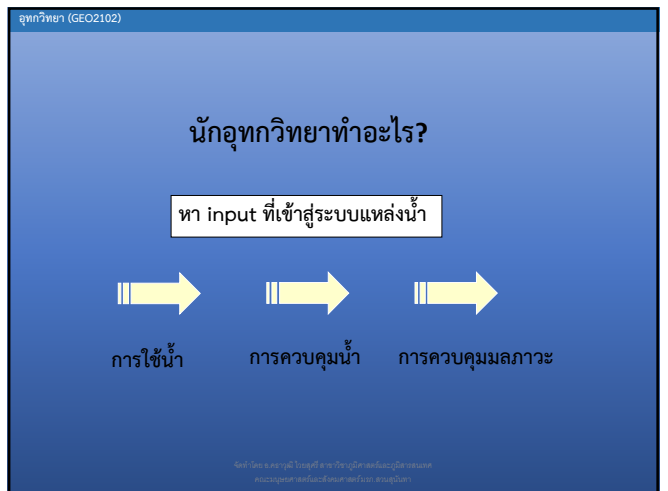


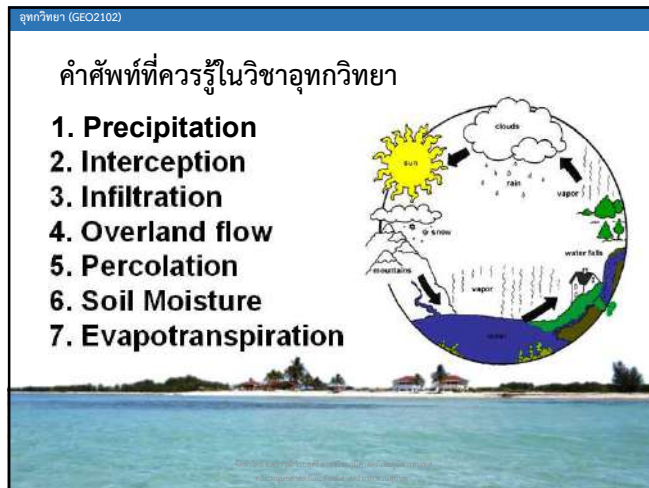
อุทกวิทยา (GEO2102)

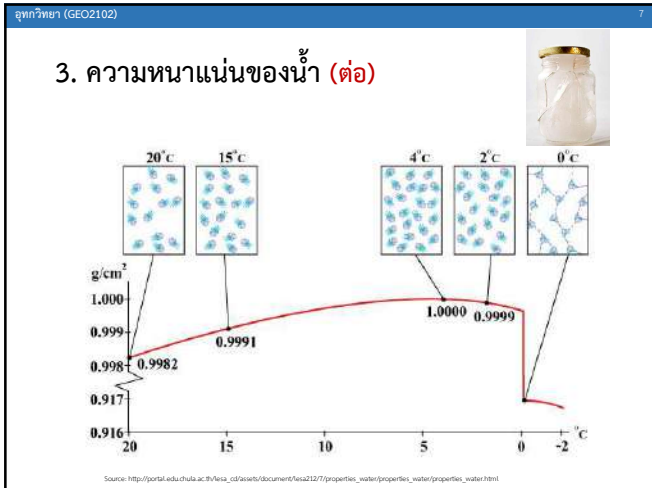
ความสำคัญของของอุทกวิทยา (ต่อ)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณทั้งหมด (x1,000 กม3)	ปริมาณทั้งหมด (%)
มหาสมุทรของโลก	1,370,323	93.93
น้ำใต้ดิน	60,000	4.12
น้ำใต้ดินที่ถ่ายเทได้	4,000	0.27
ธารน้ำแข็ง	24,000	1.65
ทะเลสาบ	230	0.016
ความชื้นในดิน	83	0.005
ความชื้นในบรรยากาศ	14	0.001
แม่น้ำต่าง ๆ	1.2	0.0001
รวม	1,454,651	100

จัดทำโดย อ.ศราวุฒิ ไวยสุศรี สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์







ทำไมน้ำแข็งถึงลอยอยู่บนน้ำ?

สสารทั่วไปมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมีความหนาแน่นน้อยลงเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ด้วยเหตุนี้ น้ำแข็งจึงลอยอยู่บนน้ำ น้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือและใต้ก็มีหลักการเช่นเดียวกัน

Source: <http://time.com/4232128/iceberg-ship-photo/>

4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ

การเปลี่ยนสถานะของน้ำมีการดูดกลืนหรือคายความร้อน โดยที่ไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat) ซึ่งมีหน่วยเป็น แคลอรี (Calories)

จุดเดือด (Boiling point): 100 °C กลายเป็นไอน้ำ
จุดเยือกแข็ง (Freezing point): 0 °C กลายเป็นน้ำแข็ง

Source: <https://sites.google.com/site/stateofmatter2017/hxngkhaeng-solid/ka-pelyin-sthana-khong-sar>

4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ (ต่อ)

เมื่อ น้ำ => น้ำแข็ง ที่ 0 °C
ใช้ความร้อนแฝง 80 แคลอรี/กรัม

Source: <https://www.quora.com/What-is-latent-heat>

4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ (ต่อ)

เมื่อ น้ำ => ไอน้ำ ที่ 100 °C
ใช้ความร้อนแฝง 540 แคลอรี/กรัม

Source: <https://www.quora.com/What-is-latent-heat>

5. ความจุความร้อน (Heat capacity)

- น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 °C จะต้องใช้พลังงาน เท่ากับ 4.184 จูล
- ดังนั้น หากจะทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลทั้งโลกสูงขึ้นได้ จะต้องอาศัยพลังงานมหาศาลจากดวงอาทิตย์
- เวลากลางวัน อุณหภูมิของน้ำทะเล ต่ำกว่า อุณหภูมิของอากาศ
- เวลากลางคืน อุณหภูมิของน้ำทะเล สูงกว่า อุณหภูมิของอากาศ

Source: <https://astarmathandphysics.com/v-level-physics-notes/181-land-and-sea-breezes.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 13

ทำไมในเขตอบอุ่นหรือเมืองหนาว จึงมีผู้คนส่วนใหญ่เลือกอาศัยอยู่ใกล้ชายฝั่ง?

ที่พื้นที่ชายฝั่งทะเลในเขตอบอุ่น เวลาถึงฤดูหนาว ที่พื้นที่ชายฝั่งจะอบอุ่นเหมาะแก่การอยู่อาศัย เพราะคุณสมบัติของความจุความร้อน เพราะน้ำคลายความร้อนช้ากว่าพื้นดิน

Source: <https://pantip.com/topic/32169945>

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

6. ตัวทำละลาย (Dissolving power)

เมื่อเทียบกับสารประกอบชนิดอื่นแล้ว น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด เมื่อโมเลกุลของน้ำถูกรวมตัวกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีแรงระหว่างประจุบวก (H⁺) และประจุลบ (O) ของพันธะไฮโดรเจนในน้ำเรียกว่าแรงอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นได้อีกด้วย

Source: <http://canacopegdl.com/keyword/dissolve.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

6. ตัวทำละลาย (Dissolving power) (ต่อ)

น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี เนื่องจากแรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลน้ำจะมีพลังมากกว่าแรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลอื่นเสมอ

ตัวอย่าง เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมประจุบวก (Na⁺) และคลอไรด์ประจุลบ (Cl⁻) ด้วยพันธะไอออนิก

แรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลน้ำมีค่าสูงกว่าเกลือ ทำให้ไฮโดรเจนและออกซิเจนของน้ำยึดจับโซเดียมและคลอรีนของเกลือ

Source: <https://www.youtube.com/watch?v=zePYWZ2Ajnl>

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

6. ตัวทำละลาย (Dissolving power) (ต่อ)

Source: http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/7/properties_water/properties_water/properties_water.html

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency)

บนโลกมีน้ำประกอบไปด้วย 2 ใน 3 ส่วน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของสิ่งมีชีวิตบนโลก เมื่อน้ำได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทั้งสัตว์น้ำและแหล่งกักตุนพืชจะเติบโตและขยายประชากร ซึ่งสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้จัดเป็นห่วงโซ่อาหารปฐมภูมิ (Primary food chain) ลำดับแรกที่สำคัญมาก

Source: <https://www.geo.arizona.edu/Antevs/nats104/00lect17lakifzon.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ชลธีวิทยาหรือชลธารวิทยา (Limnology) เป็นการศึกษาคล้ายกับทางสมุทรศาสตร์ แต่จะศึกษาในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล (inland waters) ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำไหล เช่น ห้วย ลำธาร แม่น้ำ ปากแม่น้ำ และแหล่งน้ำนิ่ง เช่น หนอง บึง ทะเลสาบน้ำจืด ทะเลสาบน้ำเค็ม อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น

Source: <http://lakes.chebucto.org/swcs-limne.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 19

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

การจำแนกแหล่งน้ำแบบทะเลสาบ (Lake) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามคุณสมบัติ ได้แก่

7.1 แหล่งน้ำตื้น (Unstratified Lake)

- แสงส่องถึงพื้นน้ำได้
- พืชเจริญเติบโตขึ้นได้ เช่น ต้นกก พุทธรักษา สาหร่าย เป็นต้น
- จุลินทรีย์เกาะตามพืช

Source: https://www.researchgate.net/figure/Across-wetlands-bordering-open-water-such-as-stream-riverian-zones-river-floodplains_fig2_309418612

อุทกวิทยา (GEO2102) 20

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

7.2 แหล่งน้ำลึก (Stratified Lake)

7.2.1 แบ่งโซนค่อนข้างชัดเจน โดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์

- Epilimnion (อุณหภูมิประมาณ 27-30 °C)
- Metalimnion (อุณหภูมิประมาณ 10-26 °C)
- Hypolimnion (อุณหภูมิประมาณ 4-9 °C)

7.2.2 แบ่งตามแสงที่ส่องผ่านถึงพื้นน้ำ

- Photic zone (แสงส่องถึง)
- Aphotic zone (แสงส่องไม่ถึง)

Source: <https://www.climate-policy-watcher.org/lake-ecosystems/density-stratification-and-stability.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 21

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

7.2 แหล่งน้ำลึก (Stratified Lake) (ต่อ)

7.2.3 แบ่งตามแนวนอน (Horizon)

- Littoral zone (เขตตื้น)
- Limnetic zone (เขตผิวน้ำ)
- Profundal zone (เขตก้นน้ำ)

Source: <http://www.bio.utexas.edu/faculty/lsasper/Bio301M/aquahab.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 22

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำลึก (a) แหล่งน้ำตื้น (b) ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ในฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง

Source: https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-framework-for-how-an-increase-in-summer-temperatures-could-affect-fish-in_fig1_31167929

อุทกวิทยา (GEO2102) 23

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

การผลิตจำนวนของที่ได้ ต่อหน่วยที่ผลิตในแหล่งน้ำ (Aquatic Productivity)

$$yield = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100\%$$

- Primary Productivity: เกิดขึ้นโดยพืชที่ผลิตอาหารด้วยตัวเอง (Autotroph) คือ พืชที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (หน่วย joules/m²/day)
- Secondary Productivity: คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Heterotroph) เช่น สัตว์ เห็ดรา แบคทีเรีย

อุทกวิทยา (GEO2102) 24

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ (Factor Productivity)

1. ทางกายภาพ (Physical)

- อุณหภูมิ (Temperature)
- แสง (Light)
- ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen หรือ DO) มีประมาณ 5 ppm ถือว่าดี
- ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid หรือ TDS) ค่าสูงน้ำจะขุ่น

Source: http://nile.riverawarenesskit.org/English/NRAK/RS_L3/html/lake_stratification.html


อุทกวิทยา (GEO2102) 25

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ
(Factor Productivity) (ต่อ)

2. ทางเคมี (Chemical)

- ความเข้มข้นซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 1-10 ppm ช่วยทำให้พืชนำไปใช้ในโครงสร้างเพื่อป้องกันเชื้อรา
- ความเข้มข้น SO_4 ประมาณ 5-50 ppm ช่วยทำให้พืชเจริญเติบโต



Source: <https://www.amazon.com/Bloom-City-Silica-Growing-Supplement/dp/B073ZP113T>

อุทกวิทยา (GEO2102) 26

7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ (Factor Productivity) (ต่อ)

3. ทางชีวภาพ (Biological)

- Food Pyramid คือ ผู้ล่าไม่มาจนเกินไป ผู้ผลิตไม่มาจนเกินไป



Source: <https://www.teacherspayteachers.com/Product/Free-Science-Clip-Art-Trophic-Pyramid-Food-Chain-Color-Blackline-1849392>

อุทกวิทยา (Hydrology)

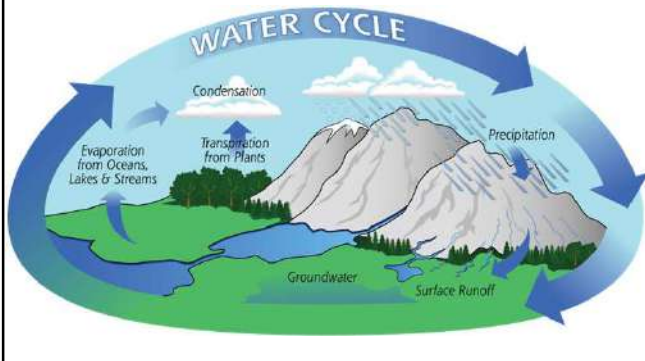
3. วัฏจักรของน้ำ (1)



ผู้สอน อาจารย์ชฎาฉวี ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2102) 2

วัฏจักรของน้ำหรืออุทกวัฏจักร (Hydrological cycle)



Source: <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle>

อุทกวิทยา (GEO2102) 3

ประเด็นที่จะศึกษาในวันนี้

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร
2. ส่วนประกอบของอุทกวัฏจักร
3. การถ่ายเทของน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2102) 4

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร

- กระบวนการของอุทกวัฏจักร เริ่มต้นจากฝนตกลงสู่พื้นโลก (Precipitation) หยดน้ำจะทำปฏิกิริยากับสิ่งปกคลุมดินแตกต่างกันออกไป
- ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างส่วนต่างๆ ของอุทกภาค
- การหมุนเวียนของน้ำ ได้แก่ การระเหย การถ่ายเทความชื้น น้ำไหลบ่า



Source: <http://science.jrank.org/kids/pages/256/WATER-IN-EARTH-SYSTEM.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 5

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

ในขณะที่น้ำฝนตกลงมา

- **ที่ต้นไม้** จะเกิดกระบวนการน้ำพืชยึด น้ำไหลตามต้น และน้ำไหลผ่านเรือนยอด
- **ที่ดิน** น้ำจะซึมผ่านผิวดินลงไป และซึมลึกไปยังชั้นน้ำใต้ดิน และน้ำบางส่วนจะระเหยกลับ



Source: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8k.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

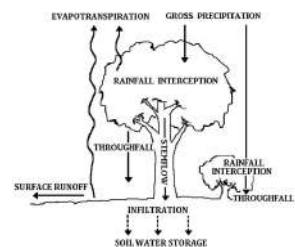
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

คำจำกัดความกรณีฝนตกที่ต้นไม้

น้ำพืชยึด (Interception)
ปรากฏการณ์หรือขบวนการที่ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งถูกดูดยึดไว้ โดยเรือนยอดและส่วนอื่น ๆ ของต้นไม้

น้ำพืชหยด (Throughfall)
เป็นส่วนหนึ่งของน้ำฝนที่ตกลงถึงพื้นดิน โดยผ่านทะลุเรือนยอดของต้นไม้ใหญ่หรือไม้พุ่มหรือส่วนที่หยดจากใบกิ่ง และลำต้นของต้นไม้หลังจากเกิดขบวนการน้ำพืชยึด

น้ำตามต้น (Stemflow)
ส่วนของน้ำฝนที่ถูกสะกักกั้นไว้โดยเรือนยอด กิ่ง ก้าน แล้วไหลลงตามลำต้นลงสู่ผิวดิน



Source: <http://www.dnp.go.th/Research/watershade/vocab.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

คำจำกัดความกรณีฝนตกที่ต้น

น้ำในดิน (retention)
 น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของเม็ดดิน โดยกระบวนการน้ำซึมลงสู่ดิน

น้ำใต้ดิน (ground water)
 น้ำที่ซึมลงไปในดินคอนล่าง ถูกยึดเก็บไว้ในดินในรูปของความชื้นขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของรูดิน ความหยาบละเอียด และ specific surface ของดิน

การคายระเหย (evapotranspiration)
 เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวให้กลายเป็นไอ เป็นกระบวนการระหว่างการระเหยน้ำ (evaporation) คือ การสูญเสียน้ำจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรงกับกระบวนการคายน้ำของพืช (transpiration)

Source: <http://www.dnp.go.th/Research/watershade/vocab.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 8

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

พลังงานความร้อนทำให้เกิดการระเหย ระบบลม และการหมุนเวียนไอน้ำและความร้อน

Source: <http://paraglidinfo.com/2014/03/03/how-the-sun-water-and-mountains-affect-wind-patterns/>

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร

- 2.1 บรรยากาศ
- 2.2 มหาสมุทร
- 2.3 เปลือกโลก
- 2.4 ดิน
- 2.5 ทะเลสาบ

Source: http://www.climate.be/textbook/chapter2_node9.html

อุทกวิทยา (GEO2102) 10

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.1 บรรยากาศ

- บรรยากาศเป็นตัวกำหนดอัตราการระเหยและเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กระจายความชื้นไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลก
- อุณหภูมิมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ

อุทกวิทยา (GEO2102) 11

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.1 บรรยากาศ (ต่อ)

ไอน้ำในบรรยากาศแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ดังนี้

- บริเวณที่มีความจุไอน้ำต่ำสุด คือ บริเวณตอนในของทวีปและเขตละติจูดสูง
- พื้นที่ที่มีความจุไอน้ำสูงสุดคือบริเวณศูนย์สูตรในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ เขตมรสุมเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

อุทกวิทยา (GEO2102) 12

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.1 บรรยากาศ (ต่อ)

Global atmospheric circulation system

อุทกวิทยา (GEO2102) 13

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.1 บรรยากาศ (ต่อ)

ที่ 20 °C ในอากาศ มีน้ำได้ 15 กรัม หรือ 15 cc

ที่ 30 °C ในอากาศ มีน้ำได้ 28 กรัม หรือ 28 cc

ถ้ามีน้ำเกินกว่านี้ น้ำที่เกินจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ

Source: <https://socratic.org/questions/what-is-the-maximum-amount-of-water-vapor-air-can-hold-at-a-given-temperature-ca>

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.2 มหาสมุทร

- ไอน้ำที่กลั่นตัวและตกเป็นน้ำฝนแล้วจะถูกเติมด้วยการระเหยจากมหาสมุทรอยู่เสมอ
- มากกว่า 3 ใน 4 ของความชื้นในบรรยากาศได้จากการระเหยจากมหาสมุทร
- เมื่อมีการระเหยมาก จะทำให้มีปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมากและปริมาณการตกของฝนจึงมากตามไปด้วย

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.3 เปลือกโลก

- เปลือกโลกเป็นแหล่งกักเก็บน้ำ โดยแบ่งเป็นน้ำในดินและน้ำใต้ดิน
- แม่น้ำจะได้รับการเติมน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินอยู่ตลอดเวลา
- ลักษณะของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ ลักษณะของดิน ภูมิประเทศ พืชและโครงสร้างทางธรณีวิทยา

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.3 เปลือกโลก (ต่อ)

ภูมิประเทศแบบคาร์สต์ (Karst topography) และหินภูเขาไฟ (Tuff) เป็นลักษณะภูมิประเทศที่น้ำไหลลงสู่ใต้ดินสะดวก ระเหยน้อย ปริมาณน้ำในลำธารมีมาก

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.4 ดิน

- ดิน เป็นแหล่งกักเก็บความชื้นที่ดี โดยส่วนสำคัญที่เป็นตัวกักเก็บความชื้นคือ อินทรีย์วัตถุ
- การสูญเสียน้ำในดิน เกิดจาก การระเหยจากดินและการคายน้ำของพืช
- โครงสร้างของดินจะเป็นตัวกำหนดอัตราการซึมน้ำและการกักเก็บน้ำของดิน

อุทกวิทยา (GEO2102) 19

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.4 แม่น้ำ

- แม่น้ำมีหน้าที่เติมน้ำลงสู่ทะเลเพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป
- แม่น้ำจะได้รับน้ำจาก น้ำไหลบ่าผิวดิน หิมะและน้ำใต้ดิน

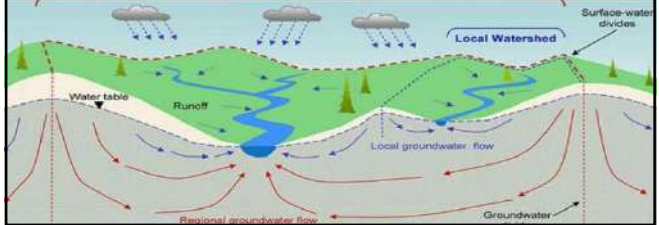


อุทกวิทยา (GEO2102) 20

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.4 แม่น้ำ (ต่อ)

- โดยทั่วไป น้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff) มีผลเสียมากกว่าผลดี เพราะเป็นน้ำที่สูญเสียลงสู่ลำธาร ทำให้เกิดน้ำท่วม และเกิดการชะล้างพังทลายดิน
- น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่เติมน้ำให้กับลำธารในช่วงฤดูแล้ง



อุทกวิทยา (GEO2102) 21

2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)

2.5 ทะเลสาบ

- ลักษณะเด่นของทะเลสาบในอุทกวัฏจักรคือการระเหย
- ทะเลสาบที่มีทางน้ำไหลผ่านสามารถช่วยคุมปริมาณน้ำไหลในลำธารและแม่น้ำได้



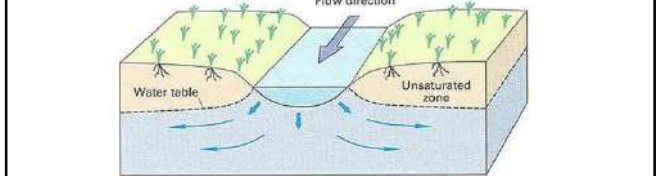
อุทกวิทยา (GEO2102) 22

3. การถ่ายเทของน้ำ

การถ่ายเทของน้ำเป็นการนำเอาความรู้จาก

1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร
2. ส่วนประกอบของอุทกวัฏจักร

มาใช้อธิบายลักษณะการถ่ายเทของน้ำจากน้ำฝนไหลลงสู่ดินและไหลไปในลักษณะของน้ำไหลบ่าและน้ำใต้ดิน



อุทกวิทยา (GEO2102) 23

3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)



อุทกวิทยา (GEO2102) 24

3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)

แบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 กรณีที่ดินชื้นน้ำได้น้อยและเก็บกักน้ำได้น้อยจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดินมากดินมีความชื้นน้อย น้ำใต้ดินอยู่ในระดับต่ำ แม่น้ำแห้งในฤดูแล้ง
- 3.2 กรณีที่ดินชื้นน้ำได้มากและเก็บกักน้ำได้สูง ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินจะน้อยกว่ากรณีที่ 3.1 ความชื้นในดินสูง การระเหยสูง น้ำใต้ดินสูง ปริมาณน้ำในลำธารจะสม่ำเสมอ ลำธารมีน้ำไหลทั้งปี



อุทกวิทยา (GEO2102) 25

3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)

แบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้

3.3 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้มากแต่ดินเก็บน้ำได้น้อย จะทำให้มีน้ำในดินน้อย เพราะมีการระบายน้ำเร็ว ทำให้น้ำในลำธารเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

3.4 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้น้อยแต่ดินเก็บน้ำได้มาก จะทำให้น้ำในดินน้อย ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินมาก น้ำในลำธารมาก

3.5 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้ดีและเก็บกักน้ำได้ดี จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดินน้อย การระเหยสูง น้ำในลำธารน้อย แต่มีน้ำในลำธารตลอดทั้งปีและปริมาณน้ำสม่ำเสมอ

อุทกวิทยา (GEO2102) 26

3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)

การนำความรู้ด้านการซึม (Infiltration) มาใช้กับการสร้างถนนที่ให้น้ำซึมได้ เพื่อลดปริมาณน้ำไหลบ่า (runoff)

The diagram illustrates three scenarios of water infiltration into the ground. On the left, 'ASPHALT PAVEMENT' shows rain falling on a solid surface with no water entering the ground, labeled 'Zero Infiltration and Treatment'. In the middle, 'NATURE' shows rain falling on soil with a tree, where water infiltrates into the ground, labeled 'Normal Infiltration and Treatment'. On the right, 'PERVIOUS CONCRETE' shows rain falling on a porous concrete surface, with water passing through the concrete into the ground, labeled 'Increased Infiltration and Treatment'.

Source: <http://www.tahmahlah.com/project/habitat/driveway>

อุทกวิทยา (GEO2102) 27

LAB 1 ให้นักศึกษาหาความหมายขององค์ประกอบสำคัญของอุทกวัฏจักรดังต่อไปนี้ และให้อธิบายความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรด้วย

1. Precipitation
2. Interception
3. Infiltration
4. Overland flow
5. Percolation
6. Soil Moisture
7. Evapotranspiration

The illustration shows a stylized landscape with mountains and clouds, representing the hydrological cycle. It is positioned to the right of the list of hydrological cycle components.

อุทกวิทยา (Hydrology)

4. วัฏจักรของน้ำ (2)




ผู้สอน อาจารย์ศราวดี ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2102)

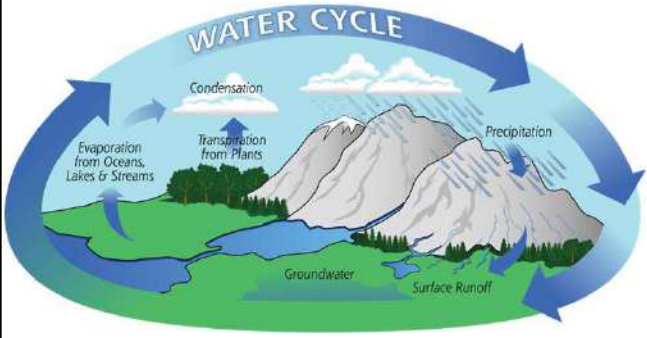
หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ)
2. Streamflow (ธารน้ำไหล)
3. Infiltration (การซึม)
4. Groundwater (น้ำใต้ดิน)
5. Evaporation (การระเหย)
6. Transpiration (การคายน้ำของพืช)
7. Evapotranspiration (การคายระเหย)
8. Surface runoff (น้ำท่าผิวดิน)
9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน)
10. Seepage (ตาน้ำ)
11. Condensation (การกลั่นตัวของไอน้ำ)



อุทกวิทยา (GEO2102)

บทที่ 1 - บทที่ 8 Hydrological cycle'



Source: <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle>

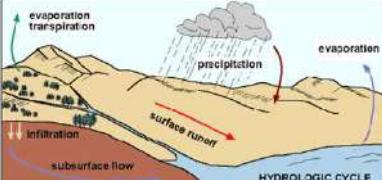
อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ)

พื้นที่ป่าต้นน้ำ (Upstream) ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่แตกต่างกันตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล

เมื่อเกิดฝนตกลงมาบริเวณป่าต้นน้ำ ทำให้เกิดทิศทางการไหลของน้ำ 2 รูปแบบ ดังนี้

1. Surface runoff (น้ำท่า) ไหลบ่าบนหน้าดิน
2. Infiltration (ไหลซึมลงดิน) ซึ่งสามารถรับได้ระดับหนึ่ง เกิดเป็นน้ำซึบน้ำซึม (subsurface runoff)



Source: <https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

พื้นที่ป่าต้นน้ำ (Upstream)

ป่าไม้ในประเทศไทย




อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ

1. ชะลอการตกถึงพื้นของน้ำฝน เพราะมีพรรณไม้หลายระดับ เช่น ระดับบน กลาง ล่าง พุ่ม พื้นล่าง
2. ชะลอเวลาให้พื้นดินดูดซับน้ำไว้ให้มากที่สุด ก่อนไหลบ่าลงสู่ลำธาร กลายเป็นน้ำท่า
3. น้ำบางส่วนถูกกักเก็บให้เป็นน้ำซึบน้ำซึมยามฤดูแล้ง (ตาน้ำ) บางส่วนไหลลึกลงไปในซับกักเก็บและเป็นน้ำบาดาล




อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ (ต่อ)

- ส่วนที่เหลือไหลลงสู่ลำธาร คลอง แม่น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำและทะเลตามลำดับ
- การไหลของน้ำบนพื้นที่ราบจะใช้เวลานานกว่าออกสู่ทะเล แต่ไม่มีวันแห้งเนื่องจากได้รับน้ำเติมเข้ามาตลอด โดยน้ำซับและน้ำซึมไหลออกมาจากพื้นที่ตลิ่งในหน้าแล้ง




อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation)

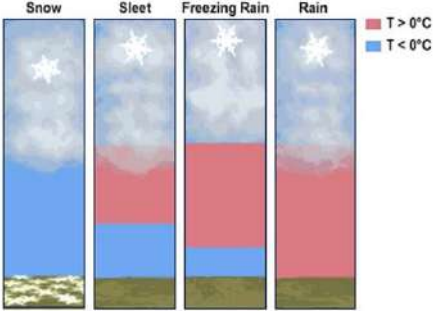
- ฝน (rain)
- น้ำค้าง (dew)
- หมอก (fog)
- ฝนหิมะ (sleet and freezing rain)
- หิมะ (snow)



อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation) (ต่อ)

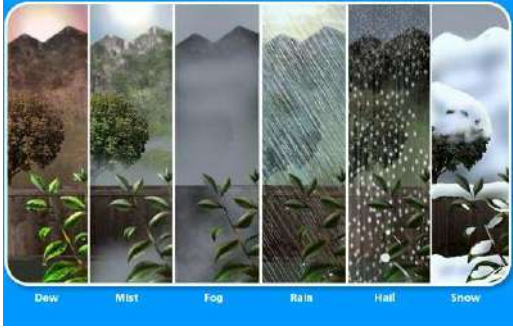


Source: <https://www.slideshare.net/mahasabri/precipitation-and-its-forms-hydrology>

อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation) (ต่อ)




Source: <http://civilengineersforum.com/9-types-of-precipitation/>

อุทกวิทยา (GEO2102)

1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)

คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ (ต่อ)

- ส่วนที่เหลือไหลลงสู่ลำธาร คลอง แม่น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำและทะเลตามลำดับ
- การไหลของน้ำบนพื้นที่ราบจะใช้เวลานานกว่าออกสู่ทะเล แต่ไม่มีวันแห้งเนื่องจากได้รับน้ำเติมเข้ามาตลอด โดยน้ำซับและน้ำซึมไหลออกมาจากพื้นที่ตลิ่งในหน้าแล้ง



อุทกวิทยา (GEO2102)

2. Streamflow (ธารน้ำไหล)

ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่างๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ ตอนล่าง โดยแบ่งลักษณะการไหล เช่น 3 ลักษณะ คือ น้ำไหลบ่าหน้าผาผิวดิน (Overland flow) น้ำไหลภายในดิน (Inter flow) และน้ำไหลใต้ดิน (groundwater flow)

