศและปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ ในส่วนของภูมิอากาศนั้นประกอบด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดหยาดน้ำฟ้า ไม่ว่าจะเป็นชนิดของหยาดน้ำฟ้า ความหนักเบา ระยะเวลา ความถี่และการกระจายของหยาดน้ำฟ้า สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีผลโดยตรงกับปริมาณน้ำที่ลุ่มน้ำจะได้รับ อันจะทำให้ระดับน้ำไหลบ่าหน้าดินหรือระดับน้ำในลำน้ำสูงขึ้นหรือลดลง โดยตรง การมีฝนตกหนักไม่ได้หมายความว่า ดินจะดูดซับน้ำไว้ได้มากเสมอไป ฝนที่ตกเบา ๆ แต่ระยะเวลาที่ตกยาวนานจะทำให้ดินดูดซับน้ำไว้ได้มากกว่าฝนที่ตกหนักภายในระยะเวลาอันสั้น สาเหตุก็คือ เมื่อดินไม่สามารถรองรับน้ำฝนไว้ได้ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากน้ำฝนเหล่านี้ก็จะไหลออกจากลุ่มน้ำไปอย่างรวดเร็วโดยใช้ประโยชน์ไม่ได้ นอกจากนั้น อัตราการระเหยของน้ำซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะภูมิอากาศ จะเป็นผลทำให้อัตราการสูญเสีย น้ำของลุ่มน้ำมากน้อยแตกต่างกันได้ ในส่วนของสภาพภูมิประเทศที่สำคัญคือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ รูปร่าง ความสูง ความลาดชัน รูปแบบของลำน้ำ เป็นต้น ปัจจัยที่เกี่ยวกับภูมิประเทศเหล่านี้จะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการไหลของน้ำในลำน้ำ ลำน้ำจะมีน้ำไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความสูงของลุ่มน้ำ ส่วนการเกิดน้ำท่าจะมีปริมาณมากหรือน้อย เกิดขึ้นได้เร็วหรือช้าจะขึ้นอยู่กับความลาดชันของท้องน้ำและระบบการระบายน้ำเป็นหลัก

3. การวัดน้ำในลำน้ำ

การวัดน้ำในลำน้ำ (Streamflow measurement) มีวิธีการตรวจวัดน้ำในลำน้ำอยู่ 2 ลักษณะคือ การสำรวจวัดความลึกหรือความสูงของน้ำในลำน้ำกับการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ สำหรับวิธีการตรวจวัดความสูงของน้ำนั้นส่วนใหญ่จะใช้หลักวัดระดับน้ำในมาตราส่วนต่าง ๆ ส่วนการวัดอัตราการไหลของน้ำซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการศึกษาอุทกวิทยาลุ่มน้ำจะวัดเป็นปริมาตรของน้ำต่อหน่วยเวลา

3.1 การวัดความสูงของน้ำ

การวัดความสูงของน้ำอาจจะทำในกรณีที่ไม่สามารถวัดอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำได้โดยตรงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอาจมีอุปสรรคบางประการที่เกิ
การสภาพธรรมชาติและอุปสรรคในด้านอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ ดังนั้น จึงเป็นการง่ายกว่าที่จะใช้การบันทึกการขึ้นลงของระดับน้ำแทนการตรวจวัดน้ำด้วยวิธีอื่น จากข้อมูลของการขึ้นลงของน้ำหรือข้อมูลความสูงของระดับน้ำนั้นนำไปเปรียบเทียบเป็นอัตราการไหลของน้ำและปริมาณน้ำอีกทีหนึ่งได้จาก stage - discharge relation หรือ rating curve ระดับความสูงของน้ำ (Water stage or River stage) หมายถึงระดับของผิวน้ำในทีใด ๆ ที่สูงจากค่าระดับมาตรฐาน (Datum) ซึ่งค่านี้อาจจะใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางหรือระดับของห้องน้ำก็ได้ ส่วน Flood stage เป็นระดับความสูงของน้ำที่ผิดปกติ ที่สูงจนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ เช่น น้ำท่วม เป็นต้น สาเหตุสำคัญคือ การเกิดฝนตกหนักทำให้มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและน้ำในแม่น้ำลำธารมีมากจนเอ่อล้นฝั่ง ทำให้เกิดระดับความสูงของน้ำสูงสุด (Maximum flood stage) การวัดความสูงของน้ำหรือการวัด water stage นั้น มีอุปกรณ์ในการตรวจวัดต่าง ๆ กัน ดังนี้

3.1.1 ไม้วัดระดับ (Staff gage) เป็นหลักวัดระดับมีค่าระดับเป็นมาตราต่าง ๆ ใช้วัดระดับความสูงของน้ำโดยทั่วไป แบบที่ใช้กันอยู่ตามปกติ คือ แบบ Vertical staff gage ใช้วางในแนวตั้งตั้งแต่ห้องน้ำกับผิวน้ำ โดยทั่วไปมักวางไว้ใกล้ฝั่งหรือติดตั้งถาวรไว้ตามผนังเขื่อนหรือเสาสะพาน สามารถวัดน้ำในระดับต่ำสุดถึงสูงสุดได้ สำหรับแบบ Inclined staff gage ใช้วางทอดไปตามความลาดชันของฝั่งน้ำ ปกติไม่นิยมใช้นอกจากกรณีจำเป็นหากใช้วิธีอื่นไม่ได้ ส่วนแบบ Sectional Staff gage เป็นไม้วัดระดับแบบที่ใช้วัดระดับน้ำในบริเวณที่มีความลึกมาก ๆ ต้องใช้ staff gage มาต่อกันหลาย ๆ อัน

3.1.2 การวัดระดับน้ำโดยใช้ลูกตุ้มลอยน้ำ (Suspended - weighed gage) นิยมใช้วัดน้ำในบ่อน้ำที่ทราบระดับความลึกของบ่อน้ำแล้ว ใช้ลูกตุ้มลอยจากกันบ่อขึ้นมา วิธีการนี้จะสามารถทราบค่าหรือใช้วัดระดับน้ำได้คืนได้

3.1.3 การวัดระดับน้ำแบบใช้การเลื่อนขึ้นลงของวัตถุ (Crest stage gage) สามารถลอยเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลงได้ตามระดับการขึ้นและลงของน้ำปกติใช้ติดตั้งไว้กับหลักในน้ำ

3.1.4 การหาค่าความสูงของน้ำโดยใช้สำลีสับรจสารเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อเปียกน้ำ ใส่สำลีสับเข้าไปในสายพลาสติกแขวนไว้ในบ่อหรือลำน้ำทั่วไป วิธีการนี้จะใช้ระดับน้ำสูงสุดโดยสังเกตจากสีที่เกิดขึ้น

3.1.5 เครื่องบันทึกระดับน้ำ (Water level recorder or Recording gage) ใช้การบันทึกการขึ้นลงของน้ำโดยอาศัยทุ่นลอย ทุ่นลอยนี้จะขึ้นลงตามระดับน้ำ จากการเคลื่อนที่ของทุ่นลอยน้ำไปบันทึกลงในกระดาษกราฟที่ติดอยู่บนกระบอกโลหะที่หมุนได้รอบตัว เข็มจะบันทึกการขึ้นลงของน้ำลงในกระดาษกราฟที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความสูงของน้ำไว้ด้วย จากกราฟที่บันทึกไว้จะสามารถทราบระดับน้ำที่ขึ้นลงในช่วงเวลาต่าง ๆ กันได้อีกด้วย เครื่องมือบันทึกจะติดตั้งไว้ในตู้ (Shelter) เหนือบ่อน้ำนิ่ง (Stilling well) จากบ่อน้ำนิ่งจะมีท่อต่อไปยังลำน้ำเพื่อให้น้ำไหลเข้าออกได้สะดวก พื้นที่หน้าตัดของท่อต่อพื้นที่หน้าตัดของบ่อน้ำนิ่งประมาณ 1 : 100 เหตุผลที่ติดตั้งไว้ในบ่อน้ำนิ่งก็เพื่อป้องกันค่าผิดพลาดอันเกิดจากวัตถุที่อาจลอยมากระทบทุ่นลอยหรือการกระเพื่อมของน้ำ ซึ่งนอกเหนือจากใช้ระบบเครื่องบันทึกระดับน้ำแล้วควรมีการวัดด้วยไม้วัดระดับของน้ำตรวจสอบอีกทางหนึ่งด้วย

3.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำในลำน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำในลำน้ำ (Discharge measurement)
ใช้วัดเป็นค่า Discharge ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้มากในทางอุทกวิทยา คำว่า
Discharge หมายถึง ปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำโดยคิดเป็นปริมาตร/หน่วยเวลา
มีความหมายคล้ายกับ Surface runoff หรือ Streamflow ผิดกันที่สอง
ชื่อหลังไม่มีเวลาเข้าเกี่ยวข้อง คือ หมายถึง อัตราการไหลของน้ำนั่นเอง Bernoulli's
equation ได้เขียนสมการการวัดน้ำในลำน้ำไว้ดังนี้

$$Q = AV$$

ในเมื่อ

- Q = Discharge (cms, cfs)
- A = Cross section area ของลำน้ำ (m^2 , $ft.^2$)
- v = Velocity (ft./sec., m./sec)

ค่า Q จะมีความสัมพันธ์กับความสูง (h) ถ้าตลิ่งและท้องลำธาร
ลึกคงที่ (นั่นคือ ตอสร้างอ่างเก็บน้ำและเขื่อนจึงจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q
และ h ได้) จึงเห็นได้ว่า ผลคูณของ A และ V จะมากขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับความสูง
ของน้ำ ถ้าต้องการวัดหา h เสมอ ๆ ก็จำเป็นต้องหาค่า Q เพื่อทำ Rating curve
จาก Rating curve เมื่อทราบความสูงก็สามารถเทียบหาค่า Q ได้

3.2.1 การวัดน้ำโดยใช้เครื่องวัดกระแส น้ำ นิยมใช้ในลำน้ำขนาดเล็ก
หลักการคือใช้เครื่องวัดกระแส น้ำ (Current meter) ที่ใช้มาก ได้แก่ Price
current meter หรือ Pygmy current meter ประกอบด้วยใบพัด (Propeller)
ที่หมุนด้วยความเร็วกระแส น้ำ การหมุนแต่ละรอบจะมีเสียงดังกริก ผู้วัดจะรับฟังได้จาก

เครื่องเสียบที่ใช้ระบบไฟฟ้า การวัดในที่มีน้ำลึกต้องใช้สายเคเบิลโยงลงไป มีทางเลือ
สำหรับให้เครื่องหันสู่กระแสน้ำ และมีตุ้มน้ำหนักถ่วงให้เครื่องจมอยู่ในลักษณะตั้งเสมอ

