บทที่ 6
ขบวนการที่เกิดขึ้นที่ผิวโลก
(External Processes)

โลกส่วนที่อยู่ใกล้หรือรอบๆตัวเราจะเห็นว่าประกอบไปด้วยหินแข็ง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอย่างช้าๆและคงที่ ตัวอย่างเช่นบริเวณหน้าผาริมชายฝั่งทะเลจะถูกคลื่นซัดอยู่ตลอดเวลาแต่เราไม่ทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลง จนกว่าเวลาจะผ่านไประยะหนึ่ง ถึงจะเห็นความเปลี่ยนไปของหน้าผานี้ แต่ถ้าในเวลาที่มีพายุคลื่นจะรุนแรงและสามารถพัดพาเศษหินบริเวณหากไปกระทบกับหน้าผานี้ได้ความรุนแรงของมันจะทำให้หินหน้าผาเป็นรอยขูดหรือเป็นร่องเห็นได้ชัด และหน้าผาบางแห่งอาจเกิดจากสายน้ำเซาะให้พังทลายก็ได้

ส่วนบริเวณอื่นๆก็เช่นกัน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆใช้เวลาเป็นล้านล้านปีในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งมันจะทิ้งหลักฐานที่เกิดขึ้นในอดีตไว้ให้เราได้ศึกษากันในปัจจุบัน

ขบวนการที่เกิดขึ้นที่ผิวโลกนี้จะเกี่ยวข้องกับการกัดเซาะและการทับถมมากที่สุด

<u>การกัดเซาะ</u> (Erosion) หมายถึงขบวนการที่หินถูกทำลายแตกหักออกไป และชิ้นส่วนที่แตกหักนั้นถูกเคลื่อนย้าย (transportation) สาเหตุที่สำคัญของการกัดเซาะคือแรงดึงดูดของโลก (gravity) ซึ่งมีกระแสน้ำชนิดต่างๆ เช่นน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำในมหาสมุทร ธารน้ำแข็ง และลม เป็นตัวการสำคัญ

การกัดเซาะทำให้พื้นแผ่นดินถูกลดระดับลงมาเราเรียก Degradation

<u>การทับถม</u> (Deposition or Sedimentation) หมายถึงการทับถมของเศษอนุภาคต่างๆที่ถูกตัวการของการกัดเซาะพัดพามา เป็นขบวนการที่ทำให้พื้นที่สูงขึ้นเราเรียกว่า Aggradation

ทั้ง Degradation และ Aggradation รวมเรียกว่า Gradation. หมายถึงขบวนการต่างๆที่ทำให้ผิวโลกอยู่ในระดับเดียวกัน เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของโลกเพื่อที่จะรักษาสมดุลย์ของผิวโลกไว้

ขบวนการที่เกิดขึ้นที่ผิวโลกมักจะมีตัวการที่สำคัญเช่น สายน้ำ น้ำใต้ดิน มหาสมุทร ธารน้ำแข็ง และลม มีอิทธิพลในการกัดเซาะและการทับถม หรือเป็นตัวการที่ทำให้เกิดขบวนการ Gradation ขึ้นนั่นเอง ซึ่งเป็นผลให้เปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงให้ลักษณะ Landforms ต่างๆกัน

๑. สายน้ำ (Stream)

ลักษณะบางอย่างของผิวโลกที่เป็นอยู่ในทุกวันนี้ ตัวการอย่างหนึ่งที่มีส่วนกำหนดรูปร่างของมันขึ้นคือน้ำ ไม่ว่าจะเป็นบริเวณที่หนาว อบอุ่น หรือร้อนแห้งแล้งอย่างทะเลทรายน้ำก็ยังมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงผิวโลกได้

สายน้ำจะไหลลงสู่ที่ต่ำเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก และการไหลของสายน้ำแยกออกได้ ๓ ลักษณะคือ