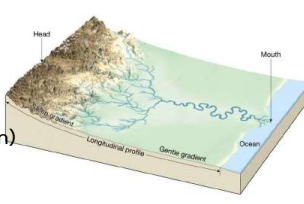



อุทกวิทยา (GEO2102)

2. Streamflow (ธารน้ำไหล) (ต่อ)

ชนิดของธารน้ำไหล (Types of Streamflow)

1. ต้นน้ำ (Upstream หรือ Headwaters)
2. ทางน้ำ (Stream)
3. ปากแม่น้ำ (Mouth)
4. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain)
5. ฝนหิมะ (Sleet and Freezing rain)
6. หิมะ (Snow)

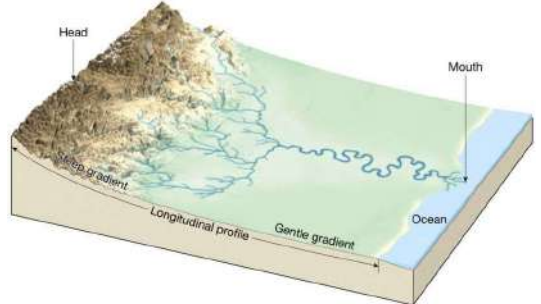


Source: <https://slideplayer.com/slide/4400476/>

อุทกวิทยา (GEO2102)

2. Streamflow (ธารน้ำไหล) (ต่อ)

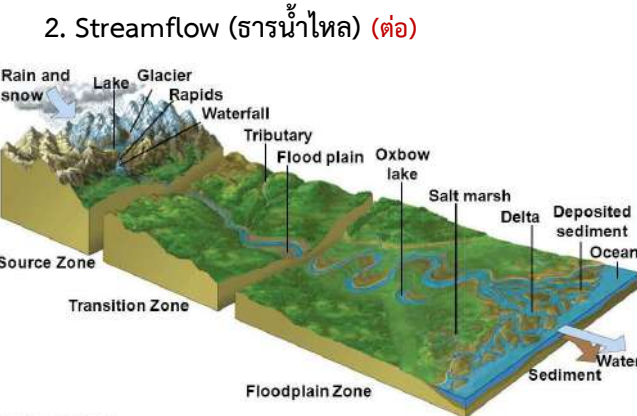
ชนิดของธารน้ำไหล (Types of Streamflow)



Source: <https://slideplayer.com/slide/4400476/>

อุทกวิทยา (GEO2102)

2. Streamflow (ธารน้ำไหล) (ต่อ)

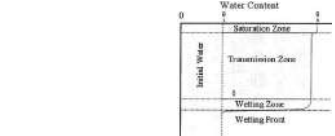


Source: <https://slideplayer.com/slide/4400476/>

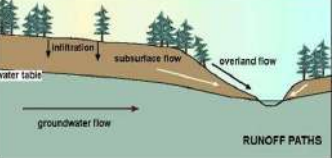
วิชาธรณีวิทยา xxx1

3. Infiltration (การซึม)

กระบวนการซึมลงดินเริ่มต้นขึ้นเมื่อน้ำตกลงสู่ผิวดินน้ำจะซึมผ่านผิวดินและแพร่ลงไปในดินตามแรงดึงดูดความชื้นจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นแรงดึงดูดของโลภจะทำให้ น้ำไหลลึกซึมลงไปในดิน สามารถพิจารณาแยกปริมาณความชื้นในดินได้เป็น 4 ส่วน คือ



1. ส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation zone) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับผิวดิน
2. ส่วนที่น้ำแพร่ผ่าน (transmission zone) เป็นส่วนที่น้ำไหลผ่านชั้นดิน ขณะที่ดินยังไม่อิ่มตัวโดยปริมาณความชื้นตลอดหน้าตัดใกล้เคียงกัน
3. ส่วนที่กำลังเปียก (wetting zone) เป็นส่วนที่ความชื้นกำลังเพิ่มขึ้นโดยในชั้นดินที่ลดลงไปจะมีความชื้นน้อย
4. หน้าตัดที่กำลังเปียก (wetting front) เป็นหน้าตัดที่เริ่มเปียกน้ำและกำลังมีการเปลี่ยนความชื้นอย่างรวดเร็ว



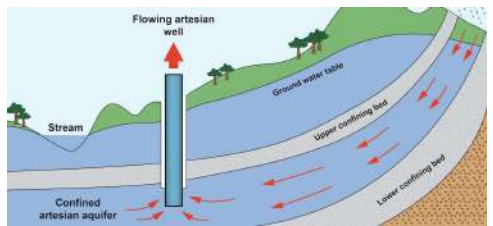
Source: <http://www.gsstudy.com/geology/subsurface-flow>

อุทกวิทยา (GEO2102)

4. Groundwater (น้ำใต้ดิน)

น้ำที่ไหลซึมลงดินและถูกกักเก็บโดยชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer) ใต้ดินหรือตามรอยแตก (fracture)

Confined aquifer ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน เป็นชั้นน้ำที่อยู่ระหว่างชั้นหินที่รองรับด้านล่าง (lower aquitard) และชั้นหินที่ปิดทับด้านบน (upper aquitard) ทำให้น้ำบาดาลที่กักเก็บในบริเวณนี้มีแรงดัน

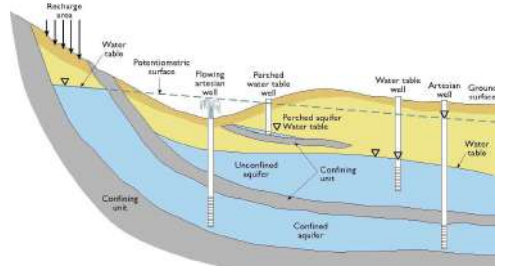


Source: http://www.vaiwai.com/au/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=106

อุทกวิทยา (GEO2102)

4. Groundwater (น้ำใต้ดิน) (ต่อ)

ในกรณีที่ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน (water table) เมื่อขุดขึ้นมาใช้ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปั๊มหน้า (pumping well) แต่ น้ำจะไหลออกมาเองตลอดทั้งปีเรียกว่า Artesian well



Source: <https://i360group.org/home/highlights/research-tools/aquifers/>

อุทกวิทยา (GEO2102)

5. Evaporation (การระเหยของน้ำ)

คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในแหล่งน้ำหรือบริเวณที่มีน้ำขังอยู่ รวมถึงจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ



COHESIVE FORCES KEEP MOLECULES TOGETHER. EVAPORATION IS THE ESCAPE.

อุทกวิทยา (GEO2102)

6. Transpiration (การคายน้ำของพืช)

คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ใน การสร้าง เซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

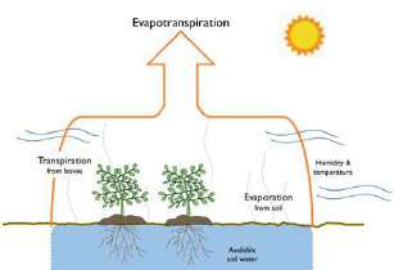


©Eschooltoday.com

อุทกวิทยา (GEO2102)

7. Evapotranspiration (การคายระเหย)

คือ กระบวนการรวมระหว่างและการระเหยของน้ำ (Evaporation) และการคายน้ำของพืช (Transpiration) จากส่วนที่เป็นพื้นน้ำและน้ำในดิน



อุทกวิทยา (GEO2102)

8. Surface runoff (น้ำท่าผิวดิน)

Runoff คือ ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ในกรณีของ Surface runoff คือ น้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Overland flow)



Source: <https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102)

9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน)

คือ ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ในกรณีของ Subsurface runoff คือ น้ำไหลภายในดิน (Inter flow) และน้ำไหลใต้ดิน (groundwater flow)



Source: <https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102)

9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)

น้ำใต้ดินยังคงสภาพดี อยู่เสมอภายใต้ความกดดัน จากภาพ ด้านล่างเป็นน้ำทะเลที่มีการผสมของน้ำใต้ดินและน้ำทะเล ที่ไม่สามารถผสมกับน้ำใต้ดินได้ เพราะน้ำเค็มมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำจืด และมีการวางตัวโดยอัตโนมัติภายใต้ น้ำจืด



Source: <http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html>

อุทกวิทยา (GEO2102)

9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)

Diagram illustrating subsurface runoff. It shows a cross-section of the ground with a water table (ระดับน้ำทะเล) and an aquifer (น้ำใต้ดินเค็มของทะเล). Labels include: ดาวงน้ำ (precipitation), พื้นผิวของที่ดิน (ground surface), กางปล่อยน้ำบาดาล (groundwater discharge), มหาสมุทร (ocean), น้ำจืด (fresh water), อินเตอร์เฟซ (interface), and น้ำใต้ดินเค็มของทะเล (saltwater). A vertical arrow 'h' indicates the height of the water table above the discharge point.

Source: <http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html>

อุทกวิทยา (GEO2102)

9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)

กรณีศึกษา บ่อน้ำที่ชายฝั่ง

Two diagrams illustrating subsurface runoff. The left diagram shows a well (บ่อน้ำ) that has been drilled, with labels: บ่อน้ำที่ชายฝั่งก่อนที่จะสูบน้ำมาก (coastal well before pumping), บ่อเก็บน้ำใต้ดิน (groundwater storage), ชั้นน้ำจืด (freshwater layer), ชั้นน้ำเค็ม (saltwater layer), ระดับน้ำทะเล (sea level), and น้ำใต้ดินเค็ม (saltwater). The right diagram shows the well after pumping, with labels: บ่อน้ำที่ชายฝั่งมากหลังจากสูบน้ำ (coastal well after pumping), น้ำที่ชายฝั่งทะเลเค็มมากเกินไปได้หลังจากที่สูบน้ำ (overly salty water after pumping), หากสูบน้ำอีกจะพลิกในลักษณะนี้ (if pumping more, it will flip like this), ความดันน้ำจืดจะจม (freshwater pressure will sink), น้ำใต้ดิน - เชนน้ำใต้ดิน (groundwater - freshwater), ระดับน้ำทะเล (sea level), and น้ำทะเล (seawater).

Source: <http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html>

อุทกวิทยา (GEO2102)

10. Seepage (ตาน้ำ)

คือ ทางน้ำเล็ก ๆ ที่อยู่ใต้ดิน มีน้ำไหลตลอดไม่ขาดสาย

Diagram and photograph illustrating seepage. The diagram shows precipitation (precipitation), interception, infiltration, surface runoff, percolation, throughflow, seepage, groundwater flow, and water table. The photograph shows a cross-section of the ground with labels: Ground Surface, Seepage Face, and Seepage.

Source: <https://www.digopaul.com/english-word/seepage.html>

อุทกวิทยา (GEO2102)

10. Seepage (ตาน้ำ) (ต่อ)

Submarine Groundwater Discharge (SGD) คือ พื้นที่ที่น้ำบาดาลจากบนแผ่นดินไหลผ่านตามชั้นน้ำบาดาลและมาไหลออกบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล หรือบริเวณตามเกาะแก่งในมหาสมุทร น้ำที่ผุดออกมานี้จะอุดมไปด้วยธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในมหาสมุทร

การไหล และซึม ออกมาอย่างนี้ (Seepage) ได้นำพาราคูที่จำเป็นจากแผ่นดินเรียกกลุ่มธาตุนี้ว่า Trace Gas ได้แก่เหล็ก (Fe) และซิลิกา (SiO₂) ลงสู่ทะเลอีกด้วย

Diagram illustrating Submarine Groundwater Discharge (SGD). It shows a cross-section of the ground with labels: Precipitation, Groundwater, Seepage, and Submarine Groundwater Discharge.

Source: https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-Hydrologic-Model-of-Groundwater-Flow-Submarine-Groundwater-Discharge-and_fig1_319268817

อุทกวิทยา (GEO2102)

10. Seepage (ตาน้ำ) (ต่อ)

Detailed diagram illustrating SGD and seepage. It shows a cross-section of the ground with labels: Land Surface, White Table, Fresh Pore Waters, Seawater, Freshwater Discharge, Fresh Water-Salt Water Mixing Zone, Saline Pore Water, Fresh Pore Water, Freshwater Discharge, Fresh Water-Salt Water Mixing Zone, Saline Pore Water, and Sea Floor. The diagram also shows SGD = Σ (meteoric waters + connate waters + recirculated seawater) and labels: Seepage at Shore Face, Freshwater Tunneling, Brackish Pore Water Recirculation Cell, and Submarine Spring.

อุทกวิทยา (GEO2102)

สมการสมดุลของน้ำ

$$P \pm E \pm \Delta S \pm Q = 0$$

$$P - Q - \Delta S - E = 0$$

$$Q = P - \Delta S - E$$

P คือ หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)
 E คือ การระเหย (Evaporation)
 ΔS คือ ความผันแปรของปริมาณการกักเก็บ (Change in water storage)
 Q คือ น้ำไหลป่าหน้าดิน (Runoff)

Diagram illustrating water balance. It shows a cross-section of the ground with labels: Precipitation (P), Evaporation (E), and Runoff (Q).

อุทกวิทยา (GEO2102)

สมการสมดุลของน้ำ (ต่อ)


Fluxes and Storage

“Fluxes is a rate of flow of some quantity”

Flux หมายถึง น้ำในรูปต่าง ๆ เช่น ฝน หิมะ การระเหย จากพื้นน้ำและพื้นดิน รวมถึงการคายน้ำของพืช

“Storage is an amount of some quantity that stored by something”

Storage หมายถึง น้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดิน น้ำในลำธาร น้ำใต้ดิน และธารน้ำแข็ง



อุทกวิทยา (GEO2102)


สมการสมดุลของน้ำ (ต่อ)

Fluxes and Storage (ต่อ)

$$\text{Input} - \text{output} = \text{change} \in \text{storage}$$

ส่วนประกอบและองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรโลกประกอบด้วยชั้นบรรยากาศ พื้นผิว ดิน น้ำใต้ดิน ลำน้ำ มหาสมุทร

ส่วนประกอบและองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรลุ่มน้ำประกอบด้วยพื้นผิว ดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในลำธาร



อุทกวิทยา (Hydrology)

5. น้ำจากอากาศ (Precipitation)

ผู้สอน อาจารย์ธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



อุทกวิทยา (GEO2102) 2

หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้

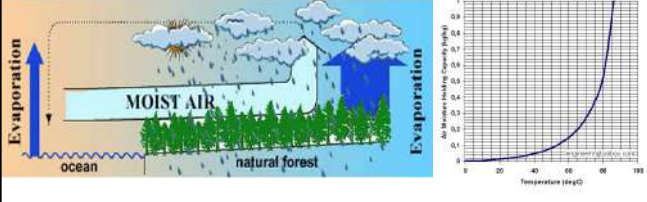
1. ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ
2. ชนิดของฝน
3. ชนิดของการเกิดฝน
4. การทำฝนเทียม
5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า



อุทกวิทยา (GEO2102) 3

1. ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ

1. ความชื้นในอากาศหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ (moisture)
เมื่อความชื้นมีมากกว่าไอน้ำในตัวที่อากาศจะรับไว้ได้ ความชื้นในอากาศจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการเกิดฝนต่อไป



อุทกวิทยา (GEO2102) 4

ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ (ต่อ)

2. กระบวนการควบแน่น (mechanism of condensation)
ที่เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศชื้น ซึ่งในขณะที่ลอยตัวสูงขึ้น มวลอากาศชื้นจะขยายตัวเนื่องจากความดันบรรยากาศรอบ ๆ มวลอากาศชื้นลดลง ขณะเดียวกันจะเกิดการเย็นตัวลง เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศชื้นลดลง ถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จะทำให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัว และเกิดการควบแน่นกลั่นตัวเป็นน้ำจากอากาศ



อุทกวิทยา (GEO2102) 5

ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ (ต่อ)

3. แกนการควบแน่นหรือแกนการกลั่นตัว (condensation nuclei)
เพื่อให้ น้ำจากอากาศที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ มาเกาะรวมกันเป็นหยดน้ำใหญ่หนักเกินกว่าที่อากาศจะรับไหว และมีลักษณะการตกที่แรงกว่าแรงเสียดทานระหว่างหยดน้ำกับอากาศและแรงลอยตัวของหยดน้ำ จึงตกลงเป็นน้ำจากอากาศได้
โดยที่การกลั่นตัวได้แก่
 - ฝุ่นละออง
 - ละอองเกสรดอกไม้
 - ไอเกลือจากทะเล
 - ควีนจารกอนยต์
 - ควีนจากรังงานอุตสาหกรรม



Note: Object Sizes Not to Scale

Source: <http://www.iupui.edu/~ce107/mod11/lecture02.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

2. ชนิดของฝน


1. ฝ่นละออง (drizzle) หรือบางครั้งเรียกว่าหมอกน้ำค้าง (mist) มีลักษณะเป็นละอองฝนขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 – 0.5 mm) มีอัตราการตกอย่างช้า ๆ



Source: <http://civilengineersforum.com/9-types-of-precipitation/>

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

2. ชนิดของฝน (ต่อ)



2. ฝน (rain) ประกอบด้วยหยดน้ำที่มีส่วนมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) สำหรับในประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งการรายงานลักษณะฝนตามปริมาณฝนดังตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้


การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก

ลักษณะของฝน	ปริมาณฝน
ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (trace)	$P \leq 0.1 \text{ mm}$
ฝนเล็กน้อย (light rain)	$0.1 \text{ mm} \leq P \leq 10 \text{ mm}$
ฝนปานกลาง (moderate rain)	$10 \text{ mm} \leq P \leq 35 \text{ mm}$
ฝนหนัก (heavy rain)	$35.1 \text{ mm} \leq P \leq 90 \text{ mm}$
ฝนหนักมาก (very heavy rain)	$90.1 \text{ mm} \leq P$

P คือ ปริมาณน้ำฝน (mm) ที่ตกใน 1 วัน

อุทกวิทยา (GEO2102) 8


2. ชนิดของฝน (ต่อ)



2. ฝน (rain) (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) (ต่อ)


การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก

บริเวณที่จะมีฝนตก	ขอบเขตบริเวณที่จะมีฝนตก
บางแห่ง (isolated)	มีฝนไม่เกิน 20% ของพื้นที่
เป็นแห่ง ๆ (widely scattered)	มีฝนเกิน 20% แต่ไม่เกิน 40% ของพื้นที่
กระจาย (scattered)	มีฝนเกิน 40% แต่ไม่เกิน 60% ของพื้นที่
เกือบทั่วไป (almost widespread)	มีฝนเกิน 60% แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่
ทั่วไป (widespread)	มีฝนเกิน 80% ของพื้นที่
เป็นบริเวณกว้าง	มีฝนอยู่ในขอบเขตของพายุหมุน



อุทกวิทยา (GEO2102) 9


2. ชนิดของฝน (ต่อ)



2. ฝน (rain) (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) (ต่อ)

การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

ประเภทฝน	ความเข้มฝน (mm/hr)
ฝนตกเล็กน้อย	1 - 5
ฝนตกปานกลาง	5 - 10
ฝนตกหนัก	10 - 20
ฝนตกหนักมาก	มากกว่า 20



อุทกวิทยา (GEO2102) 10

2. ชนิดของฝน (ต่อ)

3. น้ำแข็งเคลือบ (glaze) คือ ฝนหรือฝนละอองที่เป็นน้ำแข็งเคลือบใสและมีผิวเรียบที่เกิดจากฝนหรือฝนละอองที่ตกผ่านบริเวณที่มีอากาศเย็นยิ่งยวด มักจะเกาะตามผิววัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ มีความถ่วงจำเพาะ 0.8 - 0.9



อุทกวิทยา (GEO2102) 11

2. ชนิดของฝน (ต่อ)


4. ฝนเกล็ดน้ำแข็ง (rime) คือ ฝนที่เกิดจากผลึกน้ำแข็ง (ice crystals) ที่ถูกทำให้เย็นจัดอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 0.2 - 0.3



อุทกวิทยา (GEO2102) 12

2. ชนิดของฝน (ต่อ)

5. หิมะ (snow) คือ น้ำจากอากาศที่มีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็ง (ice crystals หรือ snowflakes) ที่มีขนาด รูปร่าง และความเข้มข้นของผลึกน้ำแข็ง มีความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยประมาณ 0.1 โดยที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ จะทำให้อากาศมีปริมาณความชื้น (moisture content) น้อย



อุทกวิทยา (GEO2102) 13

2. ชนิดของฝน (ต่อ)

6. ลูกเห็บ (hail) คือ น้ำจากอากาศที่เป็นเม็ดน้ำแข็ง มีรูปร่างกลมทรงกรวยหรือทรงอื่น ๆ ที่สีขุ่นมัว เนื่องจากอาการปะปนของฝนระลอกในอากาศ มักเกิดในกลุ่มเมฆคิวมูโลนิมบัสในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็น มีความถ่วงจำเพาะ 0.8



อุทกวิทยา (GEO2102) 14

2. ชนิดของฝน (ต่อ)

7. ลูกปรายน้ำแข็ง (sleet) คือ ฝนที่เป็นเม็ดน้ำแข็งโปร่งใสขนาดเล็ก ๆ ที่เกิดจากเม็ดน้ำฝนที่ตกผ่านชั้นบรรยากาศของโลกที่มีอุณหภูมิเย็นจัด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 5 mm โดยทั่วไปแล้วคำว่า “ลูกปรายน้ำแข็ง” จะหมายถึงน้ำฝนปนกับหิมะที่ตกลงมา

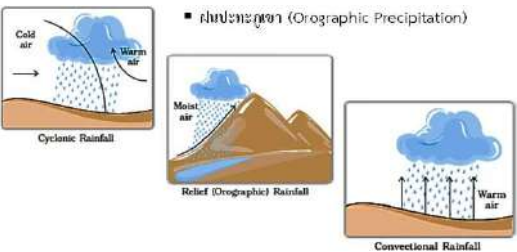


อุทกวิทยา (GEO2102) 15

3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)

ฝนที่ตกในประเทศไทยมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามสาเหตุที่เกิด ดังต่อไปนี้

- ฝนพาความร้อน (Convective Precipitation)
- ฝนพายุหมุน (Cyclonic Precipitation)
- ฝนปะทะภูเขา (Orographic Precipitation)



Source: <https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-prathesthiv>

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)

▪ ฝนพาความร้อน (Convective Precipitation)

คือ ฝนที่เกิดจากกลุ่มอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นจนถึงจุดไอน้ำกลั่นตัวลงมาเป็นฝนในตอนเย็นและกลางคืน ลักษณะ ฝนที่ตกเป็น แบบฝนโปรย (Rain - Shower) หรือเกิดฝนตกหนักมากเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ในขณะที่ฝนตกอาจจะมีพายุพัดรุนแรง มีลูกเห็บตก และฟ้าคะนองรุนแรง การเกิดฝนชนิดนี้จะปรากฏในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน



Source: <https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-prathesthiv>

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)

▪ ฝนพายุหมุน (Cyclonic Precipitation)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในทางผ่านของพายุหมุนซึ่งก่อตัวขึ้นในทะเลจีนใต้แล้วเคลื่อนตัวมาทางตะวันออกเฉียงใต้เข้าสู่ชายฝั่งทะเล เวียดนาม เลี้ยวเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พายุที่พัดเข้ามาในประเทศไทยมักจะมีกำลังอ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชันหรือพายุ นอกจากนั้นฝนพายุหมุนยังเกิด จากการปะทะของอากาศหลายกระแส ซึ่งพัดมาจากทิศทางต่าง ๆ เช่น ประเทศจีนตอนใต้ ฝนชนิดนี้จะพบในเดือนมิถุนายน - เดือนตุลาคม



Source: <https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-prathesthiv>

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)

▪ ฝนปะทะภูเขา (Orographic Precipitation)

คือ ฝนที่เกิดจากลมที่มีความชื้นพัดไปปะทะภูเขา โดยเฉพาะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดสูงขึ้นและ อุณหภูมิจะลดต่ำลงจนถึงจุดที่ไอน้ำกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน ฝนชนิดนี้เป็นที่ตกมากและตกบ่อยครั้ง จะเริ่มตกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤษภาคมและสิ้นสุด ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤศจิกายน ตามปกติมักในช่วงตอนบ่ายหรือตอนกลางคืน




Source: <https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-prathesthiv>

อุทกวิทยา (GEO2102) 19

4. การทำฝนเทียม (Artificial Rainmaking)

1) **ขั้นตอนที่ 1 ก่อทวนให้เกิดเมฆ** เป็นการกระตุ้นให้ความชื้นหรือไอน้ำรวมตัวเป็นกลุ่มแกน เพื่อใช้เป็นแกนกลางในการสร้างกลุ่มเมฆฝน ในระยะต่อมาวิธีการคือ โปรยสารเคมีที่ก่อให้เกิดกระบวนการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้แก่ เกลือแกง ที่ความสูงประมาณ 7,000 ฟุต ความชื้นหรือไอน้ำจะดูดซับเข้าไปเกาะรอบแกนเกลือ แล้วรวมตัวกันเกิดเป็นเมฆที่จะพัฒนาเจริญขึ้นเป็นเมฆก้อนใหญ่ที่อาจสูงถึง 10,000 ฟุต



Source: <https://sites.google.com/site/samutrik/กิจกรรมการทำฝนหลวง>

อุทกวิทยา (GEO2102) 20

4. การทำฝนเทียม (ต่อ)

2) **ขั้นตอนที่ 2 เลี้ยงเมฆให้อ้วน** เป็นการเพิ่มแกนเม็ดไอน้ำให้กลุ่มเมฆฝนมีความหนาแน่นมากขึ้น ใช้สารเคมีผงแคลเซียมคลอไรด์โปรยเข้าไปที่กลุ่มเมฆที่มีความสูงประมาณ 8,000 ฟุต หรือสูงกว่าฐานเมฆประมาณ 1,000 ฟุต ขั้นตอนนี้สามารถเร่งกิจกรรมการกลั่นตัวของไอน้ำได้เร็วกว่าที่จะปล่อยให้เจริญขึ้นเองตามธรรมชาติ เมฆใหญ่อาจจะก่อตัวขึ้นถึงระดับ 15,000 ฟุต ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นส่วนของเมฆอุ่น แต่ในบางครั้งยอดเมฆอาจจะสูงถึง 20,000 ฟุต ซึ่งถือว่าเป็นส่วนของเมฆเย็น (เริ่มตั้งแต่ประมาณ 18,000 ฟุต)



Source: <https://sites.google.com/site/samutrik/กิจกรรมการทำฝนหลวง>

อุทกวิทยา (GEO2102) 21

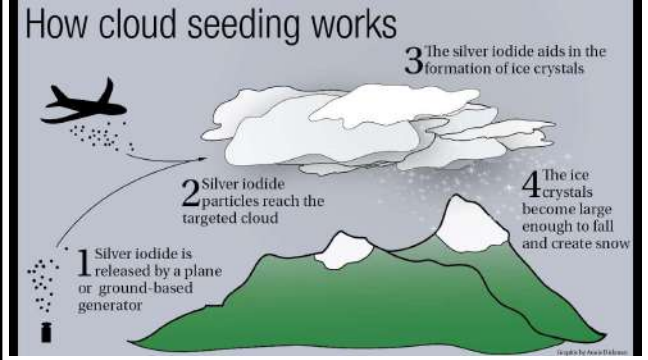
4. การทำฝนเทียม (ต่อ)

3) **ขั้นตอนที่ 3 โจมตี** เป็นการเร่งหรือบังคับให้เกิดฝน ขณะที่เมฆเจริญเติบโตขึ้นจนเริ่มแก่ตัวจัดจนฐานเมฆลดระดับต่ำลงประมาณ 1,000 ฟุต และเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย จึงปฏิบัติการพรมยาตามตึกพระเจ้าอยู่หัวพระราชนัดดาขึ้นตอนการโจมตีไว้ ดังนี้

3.1 แบบ Sandwich เป็นเทคนิคปฏิบัติการที่ความสูงไม่เกิน 10,000 ฟุต (เมฆอุ่น) ใช้ผงโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือเกลือแกง โปรยพวยทอดแค่นาหนือลม เพราะผงยวี่โปรยที่ระดับฐานเมฆด้านใดด้านในเวลาเดียวกัน โดยให้แนวโปรยทั้ง 2 ทามุมเอียงกัน 45 องศา ด้วยปฏิบัติการนี้เมฆจะทวีความหนาแน่นของเม็ดน้ำขนาดใหญ่ขึ้นและปริมาณมากขึ้นจนตกลงมารวมตัวกันที่ฐานเมฆทำให้ใกล้จะเกิดฝน วิธีการนี้จะต้องเสริมการโจมตีด้วยสารเคมีสูตรเย็นจัดคือ น้ำแข็งแห้งที่ใส่ฐานเมฆ 1,000 ฟุต เพื่อเร่งให้กลุ่มเมฆตกลงเร็วขึ้น

3.2 แบบเมฆเย็น เป็นกรณีที่ยอดเมฆสูงมาจนถึงระดับเมฆเย็นหรือประมาณ 20,000 ฟุต ดังที่ได้กล่าวในวิธีการคือ ใช้สารซิลเวอร์ไอโอไดด์ซึ่งจากเครื่องบินที่ระดับความสูงประมาณ 21,500 ฟุต ทำให้อนุภาคเหนียวจากเม็ดน้ำเย็นยิ่งยวดมาเกาะตัวรอบแกนของสารเคมีที่ยิง กลายเป็นผลึกน้ำแข็งจนกระทั่งตกลงมา และกลายเป็นเม็ดน้ำแข็งสูตรเย็นเหมือนๆ ทำให้อนุภาคเหนียวในเมฆอุ่นเข้ามาเกาะรวมตัวเป็นเม็ดใหญ่ซึ่งจะหล่นลงสู่พื้นดิน

3.3 แบบ Super Sandwich เป็นเทคนิคใหม่ทีคิดค้นขึ้นในปี พ.ศ. 2542 ด้วยน้ำพระราชหฤทัยทรงห่วงใยพสกนิกร และพระอริยวิยาของพระองค์ ในช่วงสถานการณ์ภัยแล้งอย่างกว้างขวางสืบเนื่องยาวนานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 จากปรากฏการณ์ "เอล นีโน" ปฏิบัติการนี้ใช้วิธีการแบบ Sandwich และแบบเมฆเย็นควบคู่กันในเวลาเดียวกัน จะทำให้ฝนตกหนักและต่อเนื่องยาวนาน ให้ปริมาณน้ำฝนสูงขึ้น เนื่องจากเป็นประสานประสิทธิภาพของการโจมตีเมฆอุ่นและเมฆเย็นในเวลาเดียวกัน

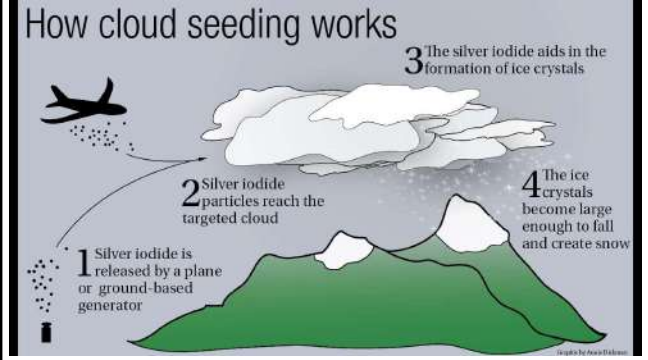


Source: <https://sites.google.com/site/samutrik/กิจกรรมการทำฝนหลวง>

อุทกวิทยา (GEO2102) 22

4. การทำฝนเทียม (ต่อ)