การหาอัตราการไหลของน้ำวิธีนี้ ต้องวัดความเร็วหลาย ๆ จุดเพื่อ
หาความเร็วเฉลี่ยได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยคูณด้วยเนื้อที่หน้าตัด (A)
ของลำน้ำนั้นจะได้อัตราการไหลของน้ำ (Discharge ; Q) โดยทั่วไปการหา
จุดที่จะวัดความเร็วกระแสน้ำนั้นใช้แบ่งลำน้ำออกเป็น ส่วน ๆ ตามแนวตั้ง เนื้อที่หน้าตัดของ
ลำน้ำแต่ละส่วนที่แบ่งได้ต้องไม่เกิน 10% ของเนื้อที่หน้าตัดของลำน้ำ และจากการทดลอง
ความเร็วเฉลี่ยที่จุด 0.2 และ 0.8 ของความลึกจากผิวน้ำ จะเท่ากับความเร็วเฉลี่ยของ
กระแสน้ำในลำน้ำนั้น การหาความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ จึงใช้ Current meter
วัดความเร็วกระแสน้ำที่จุด 0.8 และ 0.2 ของความลึก โดยนับจำนวนที่หมุนต่อหน่วยเวลา
ถ้าลำน้ำตื้นวัดที่จุด 0.6 เพียงแห่งเดียวเท่านั้น นำค่าที่ได้มาแทนค่า $V = a + bN$

$$\begin{aligned} \text{ในเมื่อ } V &= \text{ความเร็วกระแสน้ำ} \\ a, b & \text{ เป็นค่าคงที่ประจำเครื่องมือ} \\ N &= \text{จำนวนรอบ/วินาที} \end{aligned}$$

หาค่าเฉลี่ยจากที่วัดได้ทั้ง 2 จุด เอาค่าเฉลี่ยที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยความ
เร็วของ Section แล้วคูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของ Section นั้น จะได้อัตราการ
ไหลของน้ำในแต่ละ Section เมื่อรวมค่าของทุก Sections จะได้อัตราการ
ไหลของน้ำในลำน้ำนั้น

ตัวอย่างการคำนวณหาความเร็ว ณ จุดใด ๆ

$$\text{สูตร } V = a + b N$$

ในเมื่อ $V =$ Velocity flow (ft./sec. หรือ fps)

$N =$ @evolution per second

และกำหนดให้ $a = 0.1$; $b = 2.2$

$Q = VA$

$=$ Discharge (cfs)

สมมุติค่าในตารางที่ 5.1 เป็นค่าของการวัดน้ำ ณ จุดใด ๆ ในลุ่มน้ำ
แห่งหนึ่งโดยใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เพื่อจุดประสงค์ในการคำนวณหาปริมาณน้ำในลำน้ำ
แห่งนี้

ตารางที่ 5.1 Streamflow measure by Current meter

Distance from stream bank (ft)	Depth of stream (ft)	Measuring depth (ft)	Revolution (N)	Time (sec)
4	1	0.6	54	16
8	3	0.8	60	12
		0.2	50	14
12	4	0.8	65	10
		0.2	62	18
16	2	0.6	45	13
20	0			

วิธีการคำนวณหาค่า v โดยแทนค่า $v = a + b N$

จากสิ่งที่กำหนดให้ตามข้อมูลในตารางที่ 5.1 โดยแทนค่าตามจุดความลึกต่าง ๆ

$$\begin{aligned} \text{ที่จุดความลึก 1 ft. } v &= 0.1 + 2.2 \times 54/16 \\ &= 7.525 \text{ ฟุต/วินาที (ft./sec)} \end{aligned}$$

ที่จุดความลึก 3 ft,

$$\begin{aligned} \text{ค่า } v \text{ ที่จุด 0.8} &= 0.1 + 2.2 \times 60/12 \\ &= 11.1 \text{ ฟุต/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า } v \text{ ที่จุด 0.2} &= 0.1 + 2.2 \times 50/14 \\ &= 7.956 \text{ ฟุต/วินาที} \end{aligned}$$

ที่จุดความลึก 4 ft.

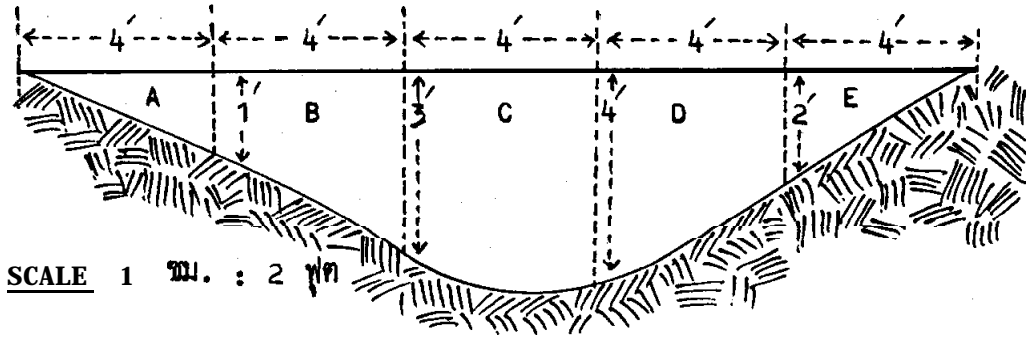
$$\begin{aligned} \text{ค่า } v \text{ ที่จุด 0.8} &= 0.1 + 2.2 \times 65/10 \\ &= 14.4 \text{ ฟุต/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า } v \text{ ที่จุด 0.2} &= 0.1 + 2.2 \times 62/18 \\ &= 7.676 \text{ ฟุต/วินาที} \end{aligned}$$

ที่จุดความลึก 2 ft.

$$\begin{aligned} \text{ค่า } v \text{ ที่จุด 0.6} &= 0.1 + 2.2 \times 45/13 \\ &= 7.714 \text{ ฟุต/วินาที} \end{aligned}$$

เมื่อคำนวณค่า V ได้แล้ว จากข้อมูลที่ทำการศึกษาตรวจวัดในตารางที่ 5.1 สังเกตได้ว่า ได้มีการใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ ทำการสำรวจรังวัดในระยะห่างจากฝั่ง จุดละเท่า ๆ กัน คือ 4 ฟุต นั่นคือ ทำการรังวัดที่จุด 4 ฟุต, 8 ฟุต, 12 ฟุต, 16 ฟุต และ 20 ฟุต จากฝั่งลำน้ำฝั่งหนึ่งตามลำดับ



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะท้องน้ำที่กำหนดให้

ในจุดความลึกต่าง ๆ กันที่ระดับ 0.6, 0.8, 0.2, 0.8, 0.2 และ 0.6 ของระดับ ความลึก 1 ฟุต, 3 ฟุต, 4 ฟุต, 2 ฟุต และ 0 ฟุต ตามลำดับ จากรูปที่ 5.1 ได้วาดขึ้น ตามข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อใช้ในการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด (Cross section area) ของลำน้ำ (A) โดยใช้สูตรการคำนวณหาพื้นที่ทางเรขาคณิตทั่วไป ตัวอย่างเช่น

$$\text{จากสูตร} \quad \text{พื้นที่} \triangle = \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}$$

$$\text{พื้นที่} \square = \frac{1}{2} \times \text{ผลบวกของด้านคู่ขนาน} \times \text{สูง}$$

$$A \quad A = 2 \quad \frac{1}{2} \times 1 \times 4 = 2 \quad \text{ตารางฟุต}$$

$$\square \quad B = \frac{1}{2} (1 + 3) 4 = 8 \quad \text{ตารางฟุต}$$

$$\square \quad C \quad D = \frac{1}{2} (3 + 4) 4 = 14 \quad \text{ตารางฟุต}$$

$$\square \quad D = \frac{1}{2} (4 + 2) 4 = 12 \quad \text{ตารางฟุต}$$

$$\triangle \quad E = \frac{1}{2} \times 2 \times 4 = 4 \quad \text{ตารางฟุต}$$

เมื่อได้พื้นที่ (A) ดังกล่าวแล้ว นำไปแทนค่าในสูตร

$$Q = VA$$

เพื่อหา Discharge (Q) ในแต่ละพื้นที่หน้าตัด

จากนั้น เมื่อรวมผล Discharge ทั้งหมดแล้ว จะเป็นค่าปริมาณน้ำ
 ในลำธารนี้หน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (cfs.) ตามข้อมูลรายละเอียดแสดงผล
 การคำนวณหาค่า Discharge ของลำน้ำ ณ จุดใด ๆ ในลำน้ำที่แสดงไว้ใน
 ตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำในลำน้ำด้วย Current meter

Dist. from stream bank (ft.)	Depth of stream (ft.)	Measuring depth (ft.)	Revolution	Time (sec)	$N = \frac{\text{Rev.}}{\text{Time}}$	Velocity $V = a + bN$	V (mean) ft./sec.	A (ft. ²)	Q (Q=VA) (cfs)
4	1	0.6	54	16	3.375	7.525	7.525	2	15.05
8	3	0.8	60	12	5	11.1	9.520	8	16.224
12	4	0.2	50	14	3.571	7.956	11.036	14	151.532
		0.2	62	18	3.444	7.676			
16	2	0.6	45	13	3.461	7.714	1.114	12	92.568
20	0			-		-		4	
$\Sigma Q = 338.374$									

นั่นคือ จากการคำนวณในตารางที่ 5.2 ผลรวมของปริมาณน้ำ
ในลำน้ำ ณ จุดใด ๆ มีค่า Discharge = 338.374 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที

3.2.2 การวัดน้ำโดยใช้เขื่อนวัดน้ำ (Gaging station)
ซึ่ง Weir หมายถึง ทำนบที่ควบคุมการไหลของน้ำ ใช้วัดความสูงของระดับน้ำเพื่อ
เปลี่ยนเป็น Discharge จะทำได้ต่อเมื่อตลิ่งและห้องลำน้ำมีความลึกคงที่ เขื่อน
วัดน้ำมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ 120° - V Notch และ 90° - V Notch การเลือกชนิด
ของเขื่อนวัดน้ำและการติดตั้งเครื่องมือควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