๑. Laminar flow เป็นการไหลช้า เรียบและเป็นเส้นตรงขนานกับฝั่ง

๒. Turbulent flow เป็นการไหลเร็ว เชี่ยวและบางแห่งจะไหลวน ลักษณะการไหลแบบนี้จะไม่ขนานไปกับฝั่ง

๓. Shooting flow เป็นการไหลที่มีความเร็วสูงมาก เช่น การไหลของน้ำตก

ลักษณะการไหลทั้งหมดนี้เราแบ่งได้โดยอาศัยความเร็ว ซึ่งสามารถวัดได้หรือคำนวณออกมาได้ ความเร็วของสายน้ำก็คือระยะทางซึ่งน้ำไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ลักษณะผิวโลกที่ถูกเปลี่ยนแปลงส่วนมากเนื่องจากการกัดเซาะของสายน้ำ สายน้ำจะกัดเซาะพื้นผิวโลกได้หลายทาง มันอาจจะลายสารที่สามารถละลายได้ ถ้ามีแรงมากพอสายน้ำก็จะพัดพาเศษหินไปที่อื่น เศษหินก็จะแตกหักลงไปอีกโดยแรงกันของน้ำหรือเกิดจากการกระแทกกันกับเศษหินอื่น

สายน้ำจะพัดพากรวดทราย อนุภาคของหินดินขนาดต่างๆกันทั้งใหญ่และเล็ก ซึ่งมีอยู่ตามท้องน้ำหรือชายฝั่ง ให้ย้ายที่ไปสะสมอยู่ในที่แห่งใหม่พร้อมทั้งเพิ่ม

แรงกระแทกกัดเซาะหินแข็งตามท้องน้ำหรือชายฝั่งให้เว้าแหว่งและแตกทำลายยิ่งขึ้น

สายน้ำจะพัดพา (transport) เศษหินต่างๆได้โดยวิธีต่อไปนี้

๑. สารละลาย (dissolved salts) ทำให้อนุภาคนั้นละลายแล้วพัดพาไป

๒. แขวนลอย (suspended matter) ลอยไปตามผิวน้ำหรือบริเวณตอนบนของสายน้ำ โดยมากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก

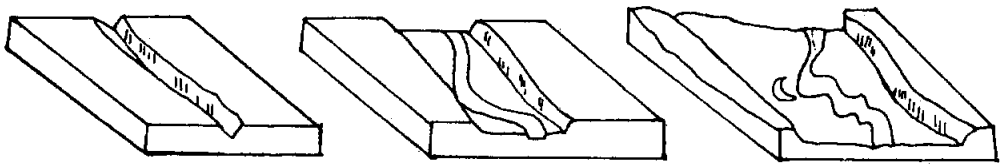
๓. ไปตามพื้นท้องน้ำ (bed load) การพัดพาวิธีนี้อนุภาคอาจกลิ้งไป กระดอนไป หรือการกระแทกกันของอนุภาคแล้วทำให้เกิดการเคลื่อน

การพัดพาจะหยุดลงเมื่อปริมาณและความเร็วของสายน้ำลดลงจนไม่มีกำลังพอที่จะพาเอาเศษหินเคลื่อนที่ต่อไปอีกได้ เศษหินก็จะเกิดการทับถมในบริเวณนั้นทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศต่างๆกัน

<u>ลักษณะที่เกิดขึ้นโดยการกระทำของสายน้ำ</u> (stream)

<u>เกิดจากการกัดเซาะ</u> (erosion)