How cloud seeding works



Source: <https://www.youtube.com/watch?v=JYVHulfJOE>

อุทกวิทยา (GEO2102)

4. การทำ

วิกิยีสู่สวน
www.facebook.com/witsatsook

"พิภพของฝนหลวง" เป็นกิจกรรมพระราชหัตถ์ของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชที่ประเทศไทย ธรรมชาติของฝนหลวงมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างจากฝนธรรมชาติ

ฝนเทียมคืออะไร?
ฝนเทียม คือ การส่งผงเกลือจากเครื่องบินลงมายังเมฆชั้นต่ำหรือชั้นกลางของเมฆ

ขั้นตอนการทำฝนหลวง (ฝนเทียม)

- 1 ก่อทวน หรือ ก่อเมฆ
- 2 เลี้ยงให้อ้วน
- 3 โจมตี

ความสูง (ฟุต): 10000, 9000, 8000, 7000, 6000, 5000, 4000, 3000, 2000, 1000

NOTE: การทำฝนหลวงมีขั้นตอนการปฏิบัติที่ละเอียดและซับซ้อน มีขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้



อุทกวิทยา (GEO2102) 24

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า

A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน

- เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (non-recording rain gauge) มีลักษณะดังภาพ ใช้วัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งเท่านั้น ไม่สามารถวัดแบบต่อเนื่องได้ ซึ่งหน่วยงานทางภูมิอากาศของสหรัฐอเมริกา (U.S. National Weather Service) ได้กำหนดแบบมาตรฐานของเครื่องวัดน้ำฝนนี้ว่า จะต้องผลิตด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิม เช่น เหล็กเคลือบหรือทองแดงที่ไม่เป็นสนิม หรือสังกะสีอย่างหนา เป็นต้น



Fig. 2.4. Symons non-recording type rain-gauge

อุทกวิทยา (GEO2102) 25

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (ต่อ)

- เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (recording rain gauge) คือ เครื่องมือที่สามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเครื่องมือที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ ดังนี้

Source: <https://www.quora.com/How-does-a-rain-gauge-measure-rain-fall>

อุทกวิทยา (GEO2102) 26

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (ต่อ)

- เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (recording rain gauge) (ต่อ)

Source: <https://www.quora.com/How-does-a-rain-gauge-measure-rain-fall>

อุทกวิทยา (GEO2102) 27

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

B. การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

หลักการการทำงานของเรดาร์ คือ เรดาร์บนภาคพื้นดินจะส่งคลื่นในรูปแบบของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า จากจานสายอากาศ (antenna) เป็นจังหวะช่วงสั้น ๆ ไปกระทบสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น กลุ่มเมฆ กลุ่มฝน และภูเขา เป็นต้น ทำให้เกิดการสะท้อนกลับ (reflection)

Source: <http://www.mdpi.com/2073-4441/9/12/1931>

อุทกวิทยา (GEO2102) 28

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (meteorological satellite) เป็นเครื่องมือที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับตรวจวัดสภาพอากาศได้ตลอดเวลาและเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่ (geostationary meteorological satellite)
- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก (polar meteorological satellite)

อุทกวิทยา (GEO2102) 29

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่ (geostationary meteorological satellite) คือ ดาวเทียมที่โคจรตามบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ระดับความสูงประมาณ 35,800 km ด้วยความเร็วและทิศทางเดียวกันกับการหมุนรอบตัวเองของโลก

อุทกวิทยา (GEO2102) 30

5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก (polar meteorological satellite) คือ ดาวเทียมที่มีแนวการโคจรผ่านใกล้ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งเคลื่อนที่ตามแนวเหนือใต้ เช่น ดาวเทียม NOAA (National Ocean and Atmospheric Administration) ของสหรัฐอเมริกา โคจรรอบโลกที่ความสูง 840-860 km และดาวเทียม METEOR ของรัสเซีย โคจรรอบโลกที่ความสูงประมาณ 900 km

อุทกวิทยา (GEO2102) 31

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า

1. วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic-mean method)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$$P = \frac{1}{x} (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_x)$$

เป็นวิธีหาปริมาณฝนเฉลี่ยที่ง่ายและรวดเร็ว โดยหาได้จากถาดน้ำฝน

ปริมาณฝนจากสถานีวัด 37.1 + 48.8 + 68.3 + 14.3 + 75.7 + 127.0 = 78.5 mm

น้ำทุกสถานีมารวมกัน จำนวนสถานีวัดน้ำฝน 6

เฉลี่ยภายในลุ่มน้ำตามต้องการ

จากรูปขวามือ มีสถานีวัดฝน 6 สถานี ลองคำนวณ

อุทกวิทยา (GEO2102) 32

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

1. วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic-mean method) (ต่อ)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$$P = \frac{1}{x} (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_x)$$

1. ลุ่มน้ำหรือบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูล ต้องเป็นที่ราบ กล่าวคือ ไม่มีอิทธิพลของแนวเขตภูเขาที่จะมีผลทำให้ฝนตกไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วพื้นที่

2. สถานีวัดน้ำฝนจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ

3. ปริมาณฝนของแต่ละสถานี จะต้องไม่แตกต่างจากปริมาณฝนเฉลี่ยมากนัก

เมื่อ P คือ ปริมาณฝนที่สถานีวัดฝนที่ x

อุทกวิทยา (GEO2102) 33

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

2. วิธีของทิสเซน (Thiessen method)

วิธีนี้จะพิจารณาว่า ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง จะมีอาณาบริเวณครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่อยู่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนนั้น ๆ ซึ่งการกำหนดพื้นที่เป็นรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซน (Thiessen polygon)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$$P = \frac{(P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + P_n A_n}$$

อุทกวิทยา (GEO2102) 34

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

2. วิธีของทิสเซน (Thiessen method) (ต่อ)

1. กำหนดตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่และที่อยู่รอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการหาปริมาณฝนเฉลี่ย

2. ลากเส้นตรง (เส้นประ) เชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝน 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้กัน โดยที่เส้นตรงเหล่านี้จะต้องไม่ตัดกัน จะได้รูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (network of triangles)

3. สลากเส้นตรง (เส้นทึบ) แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม จะได้รูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง ดังเช่นสถานีวัดน้ำฝนที่ P₁ ล้อมรอบด้วยรูปหลายเหลี่ยม (สีแดง) และสถานีวัดน้ำฝนที่ P₂ ล้อมรอบด้วยรูปหลายเหลี่ยม (สีม่วง)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$$P = \frac{(P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P_n A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + P_n A_n}$$

อุทกวิทยา (GEO2102) 35

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

2. วิธีของทิสเซน (Thiessen method) (ต่อ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 36

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

2. วิธีของทิสเซน (Thiessen method) (ต่อ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 37

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

2. วิธีของทิสเซน (Thiessen method) (ต่อ)

Rainfall (mm)	Area (Km ²)	Percent of Total	Area Weighted ¹ Rainfall (mm)
24.8	0.3	1.7	0.3
30.9	5.6	23.0	7.1
23.1	1.9	7.8	1.8
34.6	0.9	0.4	0.1
32.7	5.3	21.8	7.1
28.9	3.7	15.2	4.4
29.7	2.5	10.3	3.1
26.5	4.1	16.9	4.5
	24.3		28.4

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

$$P = \frac{(P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + P_nA_n}$$

อุทกวิทยา (GEO2102) 38

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method)

วิธีนี้จะเป็นการลากเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งหมายถึงเส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึกหรือปริมาณฝนเท่ากัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเป็นหลักและพิจารณาแผนที่ภูมิประเทศ โดยดูสภาพภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศ และทิศทางพายุฝน เป็นต้น

อุทกวิทยา (GEO2102) 39

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method) (ต่อ)

- กำหนดสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณฝนลงบนแผนที่ทั้งในบริเวณพื้นที่รับน้ำฝน และบริเวณล้อมรอบขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝน
- ตรวจสอบแนวโน้มของเส้นชั้นน้ำฝน และกะประมาณด้วยสายตา จากนั้นจึงลากเส้นชั้นน้ำฝน โดยพยายามให้เส้นโค้งราบเรียบ ซึ่งวิธีการลากเส้นชั้นน้ำฝนนี้จะคล้ายกับการลากเส้นชั้นระดับความสูง (contour lines) ในวิชาการสำรวจ จากนั้นจึงหาปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้นที่อยู่ใกล้กันได้ P_1, P_2, \dots, P_n โดยที่ n คือจำนวนปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้น
- หาพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนที่อยู่ใกล้เคียงกัน และอยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝนจะได้พื้นที่ A_1, A_2, \dots, A_n
- คำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ดังสมการ

$$P = \frac{(P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + P_nA_n}$$

Draw polygon if area is not provided

อุทกวิทยา (GEO2102) 40

6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method) (ต่อ)

THE ISOHYETAL METHOD


Land Area >>

This method works best with a greater distribution of ppt gages...

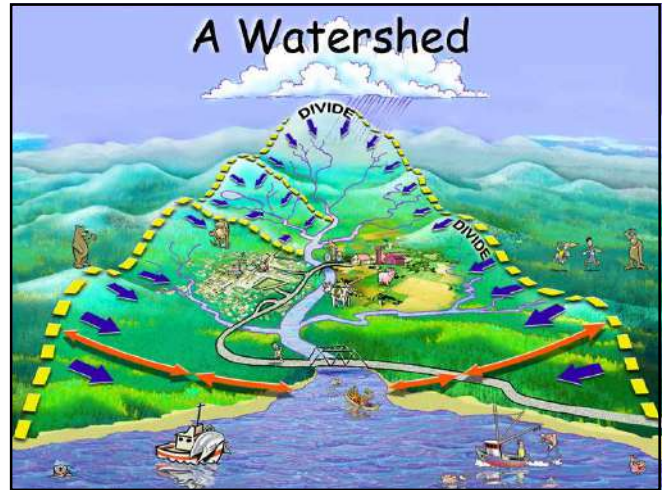
Begin >>>

อุทกวิทยา (Hydrology)

6. Watershed Delineation

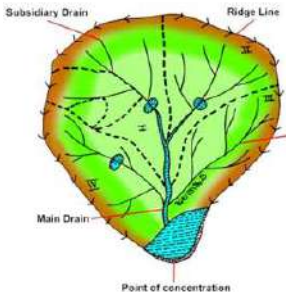


ผู้สอน อาจารย์ศราวุฒิ ไวยสุศรี
ภาควิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



อุทกวิทยา (GEO2102) 3

1. พื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment/Basin/Watershed)



พื้นที่ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำเป็น 1 หน่วย พื้นที่ทางนิเวศวิทยา เรียกว่า ลุ่มน้ำ (Watershed)

Watershed ที่ดี มีทางน้ำเล็ก ๆ และสายน้ำไหลตลอดทั้งปีและเป็นน้ำสะอาด

Source: <http://zpdharwad.kar.nic.in/Watershed.aspx>

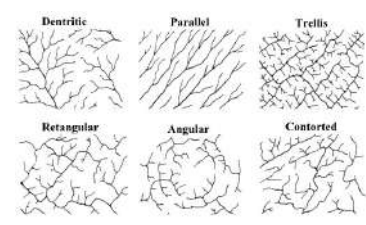
อุทกวิทยา (GEO2102) 4

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ

แนวความคิดทั่วไป

- หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) เป็นปัจจัยหลักในการเกิดธารน้ำ
- แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) เป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการไหลของน้ำ

โครงสร้างทางธรณีควบคุมลักษณะการไหลของน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ ทำให้เกิดระบบการระบายน้ำ (DRAINAGE SYSTEM) หรือแบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)



อุทกวิทยา (GEO2102) 5

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

1. แบบกิ่งไม้ (Dendritic drainage pattern) ลำธารที่ประกอบด้วยทางน้ำสาขาที่มีลักษณะคล้ายกิ่งไม้ มีลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบกันกลายเป็นทางน้ำสายใหญ่ พบในบริเวณพื้นที่ที่หินรองรับเป็นเนื้อเดียวกัน มีความทนทานต่อการกัดกร่อนใกล้เคียงกัน เช่น **หินทราย หินแกรนิต และหินในสั** และไม่ขึ้นกับอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา



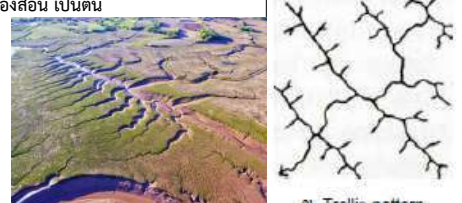
ก. Dendritic pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

2. แบบตาราง (Trellis drainage pattern) ระบบทางน้ำสายรองและสายหลักไหลขนานกัน จากนั้นจึงวกเข้ามารวมกันในลักษณะเกือบมุมฉาก พบมากบริเวณชั้นหินเนื้อแข็งสลับกับชั้นหินเนื้ออ่อน ในแถบเทือกเขาคดโค้งหรือแถบที่มีชั้นหินเอียงถ้าเกิดตามรอยเลื่อน เรียกว่า รูปแบบทางน้ำแบบตารางตามรอยเลื่อน (Fault Trellis drainage pattern) บริเวณที่พบได้ชัดเจนได้แก่ ต้นน้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ลุ่มน้ำขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น



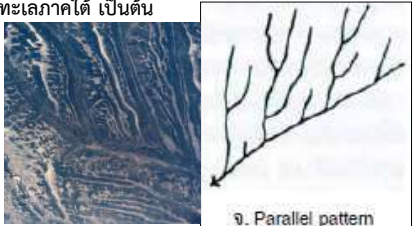
ข. Trellis pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

3. แบบขนาน (Parallel drainage pattern) แม่น้ำสายหลักและสาขาไหลขนานหรือเกือบขนานกัน เนื่องจากโครงการหินมีรอยเลื่อนขนานเป็นตัวควบคุม มักพบบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ความลาดชันปานกลางและใกล้เคียงกัน พบได้บริเวณลุ่มน้ำแถบชายฝั่งทะเลภาคใต้ เป็นต้น



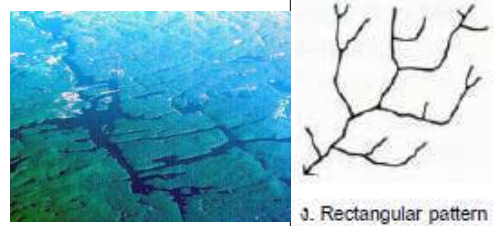
จ. Parallel pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 8

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

4. แบบตั้งฉาก (Rectangular drainage pattern) เกิดบริเวณที่มีรอยแตกของหินตัดกันเป็นมุมเกือบตั้งฉาก หรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน สะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวน่าจะมีรอยแตกที่เป็นระบบ



ง. Rectangular pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

5. แบบรัศมี (Radial drainage pattern) ทางน้ำจะออกจากจุดศูนย์กลางจุดเดียวกันมีลักษณะเป็นรัศมี (Radially Outward) มักเกิดจากบริเวณตรงกลางเป็นเทือกเขาสูงชัน เช่น ไหล่อกจากปากปล่องภูเขาไฟ หรือภูเขาโดด (Isolate hill) หากการไหลเป็นทิศทางตรงข้าม คือไหลเข้าหาจุดศูนย์กลางเรียกว่าดินตะขบ (Radially inward)



ฉ. Radial pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 10

2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

6. แบบวงแหวน (Annular drainage pattern) เป็นระบบระบายน้ำที่พัฒนาต่อจากแบบรัศมี พบบริเวณฐานหินตะกอนที่มีโครงสร้างแบบโดม แต่ชั้นหินมีความแข็งแตกต่างกัน การไหลของทางน้ำคล้ายวงซ้อนกัน พบบริเวณภูเขาโดดของหินแกรนิตและหินตะกอน



ช. Annular pattern

อุทกวิทยา (GEO2102) 11

รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)


สรุป รูปแบบทางน้ำที่พบบ่อยคือ **แบบกิ่งไม้**

- แบบรัศมีมักพบในบริเวณภูเขาไฟ ภูเขาหินทรายแบบ Mesa
- แบบตั้งฉากพบในบริเวณที่มีรอยแตกเป็นระบบ
- แบบเลาอู่น จะสะท้อนความแตกต่างของความแข็งและความอ่อนของชั้นหินที่สลับกัน



อุทกวิทยา (GEO2102) 12

25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย



01 ลุ่มน้ำสาละวิน	15 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
02 ลุ่มน้ำโขง	16 ลุ่มน้ำบางปะกง
03 ลุ่มน้ำกก	17 ลุ่มน้ำโดนทะเลสาบ
04 ลุ่มน้ำชี	18 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก
05 ลุ่มน้ำมูล	19 ลุ่มน้ำเพชรบุรี
06 ลุ่มน้ำปิง	20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์
07 ลุ่มน้ำวัง	21 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก
08 ลุ่มน้ำยม	22 ลุ่มน้ำตาปี
09 ลุ่มน้ำน่าน	23 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
10 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	24 ลุ่มน้ำปัตตานี
11 ลุ่มน้ำสะแกกรัง	25 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก
12 ลุ่มน้ำป่าสัก	
13 ลุ่มน้ำท่าจีน	
14 ลุ่มน้ำแม่กลอง	

อุทกวิทยา (GEO2102) 13

3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ
(River Basin, Watershed, Catchment, Drainage area)

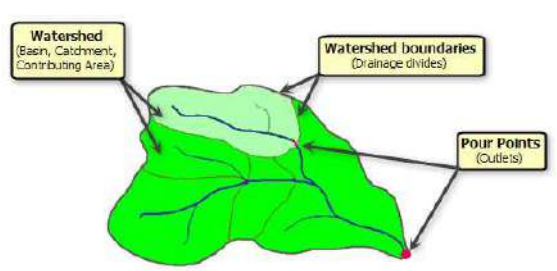
- ลุ่มน้ำ คือ พื้นที่หรือพื้นผิวที่ระบายน้ำออกสู่ลำธารและทะเล
- ลุ่มน้ำ มีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการศึกษาของนักอุทกศาสตร์แต่ละคน
- ลุ่มน้ำ มีหน้าที่รองรับน้ำและในการระบายน้ำผ่านจุด "ปากลุ่มน้ำ (Outlet)"

สันปันน้ำ
(Topographic Divide, Water Divide)

- แนวสันเขาหรือสันเนินซึ่งเป็นแนวเขตแบ่งระหว่างลุ่มน้ำ
- สันเขา หรือบริเวณที่สูงซึ่งแบ่งน้ำให้ไหลไปลงแม่น้ำลำธารที่อยู่แต่ละด้านของสันเขาหรือบริเวณที่สูงนั้น มักปรากฏเป็นแนวตอนบนสุดของทิวเขา ซึ่งแบ่งเขตระหว่างลุ่มน้ำที่มีทิศทางไหลตรงข้ามกัน

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ (ต่อ)




The diagram illustrates a watershed with a central river network. Labels include: 'Watershed (Basin, Catchment, Contributing Area)' pointing to the entire area; 'Watershed boundaries (Drainage divides)' pointing to the ridges; and 'Pour Points (Outlets)' pointing to the exit points of the rivers.

source: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-drainage-systems.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ (ต่อ)

การจัดลำดับสาขาทางน้ำของ Strahler



The diagram shows a network of streams. 1st order streams are the smallest, 2nd order are formed by two 1st order streams, and 3rd order are formed by two 2nd order streams.

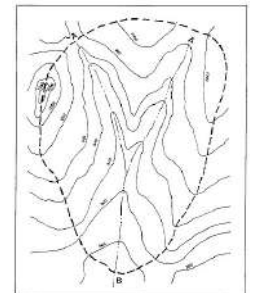
ในทางอุทกวิทยามีการแบ่งลำดับของลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว

- 1st order เรียกว่า ร่องน้ำ (Creek) มักปรากฏบนแผนที่ภูมิประเทศเป็นเส้นปะสีฟ้าหรืออาจไม่ปรากฏ แต่สามารถวิเคราะห์ได้จากลักษณะของเส้นระดับความสูง
- 2nd order เรียกว่า ทางน้ำ ลำห้วย (Channel)
- 3rd order เรียกว่า ลำธาร (Stream) เกิดจากการรวมตัวของลำห้วย 2 สาขา
- 4th order เรียกว่า แม่น้ำ (River) เกิดจากการรวมตัวของลำธารหรือแม่น้ำสายเล็กตั้งแต่ 2 สาย

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ

วิธีการแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ต้องมีเส้นสันปันน้ำ (Watershed divide) ล้อมรอบ และในทางทฤษฎีต้องสามารถแยกทั้งน้ำผิวดิน (Surface runoff) และการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater flow) ออกจากกัน ดังนั้นวิธีการลากเส้นสันปันน้ำตามสันเขา ต้องให้บรรจบกันที่ปากลุ่มน้ำ (Outlet หรือ Mouth) โดยมีข้อสังเกตว่า การลากเส้นสันปันน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศนั้น ต้องพยายามลากเส้นสันปันน้ำให้ตั้งฉากกับเส้นแนวระดับ




The map shows a stream network with a dashed line representing the watershed boundary. A key indicates: 'Stream' (solid line), 'Watershed boundary' (dashed line), and 'Pour point' (dot).

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

การวัดพื้นที่ (Area Measurement)

- การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)
- ใช้เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter)
- การแบ่งเป็นแถบ (Strip subdivision)
- การแบ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต (Geometric subdivision)
- การทำตาราง (Dot grid)




อุทกวิทยา (GEO2102) 18

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)

- การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)
เทียบเคียงพื้นที่รับน้ำกับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดเท่ากัน และมีมิติใกล้เคียงกัน วิธีนี้เร็วและสะดวก แต่มีความคลาดเคลื่อนมาก
- ใช้เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter)
ใช้เครื่องมือลากตามเส้นขอบพื้นที่รับน้ำให้ครบวงรอบ และอ่านค่าตัวเลขจากหน้าปัด ซึ่งตัวเลขที่อ่านได้จะเป็นสัดส่วนพื้นที่ของรูปที่ลากไปโดยรอบพื้นที่เป็นตารางไมล์ หรือตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่จะเท่ากับจำนวนหน่วยของเครื่องวัดพื้นที่ x พื้นที่ต่อหน่วยของเครื่องวัดพื้นที่



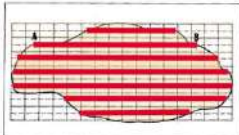
อุทกวิทยา (GEO2102) 19

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)

3. การแบ่งเป็นแถบ (Strip subdivision)

- แบ่งพื้นที่รับน้ำเป็นแถบแคบ ๆ ความยาวของแต่ละแนวหรือแถบใน พื้นที่จะถูกวัดไว้
- และพื้นที่ในหน่วยแผนที่หาได้จาก
- พื้นที่ (ของแผนที่) = ความยาวของแถบทั้งหมด x ความกว้างของแถบ
- พื้นที่จริง (ตารางไมล์) = พื้นที่แผนที่ x มาตรฐานของแผนที่
- พื้นที่จริง = พื้นที่แผนที่ x มาตรฐานของแผนที่



อุทกวิทยา (GEO2102) 20

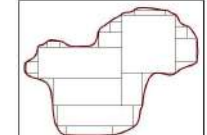
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)

4. การแบ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต (Geometric subdivision)

พื้นที่บริเวณรับน้ำบนแผนที่ภูมิประเทศ ประมาณคร่าว ๆ โดยอาศัย รูปทรงเรขาคณิต จำนวนหนึ่ง เช่น รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปสามเหลี่ยม ซึ่งผลบวกของพื้นที่จะหาได้โดยง่าย

- พื้นที่ (ของแผนที่) = พื้นที่รวมของรูปทรงเรขาคณิตที่คำนวณได้
- พื้นที่จริง (ตร.กม.) = พื้นที่แผนที่ x ตร.กม. ต่อหน่วยแผนที่
- หรือ พื้นที่จริง = พื้นที่แผนที่ x มาตรฐานของแผนที่




อุทกวิทยา (GEO2102) 21

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)

5. การทำตาราง (Dot grid)

พื้นที่รับน้ำหาได้ด้วยการทำตาราง ตาราง อาจทำง่าย ๆ ด้วยกระดาษลอกลายที่มีเส้นกราฟ ตาราง วางกระดาษลอกลายบนแผนที่ซึ่งมีเส้นขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ นับจำนวนช่องตารางที่อยู่ ภายในพื้นที่รับน้ำและประมาณค่าจำนวนตาราง สำหรับพื้นที่ที่อยู่บริเวณขอบซึ่งมีพื้นที่ไม่เต็มช่อง ตาราง



อุทกวิทยา (GEO2102) 22

4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

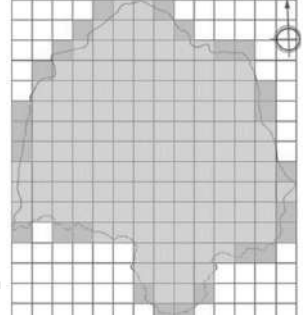
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)

5. การทำตาราง (Dot grid) (ต่อ)

สร้างกริดบนแผนที่ ขนาด 1 X 1 เซนติเมตร โดยกำหนดให้ 1 เซนติเมตร เท่ากับ 5 กิโลเมตร ดังนั้น 1 ตารางกิโลเมตรจะมีขนาดเท่ากับ 25 ตาราง กิโลเมตร

ช่องเต็มมีจำนวน 102 ช่อง
ช่องบริเวณขอบมีจำนวน 27 ช่อง
เศษมีจำนวน 29 ช่อง
หากนับจำนวนตารางกริดได้ทั้งหมด 158 ช่อง

จึงเท่ากับ $(158 + \frac{29}{100}) \times 25 = 3957.25$ ตาราง กิโลเมตร



วิชาอุทกวิทยา GEO2102 23

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

Compactness coefficient (C_c)

หมายถึง ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นล้อมรอบลุ่มน้ำกับรอบรูปของวงกลมที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

$$C_c = P / (2\sqrt{A})$$

พื้นที่วงกลม $A = \pi r^2$ หรือ $r = \sqrt{A/\pi}$

แทนค่า r จะได้ $C_c = P / (2\sqrt{A/\pi})$ และ $C_c = 0.28 * P / A^{0.5}$

โดยที่ P = ความยาวเส้นรอบลุ่มน้ำ
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (Km²)

- (a) Circular (> 0.9),
- (b) Oval (0.9 to 0.8),
- (c) Elongated (< 0.7)

ซึ่ง $C_c > 1$ เสมอ หากค่า $C_c = 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นวงกลม

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 24

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

Elongation Ratio (R_e)

$$R_e = 2 \times \sqrt{(A/P)} / L$$

Where R_e = Elongation Ratio.
 A = Area of the basin (km²).
 P = 3.14.
 L = Basin length (km).

$$R = A \times \sqrt{B} / C$$

Where R = Elongation Ratio.
 A = Fixed factor (1.1282).
 B = Area of the Basin / km².
 C = Along the Basin/km.

Sequence	standard	classification
1	(≤ 0.5)	More elongated
2	(0.5-0.7)	elongated
3	(0.7-0.8)	Less elongated
4	(0.8-0.9)	oval
5	(0.9-1.0)	circular

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 25

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

Form factor (FF)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความกว้างเฉลี่ยของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำ (axial length)

$FF = W/X$ และ $A = WX$ ดังนั้น $W = A/X$ เมื่อแทนค่าจะได้

$$FF = A/X^2$$

เมื่อกำหนดให้ A = พื้นที่ลุ่มน้ำ
 X = ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)
 W = ความกว้างเฉลี่ย (average width) (km)

The range values for form factor are <0.78 (elongated) and >0.78 (circular)

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 26

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

Relief Ratio (RR)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำที่เป็นเส้นตรง (axial length)

$$RR = \Delta H/L \text{ (m/km)}$$

โดยกำหนดให้ ΔH = ผลต่างระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (m)
 L = ความยาวเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำ (km)

ความลาดชันเฉลี่ย (Mean slope)

$$S = 100 \cdot \Delta H/A \text{ (\%)}$$

โดยกำหนดให้ S = ความลาดชันเฉลี่ย (%)
 D = ระยะห่างระหว่างเส้นระดับความสูง (km)
 L = ผลรวมความยาวของเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำทุกเส้น (km)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (km²)

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 27

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

ความสูงเฉลี่ย (Mean elevation)

ใช้สมการ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วง ๆ ในแต่ละระดับความสูง แล้วนำมาคำนวณ

$$E = \sum a_i e_i / A \text{ (m)}$$

โดยกำหนดให้ E = ความสูงเฉลี่ย (m)
 a_i = พื้นที่ลุ่มน้ำในแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
 e_i = ความสูงเฉลี่ยของแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 28

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

Drainage Density (D_d)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวของลำน้ำทั้งหมดต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$D_d = \Sigma L/A \text{ (km/km}^2\text{)}$$

โดยกำหนดให้ ΣL = ความยาวของลำน้ำทั้งหมดทุกเส้นรวมกัน (km)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)

ถ้า D_d > 3 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำดี
 D_d ระหว่าง 1-3 แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำปานกลาง
 D_d < 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำไม่ดี

วิชาอุทกวิทยา GEO2102 29

5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

Stream frequency (F_s)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนลำธารที่เป็น first order ต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$F_s = N_1/A \text{ (number/km}^2\text{)}$$

โดยกำหนดให้ N₁ = จำนวนลำธารที่เป็น first order ทั้งหมด
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)

อุทกวิทยา (Hydrology)

7. คุณภาพของน้ำ



นิสอน อภจรรย์ภาณี วิศวกร
 วิชา : GEO 2102 ห้อง 3652
 สอนวิชาฟิสิกส์และภูมิศาสตร์เพื่อ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2101) 2

เนื้อหาที่จะเรียนในวันนี้

1. ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำเสีย
2. ลักษณะของน้ำเสีย
3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia)
4. การแบ่งโซนน้ำเสีย
5. ผลกระทบของน้ำเสีย
6. การแก้ไขปัญหาน้ำเสีย



อุทกวิทยา (GEO2101) 3

น้ำเสียคืออะไร?