ก. เครื่องวัดระดับน้ำควรตั้งไว้ในที่มั่นคงและสามารถ
วัดน้ำได้เมื่อมีน้ำมากที่สุด

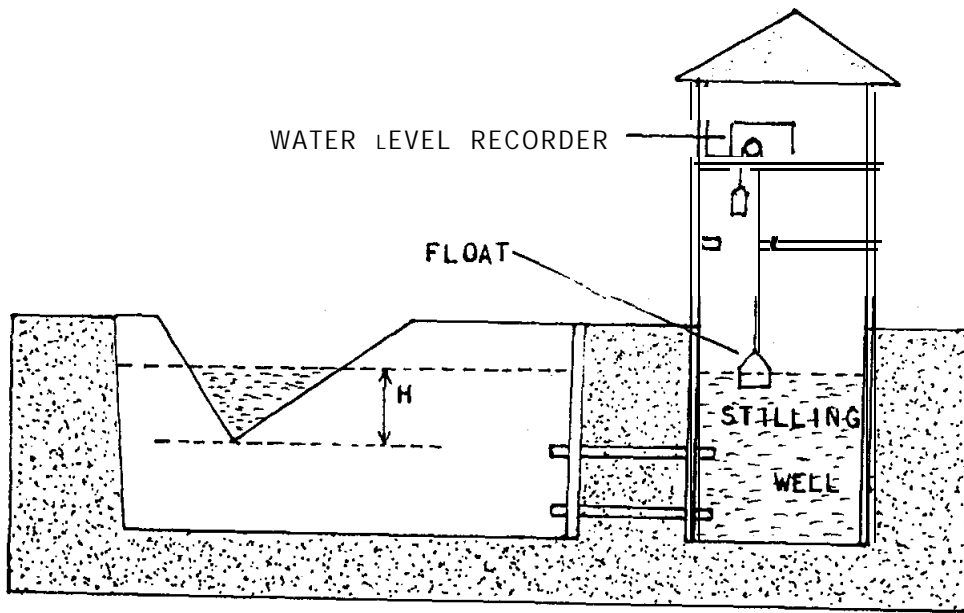
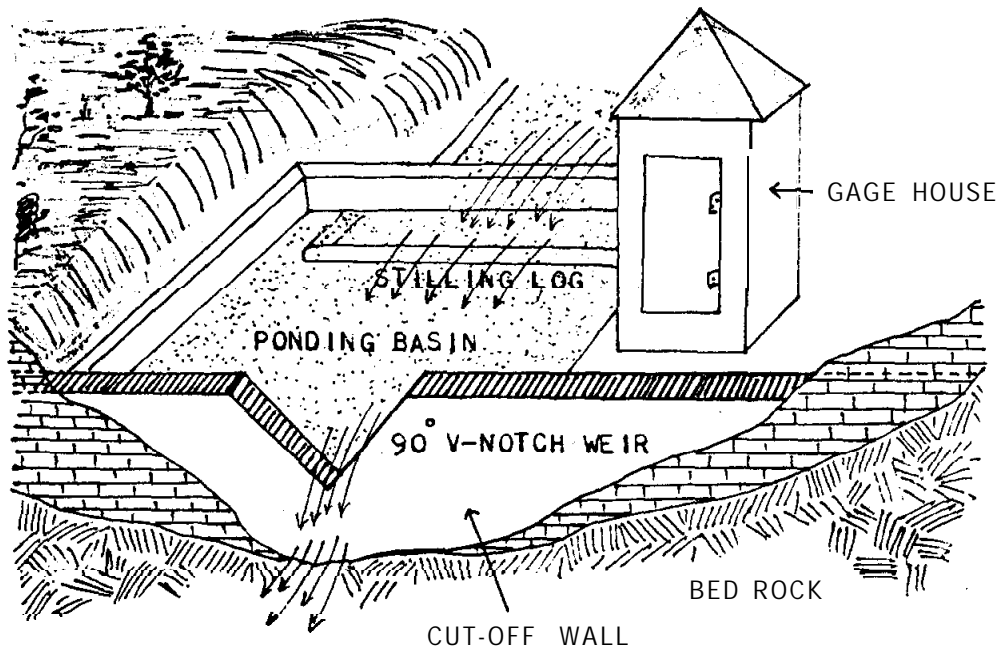
ข. ต้องเป็นพื้นที่ที่ป้องกันไม่ให้เกิดมีน้ำวนหมุนกลับทาง
เดิม (Back water)

ค. ต้องไม่มีน้ำจากแหล่งเดิม (Local inflow)

ง. ต้องมีทิมุระดับ (Permanent bench mark)
เพื่อตรวจสอบความสูง

จ. มีไม้วัดระดับน้ำ (Staff gage) ไว้ช่วยตรวจ
สอบความสูง

ฉ. ต้องสร้าง Rating curve และไฮโดรกราฟ
ระหว่าง Reach หนึ่ง ๆ คำว่า Reach หมายถึง จากจุดหนึ่งกับอีกจุดหนึ่งใน
ลำน้ำ ส่วนคำว่า Rating curve จะแสดงความสัมพันธ์ของ Water stage
ต่อ Discharge และสำหรับไฮโดรกราฟนั้นจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
Discharge ต่อเวลา



รูปที่ 5.2 รูปแบบหนึ่งของโครงสร้างเขื่อนวัดน้ำ
(ที่มา : เกษม จันทรแก้ว, 2526)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหา Discharge (Formular for - discharge measurement) ทำให้สะดวก ค่าใช้จ่ายไม่แพงมากนัก และค่าที่ได้เป็นที่น่าเชื่อถือได้ จากสูตร

$$Q = AV \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ในเมื่อ $Q =$ Discharge หรืออัตราการไหลของน้ำ

$A =$ พื้นที่หน้าตัด (Cross section area)
ตรงจุดที่วัด

$V =$ Velocity หรือความเร็วกระแสน้ำขณะทำการวัด

แต่เนื่องจากธรรมชาติในการไหลของน้ำมักไม่สม่ำเสมอ และโดยปกติที่น้ำที่ไหลผ่าน weir มักจะมีปริมาณน้อยลง เพื่อให้การคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำถูกต้องยิ่งขึ้น จึงได้นำเอาค่าสัมประสิทธิ์เข้ามาแก้ไขสมการ

$$Q = CAV \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ (C) แยกออกได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

- Conduit coefficient (Cd) เกี่ยวข้องกับลักษณะการไหลของน้ำโดยตรง สำหรับลุ่มน้ำที่กำหนดให้ ใช้ค่า $Cd = 0.625$

- Contraction coefficient (Cc) เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะทางน้ำที่ไหล สำหรับลุ่มน้ำที่กำหนดให้ ใช้ค่า $Cc = 8/15$

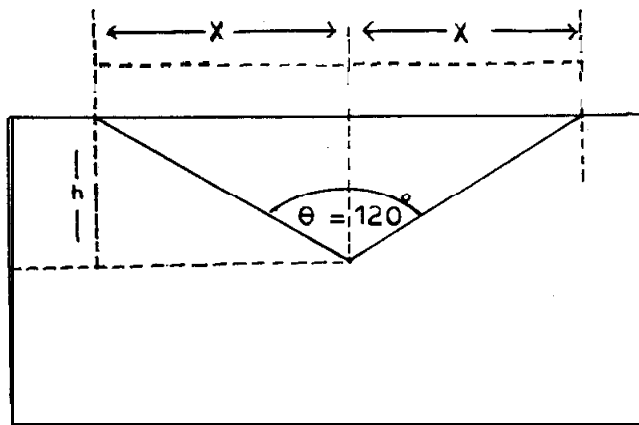
นำมาแก้สมการใน $\textcircled{2}$

$$Q = Cd.Cc.AV$$

และโดยเฉพาะลุ่มน้ำที่กำหนดให้ ; $Q = (0.625)(8/15) AV$

วิธีหาพื้นที่หน้าตัด (A) โดยพิจารณาจากภาพพื้นที่หน้าตัดของ Weir

ประกอบ



$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{x}{h}$$

$$x = h \tan \frac{\theta}{2}$$

$$A = \frac{1}{2} (2x)h$$

$$= xh$$

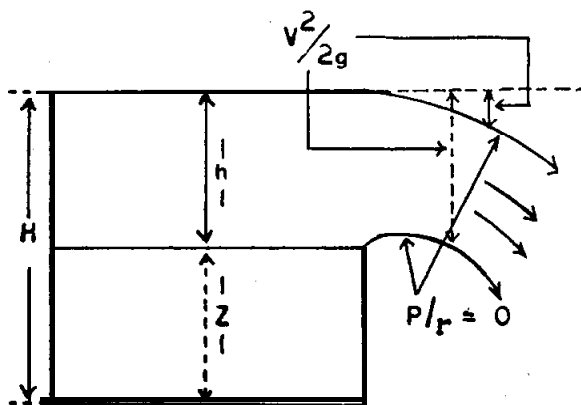
$$\therefore A = h^2 \tan \frac{\theta}{2}$$

$$= h^2 \tan 60^\circ$$

รูปที่ 5.3 แสดงการหาพื้นที่หน้าตัดของเขื่อนวัดน้ำ

(ที่มา : เกษม จันทรแก้ว, 2526)

การคำนวณหาความเร็ว (V) โดยอาศัย Bernoulli's equation



$$H = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{r} + z$$

$$H = \text{Total head}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Velocity head}$$

$$P/r = \text{Pressure head}$$

$$z = \text{Elevation head}$$

รูปที่ 5.4 แสดงการหาความเร็วของน้ำจากเขื่อนวัดน้ำ

(ที่มา : เกษม จันทรแก้ว, 2526)

แต่ pressure ระหว่างผิวน้ำกับอากาศเท่ากัน $P = 0$

$$\dots \quad H = \frac{v^2}{2g} + Z$$

$$H - Z = \frac{v^2}{2g}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v^2 = 2gh$$

$$\dots \quad v = \sqrt{2gh}$$

นั่นคือ v = ความเร็วกระแสน้ำเมื่อไหลผ่าน Weir

h = ระดับความสูงของน้ำตั้งแต่ระดับปาก Weir
จนถึงผิวน้ำ

g = แรงดึงดูดของโลก = 9.81

$$\begin{aligned} Q &= (0.625)(8/15) h^2 \cdot \tan 60^\circ \sqrt{2(9.81) h} \\ &= (0.625)(0.533)(1.7321)(4.4294) h^{5/2} \\ &= (0.625)(4.0892) h^{5/2} \\ &= 2.5557 h^{5/2} \\ &= 2.56 h^{2.5} \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำโดยใช้เขื่อนวัดน้ำในลุ่มน้ำใด ๆ
สมมุติค่าที่กำหนดคให้มีดังนี้

(1) ค่า Water stage เป็นเซนติเมตร (cm.) มีค่ามีตั้งแต่
เดือนมกราคม - ธันวาคม เป็นดังนี้ 7.4, 6.6, 5.9, 5.4, 5.1, 6.2, 6.7,
8.7, 9.9, 9.6, 8.3 และ 7.7 ตามลำดับ

(2) พื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนดคให้ = 87,900 ตารางเมตร (m².)

วิธีการคำนวณ

จากข้อมูลที่กำหนดคให้ คำนวณหาปริมาณน้ำในลำน้ำเป็นลูกบาศก์
เมตร (m³.) ความสูงของน้ำเป็นมิลลิเมตร (mm.)

จากสูตรที่กำหนดคให้ ; D = 87,900 ตารางเมตร

$$Q = 2.56 H^{5/2}$$

H = Height of water มีหน่วยเป็นเมตร(m.)

Q = Discharge มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/
วินาที (cm.53)

ตัวอย่างการหาค่าDischarge

เดือนมกราคม ; H = 7.4 ซม. (.074 u.)

$$\begin{aligned} Q &= 2.56 (0.074)^{5/2} \\ &= 2.56(0.074)^2(0.074)^{1/2} \\ &= 2.56(0.074)^2 \sqrt{0.074} \\ &= 0.0038 \text{ cms.} \end{aligned}$$

เดือนอื่น ๆ ก็ทำเช่นเดียวกัน

จากนั้นหาค่า Discharge ต่อเดือน

$$\begin{aligned}\text{เดือนมกราคม ; } q &= .003813 \text{ cms.} \\ &= .0038 \times 60 \times 60 \times 24 \times 37 \\ &= 10,212.739 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \\ &\quad (\text{m}^3/\text{Month})\end{aligned}$$

เดือนอื่น ๆ ก็ทำเช่นเดียวกัน

การหาค่าความสูงของน้ำ เป็นมิลลิเมตร (mm.)