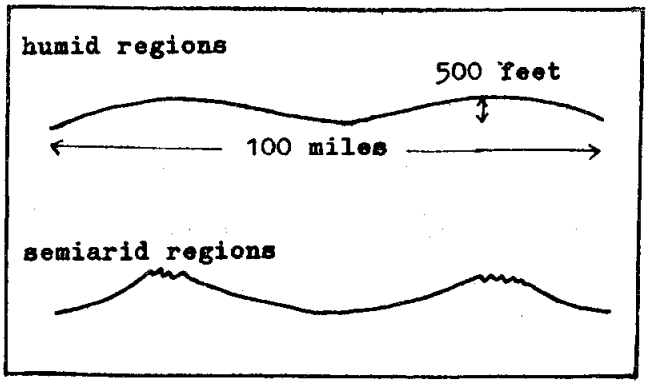
๑. หุบเขา (Valleys) เป็นร่องหุบมีแนวยาวที่เกิดจากการกระทำของสายน้ำ เนื่องจากสายน้ำจะมีอำนาจการกัดเซาะลงไปตามความลึก ในระยะแรกๆจะเป็นเพียงร่องเล็กๆ ต่อมาร่องนี้ก็จะลึกลงไปในส่วนของหินและมีลักษณะแคบ ในเวลาต่อมาหุบเขาจะขยายความกว้างและความยาวไปเรื่อยๆจนเป็นหุบเขาขนาดใหญ่มีอายุมาก



(๑) (๒) (๓)

รูปที่ ๖.๑ แสดงวิวัฒนาการของหุบเขา

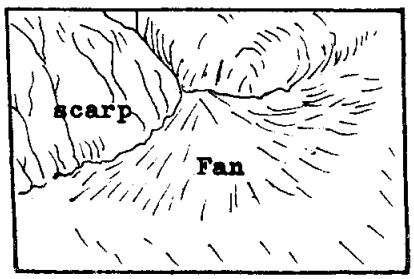
๒. ที่ราบลูกฟูก (Peneplains) เป็นพื้นผิวที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลการกัดเซาะของสายน้ำ มีลักษณะเกือบเป็นที่ราบและเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย การเกิดต้องใช้ระยะเวลายาวนานมาก



รูปที่ b.๒ แสดง Peneplains

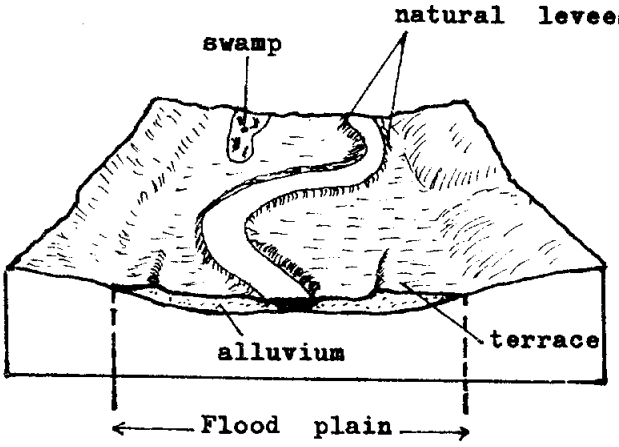
<u>เกิดจากการทับถม</u> (Deposition)

๑. Alluvial fans และ Alluvial cones เป็นการทับถมที่เกิดขึ้นบริเวณตีนเขา หรืออาจจะพบบ้างตามที่ลาดชันริมถนน เกิดขึ้นภายหลังมีฝนตกหนัก อนุภาคต่างๆจะถูกพัดพาลงมาตามความลาดชัน เมื่อลงมายังตีนเขาความเร็วของน้ำก็จะลดลงอย่างรวดเร็วทำให้อนุภาคต่างๆตกตะกอนทับถมกัน การทับถมแบบนี้ทำให้เกิดลักษณะคล้ายกับพัด (fan) หรือคล้ายกรวย(cone) ขึ้นที่ตีนเขา เรียกว่า Alluvial fans และ Alluvial cones ตามลำดับ



รูปที่ b.๓ แสดง Alluvial fan.