- น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป
- น้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ จะทำให้คุณภาพน้ำในธรรมชาติเสียหายได้



Animas River in Colorado, USA

Source: <https://imgur.com/gallery/xnlt8d>

อุทกวิทยา (GEO2101) 4

1. ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำเสีย

- 1.1 Domestic
น้ำเสียจากกิจกรรมประจำวันของคนในชุมชน เช่น การทิ้งขยะ เศษอาหารเหลือ การซักผ้าด้วยผลิตภัณฑ์ซักผ้ารูปแบบต่าง ๆ
- 1.2 Commercial
น้ำเสียจากย่านธุรกิจ เช่น น้ำมันปนเปื้อนในน้ำจากการประกอบอาหารในย่านธุรกิจอาหาร
- 1.3 Industrial
น้ำเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรม น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ การหล่อเย็น



อุทกวิทยา (GEO2101) 5

1. ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำเสีย (ต่อ)

- 1.4 Urban Storm Runoff
ของเสียจากถนน เช่น ซีเมนต์ น้ำมันปนเปื้อนบนท้องถนน ไหลลงสู่แหล่งน้ำ
- 1.5 Agriculture
ของเสียจากภาคการเกษตรกรรม เช่น การใช้ยาฆ่าแมลง การใช้ปุ๋ยในปริมาณมาก ทำให้เกิด Eutrophication ซึ่งทำให้เกิด Algae Bloom และ Plankton Bloom



อุทกวิทยา (GEO2101) 6

อุตสาหกรรมที่ก่อมลพิษสูง

- โรงกลั่นน้ำมัน
- โรงหลอมเหล็กและเหล็กกล้า
- ปิโตรเคมี
- การผลิตปูนซีเมนต์
- โรงแยกก๊าซ
- โรงผลิตเยื่อกระดาษ
- อุตสาหกรรมวัตถุอันตราย



อุทกวิทยา (GEO2101) 7

Industrial Effluent Standard

1. Conventional Pollution

■ Biochemical Oxygen Demand (BOD)	20	mg/L
■ Chemical Oxygen Demand (COD)	120	mg/L
■ Total Suspended Solids (TSS)	50	mg/L
■ Total Dissolved Solids (TDS)	3,000	mg/L
■ Fat, Oil, Grease (FOG)	5	mg/L
■ pH	5 - 9	

BOD is present in the water.

BOD serves as food for the bacteria.

Bacteria utilize oxygen when they consume BOD. Oxygen is depleted in the water.

อุทกวิทยา (GEO2101) 8

Industrial Effluent Standard continued

2. Toxic Pollution

■ Sulfide	1	mg/L
■ Cyanide	0.2	mg/L
■ Formaldehyde	1	mg/L
■ Chloride	5	mg/L
■ Metal (สารหนู ตะกั่วปรอท)		

Heavy Metals	mg/L	limit
Zinc	mg/L	not more than 5.0
Chromium (Hexavalent)	mg/L	not more than 0.25
Chromium (Trivalent)	mg/L	not more than 0.75
Arsenic	mg/L	not more than 0.25
Copper	mg/L	not more than 1.0
Mercury	mg/L	not more than 0.005
Cadmium	mg/L	not more than 0.03
Barium	mg/L	not more than 1.0
Selenium	mg/L	not more than 0.02
Lead	mg/L	not more than 0.2
Nickel	mg/L	not more than 1.0
Manganese	mg/L	not more than 5.0

อุทกวิทยา (GEO2101) 9

2. ลักษณะของน้ำเสีย

- 2.1 สารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน
- 2.2 สารอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ (คลอรีน คาร์บอน ออกซิเจน)
- 2.3 โลหะหนัก เช่น ปรอท แคดเมียม สารหนู
- 2.4 น้ำมันและสารแขวนลอย มีผลต่อการบดบังแสงอาทิตย์
- 2.5 ของแข็ง ซึ่งละลายในน้ำ มีผลต่อความขุ่น

อุทกวิทยา (GEO2101) 10

2. ลักษณะของน้ำเสีย (ต่อ)

- 2.6 สารที่ก่อให้เกิดฟอง เช่น ผงซักฟอก สบู่ มีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ
- 2.7 จุลชีพ เช่น แบคทีเรียและยีสต์ จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง การฆ่าสัตว์ อาหารกระป๋อง
- 2.8 ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) จำเป็นต่อพืช
- 2.9 กลิ่น เช่น กลิ่นไข่เน่า (H₂S) เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน ในโรงงานปลาป่น โรงฆ่าสัตว์

อุทกวิทยา (GEO2101) 11

3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia)

3.1 ลักษณะของสภาวะออกซิเจนต่ำ

ตำราเคมีบอกว่า องค์กรประกอบทางเคมีของน้ำคือไฮโดรเจน 2 ส่วน บวกกับออกซิเจน 1 ส่วน แปลว่าน้ำต้องมีออกซิเจนเท่าเดิมตลอด แล้วน้ำจะขาดออกซิเจนได้อย่างไร?

Source: <http://sciencellustratedthailand.com/nature/น้ำขาดออกซิเจนได้หรือ/>

อุทกวิทยา (GEO2101) 12

3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia) (ต่อ)

3.1 ลักษณะของสภาวะออกซิเจนต่ำ

โดยทั่วไปการที่เรารู้ว่าน้ำขาดออกซิเจนหรือมีออกซิเจนสูง นั้นหมายถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจน (O₂) ที่ละลายอยู่ในน้ำ ไม่ใช่ค่าออกซิเจนที่เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลน้ำ ก๊าซแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของอากาศมีความสามารถในการละลายในน้ำได้มากน้อยต่างกัน แม้ก๊าซออกซิเจนจะเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้ไม่มาก แต่ก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำก็มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

น้ำที่มีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่เต็มที่จะเรียกว่าน้ำนั้น **อิ่มตัวด้วยออกซิเจน** และก๊าซออกซิเจนละลายในน้ำยิ่งได้มากกว่าในน้ำอุ่น ดังนั้น ในฤดูร้อนเมื่อน้ำแดดจนร้อนขึ้น ก๊าซออกซิเจนส่วนที่สูงเกินระดับที่น้ำรับได้จะลอยออกจากรู้น้ำ หากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมาก ปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำจะลดต่ำลงจนเป็นอันตรายต่อพืชน้ำและสัตว์น้ำ

Source: <http://sciencellustratedthailand.com/nature/น้ำขาดออกซิเจนได้หรือ/>

อุทกวิทยา (GEO2101) 13

3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia) (ต่อ)

3.2 การเกิด Eutrophication

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารจำพวก สารประกอบฟอสฟอรัส (P) และ ไนโตรเจน (N) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้จำเป็นต่อการเจริญเติบโตสำหรับแพลงตอนพืชและสาหร่าย อันเป็นแหล่งอาหารชั้นต้นของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ก็จะไปกระตุ้นให้พืชสีเขียวในลำน้ำมีการสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น และเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มผลผลิตของแหล่งน้ำนั้น แต่เมื่อมีปริมาณที่มากเกินไปและสารอินทรีย์แล้ว ในที่สุดก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศทางน้ำขึ้น เนื่องจาก ปกติการสังเคราะห์แสงจะเกิดขึ้นได้เฉพาะตอนกลางวัน ส่วนตอนกลางคืนสาหร่ายและพืชสีเขียว จะใช้ออกซิเจนหายใจและคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ

ดังนั้นในช่วงเวลากลางวัน แหล่งน้ำที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันจะมีปริมาณออกซิเจนและละลายน้ำสูงเกินกว่าขีดความเข้มข้นสูงสุด แต่ตอนกลางคืนระดับออกซิเจนก็จะลดลงบางแห่งเป็นมากอาจลดลงถึงศูนย์ ในกรณีเช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น จนอาจทำให้สัตว์น้ำตายในเวลาเพียงชั่วข้ามคืนเดียว

อุทกวิทยา (GEO2101) 14

3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia) (ต่อ)

3.3 การเกิด Plankton Plume

บางครั้งเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ (red tide) คือ ชื่อสามัญของปรากฏการณ์สาหร่ายสะพรั่ง (algal bloom) หรือ การรวมตัวขนาดใหญ่ของจุลชีพในทะเล เกิดขึ้นจากสาหร่ายเซลล์เดียวไม่กี่ชนิด ที่มีการสะพรั่งสีแดง หรือน้ำตาล ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ คือ เหตุการณ์ซึ่งสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย น้ำเค็ม หรือน้ำจืดมีการสะสมอย่างรวดเร็วในห้วงน้ำ ส่งผลให้เกิดสีบนผิวน้ำ ปกติแล้วจะพบได้ตามชายหาด

Source: <https://th.wikipedia.org/wiki/ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ>

อุทกวิทยา (GEO2101) 15

3. ภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxia) (ต่อ)

3.3 การเกิด Plankton Plume (ต่อ)

ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟในบางทีนั้นเกิดจากธรรมชาติ (สาหร่ายสะพรั่งที่เกิดขึ้นตามฤดูกาล โดยกระบวนการน้ำผุดที่แนวชายฝั่ง ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการเคลื่อนตัวของน้ำทะเล) ในขณะที่ความรุนแรงที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของปรากฏการณ์นี้อีกด้วย การเติบโตของแพลงก์ตอนพืชโดยปกติแล้วจะถูกจำกัดไว้ด้วยปริมาณของไนเตรต (NO₃⁻) และฟอสเฟต (PO₄³⁻)

Source: <https://th.wikipedia.org/wiki/ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ>

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

การสร้างเขื่อน มีผลกระทบอย่างไร?

ก่อนสร้างเขื่อน

1. การไหลของน้ำพาธาตุอาหารและตะกอนไปทับถมตามแหล่งต่าง ๆ ทั้ง ริมน้ำ ท้องน้ำและปากน้ำ
2. มีการไหลหมุนวนของกระแสน้ำบริเวณท้องน้ำ (Natural Turbid Flows)
3. ระบบอุทกวิทยอยู่ในสภาวะสมดุล
4. สิ่งมีชีวิตบางจำพวกที่เดินทางไปมาระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำ สามารถพำนักหรือฤดูและธาตุอาหารจำเป็นตลอดลำน้ำได้
5. สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลาย

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

การสร้างเขื่อน มีผลกระทบอย่างไร? (ต่อ)

หลังสร้างเขื่อน

1. คุณภาพน้ำลดลงบริเวณหลังเขื่อนเพราะน้ำนิ่ง ทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำน้อยลง สิ่งมีชีวิตในน้ำอยู่ลำบากขึ้น
2. ตะกอนไม่สามารถเดินทางไปยังปลายน้ำได้ เพราะถูกกักไว้บริเวณหลังเขื่อน ทำให้ให้น้ำนิ่งและตื้นเขิน
3. เกิดมลพิษทางน้ำ คือ มีธาตุอาหารที่ไม่ไหลเวียนและมีมาก ณ บริเวณหนึ่ง ทำให้เกิดการสะพรั่งของสาหร่าย (algal bloom) สิ่งมีชีวิตในน้ำตายอย่างรวดเร็ว
4. เกิด Methane Emission ที่มาจากเขื่อน อันเนื่องมาจากพืชในน้ำตาย

อุทกวิทยา (GEO2101) 18

4. การแบ่งโซนน้ำเสีย

อุทกวิทยา (GEO2101) 19

4. การแบ่งโซนน้ำเสีย (ต่อ)

4.1 Decomposition Zone เขตที่มีการสลายตัว
 4.2 Septic Zone เขตที่มีการเน่าเสีย
 4.3 Recovery Zone เขตฟื้นตัว
 4.4 Clean Zone เขตที่มีสภาพปกติ

อุทกวิทยา (GEO2101) 20

4. การแบ่งโซนน้ำเสีย (ต่อ)

4.1 Polysaprobic Zone (Heavy Polluted Zone) น้ำที่มีสภาวะมลพิษรุนแรงมาก

- จุดเริ่มปล่อยน้ำเสีย
- ค่า BOD สูง / DO ต่ำ
- มีกลิ่นของแก๊สไข่เน่า (H_2S) และมีสีดำจากกำมะถัน (Fe_2S_3)
- สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ แบคทีเรียจำพวกมือกุ่ม (zoogloea) จำนวนมาก

4.2 Mesosaprobic Zone (Recovery Zone)

4.2.1 α - Mesosaprobic Zone น้ำที่มีสภาวะมลพิษมาก

- สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปบ้างแล้ว
- ค่า BOD ลดลง / DO ต่ำกว่า 50% Saturation
- กลิ่นแก๊สไข่เน่าลดลง และมีสีดำจากสารประกอบซัลไฟด์ (S^{2-})
- มีสีเหลืองจากเหล็กออกไซด์ / ไฮดรอกไซด์ของเหล็ก ($H_2O + O_2 = SO_4$)
- สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ แบคทีเรียจำนวนมาก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไพรโอดีวและไดอะตอม นอกจากนี้ยังพบปลาที่อยู่ในสภาวะออกซิเจนต่ำได้บ้าง (ค่า DO ต่ำ)

อุทกวิทยา (GEO2101) 21

4. การแบ่งโซนน้ำเสีย (ต่อ)

4.2 Mesosaprobic Zone (Recovery Zone) (ต่อ)

4.2.2 β - Mesosaprobic Zone น้ำที่มีสภาวะมลพิษปานกลาง

- สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายได้มาก
- ค่า BOD ลดลง / DO มากกว่า 50% Saturation
- ไม่มีกลิ่นแก๊สไข่เน่า และไม่มีสีดำแล้ว
- มีสีเหลืองจากเหล็กออกไซด์ / ไฮดรอกไซด์ของเหล็ก ($H_2O + O_2 = SO_4$)
- สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ แบคทีเรียจำนวนน้อย ปลาที่อยู่ในสภาวะออกซิเจนสูง (ค่า DO สูง)
- พบ water bloom ของสาหร่ายและไดอะตอม

Cladophora bloom

อุทกวิทยา (GEO2101) 22

4. การแบ่งโซนน้ำเสีย (ต่อ)

4.3 Oligosaprobic Zone น้ำที่มีสภาวะมลพิษน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย (Clean Zone)

- น้ำใส
- สารอินทรีย์มีน้อย ธาตุไนโตรเจนน้อย
- มีค่า DO สูง
- สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ สัตว์น้ำ ตัวอ่อนของแมลงปอ (อาหารปลา) มีแบคทีเรียน้อย พบ water bloom ไม่มา

อุทกวิทยา (GEO2101) 23

5. ผลกระทบของน้ำเสีย

5.1 เกิด Organic Pollutants หรือ สารอินทรีย์ที่มากเกินไปเกินความต้องการ

5.2 เกิด Persistent Organic Pollutants (POPs) คือ กลุ่มสารอินทรีย์ที่ถูกใช้ในโรงงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว กำจัดยากและทวีคูณความรุนแรง เช่น Dioxin (ก่อนมะเร็ง) DDT (ก่อนมะเร็งและฆ่าลูกน้ำยุงลาย) PCB (สารก่อมะเร็ง พบในหม้อแปลงไฟฟ้า)

อุทกวิทยา (GEO2101) 24

6. การแก้ไขปัญหาหน้าเสีย

6.1 Legislation คือ การออกกฎหมายให้รัดกุม ครอบคลุม และบังคับใช้ได้จริง

6.2 Source Reduction คือ การจัดการที่แหล่งกำเนิด โดยการลดมลพิษที่มาจากแหล่งกำเนิดโดยเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย (ทางชีวภาพและกายภาพ)

อุทกวิทยา (GEO2101) 25

6. การแก้ไขปัญหาหน้าเสียว (ต่อ)

6.3 Improved Land Use Practice คือ จัดการการใช้ที่ดิน ได้แก่

- บำบัดน้ำชะจากฝน
- อนุรักษ์พื้นที่ชุ่มชื้น (wetland)
- ลดการทำลายป่า
- สร้างสิ่งก่อสร้างที่เป็นมาตรฐาน

6.4 Remediation คือ การจัดการแหล่งปนเปื้อนเมื่อพบการเจือปนในธรรมชาติ

6.5 Wastewater Treatment คือ การสร้างระบบน้ำเสียว



อุทกวิทยา (GEO2101) 26

6. การแก้ไขปัญหาหน้าเสียว (ต่อ)

6.4 Remediation คือ การจัดการแหล่งปนเปื้อนเมื่อพบการเจือปนในธรรมชาติ

6.5 Wastewater Treatment คือ การสร้างระบบน้ำเสียว

6.5.1 กระบวนการทางกายภาพ

- ใช้กับของที่แยกออกจากน้ำได้ง่าย (มีขนาดใหญ่ มีอนุภาค)

6.5.2 กระบวนการทางเคมี

- ใช้สารเคมีเข้าช่วย (ของแข็งขนาดเล็ก/ไอออน/กรด-ด่าง)

6.5.3 กระบวนการทางชีวภาพ

- ของที่เน่าได้ (สารอินทรีย์)



Source: http://cpho.moph.go.th/wp/wp-content/uploads/2013/05/presentation_chap2.pdf

อุทกวิทยา (Hydrology)

8. การคายระเหยน้ำ (Evapotranspiration)

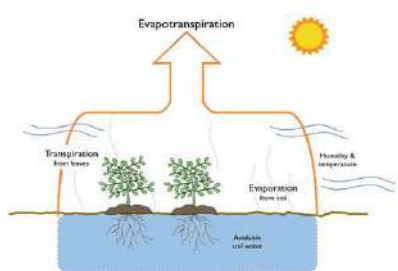


ผู้สอน อาจารย์ศราวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2102) 2

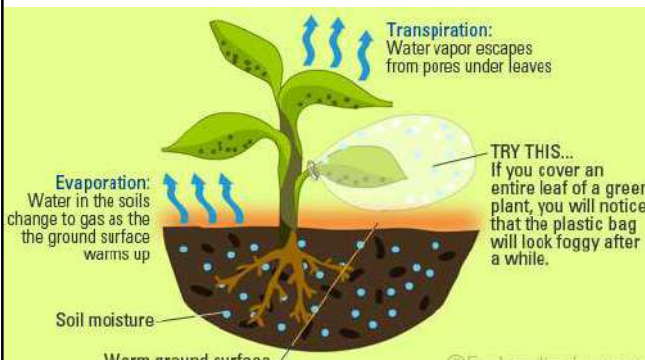
การคายระเหยน้ำ คืออะไร?

- การคายน้ำ เกิดจากพืช
- การระเหยน้ำ เกิดจากผิวน้ำ พื้นดิน
- **กระบวนการคายระเหย** คือ การคายน้ำ + การระเหยน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2102) 3

การคายระเหยน้ำ คืออะไร?



Transpiration: Water vapor escapes from pores under leaves

Evaporation: Water in the soils change to gas as the the ground surface warms up

TRY THIS... If you cover an entire leaf of a green plant, you will notice that the plastic bag will look foggy after a while.

Soil moisture
Warm ground surface


©Eschooltoday.com

Source: <http://www.eschooltoday.com/water-cycle/what-is-transpiration-and-evapotranspiration.html>

อุทกวิทยา (GEO2102) 4

หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้

- การคายน้ำ
- การระเหยน้ำ
- การคายระเหยน้ำ
- ปัจจัยที่มีผลต่อการคายระเหยน้ำ
- อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ
- วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2102) 5

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive use)

เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปเนื่องจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ

- การระเหย (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะที่ทำการให้หรือในขณะที่มีน้ำขังอยู่ รวมถึงจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากการให้น้ำ
- การคายน้ำ (Transpiration) คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ



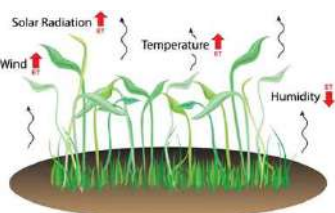
evapotranspiration = transpiration + evaporation

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Groundwater_recharge

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคายระเหยน้ำ

1. ปริมาณความร้อนที่ได้รับเพื่อทำให้เกิดกระบวนการระเหย เช่น ปริมาณรังสีสุริยะ และอุณหภูมิ
2. ความสามารถในการพาปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกจากผิวน้ำการระเหย ได้แก่ ลมและความชื้นสัมพัทธ์
3. ปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างเพียงพอต่อการกระบวนการระเหย เช่น ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ



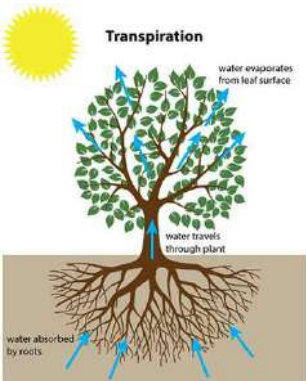
Source: <https://www.campbellsci.com.au/blog/evapotranspiration-101>

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ

1. พืช

- ชนิดพืชจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการใช้ น้ำของพืช สรีระของพืช อัตราการเปิดปิดปากใบของพืช
- ร้อยละ 95 ของน้ำที่พืชดูดขึ้นไปใช้จะถูกขับออกมาในรูปของไอน้ำผ่านกระบวนการคายน้ำ ร้อยละ 5 เท่านั้นที่ถูกใช้เพื่อสร้างมวลชีวภาพของพืช

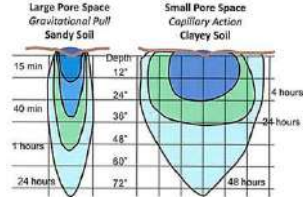



อุทกวิทยา (GEO2102) 8

อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

2. ดิน

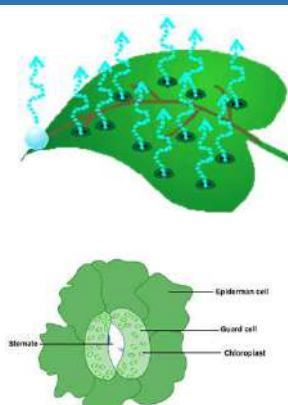
ชนิดดินจะเป็นตัวกำหนดเนื้อดิน ปริมาณช่องว่างในดินและปริมาณความชื้นในดิน

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

การคายน้ำของพืช

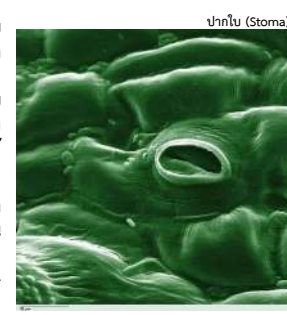
- การที่น้ำสูญเสียออกจากพืชโดยออกมาทางใบในรูปของไอน้ำสู่บรรยากาศประมาณร้อยละ 95 ของน้ำทั้งหมดที่พืชดูดขึ้นมาจากดินและมีน้ำส่วนน้อยมากที่พืชนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม
- ระเหยเป็นไอน้ำออกมาทางปากใบ ทางผิวใบด้านล่าง จึงเป็นแหล่งคายน้ำได้มากถึงร้อยละ 80 - 90



อุทกวิทยา (GEO2102) 10

การคายน้ำของพืช (ต่อ)

- การปิด-เปิดของปากใบเสมือนประตูคอยควบคุมปริมาณภายในต้นพืช พืชจึงมีกลไกบางประการที่จะคอยควบคุมปริมาณน้ำภายในลำต้นพืชให้ไม่มากเกินไป และยังคอยที่รักษาน้ำเอาไว้ได้เมื่ออยู่ในสภาพแห้งแล้งเพื่อให้สภาวะภายในพืชมีความชุ่มชื้นให้พอเหมาะสม
- การปิด-เปิดของปากใบนั้น จะช้าหรือเร็วมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกหลายประการ สภาพแวดล้อมภายนอก เช่น แสงสว่าง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ลม และสภาพของดิน เป็นต้น



อุทกวิทยา (GEO2102) 11

การคายน้ำของพืช (ต่อ)

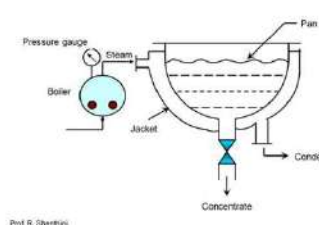

- ระเหยตามส่วนอื่น ๆ ของลำต้นได้อีก เช่น ทางผิวของใบ ทางเลนทิเซล (lenticel) ซึ่งมีปริมาณน้อย เพราะทำได้เฉพาะพืชที่มีเลนทิเซลเท่านั้น
- กัตเตชัน (Guttation) เป็นการเสียน้ำในรูปของหยดน้ำของพืช เกิดเมื่ออากาศมีความชื้นมาก พืชบางชนิดจะกำจัดน้ำออกมาในรูปของหยดน้ำ ทางรูเปิดเล็ก ๆ ตามปลายของเส้นใบ (ไฮดาโทด: hydathode) เราจะพบปรากฏการณ์นี้ในธรรมชาติได้อย่างชัดเจนในตอนเช้าที่อากาศมีความชื้นมาก ๆ




อุทกวิทยา (GEO2102) 12

เครื่องมือตรวจวัดค่าการคายระเหยน้ำ

Pan evaporator

Prof. R. Shrivastava
28 May 2012

อุทกวิทยา (GEO2102) 13

วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ

วิธีการสมดุลย์ของน้ำ (Water Balance Approach)

การประเมินการคายระเหยน้ำด้วยวิธีการสมดุลย์ของน้ำทำได้โดยการใช้สมการสมดุลย์ของน้ำมาทำการคำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากการคายระเหยน้ำ

$$ET = P - Q - \Delta S - \Delta D$$

ET = evaporation and transpiration (mm)
 P = Precipitation (mm)
 Q = Stream flow (mm)
 ΔS = watershed storage variation (mm): S end - S beginning
 ΔD = Seepage out - seepage in (mm)

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

วิธีการสมดุลย์ของน้ำ (Water Balance Approach) (ต่อ)

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
Irrigation Refill	ET = 0.10" Rain = 0.04"	ET = 0.09" Rain = 0.0"	ET = 0.10" Rain = 0.05"
0.54"	0.48"	Balance 0.39"	0.34"

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

The Penman-Monteith form of the combination equation

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET₀ reference evapotranspiration [mm day⁻¹],
 R_n net radiation at the crop surface [MJ m⁻² day⁻¹],
 G soil heat flux density [MJ m⁻² day⁻¹],
 T air temperature at 2 m height [°C],
 u₂ wind speed at 2 m height [m s⁻¹],
 e_s saturation vapour pressure [kPa],
 e_a actual vapour pressure [kPa],
 e_s - e_a saturation vapour pressure deficit [kPa],
 D slope vapour pressure curve [kPa °C⁻¹],
 γ psychrometric constant [kPa °C⁻¹].

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

ENERGY BALANCE EQUATION

$$\Delta ET = R_n - G - H$$

R_n Net radiation (W/m²)
 H Sensible heat flux (W/m²)
 G Soil heat flux (W/m²)
 ΔET Latent heat flux (W/m²)

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

Energy Balance Equation with Remote Sensing

$$\Delta ET = R_n - G - H$$


$$R_n = (1 - \alpha) R_s + R_{L_i} - R_{L_r} - (1 - \epsilon_o) R_L$$

Net surface radiation = gains - losses

$$R_n = (1 - \alpha) R_{s_i} + R_{L_i} - R_{L_r} - (1 - \epsilon_o) R_{L_e}$$

อุทกวิทยา (Hydrology)

9. การซาบซึม (Infiltration)




ผู้สอน อาจารย์ดร.วดี ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

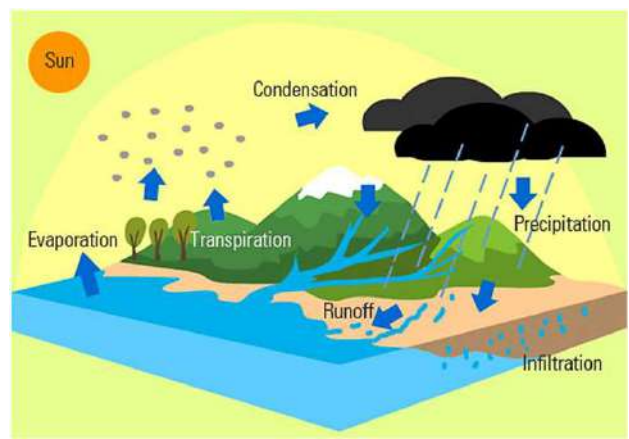
อุทกวิทยา (GEO2102) 2

หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้

- บทนำ
- ความจุการซาบซึมน้ำและอัตราการซาบซึมน้ำ
- ความชื้นในดิน
- ความจุความชื้นในสนาม
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซาบซึมน้ำ
- โค้งความจุของการซาบซึม
- การตรวจวัดความจุการซาบซึมน้ำของดิน
- การคำนวณความจุของการซาบซึมน้ำ

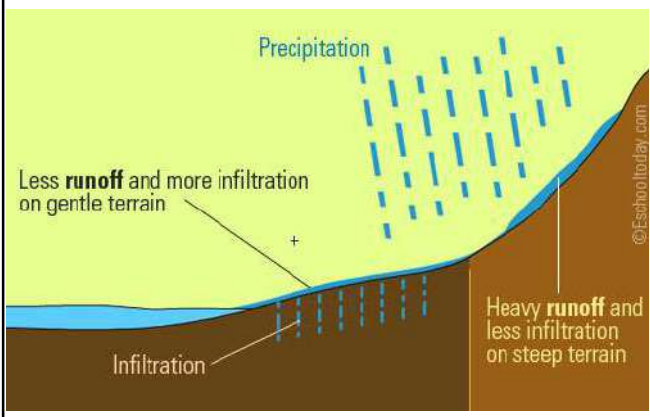


อุทกวิทยา (GEO2102) 3



The diagram illustrates the water cycle with the Sun at the top left. Arrows show water evaporating from a body of water and transpiring from trees into the atmosphere, where it condenses into clouds. Precipitation falls as rain or snow. On the ground, some water runs off into a river, while some infiltrates the ground into the soil.

อุทกวิทยา (GEO2102) 4



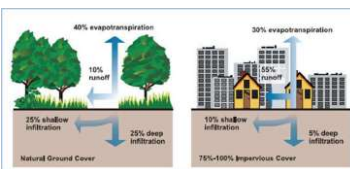
The diagram shows precipitation falling on two different slopes. On the left, a gentle slope is labeled 'Less runoff and more infiltration on gentle terrain', showing a large area of water infiltrating the ground. On the right, a steep slope is labeled 'Heavy runoff and less infiltration on steep terrain', showing most water running off into a stream with minimal infiltration.

อุทกวิทยา (GEO2102) 5

บทนำ: การซาบซึม (Infiltration)

เมื่อฝนตกลงมาถึงพื้นดินจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำ 2 ทิศทาง คือ

- น้ำไหลบ่าหน้าดิน (Runoff)
- น้ำซึมผ่านผิวดิน (Infiltration)




The diagram compares two scenarios: 'Natural Ground Cover' and 'Impervious Cover'. For natural ground cover, 40% of precipitation is lost to evapotranspiration, 10% is runoff, 25% is shallow infiltration, and 25% is deep infiltration. For impervious cover, 30% is lost to evapotranspiration, 55% is runoff, 15% is shallow infiltration, and 5% is deep infiltration.