จาก $Q = HA$

$$H = \frac{Q}{A} ; \quad H = \text{Height (mm.)}$$

$$Q = \text{Discharge (m}^3/\text{month)}$$

$$A = \text{Area (m}^2\text{.)}$$

$$\begin{aligned}\text{เดือนมกราคม ; } H &= \frac{10212.739}{87900} \times 1000 \\ &= 116.185 \text{ มิลลิเมตร (mm.)}\end{aligned}$$

เดือนอื่น ๆ ก็ทำเช่นเดียวกัน ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลปริมาณน้ำในลำน้ำ
ของลุ่มน้ำที่กำหนดให้ ณ จุดใดจุดหนึ่งที่กำหนด ตามผลการคำนวณที่แสดงไว้ในตาราง
ที่ 5.3 ซึ่งจะได้ทั้งข้อมูลปริมาณน้ำและความสูงของน้ำทั้งที่เป็นรายเดือนและข้อมูล
เฉลี่ยตลอดทั้งปี ข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์ต่อการจัดการลุ่มน้ำมาก เนื่องจากข้อมูล
ทางด้านอุทกวิทยาจะมีผลโดยตรงต่อแผนงานอนุรักษ์ดินและน้ำ การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดังกล่าวจึงต้องกระทำกันอย่างสม่ำเสมอ เป็นระยะเวลาที่ยาวนานและกระทำอย่าง มีประสิทธิภาพด้วย และหลังจากผลการคำนวณจะสามารถ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง H กับค่า Discharge ได้ เพื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบแสดงลักษณะการ ไหลของน้ำ ระยะเวลาหรือช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ กับลักษณะภูมิอากาศหรือลักษณะการกระจายของปริมาณฝนและอาจเป็นเครื่องบ่งชี้ถึง สภาพแวดล้อมของลุ่มน้ำนั้น ๆ ด้วย เพราะโดยทั่วไปแล้วความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน และการไหลของน้ำในลำน้ำจะมีความผูกพันกันอย่างต่อเนื่อง น้ำที่ไหลลงสู่ลำน้ำเป็นน้ำ ที่อยู่ในขบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff process) บวกกับน้ำ ที่หล่อเลี้ยงจากขอบด้านข้างของลำน้ำ น้ำส่วนนี้จะเรียกว่า Channel storage หรือ Channel detention ไหลไปตามแรงดึงดูดของโลกอาจเรียกรวมกันว่าเป็น น้ำผิวดิน ขบวนการเกิดน้ำผิวดินเริ่มตั้งแต่ฝนตกจนกลายเป็นน้ำไหลอยู่ในลำน้ำ ซึ่งก่อนหน้านี้น้ำฝนจะต้องผ่านขบวนการต่าง ๆ มากมายตามลำดับที่รวมเรียกว่า เป็นขบวนการ น้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งในที่สุดจะเกิดการไหลของน้ำในลำน้ำ

4. กราฟน้ำไหล

กราฟน้ำไหลเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอันหนึ่งที่นักจัดการลุ่มน้ำและนักอุทกวิทยา ใช้ศึกษาการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราน้ำไหลหรือความสูงของน้ำ ในลำน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ เรียกว่า ไฮโดรกราฟ (Hydrograph) คำว่าไฮโดร- กราฟ อาจหมายถึง กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Discharge กับเวลา ไฮโดรกราฟเป็นอุปกรณ์สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับอุทกวิทยาลุ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะไฮโดรกราฟ จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำทั้งหมด (Total flow) ลักษณะการไหลของน้ำในฤดูกาล ต่าง ๆ (Seasonal distribution of flow) การไหลของน้ำประจำวัน

ตารางที่ 5.3 Average variation of runoff in watershed

month	Water stage (cm)	Water stage (m.)	Discharge m ³ / sec.	Discharge m ³ /month	Height/area (mm.)
Jan.	7.4	0.074	0.003813	10,212.7	116.1
Feb.	6.6	0.066	0.002254	5,647.6	64.2
Mar.	5.9	0.059	0.002156	5,774.6	65.6
Apr.	5.4	0.054	0.001731	4,486.7	51.0
May.	5.1	0.051	0.001498	4,012.2	45.6
Jun.	6.2	0.062	0.002440	6,324.4	71.9
Jul.	6.7	0.067	0.002963	7,936.0	90.2
Aug.	8.7	0.087	0.005694	15,250.8	173.5
Sep.	9.9	0.099	0.00876	22,705.9	258.3
Oct.	9.6	0.096	0.007289	19,522. a	222.1
NOV.	8.3	0.083	0.005078	13,162.1	149.7
Dec.	7.7	0.077	0.004204	11,259.9	128.0
total				126,295.7	1436.2

(Daily flow), สถิติสูงสุดและต่ำสุดของน้ำ (Peak flow and minimum flow) ตลอดจนความถี่ของการไหลที่ผิดปกติบางประการ (Frequency of various flow rates) เป็นต้น ไฮโดรกราฟจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นอย่างดีที่สุด ไฮโดรกราฟของลำน้ำได้จากน้ำที่ไหลจากน้ำส่วนที่เป็น Direct runoff ซึ่งเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินและน้ำที่ไหลในดินด้านข้างซึ่งมีผลมาจากน้ำซึมใต้ดินมีความสม่ำเสมอ เรียกว่า Interflow อีกส่วนหนึ่งเรียกว่า Baseflow หรือ Groundwater flow ได้แก่ น้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่ลำน้ำโดยตรง

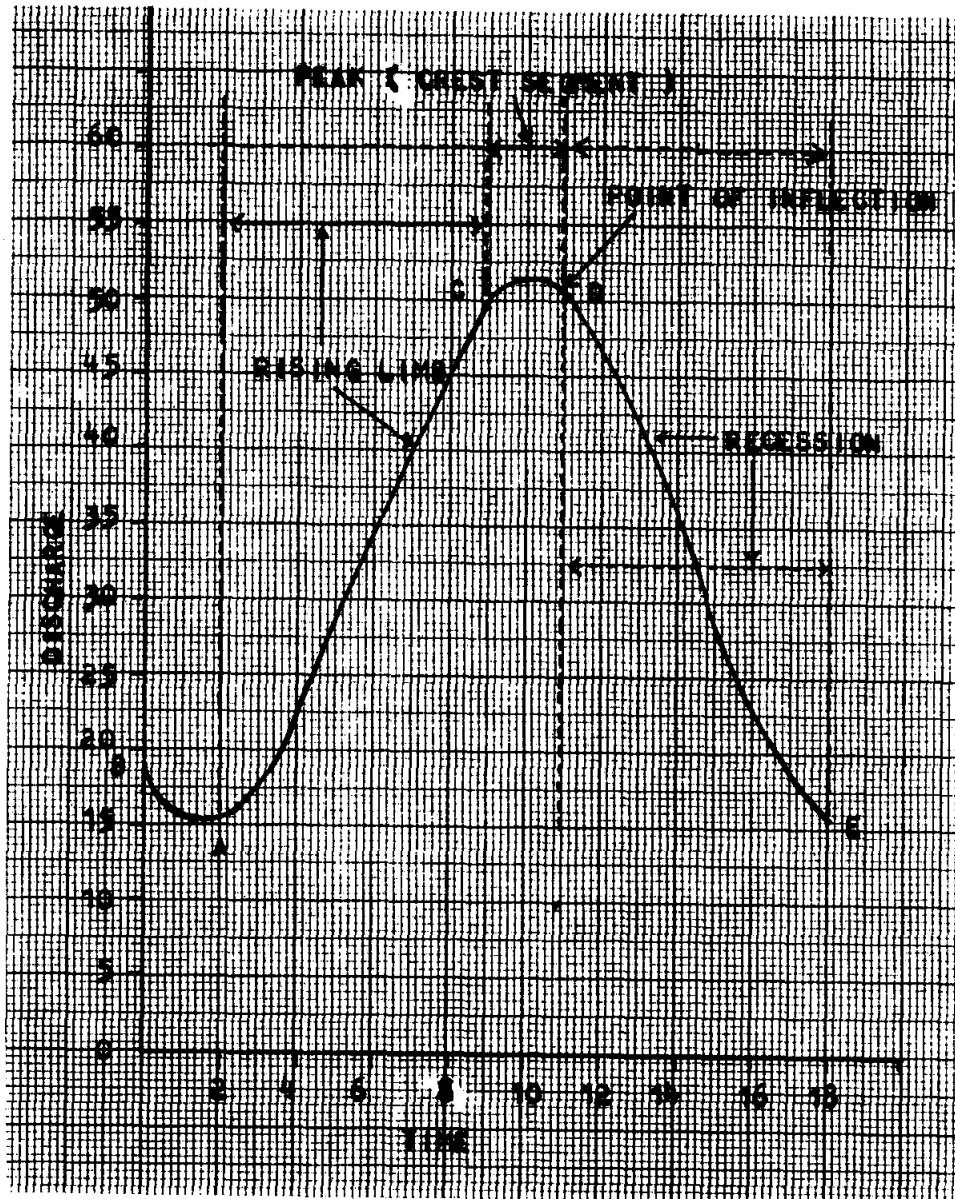
โดยทั่วไปแล้วน้ำส่วนที่เป็น Direct runoff หรือ Interflow นั้นประกอบด้วยน้ำใน 3 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรกคือ Channel precipitation เป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่ลำน้ำโดยตรง เมื่อร่องรับน้ำฝนจะเท่ากับพื้นผิวชั้นน้ำของลำน้ำ ถ้ามีฝนตกติดต่อกันนาน ๆ พื้นที่ยรับน้ำนั้นจะมีมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ลำน้ำขยายออกไปตามปริมาณน้ำฝน ส่วนที่สองคือ Overland flow หรือ Surface runoff เป็นปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ตามผิวน้ำดินโดยไม่ซึมลงไปเสียก่อน จากนั้นจะไหลลงสู่ลำน้ำที่ใกล้ที่สุด ส่วนที่สามเป็น Subsurface flow คล้ายกับเป็นน้ำใต้ดินเป็นส่วนหนึ่งของน้ำที่ไหลอยู่ในลำธาร เกิดจากน้ำส่วนที่ไหลซึมลงดินแล้วไหลออกสู่ลำน้ำอย่างรวดเร็ว ในพื้นที่ที่เป็นอุทกสมบูรณ์และสภาพแวดล้อมดี น้ำส่วนใหญ่จะได้จากส่วนนี้ เป็นสำคัญ สำหรับ Baseflow นั้นเป็นน้ำที่หล่อเลี้ยงลำน้ำอยู่ตลอดทุกฤดูกาล โดยเฉพาะในฤดูแล้งน้ำทั้งหมดถือว่าเป็น Baseflow เป็นน้ำที่ไหลมาจากระดับน้ำใต้ดิน เป็นน้ำเก่าที่เก็บสะสมไว้ใต้ดินและเปลี่ยนแปลงโดยขบวนการไหลของน้ำใต้ดิน (Percolation) ในพื้นที่ป่าอุทกสมบูรณ์ประมาณร้อยละ 85 ของน้ำในลำธารมาจาก Baseflow

4.1 ส่วนประกอบของไฮโดรกราฟ

ส่วนประกอบของไฮโดรกราฟจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำตามเวลาต่าง ๆ เมื่อมีฝนตกหรือเกิดความแห้งแล้ง ตามปกติไฮโดรกราฟที่เกิดหลังหรือเกิดขณะฝนตกประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ต่อไปนี้