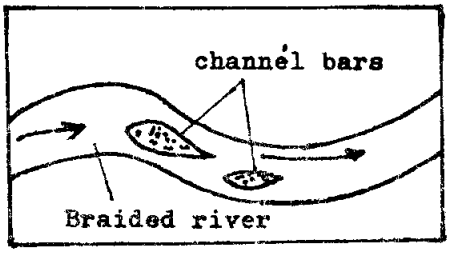
๒. Flood plain เป็นการทับถมบริเวณริมแม่น้ำ เกิดขึ้นเพราะบริเวณนี้เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมได้ง่าย เวลาน้ำท่วมก็จะมีตะกอนมาตกสะสมกัน โดยพวกที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนใกล้ฝั่ง ส่วนพวกที่มีขนาดเล็กจะตกตะกอนไกลออกไป



รูปที่ ๖.๔ แสดง Flood plain และส่วนอื่นๆ

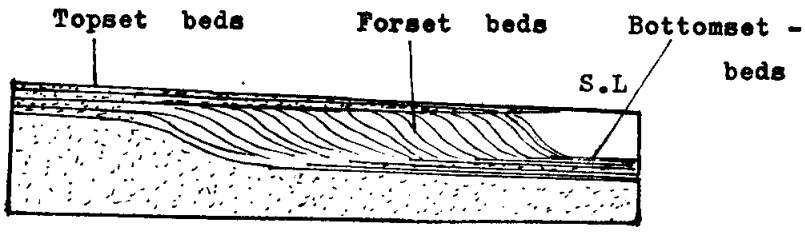
๓. Natural levees เป็นสันริมแม่น้ำ ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดโต เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำท่วมและภายหลังน้ำลดลงก็เกิดการสะสมตะกอนบริเวณริมแม่น้ำ เป็นส่วนของ Flood plain ดูรูปที่ ๖.๔

๔. Channel bars เป็นการทับถมในตัวของแม่น้ำ ในเวลาที่ปริมาณน้ำน้อย อาจจะเกิดขึ้นชั่วคราวพอระดับน้ำสูงขึ้นก็จะหายไป



รูปที่ ๖.๕ แสดง Channel bars.

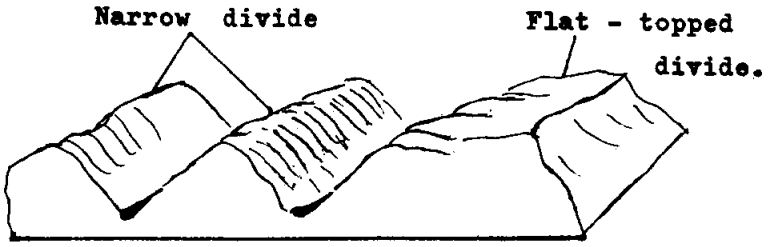
๕. Deltas เป็นการทับถมบริเวณปากแม่น้ำ มีลักษณะคล้ายกับสามเหลี่ยมที่มียอดแหลมพุ่งขึ้นไปตามแม่น้ำหรือคล้ายพัด การทับถมของตะกอนมี ๓ ลักษณะด้วยกันคือ ชุดชั้นบน (topset bed) ชุดชั้นหน้า (forset bed) และชุดชั้นฐาน (bottomset bed)



รูปที่ ๖.๖ แสดง Delta.

<u>ลักษณะพื้นที่ที่เหลือให้เห็นภายหลังเกิดการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายอนุภาคไปยังที่อื่นแล้ว</u> (Residual)

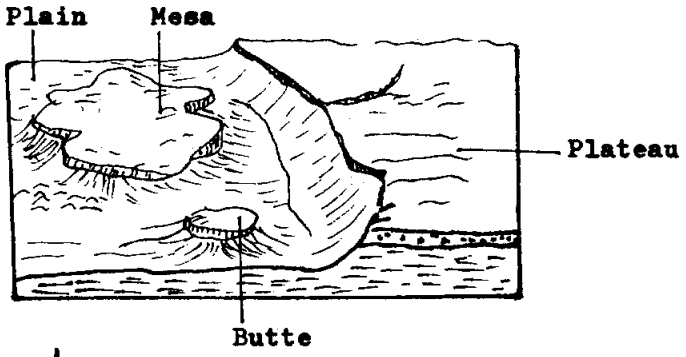
๑. Divides เป็นสันเขาอยู่ระหว่างหุบเขา



รูปที่ ๖.๗ แสดง Devide.