การซึมน้ำผ่านผิวดิน น้ำจะซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างของดิน รอยแตก รูขรุกรากพืชที่เน่าเปื่อยหรือรอยแยกของดินที่เกิดจากการเตรียมพื้นที่เพื่อการเพาะปลูก การแทรกซึมน้ำจะถูกจำกัดด้วยช่องว่างภายในดิน ความหนักเบาของฝนและความชื้นที่มีอยู่ก่อนหน้าของดิน

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

บทนำ: การซาบซึม (Infiltration) (ต่อ)

- คุณลักษณะของปริมาณน้ำของแม่น้ำแต่ละสายจะแตกต่างกันไปกับสภาพของพื้นที่รองรับน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน หากพื้นที่ลุ่มน้ำใดที่มีปริมาณการซึมน้ำผ่านผิวดินมาก ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินจะน้อย
- หากพื้นที่ลุ่มน้ำใดมีปริมาณการซึมน้ำผ่านผิวดินน้อยจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดินมาก อันเป็นปัญหาของการเกิดอุทกภัยตามมา
- ในขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำใดมีปริมาณการซึมน้ำผ่านผิวดินที่เหมาะสมและไหลผ่านไปเป็นน้ำใต้ดินได้มาก พื้นที่ลุ่มน้ำนั้นจะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี



อุทกวิทยา (GEO2102) 7

ความจุการซึมน้ำและอัตราการซึมน้ำ

- โดยปกติเมื่อฝนตกลงมา การซึมน้ำครั้งแรกจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ฉะนั้นอัตราเริ่มต้นของการซึมน้ำจะสูง หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลา
- การสะสมของของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับปริมาณช่องว่างในดินและประเภทช่องว่างในดิน
- อัตรา การสูงสุดของดินที่สามารถดูดซึมน้ำไว้ได้จะเรียกว่า ความจุการซึมน้ำ (Infiltration capacity)



อุทกวิทยา (GEO2102) 8

ความจุการซึมน้ำและอัตราการซึมน้ำ (ต่อ)

- ถ้าหากปริมาณฝน (P) มีมากกว่าความจุของการซึมน้ำ (F) ปริมาณน้ำที่เหลือจากการซึมน้ำผ่านผิวดิน จะเรียกว่า ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Rainfall excess rate)
- ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินนี้จะกลายเป็นน้ำไหลบ่าผิวดินลงสู่แม่น้ำต่อไป



อุทกวิทยา (GEO2102) 9

ความจุการซึมน้ำและอัตราการซึมน้ำ (ต่อ)

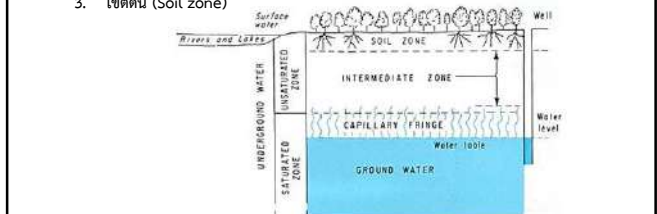
- ความจุการซึมน้ำสูงสุดจะเกิดขึ้นได้เฉพาะเวลาที่อัตราการตกของฝนมีมากเกินกว่าความจุการซึมน้ำเท่านั้น
- ในขณะที่หากอัตราการตกของฝนน้อยกว่าความจุของการซึมน้ำ อัตราการซึมน้ำจะเท่ากับปริมาณการตกของฝนโดยประมาณ
- อัตราการซึมน้ำ (Infiltration rate) คือ อัตราการซึมน้ำสู่ดินในระยะเวลาที่กำหนดให้



อุทกวิทยา (GEO2102) 10

ความชื้นในดิน

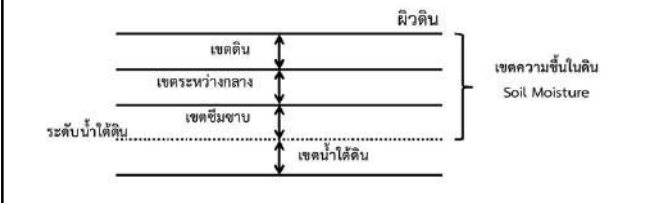
- น้ำที่อยู่ระดับน้ำใต้ดิน (Water table) เรียกว่าน้ำใต้ดิน (Ground water) น้ำที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน เรียกว่า ความชื้นในดิน (Soil moisture)
- บริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินสามารถแบ่งออกเป็น 3 โซน คือ
 1. เขตซึมน้ำ (Capillary zone)
 2. เขตระหว่างกลาง (Intermediate zone)
 3. เขตดิน (Soil zone)



อุทกวิทยา (GEO2102) 11

ความชื้นในดิน (ต่อ)

- บริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินสามารถแบ่งออกเป็น 3 โซน คือ
 1. เขตซึมน้ำ (Capillary zone)
 2. เขตระหว่างกลาง (Intermediate zone)
 3. เขตดิน (Soil zone)

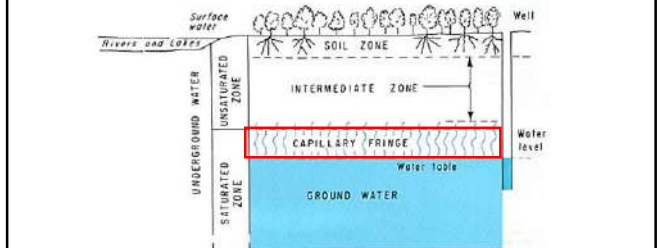


อุทกวิทยา (GEO2102) 12

ความชื้นในดิน (ต่อ)

1. เขตซึมน้ำ (Capillary zone)

เหนือขึ้นมาจากระดับน้ำใต้ดินประมาณ 0.3 ถึง 3 เมตร ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามเนื้อดิน มีหน้าที่รักษาความชื้นของดินให้อยู่ที่ตลอดเวลา



อุทกวิทยา (GEO2102) 13

ความชื้นในดิน (ต่อ)

2. เขตดิน (Soil zone)

เป็นส่วนที่ต่อเนื่องลงมาจากผิวดิน เป็นโซนที่มีรากพืชอยู่อย่างมากมาย มีระดับความแตกต่างของความชื้นสูง เช่น ชื้นมาเมื่อเช้าหน้าฝน และแห้งมากเมื่อเช้าหน้าแล้ง

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

ความชื้นในดิน (ต่อ)

3. เขตระหว่างกลาง (Intermediate zone)

เป็นเขตที่อยู่ระหว่างเขตซึมซับและเขตดิน เป็นส่วนที่มีปริมาณน้ำในดินแทบจะคงที่ตลอดเวลา ยกเว้นในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเขตซึมซับ

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

ความจุความชื้นในสนาม

- หลังจากที่น้ำซึมผ่านผิวดินและชั้นดินลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินแล้ว น้ำจำนวนหนึ่งจะถูกดูดยึดไว้ที่ผิวของเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Molecular attraction) ซึ่งมีแรงดูดยึดมาก น้ำส่วนนี้จะเคลื่อนย้ายได้ยาก น้ำส่วนนี้ เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic water)
- น้ำที่อยู่ในระหว่างช่องว่างในดิน และถูกยึดด้วยแรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินจะเรียกว่า ความชื้นสนาม (Field capacity) หรือเรียกว่า Capillary water โดยปกติ ระดับความชื้นสนาม (Field capacity) นั้น จะสามารถหาได้จาก การตรวจวัดความชื้นของดิน จุดที่ความชื้นของดินลดลงจนถึงจุดคงที่นั้นจะเป็นระดับความชื้นสนาม (Field capacity)

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

ความจุความชื้นในสนาม (ต่อ)

- น้ำเยื่อ (Hygroscopic water) เป็นน้ำที่พืชไม่สามารถดูดใช้ได้ เนื่องจากน้ำประเภทนี้มีแรงดึงดูดมากกว่าแรงดึงน้ำของรากพืช

- ปริมาณน้ำที่อยู่ในช่องว่างในดินและพืชสามารถดูดไปใช้ได้จะเรียกน้ำส่วนนี้ว่า ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture)

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

ความจุความชื้นในสนาม (ต่อ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

ความจุความชื้นในสนาม (ต่อ)

- ปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นสนาม (Field capacity) และระดับน้ำเยื่อ (hygroscopic water) จะเป็นปริมาณน้ำที่พืชสามารถได้ประโยชน์ได้ซึ่งน้ำในช่วงนี้จะเรียกว่า ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available moisture)
- ระดับความชื้นในดินที่พืชไม่สามารถได้ประโยชน์ได้ จะเรียกว่า จุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point)

อุทกวิทยา (GEO2102) 19

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซึมน้ำ (ต่อ)

ความจุการซึมน้ำ (f) จะแปรผันไปตามเวลา สถานที่ ปัจจัยที่ส่งผล ต่อความจุการซึมน้ำ ได้แก่

- ความชื้นในดิน (Soil moisture) โดยทั่วไปในฤดูฝน ความชื้นของดินจะมีค่าสูง ดังนั้นค่าความจุของการซึมน้ำ (f) จะมีค่าต่ำ ในขณะที่ฤดูแล้งระดับความชื้นของดินจะลดต่ำลงจึงทำให้ค่าความจุซึมน้ำ (f) มากขึ้น
- ในกรณีที่ดินแห้ง ผิวหน้าของดินจะดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความต่างศักย์ของการซึมน้ำอยู่มากและบวกกับแรงดึงดูดของโลกด้วย
- เมื่อเวลาผ่านไป ดินในชั้นล่างลงไปเริ่มมีความชื้นหรือเริ่มเปียก จึงทำให้ความต่างศักย์ของการซึมน้ำลดลง การซึมน้ำจึงลดลงด้วย

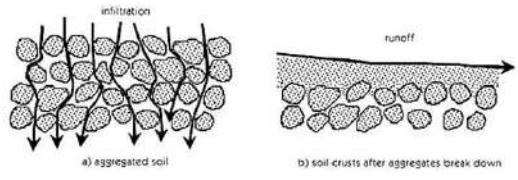


อุทกวิทยา (GEO2102) 20

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซึมน้ำ (ต่อ)

ความจุการซึมน้ำ (f) จะแปรผันไปตามเวลา สถานที่ ปัจจัยที่ส่งผล ต่อความจุการซึมน้ำ ได้แก่ (ต่อ)

- แรงปะทะจากเม็ดฝน (Compaction due to rain) แรงปะทะของเม็ดฝนจะทำให้อนุภาคของดินกระจายออกและส่งผลให้ช่องว่างภายในดินลดลง โดยเฉพาะดินเหนียว เมื่อช่องว่างภายในดินลดลงจะส่งผลให้ความจุการซึมน้ำลดลงไปด้วย



อุทกวิทยา (GEO2102) 21

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซึมน้ำ (ต่อ)

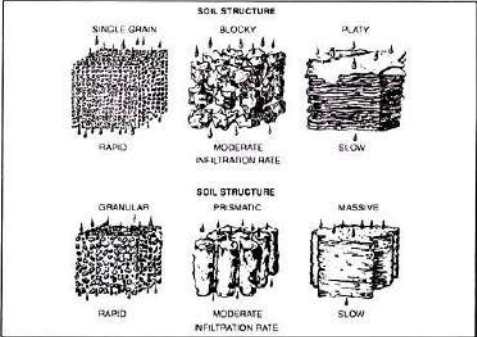


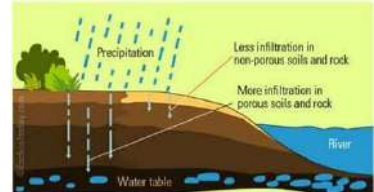
Fig 4.7 The general relationship between soil structure and infiltration rate of water in soils.

อุทกวิทยา (GEO2102) 22

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซึมน้ำ (ต่อ)

ความจุการซึมน้ำ (f) จะแปรผันไปตามเวลา สถานที่ ปัจจัยที่ส่งผล ต่อความจุการซึมน้ำ ได้แก่ (ต่อ)

- การชะล้างอนุภาคขนาดเล็กลงไปในดิน (washing of fine particle) เกิดขึ้นเมื่อดินแห้ง ก้อนดินจะแตกออกเป็นอนุภาคขนาดเล็กมากมาย แล้วหากเกิดมีฝนตก น้ำที่ซึมลงดินจะพาอนุภาคขนาดเล็กลงไปที่ช่องว่างภายในดินด้วย
- การเหยียบย่ำของมนุษย์และสัตว์ มีส่วนทำให้ดินมีความแน่นขึ้น ช่องว่างภายในดินลดลงส่งผลโดยตรงต่อความจุของการซึมน้ำ



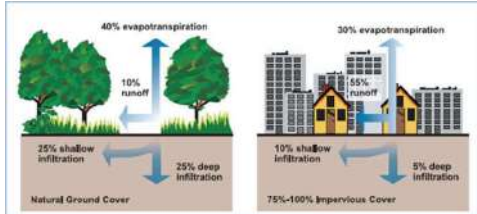
อุทกวิทยา (GEO2102) 23

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจุการซึมน้ำ (ต่อ)

อิทธิพลของพืชคลุมดินต่อความจุการซึมน้ำ มีดังนี้

- การที่พืชปกคลุมดินอยู่จะช่วยลดแรงปะทะของเม็ดฝนที่จะกระทำต่อเม็ดดินที่ทำให้ดินแตกออกเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และถูกพัดพาไปอุดตันหรือลดช่องว่างในดิน
- การที่มีพืชปกคลุมดินจะทำให้ดินมีชั้นของอินทรีย์วัตถุที่ช่วยในการซึมน้ำของดินได้มากขึ้น เนื่องจากอินทรีย์วัตถุจะทกให้โครงสร้างของดินฟูและมีช่องว่างในดินมาก

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของพืชที่ปกคลุมดินด้วย

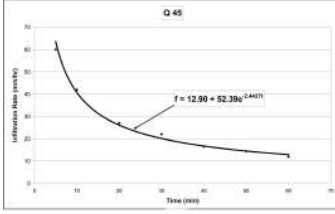


อุทกวิทยา (GEO2102) 24

โค้งความจุของการซึมน้ำ

โค้งความจุของการซึมน้ำ (Infiltration capacity curve) คือ เส้นกราฟที่แสดงค่าความจุของการซึมน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ระหว่างเวลาที่ฝนตกและหลังฝนตก

ความจุของการซึมน้ำจะสูงสุดเมื่อตอนที่เริ่มตก (ในกรณีที่ดินแห้ง) ในระหว่างที่ฝนตกนั้นความจุของการซึมน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ และจะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1-3 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นด้วย



อุทกวิทยา (GEO2102) 25

โค้งความจุของการซาบซึมน้ำ (ต่อ)

$t = 0$ = จุดเริ่มต้นหรือเวลาเมื่อฝนเริ่มตก
 $0 - t_1$ = ระยะเวลาที่ไม่มีการซาบซึมน้ำ
 f_c = ค่าความจุสุดท้าย

The graph shows infiltration rate on the y-axis (0 to 70 mm/hr) and time on the x-axis (0 to 70 min). A curve starts at the origin (0,0) and rises to a peak of approximately 65 mm/hr at t=5 min, then gradually decays towards a horizontal asymptote at f_c = 10 mm/hr. A vertical dashed line at t=5 min and a horizontal dashed line at f_c = 10 mm/hr are shown.

อุทกวิทยา (GEO2102) 26

โค้งความจุของการซาบซึมน้ำ (ต่อ)

Source: <http://redac.eng.usm.my/v2/index.php/mtd/projects/100-development-of-soil-classification-with-respect-to-infiltration-capacity-for-major-cities-in-malaysia>

The graph shows infiltration rate on the y-axis (0 to 80 mm/hr) and time on the x-axis (0 to 80 min). A curve starts at a high rate and decays towards a horizontal asymptote. A fitted equation is shown: $f = 12.90 + 52.39e^{-0.44t}$.

Location	f_0 (mm/hr)	f_c (mm/hr)	f_c (mm ²)	k (hr ⁻¹)	Horton Equation (mm/hr)	f_0 / f_c
Kg. Lebal Tahir (Zon 1)	3250	1350	932.52	2.037	$f = 1350 + 1900e^{-2.037t}$	2.407
Kg. Sungai Loken (Zon 5)	180	135	218.07	0.206	$f = 135 + 45e^{-0.206t}$	1.33
Kg. Maklom (Zon 5)	1750	120	3791.1	0.430	$f = 120 + 1630e^{-0.430t}$	14.58
Kg. Jawa (Zon 6)	460	95	604.14	0.603	$f = 95 + 364e^{-0.603t}$	4.79
Taman Limbungan (Zon 1)	44	32	46.016	0.2608	$f = 32 + 12e^{-0.2608t}$	1.375
Tmn. Chantek (Zon 1)	247	25	292.85	0.7581	$f = 25 + 222e^{-0.7581t}$	9.88
Tmn. Perisular (Zon 1)	648	120	742.61	0.7002	$f = 120 + 520e^{-0.7002t}$	5.33

อุทกวิทยา (GEO2102) 27

การตรวจวัดความจุการซาบซึมน้ำของดิน

The diagrams show the cross-section of a single-ring infiltrometer (left) and a double-ring infiltrometer (right). The single-ring version has a 100 mm diameter ring and a 100 mm diameter soil core. The double-ring version has an outer cylinder (100 mm diameter) and an inner cylinder (75 mm diameter) containing a perforated metal plate and nail points. A water level measurement is shown at 10 cm above the soil surface. Below the diagrams are two photographs: one of a single-ring infiltrometer in use and one of a double-ring infiltrometer in use.

Single-ring infiltrometer

Double-ring infiltrometer

อุทกวิทยา (GEO2102) 28

การตรวจวัดความจุการซาบซึมน้ำของดิน (ต่อ)

The graph shows infiltration rate on the y-axis and depth/time on the x-axis. Three curves are shown for different soil types: Fine sand (highest rate), Fine Sandy Loam (middle rate), and Silt loam (lowest rate). All curves show a rapid initial increase in infiltration rate followed by a gradual approach to a steady state or basic infiltration rate.

อุทกวิทยา (GEO2102) 29

การคำนวณความจุของการซาบซึมน้ำ

Horton's Equation

$$f = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt}$$

f คือ อัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration capacity) ณ เวลาใด ๆ
 f_c คือ อัตราการซึมผ่านคงที่ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากเกิดการซึมผ่านนานเพียงพอ (Ultimate or equilibrium infiltration capacity)
 f_0 คือ อัตราการซึมผ่านเริ่มต้น
 k คือ ค่าคงที่
 e คือ ค่าคงที่ 2.718

ค่า f_c , f_0 และ k เป็นค่าที่ต้องหาเริ่มต้นของสมการ ซึ่งอาจได้จากการทดลองหรือการวิเคราะห์กราฟน้ำท่า

อุทกวิทยา (GEO2102) 30

การคำนวณความจุของการซาบซึมน้ำ (ต่อ)

Horton's Equation

The graph shows infiltration rate on the y-axis (0 to 70 mm/hr) and time on the x-axis (0 to 70 min). A curve starts at a high rate and decays towards a horizontal asymptote at f_c. The initial rate is f_0. The equation is $f = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt}$.

อุทกวิทยา (GEO2102) 31

การคำนวณความจุของการซาบซึมน้ำ

Philip's Equation

$$f = A + 0.5 St^{-0.5}$$

โดยที่ ค่า A และ S เป็นค่าคงที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นเริ่มต้นในดิน และความสามารถในการผ่านน้ำของดิน (Hydraulic conductivity) ที่ระยะเวลานานพอจนควรเกิด สภาพคงที่ ค่า A จะมีค่าเท่ากับอัตราการซึมผ่านคงที่ เมื่อหาค่า S และ A ได้แล้ว ก็สามารถ คำนวณคุณสมบัติการซึมผ่านของพื้นที่รับน้ำได้

อุทกวิทยา (GEO2102) 32

การคำนวณความจุของการซาบซึมน้ำ

Philip's Equation

Time (min)	Infiltration Rate (mm/hr)
0	0
10	40
20	30
30	25
40	22
50	20
60	18
70	17

อุทกวิทยา (Hydrology)

10. น้ำบาดาล (Subsurface)

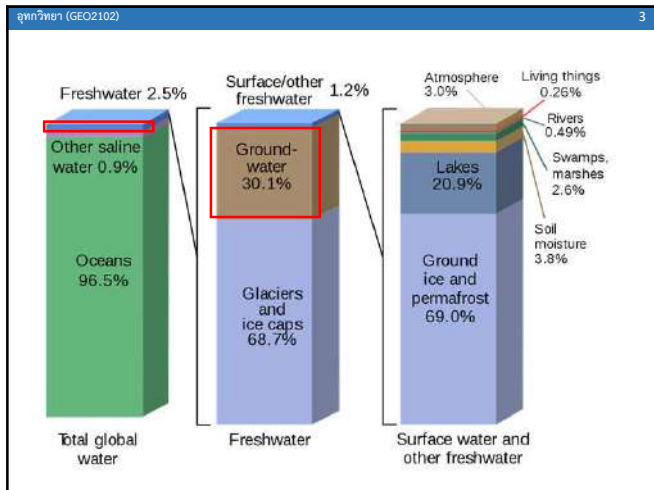


ผู้สอน อาจารย์ศราวุฒิ ไวยสุศรี
ภาควิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2102) 2

เรื่องที่เราจะเรียนรู้ในวันนี้

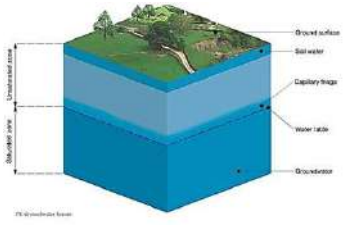
1. บทนำ: น้ำใต้ดิน
2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ
3. การจำแนกชนิดหินตามหลักอุทกธรณี
4. คำนียาม
 - 4.1 Permeability
 - 4.2 Porosity
 - 4.3 Recharge และ Discharge
 - 4.4 Water table
 - 4.5 Cone of Depression
 - 4.6 Contaminant Flow

อุทกวิทยา (GEO2102) 4

1. บทนำ: น้ำใต้ดิน

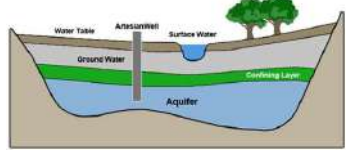
ในทางอุทกวิทยาและธรณีวิทยา สามารถแบ่งน้ำใต้ดิน (Subsurface water) ออกเป็นหลายลักษณะด้วยกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและความลึกที่น้ำนั้นถูกกักเก็บอยู่ โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ดินและหินจะประกอบด้วยช่องว่าง (voids or interstices) ซึ่งน้ำสามารถแทรกเข้าไปอยู่หรือถูกกักเก็บไว้ตลอดจนมีการเคลื่อนไหวไปมาได้ อย่างไรก็ตาม คำว่า Groundwater (น้ำบาดาล) เป็นเพียงส่วนหนึ่งใน Subsurface water (น้ำใต้ดิน) แต่ในประเทศไทย นิยมเรียก "น้ำใต้ดิน" ทั้งสองชนิด



อุทกวิทยา (GEO2102) 5

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ

ชั้นหินที่สามารถจ่ายน้ำบาดาลให้เป็นปริมาณมากและเพียงพอต่อการสูบน้ำขึ้นมาใช้สอยเรียกว่า **ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer)** ดังนั้น ชั้นหินทุกประเภทที่ประกอบเป็นเปลือกโลกจึงอาจจะเป็นได้ทั้งชั้นหินอุ้มน้ำที่ดีและเลว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของชั้นหินนั้น ๆ ชั้นหินอุ้มน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ ด้วยกัน ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยา (ชนิดหิน) และแรงกดดัน (pressure) ที่มีอยู่ภายในน้ำบาดาลและชั้นดินอุ้มน้ำนั่นเอง



Source: <http://202.129.59.73/fn/Waterground/groundwater2.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (ต่อ)

1. **Unconfined (Water Table) Aquifer:** ได้แก่ ชั้นหินอุ้มน้ำที่ไม่อยู่ภายใต้แรงกดดัน และจะมีระดับของน้ำบาดาลอยู่ตลบนสุดของส่วนที่อึดด้วยน้ำ ระดับน้ำบาดาลอาจสูงขึ้นหรือต่ำลง ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำบาดาลที่ถูกกักเก็บไว้หรือ การไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำลักษณะนี้จะไหลไปตามความชันหรือความเอียงเท (gradient) ของระดับน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำ กล่าวคือ ไหลตาม hydrostatic pressure และแรงดึงดูดของโลกนั่นเอง
2. **Confined (Artesian) Aquifer:** ได้แก่ ชั้นหินอุ้มน้ำ ที่มีหินเนื้อแน่นวางทับข้างบนและรองอยู่ข้างล่าง ทำให้ชั้นหินอุ้มน้ำ และน้ำบาดาลที่ถูกกักเก็บอยู่ อยู่ภายใต้ความกดดันเนื่องจากน้ำหนักของหินที่กดทับ การไหลของน้ำบาดาลใน Confined aquifer จะมีลักษณะคล้ายๆ การไหลของน้ำในท่อเพราะถูกประกบด้วยชั้นหินเนื้อแน่น ทั้งข้างบนและข้างล่าง ถ้าเจาะบ่อน้ำบาดาลผ่านเข้าไปใน confined aquifer ระดับน้ำที่ปรากฏให้เห็นในบ่อ จะแสดงระดับของความกดดันที่มีอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ และจะมีระดับสูงกว่าส่วนที่อึดด้วยน้ำเสมอ แนวหรือระดับที่แสดงความกดดันนี้เรียกว่า Piezometric surface (line of equal pressure)

Source: <http://202.129.59.73/fn/Waterground/groundwater2.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (ต่อ)

Confined (artesian) aquifer – aquifer bounded above and below by confining beds
Unconfined aquifer – water table is the top

Modified after Harlan and others, 1989

อุทกวิทยา (GEO2102) 8

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (ต่อ)

Types of Aquifers

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (ต่อ)

3. Perched Aquifer: ในทางธรณีวิทยา จะถือว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำปลอม กล่าวคือ ถ้าหากในบริเวณส่วนสัมพัทธ์อากาศ มีชั้นดินเหนียว ซึ่งน้ำซึมผ่านไม่ได้ เป็นรูปโด่งคล้ายแว่น (lens shaped) เกิดร่วมอยู่ด้วย เมื่อฝนตกและน้ำไหลซึมลงไปได้ดินส่วนสัมพัทธ์อากาศ น้ำส่วนหนึ่งก็ถูกกักเก็บไว้เหนือชั้นดินเหนียวนี้ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมลงไปสู่โซนอุ้มน้ำข้างล่าง ส่วนของน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในแอ่งเหนือชั้นดินเหนียวนี้เรียกว่า น้ำบาดาลปลอม (perched water) ระดับของน้ำเรียกว่า perched water table น้ำบาดาลปลอมนี้ เมื่อขุดลงไปครั้งแรกอาจจะทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นชั้นน้ำบาดาลจริงๆ แต่เมื่อนำขึ้นมาใช้หลายๆเช้า น้ำอาจจะหมดไปได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของชั้นดินเหนียวและแอ่งที่เกิด

Source: <http://202.129.59.73/tn/Waterground/groundwater2.htm>

อุทกวิทยา (GEO2102) 10

น้ำใต้ดินอยู่ในดินและหินได้อย่างไร?

ในดินและหินมีค่าความพรุน (porosity) ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของวัสดุ การคัดขนาด (sorting) และรูปร่างของเม็ดตะกอน (grain shape) นอกจากนี้แล้ว ยังมีในส่วนของรอยแตก (fracture) ที่ทำให้เกิดช่องว่างให้น้ำใต้ดินเข้าไปอยู่ด้วย

Well Sorted, Well Sorted, Poorly Sorted
 Fractures in granite, Caverns in limestone

อุทกวิทยา (GEO2102) 11

2. ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (ต่อ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 12

3. การจำแนกชนิดหินตามหลักอุทกธรณี

Vesicles and fractures in basalt 30–40%
 Solution cavities in limestone 30%
 Space between grains in cemented sandstone 5%
 Space between grains in conglomerate 20%
 Fractures in granite < 1%

Basalt, Limestone, Sandstone, Conglomerate, Granite

อุทกวิทยา (GEO2102) 13

3. การจำแนกชนิดหินตามหลักอุทกธรณี (ต่อ)

หินชนิดต่าง ๆ จะประกอบไปด้วยรอยแตก (fracture) และการคัดขนาด (sorting) ที่แตกต่างกันทำให้หินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการให้น้ำผ่าน (permeability) ต่างกัน

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

3. การจำแนกชนิดหินตามหลักอุทกธรณี (ต่อ)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

อุทกวิทยา (GEO2102) 15

3. การจำแนกชนิดหินตามหลักอุทกธรณี (ต่อ)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

อุทกวิทยา (GEO2102) 16

4. คำนิยาม

4.1 ค่าความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ (Permeability) คือ ความสามารถที่วัสดุให้น้ำไหลผ่านได้
 4.2 ค่าความพรุน (Porosity) คือ ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้

no pore spaces	unconnected pore spaces	connected pore spaces
non-porous non-permeable	porous non-permeable	porous permeable

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

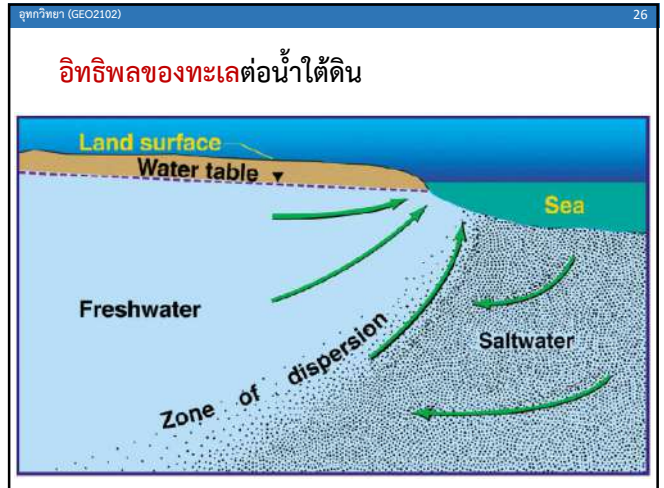
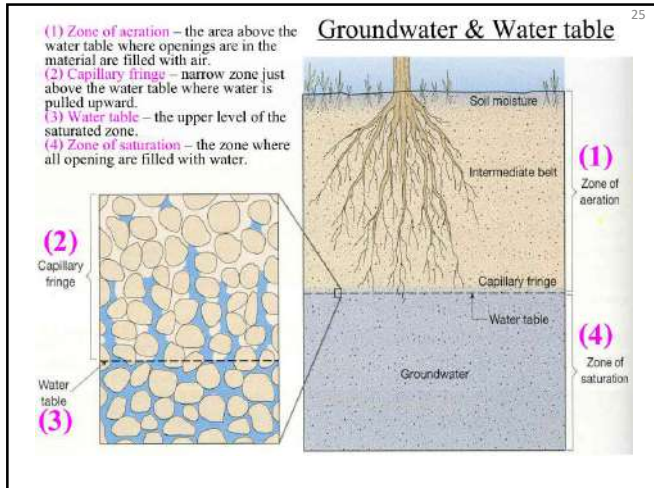
4. คำนิยาม (ต่อ)

4.3 Recharge (เติมน้ำ) และ Discharge (ให้น้ำ)

อุทกวิทยา (GEO2102) 18

4. คำนิยาม (ต่อ)

4.3 Recharge (เติมน้ำ) และ Discharge (ให้น้ำ)



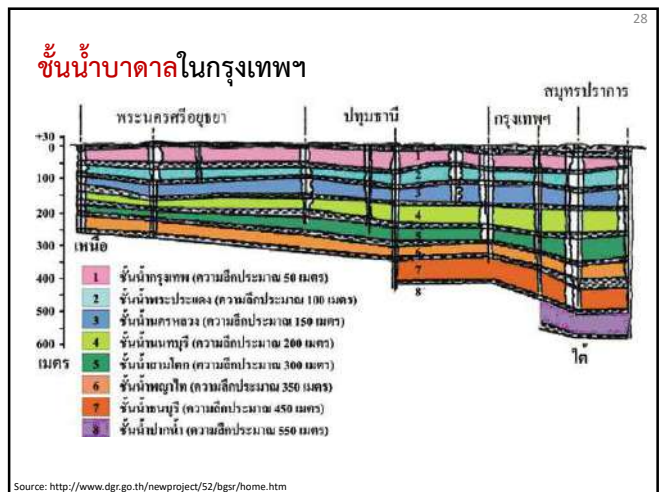
อุทกวิทยา (GEO2102) 27

เกณฑ์น้ำบาดาล

ถอดรหัสน้ำโบราณ 20,000 ปี ใต้ชุมชนกลางกรุง

ไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าคนยุคแรกๆได้อาศัยที่ราบลุ่มแห่งนี้มาตั้งแต่เมื่อไหร่... (text continues with archaeological and geological findings)

DISCOVER ME
 MINERAL RESOURCES EXHIBITION
 7-13 November 2009
 10.00am-8.00pm

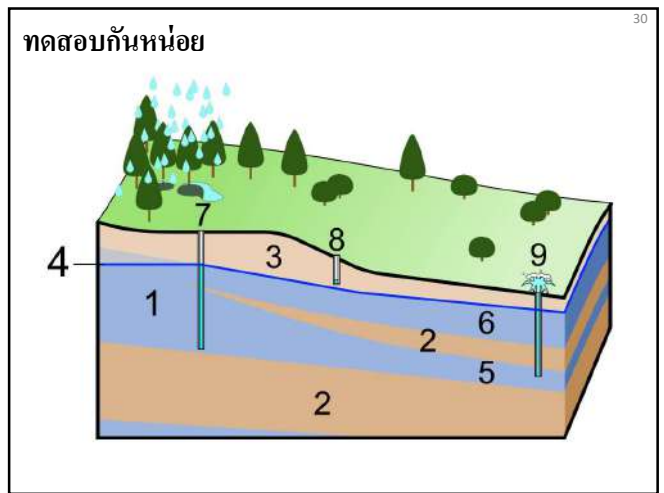


ชั้นน้ำบาดาลในกรุงเทพฯ (ต่อ)

ชั้นน้ำบาดาลในกรุงเทพฯ มีลักษณะดังนี้ในปัจจุบัน... (text continues with detailed descriptions of aquifer layers)

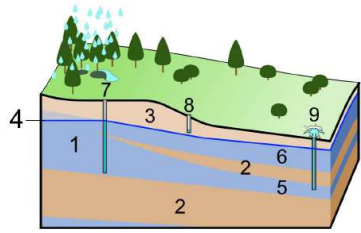
ชั้นที่ 1 ชั้นน้ำกรวดปนทราย ความลึก 50 เมตร...
 ชั้นที่ 2 ชั้นน้ำประปา ความลึก 100 เมตร...
 ชั้นที่ 3 ชั้นน้ำทรายปนดินเหนียว ความลึก 150 เมตร...
 ชั้นที่ 4 ชั้นน้ำกรวดปนทราย ความลึก 200 เมตร...
 ชั้นที่ 5 ชั้นน้ำปนโคลน ความลึก 300 เมตร...
 ชั้นที่ 6 ชั้นน้ำปนทราย ความลึก 350 เมตร...
 ชั้นที่ 7 ชั้นน้ำปนทราย ความลึก 450 เมตร...
 ชั้นที่ 8 ชั้นน้ำปนทราย ความลึก 550 เมตร...