4.1.1 ส่วนขึ้น (Rising limb) หมายถึง ส่วนของไฮโดรกราฟที่จะยกตัวให้สูงขึ้นเมื่อฝนตก ส่วนนี้เริ่มตั้งแต่จุดที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในลำน้ำ น้ำจะไหลเพิ่มขึ้นโดยรวดเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง ลักษณะการขึ้นของส่วน Rising limb จะเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ฝนตกและความหนักเบาของฝน นอกจากนั้นปริมาณน้ำและการกระจายของลำน้ำก็ยังมีผลต่อลักษณะของ Rising limb อีกด้วย อาจกล่าวโดยรวมได้ว่า ลักษณะการใช้ที่ดินและสภาพทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำจะเป็นส่วนเสริมในการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้มาก ในพื้นที่ที่ขาดพืชคลุมดินและดินถูกทำลายจะทำให้ความสามารถในการซึมน้ำผ่านของดินลดลงอย่างมาก ผลคือ จะทำให้ Rising limb ยกตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว รูปกราฟจะมีความชันมากยิ่งขึ้นถ้าพื้นที่มีความลาดชันมากกราฟจะมีความชันมากยิ่งขึ้นด้วย Rising limb จึงเป็นเครื่องชี้ที่สำคัญเพราะการขึ้นอย่างรวดเร็วของกราฟ แสดงให้เห็นผลอันเนื่องมาจากลุ่มน้ำนั้นถูกทำลายมาก หรือหากไม่ถูกทำลายก็อาจเป็นเพราะลุ่มน้ำนั้นมีความสามารถซึมได้ของน้ำต่ำ หรือมีความลาดชันสูงหรือปริมาณฝนที่ตกมีมากเกินไป หรืออาจเกิดจากดินมีความชื้นสูงอยู่แล้ว อันเนื่องมาจากฝนตกติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนานแล้วก็ได้

4.1.2 ส่วนยอด (Peak หรือ Crest segment) เป็นส่วนยอดหรือปลายบนสุดของไฮโดรกราฟ ลักษณะของ Peak จะเป็นอย่างไรก็เป็นผลเนื่องมาจากลักษณะของ Rising limb นั้นเอง โดยปกติในป่าที่อุดมสมบูรณ์และไม่ถูกทำลายลักษณะของ Peak จะค่อนข้างแบนหรือมีลักษณะเป็นรูปอักษรภาษาอังกฤษตัว Y



รูปที่ 5.5 แสดงส่วนประกอบของกราฟน้ำไหล

(U) คว่า ส่วนลุ่มน้ำที่ป่าถูกทำลายหรือดินมีความสามารถในการซึมน้ำต่ำแล้วลักษณะของ Peak จะค่อนข้างแหลม อย่างไรก็ตามส่วนของ Peak ก็คือ ส่วนที่ช่วงจุดทั้งสองด้านของไฮโดรกราฟมีความลาดชันเท่ากับศูนย์ สำหรับ Point of inflection หมายถึงจุดที่ Surface flow เริ่มหยุดไหล น้ำที่ไหลต่อจากนั้นไปจะเป็นน้ำจาก Subsurface flow หรือ Lateral flow จุดนี้เป็นจุดที่ความลาดชันเท่ากับศูนย์อยู่ทางขวามือของไฮโดรกราฟ

4.1.3 ส่วนลด (Recession หรือ Depletion หรือ Falling limb) เป็นส่วนที่เริ่มจาก Point of inflection เป็นต้นไป (อยู่ต่ำกว่า Point of inflection) เป็นส่วนที่น้ำจะถูกระบายจากลุ่มน้ำสู่ลำน้ำ ในส่วนที่เป็น Recession จะไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของฝน แต่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ขนาดของพื้นที่ สภาพทางกายภาพ ลักษณะดิน ฯลฯ เป็นต้น จะเป็นตัวกำหนดลักษณะของ Recession curve

4.2 การแยกไฮโดรกราฟ

การแยกไฮโดรกราฟคือ การแยกปริมาณน้ำทั้งหมด (Total flow) ซึ่งประกอบด้วย Direct flow และ Baseflow ออกจากกัน Direct flow หรือ Direct runoff เป็นน้ำส่วนที่เป็น Surface runoff กับ Inter-flow หรือ Subsurface flow ส่วน Baseflow หรือ Ground water flow เป็นน้ำส่วนที่ไหลลงสู่เบื้องล่างของดินและในที่สุดจะไหลลงสู่ลำน้ำ ในบางกรณีอาจเรียกว่าเป็น Dry weather flow เนื่องจากในฤดูแล้งน้ำส่วนใหญที่ไหลในลำน้ำจะเป็น Baseflow ทั้งหมด จากข้อมูลในตารางที่ 5.4 สมมติให้พื้นที่ลุ่มน้ำเป็น 1,500 ตารางไมล์ และค่า Point of inflection = $3 \frac{1}{2}$ วัน มีวิธีการแยกไฮโดรกราฟออกได้ 3 วิธี ดังนี้

ตารางที่ 5.4 ปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำแห่งหนึ่งในเวลา 15 วัน

Time (days)	Discharge (cms x 10 ⁻⁴)
1	583
2	621
3	3142
4	1431
5	1300
6	987
7	860
9	792
11	768
13	700
15	685

4.2.1 วิธีการกำหนดความยาวของฐาน (Fixed base length method) เป็นวิธีการแยก Baseflow ออกจาก Total flow โดยอาศัยเวลาเป็นตัวกำหนด วิธีการแยกไฮโดรกราฟมีหลักการ ดังนี้

ก. สร้างไฮโดรกราฟระหว่าง Discharge ของ
ลำน้ำกับเวลาหน่วยเป็นวัน

ข. โดยหลักการพบว่า น้ำในลำธารระยะเริ่มแรกจะมี
ระดับสูงกว่าที่วัดได้ในวันแรกเล็กน้อย ดังนั้น จึงให้โค้งเส้นไฮโดรกราฟสูงขึ้นไปตัดกับ
แกน Y ที่จุด E

ค. ลากเส้นสัมผัสโค้ง AE ไปตัดกับเส้นที่ลากในแนวตั้งจาก
จุดยอด (Peak) ที่จุด B

ง. คำนวณหาวันที่ Direct runoff จะหยุดไหล โดยสูตร

$$N = A^{1/5}$$

ในเมื่อ A = พื้นที่ลุ่มน้ำ กำหนดให้ = 1500 ตารางไมล์

N = จำนวนวันที่ Direct runoff

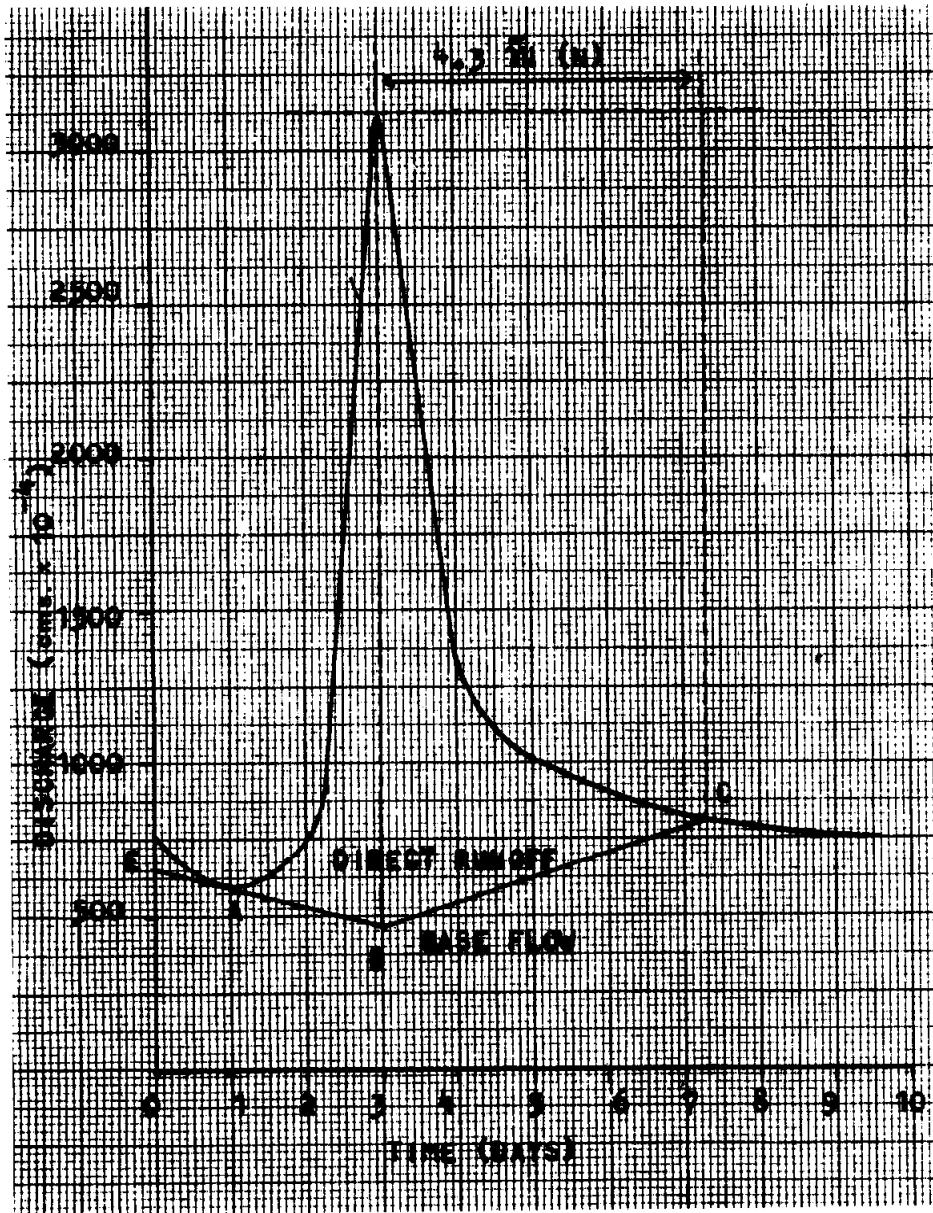
หยุดไหล

$$\text{แทนค่า } N = (1500)^{1/5}$$

$$= 4.3 \text{ วัน}$$

จ. จาก Peak ลากเส้นมาทางด้านขวามือของไฮโดรกราฟ
ยาว 4.3 วัน และลากเส้นตั้งฉากจากแนวเส้นนี้มาตัดกับไฮโดรกราฟที่จุด C และที่จุด C
ลากเส้น BC

เส้น AB+BC จะแบ่งไฮโดรกราฟออกเป็น 2 ส่วน
ตามต้องการ ส่วนบนของเส้นนี้จะเป็น Direct flow ส่วนล่างจะเป็น Baseflow



รูปที่ 5.6 การแยกกราฟน้ำไหลแบบกำหนดความยาวของฐาน

วิธีการกำหนดความยาวของฐานในการหาไฮโดรกราฟนั้น สำหรับลำน้ำที่มีน้ำไหลแรง การแบ่งวิธีนี้ Baseflow จะต่ำ เนื่องจากเมื่อน้ำไหลแรง น้ำใต้ดินจะไหลออกมาลำบากและน้ำในลำน้ำก็ไม่มีเวลาจะซึมเข้าไปเป็นน้ำใต้ดินเช่นกัน

4.2.2 วิธีการลากเส้นตรง (Straight line method)