๒. Monadnocks ลักษณะเป็นเขาโดดๆ เนื่องจากหินมีความต้านทานดีกว่าบริเวณข้างเคียง ซึ่งบริเวณข้างเคียงจะเป็นที่ราบ

๓. Mesas และ Buttes เป็นที่ราบสูงขนาดประมาณ ๑-๒ ตารางกิโลเมตรเรียก Mesas และถ้ามีขนาดเล็กมากคล้ายกับเป็นยอดแหลมเรียกว่า Buttes ปกติหินบริเวณนี้ไม่มีการเอียงตัวหรือเอียงตัวเล็กน้อยเป็นหินชั้น



รูปที่ ๖.๘ แสดง Mesa และ Butte.

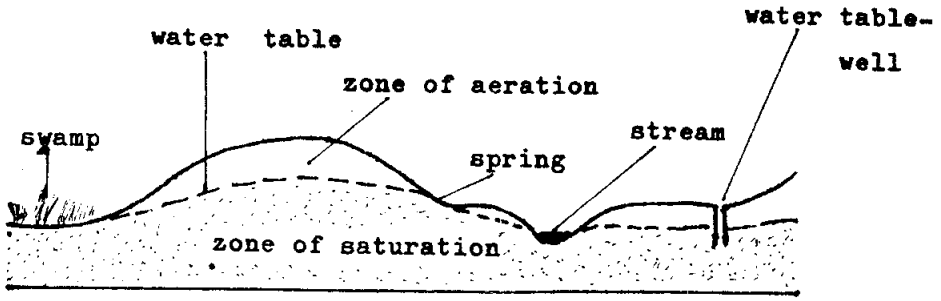
๒. น้ำใต้ดิน (Underground Water)

น้ำที่ซึมลงไปใต้ดินหรือน้ำใต้ดินนั้น ส่วนหนึ่งจะซึมซาบอยู่ในดินลึกกว่าที่รากไม้จะหยั่งถึง น้ำชนิดนี้มีประโยชน์โดยตรงสำหรับการเกษตรกรรม น้ำที่เหลือจากที่ดินดูดอมไว้จะไหลซึมลึกลงต่อไปอีกเป็นช่วงๆ สุดท้ายจะไปอุดกักเก็บไว้ในช่องว่าง(voids) ทุกชนิดประเภทในเนื้อหินหรือหินชั้น จนกระทั่งหินอิ่มด้วยน้ำ (water saturated) น้ำที่อุดกักเก็บอยู่ในหินดังกล่าวนี้เรียกว่าน้ำบาดาล

แหล่งที่มาของน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดิน ส่วนที่มากที่สุดคือน้ำจากบรรยากาศ ซึ่งได้แก่น้ำฝนที่ตกลงมายังผิวโลกนั่นเองเราเรียก meteoric water. หรือบางส่วนได้มาจากหินหลอมเหลวที่อยู่ใต้ผิวโลกที่เรียกว่า magmatic water. และจำนวนเล็กน้อยของน้ำใต้ดินได้มาจากน้ำที่ขังอยู่ในเนื้อหินตั้งแต่หินยังไม่แข็งตัวดีเราเรียก connate water.