Source: <http://www.dgr.go.th/newproject/52/bgrs/home.htm>



ทดสอบกันหน่อย (เฉลย)

31



- 1. Aquifer, 2. Aquitard, 3. Unsaturation zone, 4. Water table,
- 5. Confined aquifer, 6. Unconfined aquifer, 7. Deep well,
- 8. Sort well, 9. Artesian well

อุทกวิทยา (Hydrology)

11. Runoff and Soil Erosion



ผู้สอน อัจฉริยรัตน์ ไร่สุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2102) 2


เนื้อหาที่จะเรียนในวันนี้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝน

- ชนิดของหยาดน้ำฟ้า
- ความเข้มของฝน
- ระยะเวลาที่ฝนตก
- การแผ่กระจายของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ
- ความชุ่มชื้นของดิน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

- สภาพการใช้ที่ดิน
- สภาพภูมิประเทศ
- ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ
- ชนิดของดิน



อุทกวิทยา (GEO2102) 3

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝน

- ชนิดของหยาดน้ำฟ้า**
ชนิดของหยาดน้ำฟ้าจะมีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินแตกต่างกัน โดยน้ำฝนจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน ในขณะที่หิมะจะมีอิทธิพลโดยอ้อม
- ความเข้มของฝน**
ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินจะสัมพันธ์กับความเข้มของฝนและอัตราการไหลซึมลงดินของน้ำ หากอัตราการซึมของฝนมีมากกว่าปริมาณการซึมน้ำลงดิน ก็จะเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินได้
- การแผ่กระจายของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ**
หากสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำและขนาดของลุ่มน้ำเหมือนกันแล้ว การตกของฝนที่กระจายทั่วทั้งพื้นที่จะทำให้เกิดปริมาณน้ำไหลบ่าต่อช่วงเวลาน้อยกว่าการตกของฝนที่ตกเฉพาะพื้นที่

อุทกวิทยา (GEO2102) 4

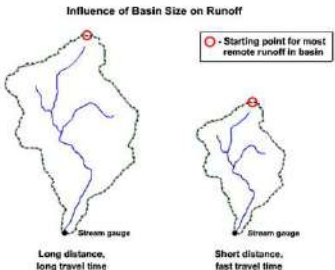
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฝน (ต่อ)

- ระยะเวลาฝนตก** แต่ละพื้นที่จะมีระยะวิกฤต (Critical Period) ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน และอัตราการเกิดน้ำไหลบ่าผิวดิน
- ความชุ่มชื้นของดิน** ในกรณีที่ดินมีความชุ่มชื้นอยู่แล้ว ปริมาณฝนที่ตกมาเพิ่มเติมลงมากอีกจะไหลซึมลงดินได้น้อยมาก ด้วยเหตุนี้จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าได้ โดยง่ายนอกจากนี้ปริมาณความชื้นในดินจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำใต้ดินด้วย
- ปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ** ปัจจัยที่มีอิทธิพลน้ำไหลบ่าผิวดินโดยทางอ้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ ปริมาณฝนรายปี และปัจจัยเกี่ยวกับสภาพดินฟ้าอากาศ

อุทกวิทยา (GEO2102) 5

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำ

- สภาพการใช้ที่ดิน** สภาพการใช้ที่ดินจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะของกราฟน้ำท่า (Hydrograph) ของลำน้ำ โดยทั่วไปพื้นที่ป่าไม้จะมีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินได้มากทำให้เกิดน้ำไหลบ่าน้อยกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ
- ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ** ถ้าหากกำหนดให้ปริมาณฝนตก ความเข้มของฝน และปัจจัยอื่น ๆ มีค่าคงที่แล้ว จำนวนน้ำไหลบ่าที่คิดเป็นความลึกจะมีค่าเท่ากันเสมอ แต่ระยะเวลาการไหลจะแตกต่างกันไปตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ

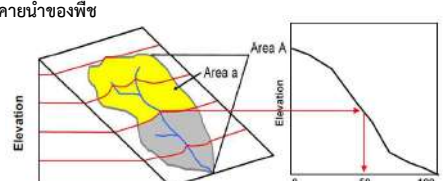


©The COMET Program

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

- สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำ** ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน
- ความลาดชันของลุ่มน้ำ** จะมีความสัมพันธ์ต่อการแทรกซึมของน้ำลงไปในดิน จำนวนน้ำไหลบ่าผิวดิน ความชื้นในดินและน้ำใต้ดิน ความลาดชันเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลระยะเวลากการไหลของน้ำไหลบ่าผิวดินด้วย
- ทิศทางด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ** มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการคายน้ำของพืช



© Watershed Area (area A) (area A)

อุทกวิทยา (GEO2102) 7

ปัจจัยที่เกี่ยวกับพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

6. **ชนิดของดิน** จะสัมพันธ์กับอัตราการซึมผ่านผิวดิน ความจุของการแทรกซึมจะขึ้นอยู่กับความหนาและการอัดตัวของเนื้อดินน้ำไหลบ่าผิวดินจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากปริมาณความชื้นของฝนมากกว่าอัตราการซึมผ่านผิวดิน

7. **ดินที่มีช่องว่างภายในดินมากกว่า**ก็จะมีอัตราการซึมผ่านผิวดินและความจุที่มากกว่าดินที่มีช่องว่างในดินน้อย



อุทกวิทยา (GEO2102) 8

การชะล้างพังทลายดิน

เป็นกระบวนการทางกายภาพที่ผิวดินถูกน้ำฝนและแม่น้ำลำธารกัดเซาะไปหรือถูกลมพัดพาไปจนกร่อนบางลงหรือหมดไปในที่สุด

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ เกิดจากแรงกระแทกของเม็ดฝนที่มีต่อผิวดิน จึงทำให้น้ำกัดเซาะและพัดพาเอาอนุภาคของดินและวัตถุต่าง ๆ บนไหลเขา ลงมาอันเป็นเหตุทำให้เกิดการพังทลายของดิน

- ความสามารถที่จะทำให้น้ำดินแตกออก (Detaching capacity) ของตัวการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย (Erosive agent)
- ความสามารถในการขนย้าย (Transporting capacity) ของตัวการการชะล้างพังทลายดิน (Erosive agent)
- ความยากง่ายในการแตกออกจากกันของดิน (Detachability) ความสามารถในการขนย้าย (Transportability) ของตัวการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดิน (Erosive agent)

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

การชะล้างพังทลายดิน (ต่อ)

เป็นกระบวนการทางกายภาพที่ผิวดินถูกน้ำฝนและแม่น้ำลำธารกัดเซาะไปหรือถูกลมพัดพาไปจนกร่อนบางลงหรือหมดไปในที่สุด

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ เกิดจากแรงกระแทกของเม็ดฝนที่มีต่อผิวดิน จึงทำให้น้ำกัดเซาะและพัดพาเอาอนุภาคของดินและวัตถุต่าง ๆ บนไหลเขา ลงมาอันเป็นเหตุทำให้เกิดการพังทลายของดิน

- ความสามารถที่จะทำให้น้ำดินแตกออก (Detaching capacity) ของตัวการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย (Erosive agent)
- ความสามารถในการขนย้าย (Transporting capacity) ของตัวการการชะล้างพังทลายดิน (Erosive agent)
- ความยากง่ายในการแตกออกจากกันของดิน (Detachability)
- ความสามารถในการขนย้าย (Transportability) ของตัวการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดิน (Erosive agent)


อุทกวิทยา (GEO2102) 10

การชะล้างพังทลายดิน (ต่อ)

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ

ลักษณะการชะล้างพังทลายดินโดยน้ำมี 3 ลักษณะ ได้แก่

- **Detachment:** เม็ดฝนตกลงมากระแทกทำให้เกิดการแตกออกจากกัน
- **Transportation:** การเคลื่อนย้าย ประกอบด้วย
 - การพัดพาในลักษณะของสารแขวนลอยไปกับน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดิน (Floating)
 - การกลิ้งไปตามผิวดิน (Rolling)
 - การเคลื่อนที่ไปตามผิวดิน (Sliding) หรือถูกลากไปกับกระแสน้ำ (Dragging)
 - กระเด็น (Splashing) เนื่องจากแรงกระแทกของเม็ดฝน
- **Deposition:** การเคลื่อนย้ายอนุภาคดินที่ติดมากับน้ำที่ไหลไปทับถมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าสภาพภูมิประเทศ



อุทกวิทยา (GEO2102) 11

การชะล้างพังทลายดิน (ต่อ)

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ

มี 5 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

1.1 การชะล้างพังทลายดินด้วยแรงกระแทกของเม็ดฝน (Splash Erosion) โดยทั่วไปการแตกออกของเม็ดดินจะเกิดจากเม็ดฝนเป็นหลัก ส่วนน้ำไหลบ่าผิวดินจะเป็นตัวพัดพามากกว่า แรงปะทะของเม็ดฝนทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดินได้มากกว่าน้ำไหลบ่าผิวดินถึง 50-90 เท่า

1.2 การชะล้างพังทลายดินแบบแผ่น (Sheet Erosion) เป็นการชะล้างพังทลายดินเป็นแผ่นบาง ๆ เกิดขนานไปกับผิวดินมักเป็นการเคลื่อนย้ายดินจากยอดเนินลงไปสู่พื้นที่ต่ำกว่าแต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายดินได้มากนัก




อุทกวิทยา (GEO2102) 12

การชะล้างพังทลายดิน (ต่อ)

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ

มี 5 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

1.3 การชะล้างพังทลายดินแบบร่องน้ำขนาดเล็ก (Rill Erosion) การร่อนดินเป็นร่องขนาดเล็ก มักเกิดเมื่อดินไม่มีสิ่งปกคลุมดินและเพิ่งเริ่มปลูกพืช เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการชะล้างพังทลายแบบผิวแผ่นเมื่อฝนตกหนักลงมามาก ๆ ปริมาณน้ำจะรวมตัวกันไหลลงสู่ที่ต่ำและมีอัตราเร็วพอที่จะกัดเซาะพื้นผิวที่ไม่เรียบให้เป็นร่องจนเกิดเป็นร่องน้ำเล็ก ๆ ขึ้นได้

1.4 การชะล้างพังทลายแบบร่องลำธาร (Gully Erosion) เป็นการชะล้างกร่อนที่ลึกกว้างและรุนแรงกว่าการกัดกร่อนแบบร่องน้ำ เกิดเพราะสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันมาก หรือมีความลาดเทยาว มีการรวมตัวของน้ำปริมาณมาก




อุทกวิทยา (GEO2102) 13

การชะล้างพังทลายดิน (ต่อ)

1. การกัดเซาะล้างพังทลายดินโดยน้ำ มี 5 ชนิดด้วยกัน ดังนี้
 - 1.5 การกัดกร่อนในลำธาร (Stream Channel Erosion) เป็นการชะล้างพังทลายของดินริมตลิ่งและดินที่อยู่ใกล้ลำธารหรือในตลิ่งของลำธาร

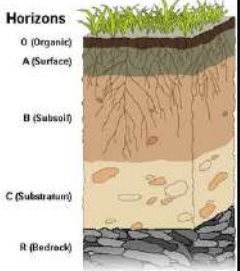


หมายเหตุ: Sheet กับ Rill Erosion นับว่าเป็นตัวการหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียดิน ถึงแม้ว่า Gully Erosion จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนกว่า แต่หากไม่มีการกร่อนสองแบบข้างต้นก็จะไม่เกิด Gully Erosion

อุทกวิทยา (GEO2102) 14

ปัจจัยที่มีผลกระทบท่อการกร่อนดินโดยน้ำ

1. ลักษณะของดิน (Nature of Soil)
2. ภูมิอากาศ (Climate)
3. พืชพรรณที่ปกคลุม (Vegetative cover)
4. สภาพภูมิประเทศ (Topography)
5. การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use)
6. สัตว์ต่าง ๆ (Animal)
7. มนุษย์ (Man)



อุทกวิทยา (GEO2102) 15


ปัจจัยที่มีผลกระทบท่อการกร่อนดินโดยน้ำ

1. ธรรมชาติของดิน (Nature of Soil)

ลักษณะทางกายภาพ เคมี ชีววิทยา และทางกลของดิน ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านความคงทนต่อการกร่อนดิน
2. ภูมิอากาศ

หยาดน้ำฟ้า ลม ความชื้น อุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล
3. พืชพรรณที่ปกคลุม

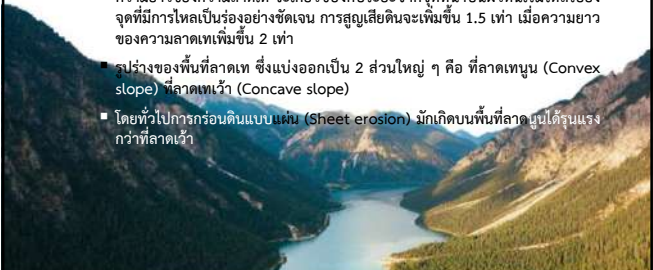
พืชพรรณช่วยในการลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และลดพลังงานจลน์ที่ตกปะทะผิวดิน



อุทกวิทยา (GEO2102) 16

ปัจจัยที่มีผลกระทบท่อการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

4. สภาพภูมิประเทศ (Topography)
 - ความมากน้อยของความลาดเท โดยทั่วไปแล้วปริมาณการกร่อนดินจะเพิ่มขึ้น 2.5 เท่าหากความลาดเทเพิ่มขึ้น 2 เท่า
 - ความยาวของความลาดเท จะเกี่ยวข้องกับระยะจากจุดที่น้ำบนผิวดินเริ่มไหลไปยังจุดที่มีการไหลเป็นร่องอย่างชัดเจน การสูญเสียดินจะเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า เมื่อความยาวของความลาดเทเพิ่มขึ้น 2 เท่า
 - รูปร่างของพื้นที่ลาดเท ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ที่ลาดพูน (Convex slope) ที่ลาดเว้า (Concave slope)
 - โดยทั่วไปการกร่อนดินแบบแผ่น (Sheet erosion) มักเกิดบนพื้นที่ลาดปูนได้รับแรงกว่าที่ลาดเว้า



อุทกวิทยา (GEO2102) 17


ปัจจัยที่มีผลกระทบท่อการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

5. การใช้ที่ดิน (Land use)

ปลูกพืชขวางความลาดเท และมีความปกคลุมดินหรือรบกวนดินน้อยที่สุดเพื่อลดการกระแทกของเม็ดฝน
6. สัตว์ต่าง ๆ (Animals)

การที่สัตว์เหยียบย่ำของสัตว์ทำให้เกิดปัญหาดินแน่น ลดการซบซึมน้ำของดิน และส่งผลให้ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินเพิ่มมากขึ้น
7. มนุษย์ (Man)

การบุกกรุกพื้นที่ป่าไม้แล้วนำมาใช้ทำพื้นที่เกษตรหรือการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ



อุทกวิทยา (GEO2102) 18

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ

1. สูญเสียดิน (Soil loss)

การสูญเสียหน้าดิน ส่งผลเสียต่อการปลูกพืชอย่างมากเนื่องจากหน้าดินปกติจะร่วนซุย มีการซบซึมน้ำและการระบายอากาศดี รากพืชขนไชได้ง่าย มีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชมากกว่าดินล่างที่ถูกไถขึ้นมาจะได้ผลผลิตต่ำ
2. สูญเสียธาตุอาหารดิน (Plant nutrient losses)

การกร่อนดินทำให้ธาตุอาหารพืชตามธรรมชาติถูกพัดพาไปด้วยทั้งนี้รวมถึงปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช




อุทกวิทยา (GEO2102) 19

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

3. เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อดิน (Textural change)

การกร่อนดินทำให้ดินทรายมีเนื้อหยาบมากขึ้น เนื่องจาก อนุภาคขนาดเล็กได้ถูกพัดพาออกไป

ดินที่มีเนื้อปานกลางถึงเนื้อละเอียด อาจจะไม่มีปัญหาเหมือนกับดินทราย แต่การกร่อนของดินอาจพัดพาน้ำดินหายไปทั้งหมด ทำให้ดินล่างไหลขึ้นมาแทนที่ดินชั้นบน ซึ่งโดยส่วนมาดินชั้นล่างจะมีความแน่นที่มากกว่า




อุทกวิทยา (GEO2102) 20

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

4. โครงสร้างของดินถูกทำลาย (Structural damage)

- การสูญเสียดินทำให้ดินล่างอยู่ชั้นขึ้นมา ดินล่างโดยทั่วไปจะมีโครงสร้างที่แน่นที่บและน้ำซึมผ่านได้ยาก
- เม็ดฝนทำให้เม็ดดินแตกออกจากกัน ส่งผลให้เกิดการเกาะกันเป็นแผ่นแข็งผิวดิน (Soil Crust)
- น้ำฝนที่ไหลซึมผ่านลงไปในดิน จะนำเอาอนุภาคขนาดเล็กไปอุดช่องว่างภายในดิน ทำให้อัตราการซึมน้ำที่ผิวและการระบายน้ำภายในดินลดลง
- จากสาเหตุข้างต้น ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดินมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการกร่อนดินรุนแรงขึ้น



อุทกวิทยา (GEO2102) 21

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

5. ผลผลิตของดินลดลง (Productivity loss)

- การกร่อนดินหากเกิดในอัตราที่รุนแรงจะทำให้ผลผลิตของดินลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะดินบนและดินล่าง
- หากดินล่างตื้นและไม่อุดมสมบูรณ์ เนื้อละเอียด แน่นทึบ จะทำให้ผลผลิตที่ได้มีอัตราลดลงหรือน้อยกว่าเมื่อเทียบกับดินที่ไม่เกิดการกร่อนดิน




อุทกวิทยา (GEO2102) 22

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

6. เกิดมลพิษในแหล่งน้ำ (Water pollution)

- การทับถมของตะกอนที่พัดพามากับน้ำไหลบ่าหน้าดินทำให้แหล่งน้ำใช้สกปรกได้
- ตะกอนที่มีปุ๋ยและสารเคมีปะปนมาอาจทำให้แหล่งน้ำใช้เกิดการปนเปื้อนได้

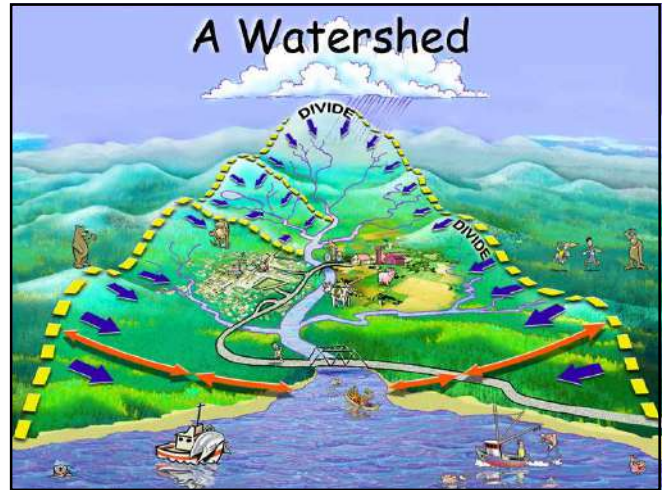
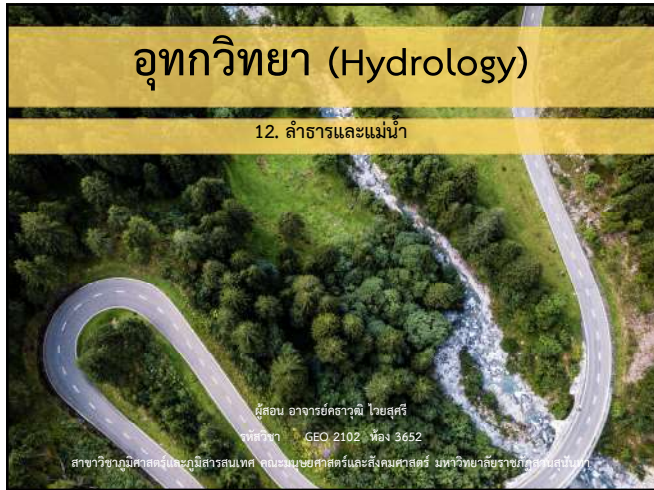


อุทกวิทยา (GEO2102) 23

ความเสียหายที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ต่อ)

7. หลักการขั้นพื้นฐานในการป้องกันการชะล้างพังทลายดิน

- การลดกำลังในการตกกระทบของเม็ดฝน (Reduce raindrop impact on soil)
- การลดปริมาณน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดินและความเร็วของน้ำที่ไหลบ่า (Reduce runoff volume and velocity)
- การเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการกร่อนดินของดิน (Increase the soil's resistance to erosion)



อุทกวิทยา (GEO2101) 3

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ

- พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ที่เมื่อฝนตกลงมาแล้วน้ำจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำนั้น
- เส้นที่แบ่งเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำกับลุ่มน้ำข้างเคียงเรียกว่า “สันปันน้ำ” หรือ “Topographic divide”

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. ลุ่มน้ำรูปขนนก
2. ลุ่มน้ำรูปวงกลม
3. ลุ่มน้ำรูปขนาน
4. ลุ่มน้ำรูปผสม

อุทกวิทยา (GEO2101) 4

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

ความชัน เป็นตัวแปรที่สำคัญของพื้นที่ระบายน้ำ เป็นตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วเฉลี่ยของน้ำในลำน้ำ

การหาค่าความชันเฉลี่ยหาได้หลายวิธี เช่น ใช้ค่าความแตกต่างของระดับระหว่างจุดออกกับจุดไกลสุดของลำน้ำของลำน้ำสายหลักที่สันปันน้ำ (drainage divide) ทหารด้วยความยาวของลำน้ำสายหลักหรือโดยการหาค่าความชันของช่วงย่อย ๆ ของลำน้ำทั้งหมด

อุทกวิทยา (GEO2101) 5

น้ำมีอิทธิพลในการกัดเซาะทั้งในทางตั้ง (VERTICAL) และด้านข้าง (LATERAL) โดยน้ำไหล (RUNNING WATER) เป็นพาหะธรณียอย่างหนึ่ง

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

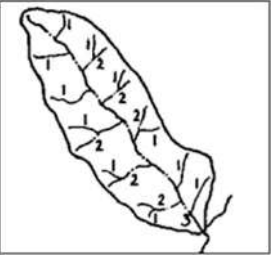
อุทกวิทยา (GEO2101) 6

อุทกวิทยา (GEO2101) 7

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

1. ลุ่มน้ำรูปขนนก (Featherlike Basin)

เป็นลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดเล็กซึ่งลำน้ำสาขา ไหลลงสู่ตัวลำน้ำสายใหญ่ทั้งสองฝั่ง ปริมาณน้ำท่วมจะมีในลุ่มน้ำชนิดนี้จะมีค่อนข้างต่ำ แต่ถ้าหากท่วมจะท่วมอยู่เป็นเวลานาน

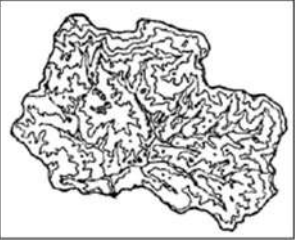


อุทกวิทยา (GEO2101) 8

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

2. ลุ่มน้ำรูปวงกลม (Radial Basin)

มีพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลำน้ำเป็นรูปคล้ายพัด หรือรูปวงกลม และมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ที่จุดใดจุดหนึ่งจุดเป็นรัศมีของวงกลมในลุ่มน้ำที่มีลักษณะเช่นนี้ ปริมาณน้ำจะมารวมกันที่จุดเดียว ทำให้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ใกล้กับจุดบรรจบหรือลุ่มน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2101) 9

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

3. ลุ่มน้ำรูปขนาน (Parallel Basin)

พื้นที่ลุ่มน้ำแยกเป็น 2 ส่วน และมาบรรจบกันในตอนกลางหรือด้านท้ายน้ำ และจะเกิดน้ำท่วมบริเวณตอนใต้ของสบนน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2101) 10

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ

Compactness coefficient (K_c)

หมายถึง ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นล้อมรอบลุ่มน้ำกับเส้นล้อมรอบรูปของวงกลมที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

$$K_c = P / (2\sqrt{A})$$

พื้นที่วงกลม $A = \pi r^2$ หรือ $r = \sqrt{A/\pi}$
 แทนค่า r จะได้ $K_c = P / (2\sqrt{\pi} \sqrt{A})$ และ $K_c = 0.28 \cdot P/\sqrt{A}$
 โดยที่ P = ความยาวเส้นรอบลุ่มน้ำ
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (Km^2)
 **ค่า K_c มีค่ามากกว่า 1 เสมอ หากค่า K_c มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นวงกลม

อุทกวิทยา (GEO2101) 11

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

Form factor (F_f)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความกว้างเฉลี่ยของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำ (axial length)

$$F_f = W/X \text{ และ } A = WX \text{ ดังนั้น } W = A/X \text{ เมื่อแทนค่าจะได้}$$

$$F_f = A/X^2$$

เมื่อกำหนดให้ A = พื้นที่ลุ่มน้ำ
 X = ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)
 W = ความกว้างเฉลี่ย (average width) (km)

ถ้า $F_f = 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีรูปร่างคล้ายวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจตุรัส
 ถ้า $F_f > 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะคล้ายรูปพัด (เตี้ย-อ้วน)
 ถ้า $F_f < 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมรูปพัด (สูง-ผอม)

อุทกวิทยา (GEO2101) 12

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

Relief Ratio (R_r)

หมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลต่างของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำที่เป็นเส้นตรง (axial length)

$$R_r = \Delta H/L \text{ (m/km)}$$

โดยกำหนดให้
 ΔH = ผลต่างระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (m)
 L = ความยาวเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำ (km)
 $S = 100 \cdot \Delta H/L$ (%) โดยกำหนดให้ S = ความลาดชันเฉลี่ย (%)
 D = ระยะห่างระหว่างเส้นระดับความสูง (km)
 L = ผลรวมความยาวของเส้นระดับความสูงทุกเส้น (km)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (km^2)

อุทกวิทยา (GEO2101) 13

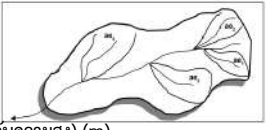
การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

ความสูงเฉลี่ย (Mean Elevation)

ใช้สมการ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วง ๆ ในแต่ละระดับความสูง แล้วนำมาคำนวณ

$$E = \sum a_i e_i / A \text{ (m)}$$

โดยกำหนดให้ E = ความสูงเฉลี่ย (m)
 a_i = พื้นที่ลุ่มน้ำในแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
 e_i = ความสูงเฉลี่ยของแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)



อุทกวิทยา (GEO2101) 14

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

ความสูงเฉลี่ย (Mean elevation) (ต่อ)

ความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Elevation) มีอิทธิพลต่อลักษณะอากาศและลักษณะอุทกในระดับลุ่มน้ำที่สำคัญหลายประการ

- ความสูงเพิ่มขึ้น ทำให้การคายระเหยลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากอุณหภูมิและความกดอากาศต่ำลง
- โดยปกติ ความสูงเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้ามากขึ้น ในรูปของหมอกหรือฝนละอองภูเขา ทั้งนี้เพราะอากาศเย็น มีผลทำให้เกิดกระบวนการควบแน่นง่ายขึ้น
- ที่สูงนั้น ดินมักพัฒนาได้ช้า เป็นเหตุทำให้ดินชั้น ความสามารถในการกักเก็บน้ำน้อยและอาจทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักหรือปาอุทกทำลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมด้วย

อุทกวิทยา (GEO2101) 15

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

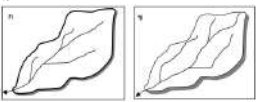
Drainage Density (D_d)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวของลำน้ำทั้งหมดต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$D_d = \Sigma L / A \text{ (km/km}^2\text{)}$$

โดยกำหนดให้
 ΣL = ความยาวของลำน้ำหมดทุกเส้นรวมกัน (km)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)

ถ้า $D_d > 3$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำดี
 D_d ระหว่าง 1-3 แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำปานกลาง
 $D_d < 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำไม่ดี



อุทกวิทยา (GEO2101) 16

การวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำ (ต่อ)

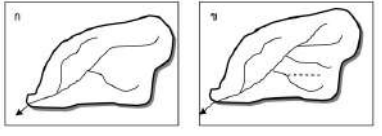
Stream Density (D_s)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนลำธารที่เป็น first order ต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$D_s = N_1 / A \text{ (number/km}^2\text{)}$$