มีหลักการแยก Baseflow ออกจาก Total flow ดังนี้

ก. สร้างไฮโดรกราฟระหว่าง Discharge

กับเวลา

ข. ทหาระยะทาง (N) ลากเส้นตั้งฉากมาตัดกับ

ไฮโดรกราฟที่จุด C (เหมือนกับแบบวิธีการกำหนดความยาวของฐาน) จากนั้นลากเส้นตรงจากจุด A มายังจุด C

เส้น AC จะแบ่งไฮโดรกราฟ โดยส่วนบนจะเป็น

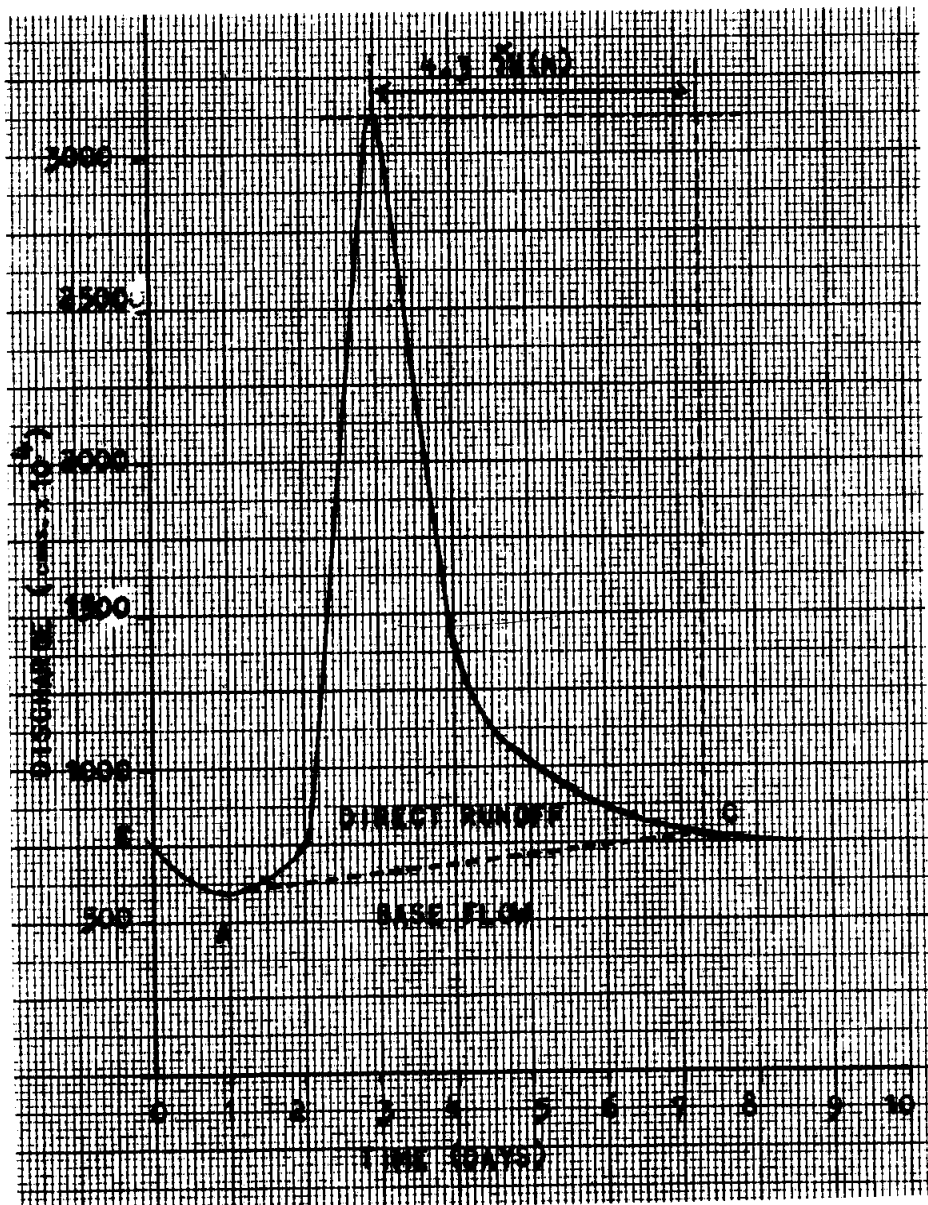
Directflow และส่วนข้างล่างจะเป็น Baseflow

วิธีการนี้เหมาะสำหรับลำน้ำที่น้ำไหลไม่แรง น้ำใต้ดิน

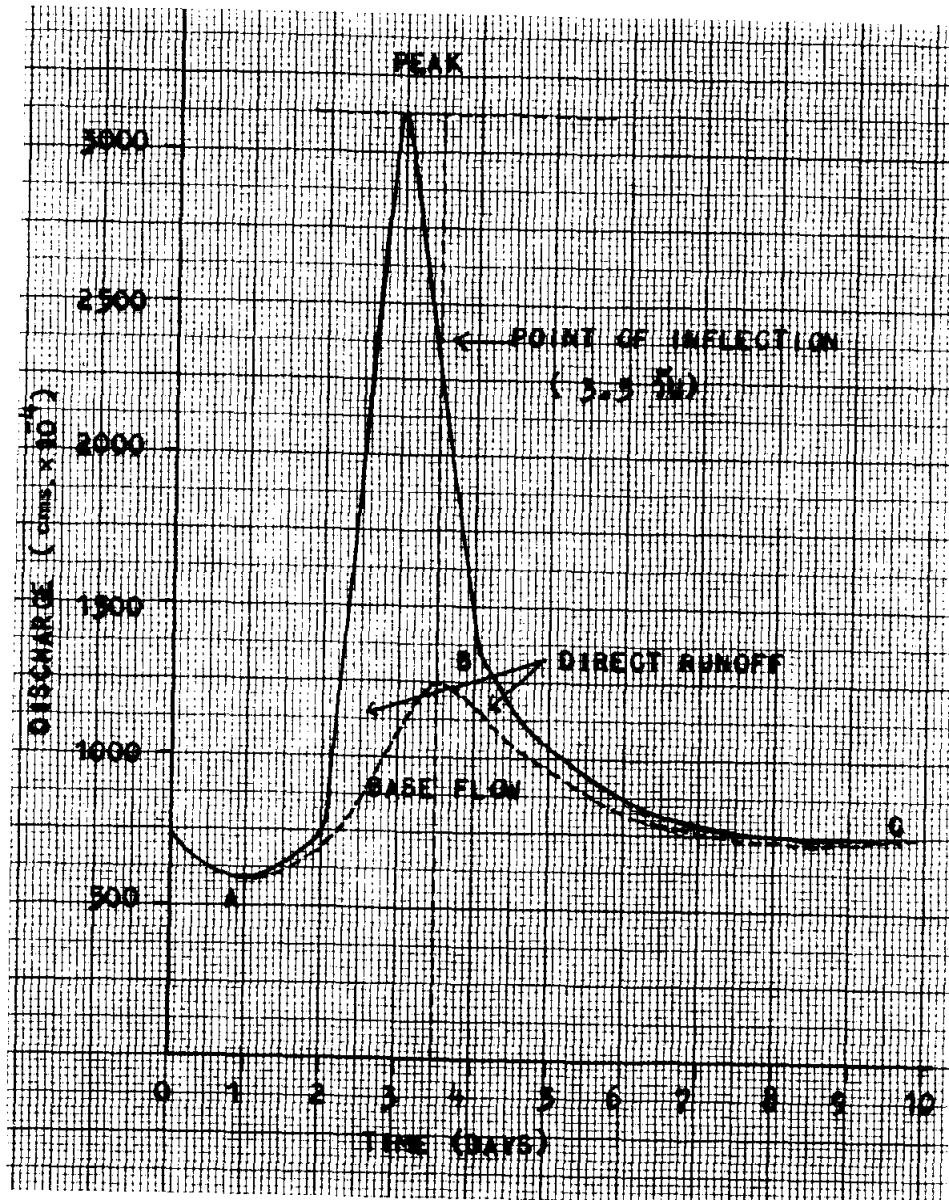
มีโอกาสที่จะซึมออกมาหล่อเลี้ยงได้ ทำให้ค่า Baseflow ที่แบ่งได้มีมากกว่าวิธีการกำหนดความยาวของฐาน

h.2.3 วิธีผันแปร (Variable base method) วิธีการ

แยกชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยหลักการคือ ใช้วิธีการปรับกราฟ (Adjust curve) ของ Baseflow ให้มีรูปร่างตามไฮโดรกราฟ โดยให้ส่วนยอดตรงกับ Point of inflection เมื่อทราบว่าเป็นวันที่ตรงกับ Point of inflection ตรงกับวันที่ ก็ทำการปรับแต่งเส้นกราฟให้มีส่วนยอดอยู่ตรงกับแนว Point of inflection ได้ วิธีการแยกมีดังนี้



รูปที่ 5.7 การแยกกราฟน้ำไหลแบบวิธีลากเส้นตรง



รูปที่ 5.8 การแยกกราฟน้ำไหลแบบวิธีผันแปร

ก. สร้างไฮโดรกราฟเหมือนกับวิธีที่ 1 และ 2
โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Discharge กับเวลา

ข. ลากเส้นตั้งจาก Point of inflection

ค. ปรับแต่งเส้นโค้ง A B C ให้ B เป็นส่วนยอด (Peak) ของเส้นที่ปรับแล้ว (Adjust curve) ตรงกับ Point of inflection

ง. เส้นโค้ง A B C จะเป็นเส้นแบ่งไฮโดรกราฟ ออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนบนเป็น Direct runoff ส่วนล่างเป็น Baseflow

วิธี^{*}ต้องทราบ Point of inflection โดยประมาณหลังจากเกิดส่วนยอด 1-2 หน่วยเวลา และส่วนยอดของ Base flow เกิดหลังส่วนยอดของ Total flow เนื่องจากน้ำกว่าจะไหลซึมลงดินและไหลลงสู่ลำธารต้องใช้เวลากว่าจะให้ Baseflow ^{*}ขึ้นสูงสุดได้ ส่วนมาก Baseflow จะมี Peak ตรงกับ Point of inflection วิธี^{*}นี้เหมาะสำหรับลุ่มน้ำที่มีการซึมของน้ำทั้ง 2 ผังคือ

5. การบันทึกข้อมูลการไหลของน้ำในลำน้ำ

การบันทึกข้อมูลการไหลของน้ำในลำน้ำจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ (Location) ซึ่งจะประกอบด้วยที่อยู่ของลุ่มน้ำ เช่น ลุ่มน้ำรวก อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย เป็นต้น หรืออาจบอกเป็นเส้นรุ้งและเส้นแวงก็ได้

5.2 ขนาดของพื้นที่ (Size of drainage basin) เป็นตาราง
กิโลเมตรหรือเป็นตารางไมล์

5.3 เวลาที่เก็บข้อมูล (Record available) เริ่มต้นและสิ้นสุด
เมื่อไร เป็นต้น

5.4 ชนิดของ Gage เช่นเป็นแบบเขื่อนวัดน้ำหรือใช้เครื่องวัดกระแส
น้ำ เป็นต้น

5.5 จุดสูงสุดและต่ำสุดของน้ำที่ไหล (Extremes flow)

5.6 หมายเหตุ (Remark) หมายเหตุสิ่งที่น่าจะเป็นประโยชน์ใน
การเก็บข้อมูล หรือการวิจารณ์หรือวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่จำเป็น