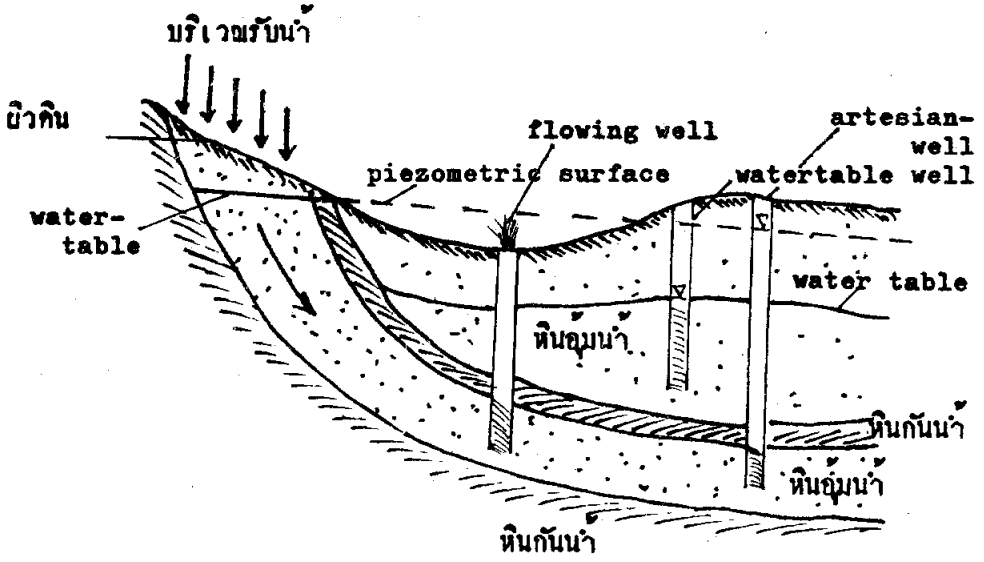
น้ำบาดาลมีระดับผิวเช่นเดียวกับน้ำผิวดินเรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน (water table) ระดับน้ำใต้ดินนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไปตามฤดูกาล และระ

ดับน้ำใต้ดินนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ชั้นหินหรือชั้นกรวดทรายถูกแบ่งในแง่อุทกวิทยาออกเป็น ๒ ส่วน ส่วนบนนับตั้งแต่ผิวดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินเรียกว่า โซนสัมผัสอากาศ (Zone of aeration) ชั้นดินหรือหินส่วนนี้ไม่มีน้ำอยู่เต็มทุกช่องว่าง หินส่วนล่างซึ่งอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินลงไปและมีน้ำบรรจุอยู่เต็มทุกช่องว่างเรียกว่า โซนอิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of saturation) ซึ่งถือเป็นแหล่งน้ำบาดาล(Ground water reservoir)



รูปที่ ๖.๙ แสดงชั้นน้ำบาดาล

ในบางแห่งที่หินวางตัวเป็นชั้นๆแต่ละชั้นวางตัวเอียงเทและมีคุณสมบัติที่จะเก็บหรือกักน้ำต่างกัน ก็อาจจะมีแหล่งน้ำบาดาลหลายๆชั้น เพราะน้ำที่ซึมจากผิวดินลงไปมีโอกาสที่จะซึมเข้าสู่หินอุ้มน้ำที่เอียงขึ้นสู่ผิวดินได้โดยตรง ดูรูปที่ ๖.๑๐ หินอุ้มน้ำแต่ละชั้นจะถูกขนาบด้วยหินกันน้ำทั้งข้างบนและข้างล่างทำให้เกิดแรงดันขึ้นในน้ำบาดาล ในกรณีเช่นนี้โดยธรรมชาติระดับน้ำบาดาลจะมีขอบเขตอยู่เฉพาะรอยสัมผัสระหว่างหินอุ้มน้ำกับหินกันน้ำซึ่งกดทับอยู่ข้างบน แต่ถ้าทำให้หินอุ้มน้ำแตกออกหรือเจาะบ่อลงไปจนถึงน้ำบาดาล แรงดันที่มีอยู่ในน้ำจะดันให้น้ำมีระดับสูงขึ้นไปอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งอาจจะสูงกว่าระดับผิวดินหรือต่ำกว่าระดับผิวดินที่จุดใดจุดหนึ่งก็ได้ ระดับน้ำบาดาลในกรณีเช่นนี้ไม่เรียกว่าระดับน้ำบาดาล (water table) แต่เรียกว่า ระดับความดัน (piezometric surface)