โดยกำหนดให้ N_1 = จำนวนลำธารที่เป็น first order ทั้งหมด
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km²)

การเปรียบเทียบความหนาแน่นของลำธาร (Stream density)



อุทกวิทยา (GEO2101) 17

ลักษณะของร่องน้ำ

กลศาสตร์การทำงานของลำน้ำในที่นี้ กล่าวถึงพื้นที่ที่มีความลาดชันที่เปลี่ยนแปลงไป แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

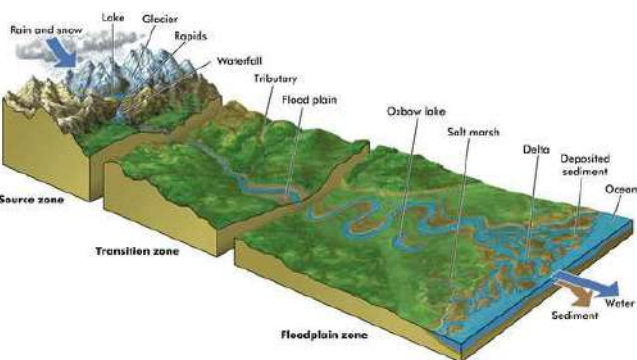
- ลำน้ำแบบตรง (Straight channel) ต้นน้ำ
- ลำน้ำแบบโค้งตัว (Meander channel) กลางน้ำ
- ลำน้ำแบบธารประสานสาย (Braided channel) กลางน้ำและปลายน้ำ
- ลำน้ำไขว้ (reticulate channel) ชั่วคราว



อุทกวิทยา (GEO2101) 18

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

กลศาสตร์การทำงานของแม่น้ำ



อุทกวิทยา (GEO2101) 19

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

1. แบบลำน้ำโค้งตัว (meandering pattern)

1.1 Straight

- ความลาดชันสูง (Steep slope)
- มีการตกตะกอนน้อย ส่วนมาเป็นการพัดพาออกไปกับมวลน้ำ
- (low deposition, mostly suspended load)
- Sinuosity ประมาณ 1.0

1.2 Sinuous

- Sinuosity อยู่ระหว่าง 1.0-1.5

1.3 Meandering

- ความลาดชันค่อนข้างน้อย (Gentle slope)
- มีการตกตะกอนมาก (higher deposition)
- Sinuosity มากกว่า 1.5

Sinuosity ratio = AB/CD

อุทกวิทยา (GEO2101) 20

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

2. ลำน้ำประสานสาย (braided pattern)

- ลำน้ำประสานสายมักพบมากที่สุดในบริเวณลำน้ำที่มีภูมิประเทศระดับน้ำต่ำเกิดขึ้น
- เนื่องจากว่าแม่น้ำพัดพาเอาตะกอนมาทับถม จึงทำให้เกิดสันดอน (bar) ไขว้โยงกันไป
- มามากมายในบริเวณตอนล่างของลำน้ำ สันดอนต่าง ๆ เหล่านี้จะแบ่งแม่น้ำสายใหญ่
- ๆ ออกเป็นสายเล็ก ๆ ไหลประสานกันไปมา

Brahmaputra braided river

อุทกวิทยา (GEO2101) 21

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

3. แบบลำน้ำแขนง (anabranching pattern)

ลำน้ำแขนงจะพบในพื้นที่ที่เป็นที่ราบตะกอนลุ่มน้ำ (Alluviated basin) ลำน้ำแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแนวทางเดินของลำน้ำสายหลักโดนกีดขวาง จึงทำให้เกิดการไหลแยกตัวออกจากลำน้ำสายหลัก กลายเป็นลำน้ำสายใหม่ ซึ่งลำน้ำที่แยกตัวนี้อาจจะไหลไปรวมกับลำน้ำสายอื่นหรือไหลลงทะเลไปเลยก็ได้

Murray River Catchment

อุทกวิทยา (GEO2101) 22

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

4. ลำน้ำไขว้ (reticulate channel)

ลำน้ำเล็ก ๆ ที่ไหลไขว้กันไปมาคล้ายร่างแห มักพบในบริเวณที่ราบลุ่มหินรอบเขาและที่ราบลุ่มตะกอนลำน้ำ มีลักษณะการไหลชั่วคราวอย่างชัดเจน ซึ่งจะต่างกับน้ำแบบอื่น ๆ ที่จะพบการไหลถาวรมากกว่า

Cooper Creek, central Australia

อุทกวิทยา (GEO2101) 23

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

การเกิดทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake)

1 2 3 4

neck point bar cutbank oxbow lake

flugs with silt and clay

อุทกวิทยา (GEO2101) 24

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain)

คือ พื้นที่ราบหรือลาดไม่ชันใกล้กับแม่น้ำ ซึ่งสามารถเกิดน้ำท่วมถึงได้เมื่อมีปริมาณน้ำมากกว่าปกติ โดยน้ำจะล้นตลิ่งออกมาครอบคลุมพื้นที่ราบส่วนใหญ่ถึงเชิงเขา มักมีการท่วมเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในอดีต (อาจจะเกิดก่อนรุ่นบรรพบุรุษ) อย่างไรก็ตามพื้นที่เช่นนี้มีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะแก่การตั้งรกรากของมนุษย์ในอดีต

floodplain silt and clay sand water at flood stage

Elizabeth Monks

อุทกวิทยา (GEO2101) 25

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)
ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) (ต่อ)



อุทกวิทยา (GEO2101) 26

ลักษณะของร่องน้ำ (ต่อ)

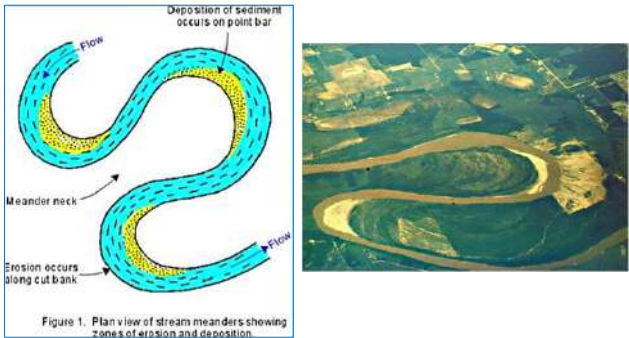
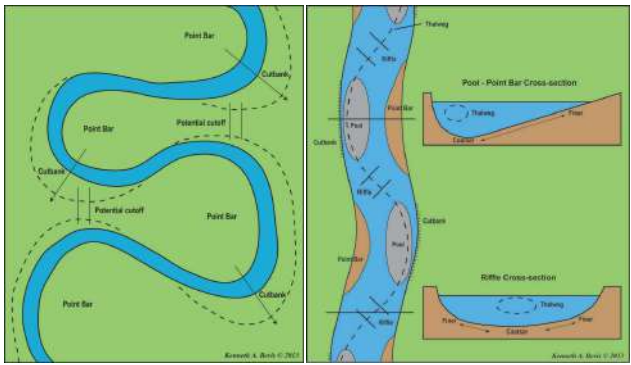


Figure 1. Plan view of stream meanders showing zones of erosion and deposition

อุทกวิทยา (GEO2101) 27

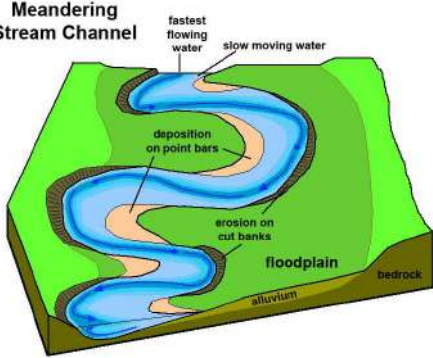
โซนของลำน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2101) 28

โซนของลำน้ำ (ต่อ)

Meandering Stream Channel



อุทกวิทยา (GEO2101) 29

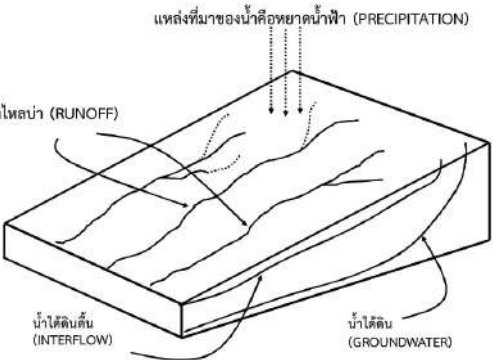
ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

แหล่งที่มาของน้ำคือหยาดน้ำฟ้า (PRECIPITATION)

น้ำไหลบ่า (RUNOFF)

น้ำใต้ดิน (INTERFLOW)

น้ำใต้ดิน (GROUNDWATER)



อุทกวิทยา (GEO2101) 30

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

การไหลของน้ำ

- ไหลจากที่สูงไปสู่ที่ต่ำ

ปัจจัยที่ควบคุมการไหล คือ

- ความลาดชัน
- แรงเสียดทานภายใน (INTERNAL FRICTION)
- แรงเสียดทานระหว่างน้ำกับบริเวณที่ผ่านไป

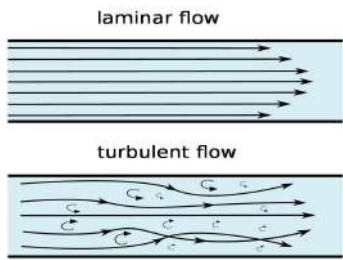


อุทกวิทยา (GEO2101) 31

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

ชนิดการไหลของน้ำ

- ไหลแบบแผ่น (LAMINAR FLOW)
- ไหลเชี่ยว (TURBULENT FLOW)



อุทกวิทยา (GEO2101) 32

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

REYNOLD'S NUMBER

$$R = \frac{\text{VELOCITY} \times \text{DEPTH} \times \text{DENSITY}}{\text{VISCOSITY}}$$

R มีค่ามาก = TURBULENT FLOW
R มีค่าน้อย = LAMINAR FLOW

< - What Streamline Looks Like In Different Types Of Flows - >

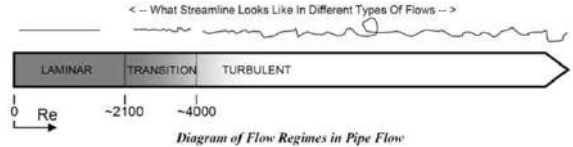


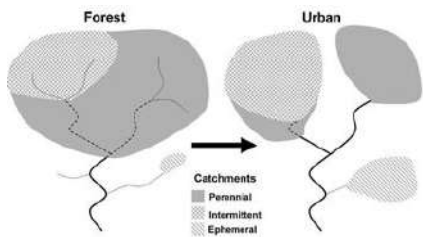
Diagram of Flow Regimes in Pipe Flow

อุทกวิทยา (GEO2101) 33

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

ช่วงเวลาการไหลของน้ำในธารน้ำ

- EPHEMERAL ไหลเฉพาะช่วงที่มีฝนแต่ละครั้ง
- INTERMITTENT ไหลเฉพาะช่วงฤดูกาลที่มีฝนตกหรือหิมะละลาย
- PERENNIAL ไหลตลอดปี



อุทกวิทยา (GEO2101) 34

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers

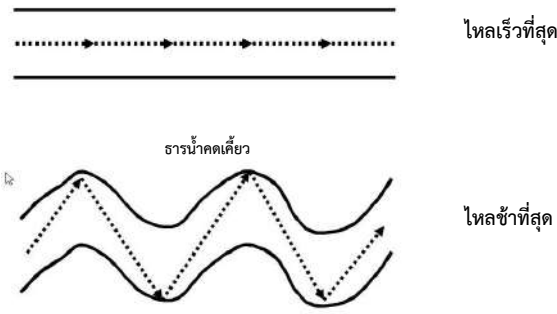
ลักษณะความเร็วของการไหล

ธารน้ำสายตรง

ไหลเร็วที่สุด

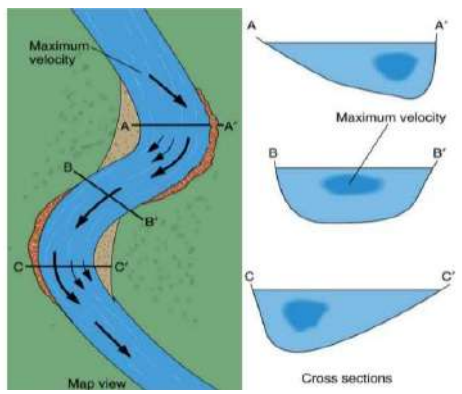
ธารน้ำคดเคี้ยว

ไหลช้าที่สุด



อุทกวิทยา (GEO2101) 35

ธารน้ำและแม่น้ำ: Streams and Rivers



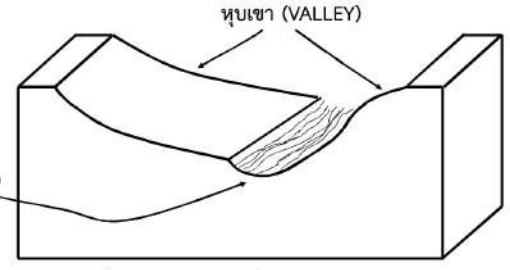
Map view

Cross sections

อุทกวิทยา (GEO2101) 36

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

หุบเขาเป็นร่องที่เกิดจากอิทธิพลการกัดเซาะของน้ำไหล



หุบเขา (VALLEY)

ธารน้ำ (STREAM)

มีพัฒนาการทั้งความลึก ความกว้าง และความยาว

อุทกวิทยา (GEO2101) 37

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

อุทกวิทยา (GEO2101) 38

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

อุทกวิทยา (GEO2101) 39

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

ความยาวของหุบเขา (และธารน้ำ) เกิดจากผลของ

1. การเกิดการกร่อน หรือการกัดเซาะขึ้นไปทางต้นน้ำ (HEADWARD EROSION)
2. การคดเคี้ยวของธารน้ำ (MEANDERING)
3. การตกตะกอนปากแม่น้ำ (DELTAIC DEPOSITION)

อุทกวิทยา (GEO2101) 40

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

การตกตะกอนปากแม่น้ำ (DELTAIC DEPOSITION)

อุทกวิทยา (GEO2101) 41

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

ความลึกของหุบเขา (และธารน้ำ) เกิดจากผลของ

1. แรงปะทะของน้ำ (HYDRAULIC ACTION)
2. การขัดสีของตะกอน (ABRASION)
3. การกัดกร่อนเป็นหลุมท้องธาร (POTHOLING)
4. ปฏิกิริยาทางเคมี (CORROSION)
5. การผุพังของหินท้องธาร (WEATHERING)

อุทกวิทยา (GEO2101) 42

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

โครงสร้างกุ่มกักขัง (pothole structure)

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

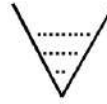
ความกว้างของหุบเขา (และธารน้ำ) เกิดจากผลของ

- การกัดเซาะด้านข้าง (LATERAL EROSION)
- การพังทลายโดยฝน (RAINDROP IMPACT)
- การกัดเซาะเป็นร่อง (GULLYING)
- การผุพังและเคลื่อนย้ายโดยแรงถ่วงของโลก (WEATHERING AND MASS WASTING)
- การรวมตัวกันของธารน้ำสาขา

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

ชนิดของหุบเขา

1. จำแนกตามการเกิด
2. จำแนกตามวัฏจักรหรืออายุ



อายุน้อย

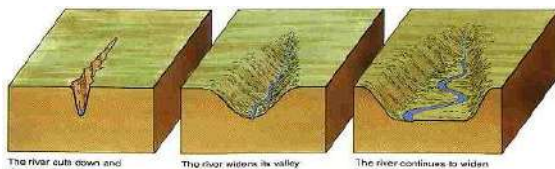


อายุปานกลาง



อายุมาก

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)



อายุน้อย



อายุปานกลาง

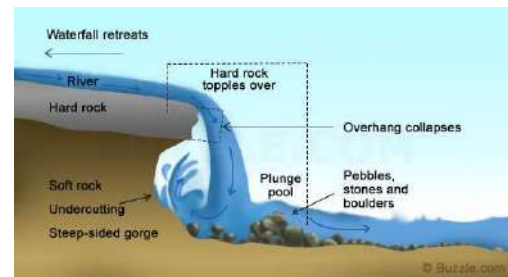


อายุมาก

ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

การกัดเซาะโดยอิทธิพลของน้ำไหล

เป็นอิทธิพลของน้ำโดยตรง คือเกิดจากแรงปะทะของน้ำ (HYDRAULIC ACTION)



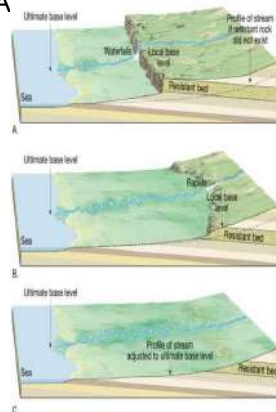
ธารน้ำและหุบเขา (STREAM AND VALLEY)

ระดับฐาน (BASE LEVEL)

หรือระดับอยู่ตัว

คือ ระดับที่น้ำไหลหมดอิทธิพลการกัดเซาะในทางตั้ง น้ำไหลช้ามากหรือจะกักการไหล ระดับฐานทั่วไป (GENERAL BASE LEVEL) คือ ทะเล หรือมหาสมุทร

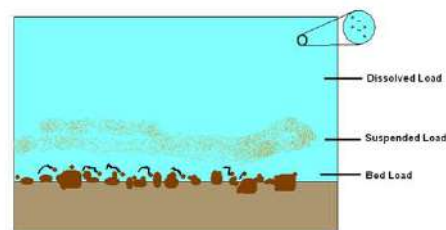
ส่วนระดับฐานชั่วคราว (TEMPORARY BASE LEVEL) ได้แก่ เขื่อน ฝาย บึงน้ำผ่าน ฯลฯ



การเคลื่อนย้าย (หรือการพัดพา) โดยอิทธิพลของน้ำในธารน้ำ

การเคลื่อนที่ของตะกอน

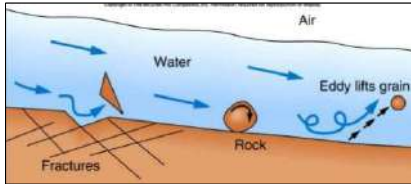
- โดยการละลาย (SOLUTION) สารจะละลายไปกับน้ำ เรียกว่า **SOLUTION LOAD** หรือ **DISSOLVED LOAD**
- โดยการแขวนลอย (SUSPENSION) ตะกอนขนาดเล็กจะถูกน้ำพัดพาไป เรียกว่า **SUSPENDED LOAD**



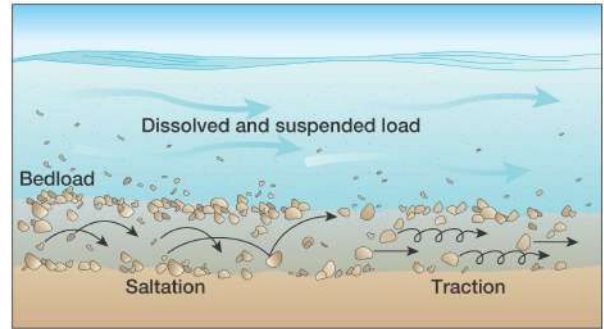
การเคลื่อนย้าย (หรือการพัดพา) โดยอิทธิพลของน้ำในธารน้ำ

การเคลื่อนที่ของตะกอน

- ด้วยการกระดอนไปติดกับท้องน้ำ (SALTATION)
- ด้วยการกลิ้งไปตามท้องน้ำ (TRACTION หรือ ROLLING)
- ตะกอนที่เคลื่อนย้ายโดยวิธีกระดอนไป หรือกลิ้งไปเรียกว่า BEDLOAD



การเคลื่อนย้าย (หรือการพัดพา) โดยอิทธิพลของน้ำในธารน้ำ

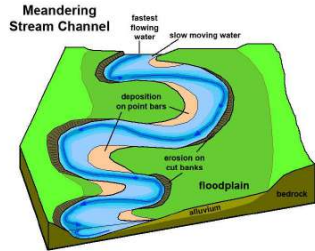


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

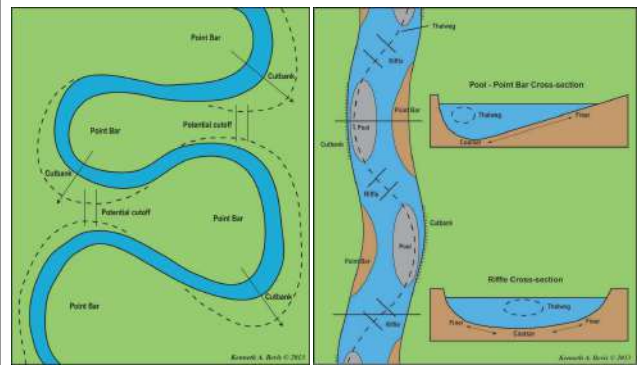
การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

สาเหตุที่ทำให้เกิดการทับถม
ความเร็วของน้ำลดลง เนื่องจาก

- น้ำท่วมฝั่ง
- มีสิ่งกีดขวางทางเดินของน้ำ
- ปริมาณของน้ำลดลง



การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

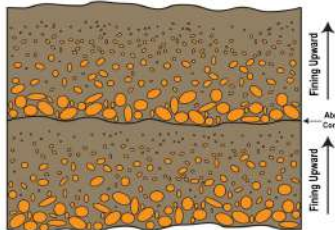


การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

ลักษณะการทับถม

มีการแยกขนาดหรือคัดขนาดของตะกอน ดังนี้

- แยกขนาดทางตั้ง (VERTICAL SORTING)
- แยกขนาดทางราบ (LATERAL SORTING)



การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

สภาพภูมิประเทศที่เกิดจากการทับถม

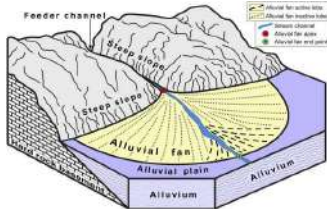
- การทับถมบริเวณตีนเขา (PIEDMONT DEPOSITS) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน



การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

สภาพภูมิประเทศที่เกิดจากการทับถม (ต่อ)

- การทับถมบริเวณตีนเขา (PIEDMONT DEPOSITS) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน
- การเปลี่ยนแปลงความลาดชัน เป็นที่ราบตะกอนรูปพัด หรือ เนินตะกอนรูปพัด (ALLUVIAL FAN)



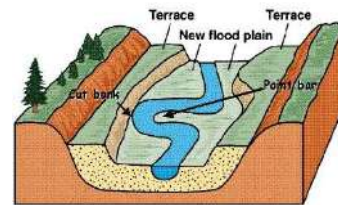
อุทกวิทยา (GEO2101)

55

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

การทับถมในลำราง (CHANNEL DEPOSITS)

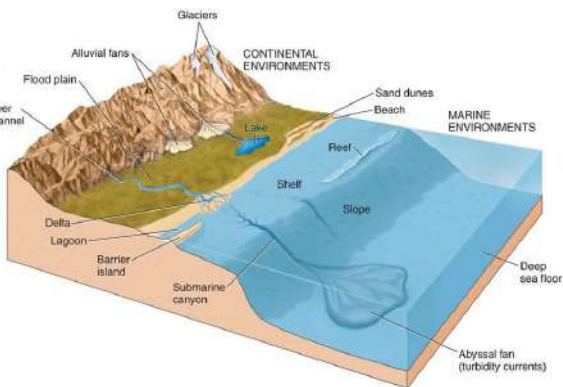
- เป็นการทับถมในลำธารน้ำ หรือแม่น้ำ เช่น หาดยื่น (POINT BAR)
- เป็นการทับถมติดกับฝั่ง เช่น เนินกรวด (GRAVEL BAR) หรือเนินทราย (SAND BAR)



อุทกวิทยา (GEO2101)

56

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ



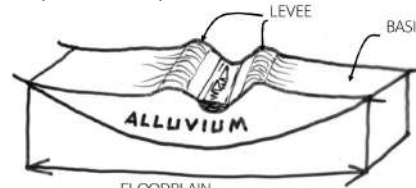
อุทกวิทยา (GEO2101)

57

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

สภาพภูมิประเทศที่เกิดจากการทับถม

- การทับถมบริเวณตีนเขา (PIEDMONT DEPOSITS) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน
- การเปลี่ยนแปลงความลาดชัน เป็นที่ราบตะกอนรูปพัด หรือ เนินตะกอนรูปพัด (ALLUVIAL FAN)

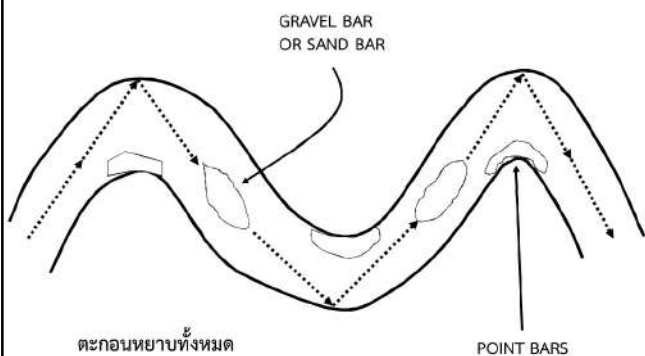


เป็นสันดินริมน้ำ (LEVEE) และแอ่ง (BACK SWAMP หรือ BASIN)

อุทกวิทยา (GEO2101)

58

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ



อุทกวิทยา (GEO2101)

59

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

RIVER TERRACE เป็น FLOODPLAIN เก่า

- LOW TERRACES ติดกับ BASIN ของที่ราบน้ำท่วมปัจจุบัน พบอิทธิพลการตกตะกอนชัดเจน
- MIDDLE TERRACES สูงขึ้นไปจากตะกอนน้ำต่ำ ตะกอนเปลี่ยนแปลงไปบ้าง
- HIGH TERRACES เกิดจากตะกอนน้ำพาเก่า ตะกอนเปลี่ยนแปลงสภาพไปแล้วเป็นส่วนใหญ่

อุทกวิทยา (GEO2101)

60

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

modern floodplain
T0 terrace surface
fluvium
bedrock

อุทกวิทยา (GEO2101) 61

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

RIVER TERRACES

- PAIRED TERRACES ตะพักคู่กันเกิดขึ้นสองฟากของ
- FLOODPLAIN มีลักษณะเหมือนกัน เป็นคู่

Paired Terraces
Unpaired Terraces

อุทกวิทยา (GEO2101) 62

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

UNPAIRED TERRACES
ตะพักคู่กันที่สองฟากของ FLOODPLAIN ตะพักไม่เท่ากัน

อุทกวิทยา (GEO2101) 63

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

STRATH TERRACES
เกิดจากน้ำกัดเซาะหินแข็งเป็นตะพัก แต่มีการตกตะกอนของ ALLUVIUM เป็นชั้นบาง ๆ อยู่บนตะพัก

terraces 3, terraces 2, terrace 1, unconsolidated sediment, bedrock, floodplain, strath 1, strath 2, strath 1, solid bedrock, floodplain

อุทกวิทยา (GEO2101) 64

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

การทับถมบริเวณคอคอดค้ำของแม่น้ำ
เป็นการตกตะกอนของ ALLUVIUM มีลักษณะเป็นบึงรูปโค้ง
ในที่ราบน้ำท่วม นานไปจะตื้นเขินทั้งหมด

Wood River, South of Fairbanks, Alaska

อุทกวิทยา (GEO2101) 65

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

การเกิด meandering river และ ox-bow lake

Cut off / Abandoned meander or Ox - bow lake
New straighter river course

Erosion makes the neck narrow
During floods river takes shortest course through the neck

KEY
●●● Areas of deposition
▲▲▲ Areas of erosion

อุทกวิทยา (GEO2101) 66

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

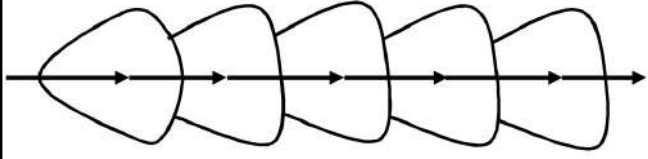
ที่ราบปากแม่น้ำ (DELTA)
มีลักษณะเป็น 3 เหลี่ยม (ด้านฐานยื่นลงไปทะเล)



อุทกวิทยา (GEO2101) 67

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

DELTA
PROGRADATIONAL DELTA

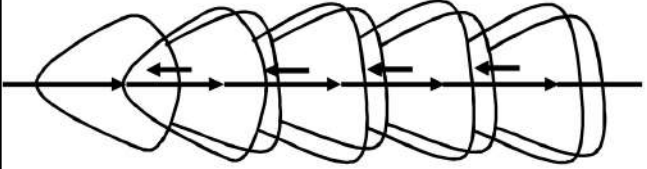


เมื่อระดับน้ำทะเลคงที่หรือลดลง

อุทกวิทยา (GEO2101) 68

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

DELTA
REGRESSIONAL DELTA


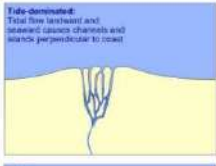




เมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น

อุทกวิทยา (GEO2101) 69

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

Morphologies of deltas

<p>River-dominated: Flow splits out into many distributaries</p> 	<p>Tide-dominated: Total flow landward and seaward along channels and marsh perpendicular to coast</p> 
<p>Wave-dominated: Waves push sediment back onto coastline</p> 	<p>Hybrid</p> 

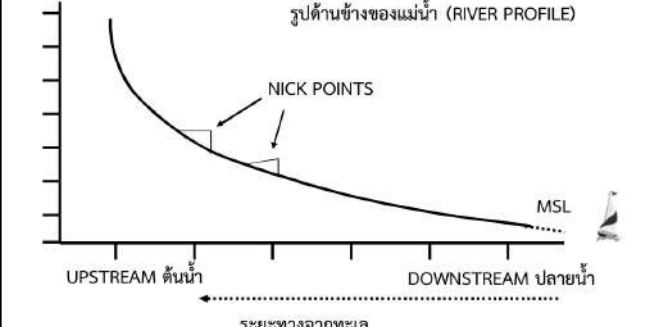
Delta formation

อุทกวิทยา (GEO2101) 70

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

วัฏจักรของธารน้ำ (FLUVIAL CYCLE)

รูปด้านข้างของแม่น้ำ (RIVER PROFILE)

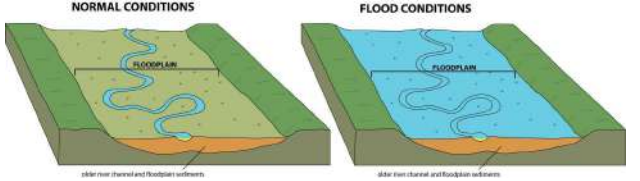


อุทกวิทยา (GEO2101) 71

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

ขั้นตอนการพัฒนาของธารน้ำ (STAGES OF STREAM DEVELOPMENT)

- อายุน้อย (YOUTH) หุบเขารูปตัววี GRADIENT สูง ผังชัน การกัดเซาะรุนแรง PROFILE ไม่สมดุล
- อายุปานกลาง (MATURE) คดเคี้ยว หุบเขาลึกปากกว้างปานกลาง GRADIENT ปานกลาง PROFILE สมดุล มี FLOODPLAIN