6. สรุป

ในการจัดการลุ่มน้ำโดยทั่วไปจะมีจุดประสงค์ที่จะให้น้ำไหลอยู่ในลำน้ำ
ตลอดเวลา ในปริมาณที่พอเพียงต่อความต้องการรวมทั้งคุณภาพของน้ำจะต้องดีอย่าง
สม่ำเสมอด้วย น้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำจะเรียกว่า น้ำท่าหรือน้ำในลำน้ำ (Streamflow)
ตามปกติแล้วขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำจะเป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำ ลุ่มน้ำที่มีขนาด
ใหญ่จะมีน้ำไหลอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ขนาดของลำน้ำสายหลักในลุ่มน้ำขนาดใหญ่มี
ขนาดของลำน้ำใหญ่ตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีปริมาณน้ำที่ได้รับน้อย
ขนาดของลำน้ำก็จะเล็กลงตามไปด้วย ลำน้ำต่าง ๆ เหล่านี้จะพัฒนารูปแบบของลำน้ำไป
เรื่อย ๆ ตามกาลเวลา เพื่อให้มีความสามารถในการรับน้ำที่ได้รับจากพื้นที่รับน้ำในลุ่มน้ำนั้น
ดังนั้น โดยทั่วไปแล้วลุ่มน้ำแห่งใดแห่งหนึ่งจะต้องมีลำน้ำสายหลักอยู่อย่างน้อยหนึ่งสายเสมอ
ไม่ว่าลุ่มน้ำนั้นจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กเพียงใดก็ตาม สำหรับสาขาของลำน้ำจะมีมากหรือน้อยนั้น

ตารางที่ 5.8 ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลในการแยกไฮโดรกราฟ

Time (day, month...)	Total flow (cms, cfs...)	Ba: low (cms, cfs ...)			Direc OH (cms, cfs ...)		
		วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
1	5 8 3 cms.	580	580	580	3	3	3
2	621	481	581	591	140	40	30
3	3142	542	642	1142	2600	2500	2000
4	1431	581	671	1096	850	760	335
5	1300	530	875	1150	770	425	150
6	987	737	812	912	250	175	75
7	860	810	820	815	50	40	45
.							
.							
.							

ตารางที่ 5.9 ตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลการไหลของน้ำในลำธาร

	Mean daily streamflow (cfs, cms)											Remark	
	ม.ค.	กพ.	มี.ค.	เม.ย.	พค.	มี.ย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.		ธค.
1													
2													
3													
31													
Total Aver.													

ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น สภาพความคงทนของดินและหิน สภาพการขีมน้ำของดิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาและลักษณะของพืชพรรณธรรมชาติ ฯลฯ เป็นต้น

ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พื้นดินมีอัตราการขีมน้ำค่อนข้างต่ำ เมื่อมีฝนตกโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเป็นไปได้ง่ายและรวดเร็ว ในสภาพเช่นนี้ เมื่อฝนตกเพียงชั่วครู่จะปรากฏร่องน้ำเล็ก ๆ จำนวนมาก สภาพของหน้าดินจะถูกทำลายโดยสังเกตได้จากลักษณะของน้ำซึ่งจะขุ่นขึ้นมาก ในทางกลับกันถ้าพื้นดินมีอัตราการขีมน้ำดี เมื่อมีฝนตกโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะเป็นไปได้ช้าลง เพราะน้ำบางส่วนจะถูกดินดูดซับเอาไว้กลายเป็นน้ำใต้ดินซึ่งจะค่อย ๆ ไหลมาหล่อเลี้ยงลำน้ำหลังจากฝนตกไปแล้ว ทำให้มีน้ำอยู่ในลำน้ำตลอดปี อาจกล่าวได้ว่าปริมาณน้ำในลำน้ำในฤดูแล้งส่วนใหญ่เป็นน้ำจากใต้ดินที่หล่อเลี้ยงลำน้ำอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ถูกทำลายหน้าดินเปิดโล่งหรือคุณภาพของดินต่ำ เมื่อฝนตกกราฟน้ำไหลหรือไฮโดรกราฟจะยกตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนยอดของไฮโดรกราฟจะแหลมมาก สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่สภาพป่ายังอุดมสมบูรณ์และยังไม่ถูกทำลาย กราฟน้ำไหลจะค่อย ๆ สูงขึ้นและส่วนยอดของกราฟจะค่อนข้างมน แสดงให้เห็นว่า น้ำส่วนหนึ่ง จะถูกเก็บไว้ในดินไม่ได้ไหลผ่านหน้าดินลงสู่ลำน้ำและออกไปจากลุ่มน้ำโดยที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์หรือใช้ประโยชน์อย่างไม่เต็มที่

การวัดน้ำในลำน้ำเป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการจัดการลุ่มน้ำ ทั้งนี้ เพื่อจุดประสงค์ในการหาปริมาณของน้ำในลำน้ำว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใดในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนจัดการลุ่มน้ำต่อไป การวัดน้ำในลำน้ำนี้ทั้งวิธีที่ใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องมือขนาดเล็กนำไปใช้ในสนามได้ เหมาะสำหรับลำน้ำขนาดเล็กตามต้นน้ำลำธารต่าง ๆ ที่การคมนาคมไม่สะดวก เพราะเครื่องมือนี้เคลื่อนย้ายได้ง่าย นอกจากเครื่องวัดกระแสน้ำแล้วสามารถวัดน้ำในลำน้ำได้โดยใช้เชือกวัดน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่จะได้ค่าที่ถูกต้องและสามารถบันทึกข้อมูลได้เป็นระยะเวลายาวนาน แต่ข้อจำกัดคือต้องเสียงบประมาณในการก่อสร้างมาก อย่างไรก็ตาม ความเหมาะสมในการวัดน้ำด้วยเครื่องมือต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและงบประมาณเป็นสำคัญ.

7. คำถามและกิจกรรมประกอบท้ายบท

ให้นักศึกษาอธิบายสิ่งต่อไปนี้ให้เข้าใจ

1. อธิบายข้อดีและข้อเสียของการแยกไฮโดรกราฟในแต่ละวิธี พร้อมทั้งแสดงข้อคิดเห็นว่า วิธีไหนจะเหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำภาคเหนือของประเทศไทย
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับการไหลของน้ำในลำน้ำ
3. การวัดน้ำในลำน้ำแบบที่ใช้ เครื่องวัดกระแสน้ำและวิธีใช้ เชื้ออินวัดน้ำ วิธีใดที่ท่านคิดว่าเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงเหตุผล
4. อธิบายส่วนประกอบของไฮโดรกราฟ โดยละเอียด พร้อมทั้งอธิบายว่า ไฮโดรกราฟจะบอกให้ทราบลักษณะของลุ่มน้ำอย่างไรบ้าง.

8. เฉลย

1. วิธีที่ 1 วิธีการกำหนดความยาวของฐาน เหมาะสำหรับลำน้ำที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงสภาพระหว่างน้ำในลำน้ำกับน้ำใต้ดินซึ่งกันและกัน ซึ่งมักจะพบในบริเวณที่มีกระแสน้ำไหลแรง เพราะถ้าน้ำไหลแรงน้ำที่อยู่ใต้ดินจะซึมออกมาได้ยาก เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำก็จะไม่มีเวลาหรือมีโอกาสน้อยในการที่จะเข้าไปในระดับน้ำใต้ดิน ข้อเสียคือ การตั้งสมมุติฐานว่าระดับน้ำก่อนจุดที่ทำการจะสูงกว่าวันที่ฝนตกเล็กน้อย การที่ต้องลากเส้นโค้ง EA เองซึ่งอาจให้ค่าผิดพลาดได้ เส้น EA จะแสดงอาณาเขตของ Baseflow ถ้าโค้งเส้น EA มากจะทำให้ Baseflow แคบลง ค่าของไฮโดรกราฟอาจคลาดเคลื่อนได้

วิธีที่ 2 วิธีการลากเส้นตรง วิธีการนี้เหมาะสำหรับลำน้ำที่มีการขึ้นน้ำทั้ง 2 ผังพอประมาณ ส่วนมากใช้กับปริมาณน้ำที่ไม่มากนัก น้ำที่อยู่ใต้ดินมีโอกาสไหลซึมออกมาข้างนอกเพื่อช่วยหล่อเลี้ยงแหล่งน้ำอื่น ๆ ด้วยวิธีนี้จะทำให้ค่า Baseflow มีมากกว่าวิธีแรก

วิธีที่ 3 วิธีผันแปร การแบ่งไฮโดรกราฟวิธีการนี้ค่อนข้างจะใช้กันมากโดยทั่วไป ข้อดีคือ เป็นการปรับส่วนโค้งของ Baseflow ให้มีรูปร่างตามรูปของไฮโดรกราฟ ส่วนยอดของ Baseflow จะเกิดหลังส่วนยอดของปริมาณน้ำทั้งหมด สาเหตุเนื่องจากการที่น้ำจะมีโอกาสไหลซึมลงสู่ดินและไหลไปหล่อเลี้ยงน้ำในลำน้ำต่อไปนั้น ต้องใช้เวลามากกว่า Baseflow จะขึ้น วิธีนี้เหมาะสมกับลำน้ำที่มีการขึ้นน้ำทั้งสองผังกังนั้น ขึ้นดินและหินจึงมีอิทธิพลมากต่อรูปแบบของไฮโดรกราฟ

ข้อเสียของวิธีนี้คือ การปรับเส้นโค้งแบ่งเขตของ Baseflow ขึ้นอยู่กับความประณีตและความชำนาญของผู้กระทำ หลักการคือ ให้ส่วนยอดของ Baseflow

อยู่ในแนวของ Point of inflection เท่านั้น ส่วนยอดจะสูงเท่าใดก็ได้ ซึ่ง
อาจจะทำให้อาณาเขตของ Baseflow ผิดไป

สำหรับในภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากภูมิประเทศส่วนใหญ่
ในภาคเหนือเป็นภูเขาและที่สูงมากมาย ส่วนใหญ่บริเวณต้นน้ำลำธารมักอยู่ในภาคนี้
ความเร็วของน้ำที่ไหลอยู่ในลำน้ำมักจะมีมาก เมื่อฝนตกลงมาโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่า
หน้าดินเป็นไปได้มาก แต่ก็ไม่เสมอไปพื้นที่บางแห่ง เช่น จังหวัดเชียงใหม่ อัตราการ
ซึมน้ำของดินก็มีสูงมากเช่นกัน เมื่อฝนตกปรากฏว่าน้ำไหลบ่าหน้าดินกลับไม่ค่อยมี แต่
โดยทั่วไปตลอดทั้งภาคแล้วการวัดแบบใช้วิธีการกำหนดความยาวของฐานนั้นน่าจะเหมาะสม
มากกว่าอย่างอื่น อาจกล่าวได้ว่าน้ำในลำธารเป็นแบบ Direct runoff อย่างเดียว
ไม่ค่อยมี Baseflow เนื่องจากวิธีการกำหนดความยาวของฐานเป็นวิธีที่มีสมมติฐานว่า
ที่ระดับน้ำใต้ดินจะมีปริมาณการไหลอยู่น้อยและมีค่าต่ำสุดที่ส่วนยอดของปริมาณน้ำทั้งหมด
หลังจากนั้นแล้วระดับน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นเพราะเหตุที่ปริมาณน้ำทั้งหมดลดลง

2. เนื่องจากฝนตกน้ำบางส่วนจะระเหยไปในบรรยากาศก่อนจะตกลงสู่
พื้นดิน น้ำฝนบางส่วนจะถูกต้นไม้ อาคารบ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ รองรับไว้เรียก
ว่าน้ำพืชยึด (Interception) น้ำส่วนที่ตกลงสู่ผิวดินบางส่วนจะซึมผ่านผิวดินบางส่วน
จะเหลืออยู่บนผิวดินสะสมชั้นเรื่อย ๆ แล้วขังอยู่ระยะหนึ่งเรียกว่า " Surface
detention " เมื่อสะสมมาก ๆ เข้าก็จะรวมไหลลงสู่ที่ต่ำหรือไปรวมอยู่ในอ่างเก็บน้ำ
ชั่วคราว เช่น หลุม บ่อ พวกนี้เป็นน้ำที่ขังอยู่บนพื้นดินชั่วคราว (Retention storage)
บางส่วนก็จะไหลลงสู่ลำธารในลักษณะของน้ำไหลบ่าหน้าดินไปรวมอยู่ในลำธาร น้ำที่รวม
อยู่ในลำธารนี้เรียกว่า "Channel storage หรือ Channel detention"
จนกระทั่งลำธารเก็บน้ำไว้ไม่ได้ น้ำในลำธารก็จะไหลต่อไป

โดยปกติแล้วบริเวณที่มีป่าปกคลุมหนาแน่นมาก ๆ จะมี Interception ประมาณ 25% ของปริมาณฝนตลอดปี ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของฝน ถ้ามีความหนาแน่นต่ำ น้ำฝนจะถูกกรองรับโดยพืชไว้ได้มากแล้วระเหยไปภายหลัง สำหรับชาวโศกที่โตเต็มที่ โดยปกติจะมีอัตราการรองรับน้ำในลักษณะน้ำที่ซึบ (Interception storage capacity) ประมาณ .02 นิ้ว ต่อปี

จะเห็นได้ว่า ขบวนการการไหลของน้ำจะเริ่มตั้งแต่ฝนตกจนเป็นลำน้ำนั้น น้ำฝนจะต้องผ่านขบวนการต่าง ๆ มาตามลำดับ ซึ่งรวมเรียกว่าเป็นขบวนการไหลของน้ำ คำว่า "Runoff" หมายถึง ขบวนการหลาย ๆ อย่างดังกล่าวซึ่งผลที่สุดจะทำให้เกิดการไหลของน้ำในลำน้ำ

3. วิธีการศึกษามี 2 วิธีคือ

1. ใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ (Current meter)
2. ใช้เขื่อนวัดน้ำ ($120^\circ - v$ Notch)

โดยทั่วไปการวัดโดยใช้เขื่อนวัดน้ำน่าจะให้ค่าถูกต้องมากกว่า เนื่องจากได้มีการจัดสร้างเขื่อนวัดน้ำไว้อย่างถูกต้องและมีระเบียบค่อนข้างแน่นอน สามารถควบคุมตัวแปร (Variable) ได้เกือบหมด ปริมาณน้ำทั้งหมดควรไหลผ่านเขื่อนวัดน้ำซึ่งมีเครื่องมือวัดความสูงได้ชัดเจน ถ้าไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น นอกจากนั้น การวัดโดยใช้ Weir $120^\circ -$ Notch มีความสะดวกในการอ่านค่า เนื่องจากมีบันทึกเกี่ยวกับระดับน้ำอยู่เสมอ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความถูกต้องก็ขึ้นอยู่กับวิธปฏิบัติการณ์ด้วย เช่น ความชำนาญของผู้ตรวจวัดและการวางแผนที่ดี

เครื่องวัดกระแสน้ำ อาจให้ค่าความผิดพลาดได้ง่าย เช่น ความไม่แน่นอนของกระแส น้ำ ความผิดอันเนื่องมาจากความฝืด (Friction) ของกระแส น้ำ ซึ่ง

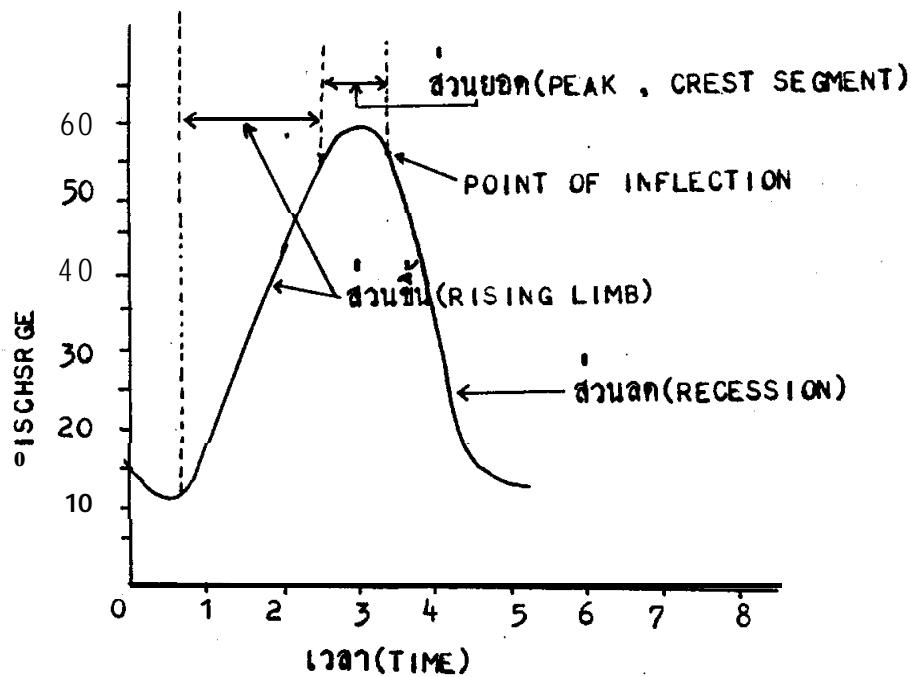
อาจจะเนื่องมาจากลักษณะของห้องลำน้ำ นอกจากนั้นการหาค่าพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ
ในแต่ละครั้งอาจผิดพลาดได้มาก การใช้เครื่องวัดกระแสน้ำจะทราบค่าต่อเมื่อทำการ
วัดเท่านั้น ซึ่งไม่ค่อยจะสะดวกนัก นอกจากนั้นการเลือกตำแหน่งที่วัดก็ต้องการพิจารณา
ที่ตีมาก ข้อดีคือ เสียค่าใช้จ่ายถูกและทำได้รวดเร็ว ส่วนข้อเสียของเขื่อนวัดน้ำคือต้อง
ลงทุนมากและลำน้ำขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถทำได้เพราะทุนสูงมาก อาจต้องทำเป็นรูปอื่น
แทน

4. กราฟน้ำไหลหรือไฮโดรกราฟ คือ กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ปริมาณน้ำต่อระยะเวลา หรือ ความสูงของน้ำในลำน้ำต่อระยะเวลา

ส่วนประกอบของไฮโดรกราฟมีดังนี้

1. ส่วนขึ้น (Rising limb) คือ ส่วนของไฮโดรกราฟที่เริ่มตั้งแต่
จุด ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำทั้งหมดในลำน้ำ เพื่อคุณลักษณะการเพิ่ม
ขึ้นว่าเป็นอย่างไร ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของความหนักเบาของฝนและระยะเวลาของฝน
รวมทั้งสภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำนั้นด้วย เช่น ชนิดของโครงสร้างดิน, ความลาดชัน,
พืชคลุมดิน, อัตราการซึมน้ำของดินและปริมาณความชื้นในดิน ฯลฯ เป็นต้น จากการทดลอง
พบว่า ถ้าพืชคลุมดินถูกทำลาย ความสามารถในการดูดซึมจะต่ำโอกาสเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน
จะมีมาก ทำให้ Rising limb สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะถ้าพื้นที่นั้นมีความสูง
ชันอยู่ด้วยแล้ว ความเร็วจะเพิ่มมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตคือ ในระยะเริ่มแรกที่ฝนตกนั้น กราฟจะอยู่สูงกว่าจุด จาก
ตัวอย่างคือ จุด B ซึ่งจะสูงกว่าจุด A ซึ่งเป็นจุดที่เริ่มวัดน้ำฝนเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อฝน
เริ่มตกในตอนแรก ดินยังแห้งโอกาสที่น้ำจะซึมลงไปได้มีมาก น้ำฝนจะซึมลงสู่ที่ต่ำและไหล
ซึมลงสู่ดินและลงสู่ระดับน้ำใต้ดินในที่สุด ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในระยะเวลานั้น ต่อมา



รูปที่ 5.9 กราฟน้ำไหล (Hydrograph)

เมื่อน้ำที่ฝนท่าหลายอนุภาคของดินทำให้เม็ดดินแตกออกเป็นอนุภาคของดินเล็ก ๆ และกระจายไปในที่ต่าง ๆ และอุทกธรณีทำให้ให้น้ำซึมลงไปได้ยาก หรืออาจกล่าวได้ว่า ดินชุ่มน้ำสูงสุดแล้ว น้ำอาจมีผลทำให้เม็ดดินพองตัวขึ้น เป็นผลทำให้ปริมาณช่องว่างในดินลดลง ความชื้นน้ำได้ก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งจะมีผลให้น้ำในลำธารลดลงได้

2. ส่วนยอด (Crest segment หรือ Peak) ส่วนยอดสุดคือ "Peak" จะแหลมหรือมนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ของลุ่มน้ำนั้น เช่น ลักษณะทางธรณีวิทยา ภูมิอากาศ ฯลฯ โดยทั่วไปรูปไฮโดรกราฟของลุ่มน้ำป่าธรรมชาตินั้นลักษณะของไฮโดรกราฟมักจะเป็นรูป Bowl - shaped กลับ ส่วนลุ่มน้ำที่ป่าถูกทำลายหรือดินที่มีการขี้น้ำต่ำแล้วลักษณะของไฮโดรกราฟที่จุดส่วนยอดจะเป็นรูป V - shaped

กลับ อย่างไรก็ตาม ส่วนของ Crest segment คือส่วนที่อยู่ช่วงระหว่าง จุดยอด ซึ่งทั้ง 2 ด้านของไฮโดรกราฟมีค่าเท่ากับศูนย์ (0)

Point of inflection เป็นจุดที่ความลาดชันเท่ากับศูนย์ อยู่ทางขวามือของรูป ค่าจำกัดความของ Point of inflection คือ จุดซึ่ง น้ำต้นน้ำเป็นต้นไป จะไม่มี Surface inflow เลย น้ำในลำธารจะไหลด้วย Interflow และ Baseflow เท่านั้น

3. ส่วนลด (Recession) เป็นส่วนของเส้นโค้งที่น้ำจะถูกระบาย จากลุ่มน้ำสู่ลำธาร เป็นส่วนที่เริ่มจาก Point of inflection เป็นต้นไป ส่วนของเส้นโค้งแสดงส่วนลดนี้จะไม่มียุติพลจากลักษณะของฝนเลย ขนาดของพื้นที่และ ลักษณะอื่น ๆ ของพื้นที่จะเป็นปัจจัยควบคุมลักษณะของลักษณะของส่วนลดนี้.