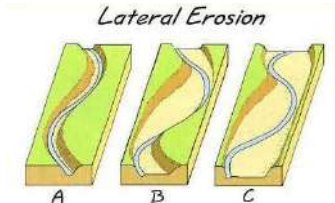
อุทกวิทยา (GEO2101) 72

การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ

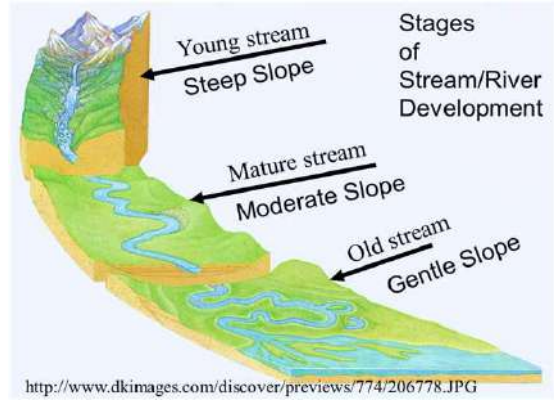
ขั้นพัฒนาการของธารน้ำ (STAGES OF STREAM DEVELOPMENT)

3. อายุมาก (OLD) คดเคี้ยวมาก หุบเขากว้าง (ต่อ)

- มี LATERAL EROSION
- มี FLOODPLAIN กว้างใหญ่
- มี OXBOW LAKE (PENEPLAIN, MONADNOCK)



การทับถมโดยอิทธิพลของธารน้ำ



<http://www.dkimages.com/discover/previews/774/206778.JPG>

อุทกวิทยา (Hydrology)

13. ชลภาพการไหลในลำน้ำ

ผู้สอน อาจารย์ศราวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อุทกวิทยา (GEO2101) 2

เนื้อหาที่จะเรียนในวันนี้

1. ชลภาพการไหลในลำน้ำ
2. คุณลักษณะน้ำท่าของลำน้ำ
3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ
4. ลักษณะของชลภาพ
5. เอกชลภาพ

อุทกวิทยา (GEO2101) 3

1. ชลภาพการไหลในลำน้ำ (Stream Hydrograph)

คือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลในลำน้ำกับเวลา โดยที่อัตราการไหลในลำน้ำมาจากน้ำ 4 ส่วน ดังรูป คือ

- 1.1 การดักน้ำในลำน้ำ (channel interception) คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงแม่น้ำโดยตรง
- 1.2 การไหลของน้ำผิวดิน (surface runoff or overland flow)
- 1.3 การไหลใต้ผิวดินหรือการไหลเสริม (subsurface runoff or interflow)
- 1.4 การไหลของน้ำใต้ดินหรือการไหลในลำน้ำ (streamflow hydrograph)

อุทกวิทยา (GEO2101) 4

1. ชลภาพการไหลในลำน้ำ (Stream Hydrograph)

น้ำจากส่วนต่าง ๆ และชลภาพการไหลในลำน้ำ

อุทกวิทยา (GEO2101) 5

2. คุณลักษณะน้ำท่าของลำน้ำ (Runoff Characteristic of Stream)

2.1 ลำน้ำที่มีน้ำตลอดปี (perennial stream)

คือ ลำน้ำที่มีระดับท้องน้ำของลำน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินตลอดปี ดังรูป (ก) และ (ข) ทำให้ลำน้ำได้รับน้ำท่าจากฝน และน้ำใต้ดินที่ไหลซึมลงลำน้ำตลอดทั้งปี เกิดเป็นชลภาพของลำน้ำที่มีน้ำตลอดทั้งปีดังรูป (ค)

อุทกวิทยา (GEO2101) 6

2. คุณลักษณะน้ำท่าของลำน้ำ (ต่อ) (Runoff Characteristic of Stream)

2.2 ลำน้ำที่มีน้ำบางเวลา (intermittent stream)

คือ ลำน้ำที่มีระดับท้องน้ำของลำน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนดังรูป (ก) และมีระดับท้องน้ำของลำน้ำอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินในฤดูแล้งดังรูป (ข) ทำให้ในฤดูแล้งมีน้ำในลำน้ำซึ่งมีชลภาพของลำน้ำที่มีน้ำบางเวลา ดังรูป (ค)

อุทกวิทยา (GEO2101) 7

2. คุณลักษณะน้ำท่าของลำน้ำ (ต่อ)

(Runoff Characteristic of Stream)

2.3 ลำน้ำที่ไม่ค่อยมีน้ำ (ephemeral stream)

คือ ลำน้ำที่มีระดับท้องน้ำของลำน้ำ อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนตั้งรูป (ก) มักจะพบในเขตพื้นที่แห้งแล้ง (arid zone) และมีพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินมาก ซึ่งมีสภาพของลำน้ำที่ไม่ค่อยมีน้ำ ตั้งรูป (ข) จะเห็นได้ว่าในลำน้ำจะมีน้ำไหล ในช่วงเวลาที่มีฝนตก หลังจากนั้นไม่นาน ลำน้ำก็จะแห้งไม่มีน้ำ เพราะน้ำในลำน้ำ ไหลลงไปที่น้ำใต้ดินและไหลซึมลงไปสมทบ กับน้ำใต้ดิน ตั้งรูป (ค)

อุทกวิทยา (GEO2101) 8

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.1 ปัจจัยทางภูมิอากาศ (climate factors)

3.1.1 รูปแบบของน้ำจากอากาศ (forms of precipitation)

น้ำจากอากาศที่ตกลงมาในรูปแบบต่างกันทำให้เกิดสภาพต่างกัน เช่น ถ้าตกลงมาเป็นหิมะจะค่อย ๆ ละลายลงลำน้ำ ทำให้สภาพมีฐานกว้าง และมีอัตราการไหลต่ำกว่าน้ำจากอากาศที่ตกลงมาเป็นน้ำฝน ที่มีสภาพฐานแคบ และมีอัตราการไหลสูง ตั้งรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 9

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.1 ปัจจัยทางภูมิอากาศ (climate factors)

3.1.2 ความเข้มฝน (rainfall intensity) (ต่อ)

ความเข้มฝนมากจะมีสภาพที่มีอัตราการไหลสูงและฐานแคบ ส่วน ความเข้มฝนน้อยจะมีสภาพที่มีอัตราการไหลต่ำและฐานกว้าง ตั้งรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 10

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.1 ปัจจัยทางภูมิอากาศ (climate factors) (ต่อ)

3.1.3 ช่วงเวลาที่ฝนตก (duration of rainfall)

ถ้าฝนตกเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการไหลบนผิวดินมากขึ้น เนื่องจาก อัตราการซึมลงดินลดลง

3.1.4 กระจายของฝน (distribution of rainfall)

ถ้าฝนตกกระจายอยู่ใกล้กับทางออกของลำน้ำ จะทำให้สภาพมีอัตราการไหลในระยะแรกสูงกว่าเวลาหลัง ตั้งรูป (ก) และถ้าฝนตกกระจายอยู่ทางต้นน้ำ จะทำให้สภาพมีอัตราการไหลในระยะแรกน้อยกว่าอัตราการไหลในเวลาหลัง ตั้งรูป (ข)

อุทกวิทยา (GEO2101) 11

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.1 ปัจจัยทางภูมิอากาศ (climate factors) (ต่อ)

3.1.4 กระจายของฝน (distribution of rainfall) (ต่อ)

ในกรณีที่มีฝนตกบางส่วน และฝนตกเต็มพื้นที่ลุ่มน้ำจะทำให้เกิดสภาพที่แตกต่างกันตั้งรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 12

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.1 ปัจจัยทางภูมิอากาศ (climate factors) (ต่อ)

3.1.5 ทิศทางการเคลื่อนที่ของฝน (direction of storm movement)

ถ้าพายุฝนเคลื่อนที่จากบริเวณทางออกไปทางต้นน้ำจะมีสภาพ ช่วงเวลาแรกสูงและช่วงหลังต่ำลง ส่วนกรณีที่พายุฝนเคลื่อนที่จากทางต้นน้ำ ลงมายังทางออก จะมีสภาพช่วงเวลาแรกต่ำกว่าสภาพช่วงเวลาหลัง ตั้งรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 13

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors)

3.2.1 รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (shape of basin)

ลุ่มน้ำที่มีรูปร่างต่างกันจะเกิดชลภาพการไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำต่างกัน ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 14

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.2 ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (size of basin)

พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีอัตราการไหลสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ เพราะพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก น้ำจะไหลมายังทางออกได้เร็วกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ นอกจากนี้ความชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมากกว่าความชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำขนาดใหญ่

3.2.3 ความลาดของลำน้ำ (stream slope)

ลำน้ำที่มีความลาดมากจะมีชลภาพการไหลที่มีช่วงสั้นเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว และน้ำไหลออกลดระดับน้ำอย่างรวดเร็วเช่นกัน ดังรูป (ก) ส่วนน้ำที่มีความลาดน้อย จะมีชลภาพที่ค่อย ๆ ปรับตัวดังรูป (ข)

อุทกวิทยา (GEO2101) 15

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.4 ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (drainage density)

หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความยาวทั้งหมดของลำน้ำ (L_c) ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ดังสมการ

ความหนาแน่นของการระบายน้ำ $D_d = \frac{L_c}{A}$

อุทกวิทยา (GEO2101) 16

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.4 ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (drainage density) (ต่อ)

ลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำมากจะมีความยาวของลำน้ำมากทำให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาแรก เพราะน้ำออกมาได้เร็ว ตรงกันข้ามกับลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำน้อย จะต้องใช้เวลาในการระบายน้ำออกมาก ทำให้อัตราการไหลสูงสุดเกิดขึ้นได้ช้า และน้อยกว่าอัตราการไหลสูงสุดของลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำมาก ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 17

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.5 การใช้พื้นที่ (land use)

ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ การปรับปรุงแม่น้ำลำคลอง และการสร้างอ่างเก็บน้ำ จะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชลภาพ ดังรูป (ก) เมื่อพื้นที่ธรรมชาติมีชลภาพการไหลออกจากพื้นที่เป็นโค้ง a โดยมีอัตราการไหลสูงสุด Q_a ที่เวลา t_a ต่อมาเมื่อมีผู้คนเข้าอาศัยจะเริ่มมีการพัฒนาพื้นที่บางส่วนเกิดขึ้น เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ และการพัฒนาแม่น้ำทางด้านท้ายน้ำ ดังรูป (ข) มีผลทำให้ชลภาพเลื่อนมาเป็นเส้นโค้ง b ซึ่งมีอัตราการไหล Q_b มากกว่า Q_a ที่เวลา t_b น้อยกว่า t_a

เนื่องจากในชุมชนมีพื้นที่คอนกรีตมากขึ้น และในแม่น้ำได้รับการปรับปรุงเป็นการคาคด้วยฝิวคอนกรีต ทำให้สูญเสียเนื่องจากการซึมลงดินน้อยลงและน้ำไหลออกจากพื้นที่ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น และถ้าหากมีการพัฒนาเต็มพื้นที่โดยไม่มีอ่างเก็บน้ำดังรูป (ค) จะพบว่าชลภาพเลื่อนมาเป็นเส้นโค้ง c ซึ่งมีอัตราการไหล Q_c มากกว่า Q_b ที่เวลา t_c น้อยกว่า t_b

ภาพประกอบคำอธิบายอยู่ในสไลด์ถัดไป

อุทกวิทยา (GEO2101) 18

3. ปัจจัยที่มีผลต่อชลภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.5 การใช้พื้นที่ (land use) (ต่อ)

(ก) พื้นที่ธรรมชาติ (ข) พื้นที่พัฒนาบางส่วน (ค) พื้นที่พัฒนาทั้งหมด

อุทกวิทยา (GEO2101) 19

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.6 สภาพการเก็บน้ำ (storage characteristics)

เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ การมีสระน้ำ หนองน้ำหรือบึงต่าง ๆ เช่น ไร่ การป้องกันน้ำท่วมตามแนวพระราชดำริ “แก้มลิง” จะเป็นที่ชะลอและเก็บกักน้ำบางส่วน ทำให้สภาพการไหลออกจากพื้นที่ลดลง ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 20

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการไหลในลำน้ำ

3.2 ปัจจัยทางภูมิประเทศ (physiographic factors) (ต่อ)

3.2.7 ชนิดดิน (soil types)

มีผลต่อการซึมและการไหลบนผิวดินทำให้มีสภาพที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่ที่เป็นดินเหนียว การซึมจะน้อย ทำให้มีน้ำไหลบนผิวดินมาก สภาพจะสูง ส่วนพื้นที่ที่เป็นดินทราย การซึมจะมาก ทำให้มีน้ำไหลบนผิวดินน้อย สภาพจะต่ำ ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 21

4. ลักษณะของชลภาพ

ส่วนประกอบของชลภาพ ซึ่งใช้ประกอบคำอธิบายข้อ 4.1 - 4.3

ช่วงเวลาต่าง ๆ ของชลภาพ ประกอบด้วย

1. เวลาเพิ่มถึงสูงสุด (time to peak, t_p)
2. เวลาหน่วง (lag time, L)
3. เวลาของโค้งส่วนลด (recession time, t_r)
4. เวลาฐาน (time base, t_b)
5. เวลาของการไหลรวมตัว (time of concentration, t_c)

อุทกวิทยา (GEO2101) 22

4. ลักษณะของชลภาพ

4.1 โค้งส่วนเพิ่ม (rising limb or concentration curve)

เป็นช่วงแรงของการเกิดพายุฝน ซึ่งจะทำให้มีการสะสมของปริมาณน้ำในลำน้ำมากขึ้น อัตราการไหลสูงขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป จนถึงจุดสูงสุดโดยที่ลักษณะของชลภาพจะขึ้นอยู่กับสภาพและขนาดของพื้นที่รับน้ำ ประกอบกับขนาดความรุนแรงของพายุฝน

4.2 ส่วนยอด (crest segment)

เป็นบริเวณที่จะมีอัตราการไหลสูงสุด (peak discharge) อยู่ระหว่างจุดคดกลับหรือจุดเปลี่ยนโค้ง (inflection point) ของโค้งส่วนเพิ่มและโค้งส่วนลด

4.3 โค้งส่วนลด (recession curve or falling limb)

คือ ช่วงที่มีการไหลออกจากลุ่มน้ำ หลังจากที่มีอัตราการไหลสูงสุด ซึ่งอัตราการไหลจะลดลงตามเวลาจนเข้าสู่สภาพการไหลปกติ

อุทกวิทยา (GEO2101) 23

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

ในปี พ.ศ. 2475 Sherman เป็นบุคคลแรกที่กล่าวถึงทฤษฎีเอกชลภาพว่า “เอกชลภาพ คือ ชลภาพของน้ำท่าโดยตรง (hydrograph of direct runoff) ที่ไหลบนผิวดินออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำที่มีความลึกน้ำเฉลี่ย 1 หน่วย (1 cm หรือ 1 in) อันเนื่องมาจากฝนตกในช่วงเวลา D hr” ดังรูป

“พื้นที่ลุ่มน้ำ A คุณด้วยความลึกน้ำท่า 1 หน่วย จากรูป (ก) เทากับพื้นที่ได้กราฟเอกชลภาพจากรูปที่ (ข) โดยพื้นที่ได้กราฟมีหน่วยเป็นปริมาตรน้ำ (มาจากอัตราการไหล (ปริมาตร/เวลา) คูณกับเวลา)”

อุทกวิทยา (GEO2101) 24

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ

5.1.1 เลือกข้อมูลชลภาพของแม่น้ำที่ต้องการ พร้อมทั้งหาข้อมูลปริมาณน้ำฝนและช่วงเวลาฝนตกสำหรับชลภาพที่เลือกนี้

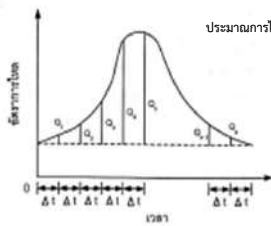
5.1.2 แยกชลภาพเป็น 2 ส่วน คือ การไหลของน้ำท่าโดยตรง และการไหลของน้ำใต้ดิน โดยสร้างเส้นการไหลพื้นฐาน ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 25

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

5.1.3 คำนวณหาปริมาตรของการไหลของน้ำทำโดยตรงจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างช่วงชลภาพรวมและการไหลพื้นฐาน ดังรูป



ปริมาณการไหลของน้ำทำโดยตรง = $\frac{1}{2}(q_1 + q_2)\Delta t + \frac{1}{2}(q_2 + q_3)\Delta t + \frac{1}{2}(q_3 + q_4)\Delta t + \dots + \frac{1}{2}(q_{n-1} + q_n)\Delta t$

ปริมาณการไหลของน้ำทำโดยอ้อม = $\sum_{i=1}^n q_i \Delta t$

เมื่อ Q_i คือ อัตราการไหลที่ i
โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ (n คือ จำนวนข้อมูลการไหล)
และ Δt คือช่วงเวลาของชลภาพ

อุทกวิทยา (GEO2101) 26

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

5.1.4 คำนวณความลึกของการไหลของน้ำทำ (depth of runoff) หรือฝนส่วนเกิน (rainfall excess) โดยการหารปริมาตรการไหลของน้ำทำด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น เมื่อกำหนดให้ พื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาด $A \text{ km}^2$ มีอัตราการไหลที่ $i = Q_i \text{ m}^3/\text{s}$ โดยพิจารณาที่ช่วงเวลาของชลภาพ $\Delta t \text{ hr}$ จะมี

$$\text{ความลึกของการไหลของน้ำทำ } D = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Q_i \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (3600 \frac{\text{s}}{\text{hr}}) (1000 \frac{\text{m}}{\text{km}})^3}{(A \text{ km}^2) (10^6 \text{ cm}^3/\text{km}^3)}$$

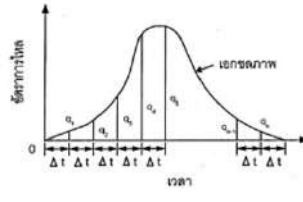
$$\text{ความลึกของการไหลของน้ำทำ } D = \frac{0.36 \sum_{i=1}^n Q_i \Delta t}{A} \text{ cm}$$

อุทกวิทยา (GEO2101) 27

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

5.1.5 ห้อตราการไหลด้วยความลึกของการไหลน้ำทำ จะได้เอกชลภาพ ดังรูป



จากรูป คำนวณเอกชลภาพได้ ดังนี้ $q_1 = \frac{Q_1}{D}$, $q_2 = \frac{Q_2}{D}$, $q_3 = \frac{Q_3}{D}$, ..., $q_n = \frac{Q_n}{D}$

อุทกวิทยา (GEO2101) 28

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

5.1.6 ตรวจสอบผลการคำนวณเอกชลภาพโดยการหารปริมาตรของการไหลของน้ำทำจากพื้นที่ได้เอกชลภาพแล้วหารด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนี้

$$\text{ความลึกของการไหลของน้ำทำ} = \frac{0.36 \sum_{i=1}^n q_i \Delta t}{A} \text{ cm} = d \text{ cm}$$

เมื่อ q_i คือ อัตราการไหลที่ i ของเอกชลภาพ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

ถ้า $d = 1 \text{ cm}$ แสดงว่า เอกชลภาพที่ได้ถูกต้อง

ถ้า $d \neq 1 \text{ cm}$ แสดงว่า คำนวณเอกชลภาพผิด จะต้องตรวจสอบรายการคำนวณใหม่

อุทกวิทยา (GEO2101) 29

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 1: พายุฝนลูกหนึ่งมีความเข้มฝน 1.5 cm/hr ตกบนพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งที่มีขนาด 0.85 km² เป็นเวลา 2 hr ถ้าดัชนีการซึม ϕ เท่ากับ 0.125 cm/hr และการไหลพื้นฐานมีความลึกน้ำ 0.125 cm จงหา

(ก) ความลึกของน้ำทำโดยตรง (ข) ปริมาตรน้ำทำโดยตรง (ค) ปริมาตรน้ำทำทั้งหมด

(ก) ความลึกฝนทั้งหมด = ความเข้มฝน x เวลาที่ฝนตก = (1.5 cm/hr) (2 hr) = 3 cm
 ปริมาณการซึม = ดัชนีการซึม ϕ x เวลาที่ฝนตก = (0.125 cm/hr) (2 hr) = 0.25 cm
 ความลึกของน้ำทำโดยตรง = ความลึกฝนทั้งหมด - ปริมาณการซึม = 3 cm - 0.25 cm
 ความลึกของน้ำทำโดยตรง = 2.75 cm ตอบ

อุทกวิทยา (GEO2101) 30

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 1: พายุฝนลูกหนึ่งมีความเข้มฝน 1.5 cm/hr ตกบนพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งที่มีขนาด 0.85 km² เป็นเวลา 2 hr ถ้าดัชนีการซึม ϕ เท่ากับ 0.125 cm/hr และการไหลพื้นฐานมีความลึกน้ำ 0.125 cm จงหา

(ก) ความลึกของน้ำทำโดยตรง (ข) ปริมาตรน้ำทำโดยตรง (ค) ปริมาตรน้ำทำทั้งหมด

(ข) ปริมาตรน้ำทำโดยตรง = ความลึกน้ำทำโดยตรง x พื้นที่ลุ่มน้ำ = (0.0275 m) (0.85 x 10⁶ m²)
 ปริมาตรน้ำทำโดยตรง = 23375 m³ ตอบ

อุทกวิทยา (GEO2101) 31

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 1: พายุฝนลูกหนึ่งมีความเข้มฝน 1.5 cm/hr ตกบนพื้นที่ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งที่มีขนาด 0.85 km² เป็นเวลา 2 hr ลำดับขั้นการซึม ϕ เท่ากับ 0.125 cm/hr และการไหลพื้นฐานมีความลึกน้ำ 0.125 cm จงหา

(ก) ความลึกของน้ำท่าโดยตรง (ข) ปริมาณน้ำท่าโดยตรง (ค) ปริมาณน้ำท่าทั้งหมด

(ค) ปริมาตรของการไหลพื้นฐาน = ความลึกของการไหลพื้นฐาน x พื้นที่ลุ่มน้ำ
 = (0.00125 m) (0.85 x 10⁶ m²) = 1062.50 m³

ปริมาณน้ำท่าทั้งหมด = ปริมาตรน้ำท่าโดยตรง + ปริมาตรของการไหลพื้นฐาน
 = 23375 + 1062.50

ปริมาณน้ำท่าทั้งหมด = 24437.50 m³ **ตอบ**

อุทกวิทยา (GEO2101) 32

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งมีพื้นที่ 230 km² มีข้อมูลเอกชลภาพและการไหลพื้นฐาน ดังรูปและตารางที่ 1 จงหา

(ก) ปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดิน (ข) ความลึกของน้ำท่าโดยตรง (ค) เอกชลภาพการไหล (ง) เขียนกราฟน้ำท่าโดยตรงและเอกชลภาพ

เวลา (hr)	อัตราการไหล (cms)	การไหลพื้นฐาน (cms)
0	10	10
2	75	9
4	250	8
6	300	8
8	275	8
10	200	8
12	115	8
14	70	9
16	40	10
18	25	10
20	15	15

อุทกวิทยา (GEO2101) 33

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: วิธีทำ (ก) ปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดิน

จากข้อมูลและการไหลพื้นฐานสามารถคำนวณน้ำท่าโดยตรงได้ถึงตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลการคำนวณน้ำท่าโดยตรง

เวลา (hr)	อัตราการไหล (cms)	การไหลพื้นฐาน (cms)	น้ำท่าโดยตรง (cms)	เอกชลภาพ (cms)
0	10	10	0	0.00
2	75	9	66	16.57
4	250	8	242	60.77
6	300	8	292	73.33
8	275	8	267	67.05
10	200	8	192	48.22
12	115	8	107	26.87
14	70	9	61	15.32
16	40	10	30	7.53
18	25	10	15	3.77
20	15	15	0	0.00
		รวม	1272	319.44

อุทกวิทยา (GEO2101) 34

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: วิธีทำ (ก) ปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดิน (ต่อ)

ช่องที่ 1 เวลาที่มีข้อมูลเอกชลภาพและการไหลพื้นฐานจากโจทย์

ช่องที่ 2 อัตราการไหลจากโจทย์

ช่องที่ 3 การไหลพื้นฐานจากโจทย์

ช่องที่ 4 น้ำท่าโดยตรง = อัตราการไหล (ช่องที่ 2) - การไหลพื้นฐาน (ช่องที่ 3)

เมื่อรวมน้ำท่าโดยตรง (ช่องที่ 4) ได้ $\Sigma Q = 1272$ cms

เนื่องจากช่วงเวลามีข้อมูลเอกชลภาพ $\Delta t = 2$ hr

\therefore ปริมาณน้ำท่าไหลบนผิวดิน $V = \Sigma Q \Delta t = \left(1272 \frac{m^3}{s}\right) \left(2hr \times 3600 \frac{s}{hr}\right)$

$V = 9,158,400$ m³ **ตอบ**

อุทกวิทยา (GEO2101) 35

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: วิธีทำ (ข) ความลึกของน้ำท่าโดยตรง

ความลึกของน้ำท่าโดยตรง $D = \frac{0.36 \Sigma Q \Delta t}{A} = \frac{0.36(1272 \text{ cms})(2 \text{ hr})}{230 \text{ km}^2}$

ความลึกของน้ำท่าโดยตรง $D = 3.98$ cm **ตอบ**

อุทกวิทยา (GEO2101) 36

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: วิธีทำ (ค) เอกชลภาพการไหล

จากตารางที่ 2 เมื่อนำความลึกของน้ำท่าโดยตรงคือ 3.98 cm ไปหารน้ำท่าโดยตรง (ช่องที่ 4) จะได้เอกชลภาพช่องที่ 5 ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จาก

ความลึกของน้ำผิวดิน $d = \frac{0.36 \Sigma q \Delta t}{A} = \frac{0.36(319.44 \text{ cms})(2 \text{ hr})}{230 \text{ km}^2}$

$d = 1$ cm **ตอบ**

อุทกวิทยา (GEO2101) 37

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 2: วิธีทำ (ง) เขียนกราฟน้ำท่าโดยตรงและเอกชลภาพ จากผลการคำนวณในตารางที่ 2 สามารถนำผลของน้ำท่าโดยตรง (ช่องที่ 4) และเอกชลภาพ (ช่องที่ 5) มาเขียนกราฟกับเวลา (ช่องที่ 1) ได้ดังรูป

อุทกวิทยา (GEO2101) 38

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.1 วิธีการสร้างเอกชลภาพ (ต่อ)

ตัวอย่าง 3: ถ้ามีพายุฝนตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำในตัวอย่าง 2 แล้วทำให้เกิดน้ำท่าที่มีความลึก 2.5 cm โดยมีกราฟไหลพื้นฐานเหมือนเดิม จงหาชลภาพของการไหลรวม

วิธีทำ จากตัวอย่าง 2 ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาด 230 km² มีเอกชลภาพและการไหลพื้นฐานดังตารางที่ 1

1	2	3
เวลา (hr)	เอกชลภาพ (cms)	การไหลพื้นฐาน (cms)
0	0.00	10
2	16.57	9
4	60.77	8
6	73.33	8
8	67.05	8
10	48.22	8
12	26.87	8
14	15.32	9
16	7.53	10
18	3.77	10
20	0.00	15

อุทกวิทยา (GEO2101) 39

ตัวอย่าง 3: วิธีทำ จากตารางที่ 1 จำนวนชลภาพของการไหลรวมได้ดังตารางที่ 2 (ต่อ)

1	2	3	4	5
เวลา (hr)	เอกชลภาพ (cms)	น้ำท่าโดยตรง (cms)	การไหลพื้นฐาน (cms)	อัตราการไหล (cms)
0	0.00	0.00	10	10.00
2	16.57	41.44	9	50.44
4	60.77	151.94	8	159.94
6	73.33	183.33	8	191.33
8	67.05	167.63	8	175.63
10	48.22	120.55	8	128.55
12	26.87	67.18	8	75.18
14	15.32	38.30	9	47.30
16	7.53	18.84	10	28.84
18	3.77	9.42	10	19.42
20	0.00	0.00	15	15.00
รวม		798.61		901.61

ช่องที่ 1 เวลามาโดยปกติ
 ช่องที่ 2 เอกชลภาพจากโจทย์
 ช่องที่ 3 น้ำท่าโดยตรง = (ความลึกของน้ำท่า 2.5 cm) x (เอกชลภาพในช่องที่ 2)
 ตรวจสอบผลคำนวณได้ฉาก

$$\text{ความลึกของน้ำท่า} = \frac{0.36 \sum Q \Delta t}{A} = \frac{0.36 (798.61 \text{ cms}) (2 \text{ hr})}{230 \text{ km}^2} = 2.5 \text{ cm}$$

อุทกวิทยา (GEO2101) 40

ตัวอย่าง 3: วิธีทำ จากตารางที่ 1 จำนวนชลภาพของการไหลรวมได้ดังตารางที่ 2 (ต่อ)

ช่องที่ 4 การไหลพื้นฐานจากโจทย์
 ช่องที่ 5 อัตราการไหลรวม = น้ำท่าโดยตรง (ช่องที่ 3) + การไหลพื้นฐาน (ช่องที่ 4)

$$\text{ความลึกของการไหลรวม} = \frac{0.36 \sum Q \Delta t}{A} = \frac{0.36 (901.61 \text{ cms}) (2 \text{ hr})}{230 \text{ km}^2} = 2.82 \text{ cm}$$

เขียนกราฟผลภาพได้ดังรูปดังนี้

อุทกวิทยา (GEO2101) 41

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.2 ข้อจำกัดของทฤษฎีชลภาพ

5.2.1 ทฤษฎีเอกชลภาพไม่สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดมากกว่า 5,000 km³ เพราะพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอและไม่คงที่ อย่างไรก็ตาม ในกรณีของพื้นที่ขนาดใหญ่ ถ้าจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีเอกชลภาพ ก็ควรใช้วิธีแบ่งพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่พิจารณาออกเป็นพื้นที่ย่อย แล้ววิเคราะห์แต่ละพื้นที่ย่อย จากนั้นจึงรวมชลภาพที่เวลาเดียวกันและที่ตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งสามารถใช้ทฤษฎีไหลหลาก (flood routing theory) เข้าช่วย

5.2.2 เอกชลภาพไม่สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดน้อยกว่า 2 km²

5.2.3 ชลภาพของน้ำท่าโดยตรง (direct - runoff hydrograph) ของพื้นที่รับน้ำที่เกิดจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนประสิทธิผล (effective rain-off) จะเป็นค่าไม่คงที่ เพราะมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของลุ่มน้ำ ฤดูกาล และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การปลูกป่าหรือการบุกรุกป่า เป็นต้น

อุทกวิทยา (GEO2101) 42

5. เอกชลภาพ (Unit Hydrograph)

5.2 ข้อจำกัดของทฤษฎีชลภาพ (ต่อ)

5.2.4 ช่วงเวลาที่ฐาน (base period) ของน้ำท่าโดยตรง (direct runoff) ที่เกิดจากพายุฝนเหมือนกันแต่มีความเข้มข้นฝนไม่เท่ากัน จะมีค่าไม่เท่ากัน

5.2.5 ทฤษฎีเอกชลภาพไม่สามารถประยุกต์ใช้กับพายุฝนที่ตกลงมาเป็นหิมะได้

5.2.6 ทฤษฎีเอกชลภาพมีความถูกต้อง (accuracy) ประมาณ ±10%