รูปที่ ๖.๑๐ แสดงชั้นน้ำที่มีแรงดันและไม่มีแรงดัน

ได้กล่าวแล้วว่าน้ำบาดาลจะเกิดอยู่ในชั้นหินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของหินที่จะเก็บน้ำไว้จนอิ่มตัวได้ จึงได้แก่ช่องว่างที่เกิดขึ้นในหิน หินที่จะเก็บน้ำได้ดีมีปริมาณมากจะต้องมีจำนวนช่องว่างมาก และแต่ละช่องต้องมีขนาดใหญ่และติดต่อถึงกันเพื่อให้น้ำบาดาลไหลถ่ายเทได้

การไหลของน้ำบาดาลมีสมบัติเช่นเดียวกับน้ำบนพื้นดิน คือไม่อยู่นิ่งจะไหลอยู่ตลอดเวลา ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ การไหลของน้ำบาดาลเป็นแบบ Laminar flow.

ฉะนั้นการไหลของน้ำบาดาลจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชั้นหินหลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุดได้แก่ ความพรุน (porosity) และความซึมได้ (permeability) โดยทั่วๆไปถือว่าความพรุนเป็นมาตรฐานที่จะชี้ให้เห็นว่าหินจะเก็บน้ำไว้ได้มากหรือน้อย ส่วนความซึมได้ถือเป็นมาตรฐานที่จะชี้ให้เห็นว่าชั้นหินจะยอมให้น้ำไหลไปได้เร็วหรือช้า หินอุ้มน้ำที่มีความพรุนมากและความซึมได้มากจะสามารถพัฒนาเอาขึ้นมาใช้ได้มาก เราเรียกหินอุ้มน้ำแบบนี้ว่า <u>ชั้นน้ำ</u> (aquifer)

น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินจะไหลออกสู่ผิวโลกในลักษณะของน้ำพุ (spring) น้ำซับ (seepages) ตามที่ลาดของเนินเขา หุบเขา หรืออาจไหลซึมไปรวมกับน้ำในแม่น้ำ ทะเลสาบ ทะเลและมหาสมุทร นอกจากนี้ก็จากการเจาะบ่อและนำน้ำบาดาลขึ้นมา

<u>น้ำพุ</u> (springs) เป็นน้ำใต้ดินที่ไหลออกมาตามธรรมชาติ ในลักษณะที่รุนแรงคือพุ่งขึ้นมา เกิดขึ้นจากการที่ระดับน้ำใต้ดินตัดกับ slope ของผิวดิน ดูรูปที่ ๖.๔ น้ำพุจะมีด้วยกันหลายชนิด น้ำพุบางชนิดอาจมีแร่ธาตุปนอยู่ด้วยซึ่งบางอย่างก็มีประโยชน์บางอย่างก็ให้โทษ

<u>น้ำซับ</u> (seepages) เป็นน้ำใต้ดินที่ค่อยๆซึมขึ้นมาบนผิวดิน ปริมาณน้ำน้อยกว่าน้ำพุ อยู่เป็นแอ่งน้ำเล็กๆ

<u>ไกเซอร์</u> (geysers) เป็นน้ำพุร้อน ซึ่งมีลักษณะการไหลแบบรุนแรงและพุ่งขึ้นมาเป็นระยะๆ แทนที่จะไหลติดต่อกันไปแบบน้ำพุ

<u>บ่อน้ำบาดาล</u> (wells) เป็นบ่อที่เจาะขึ้น โดยเจาะลึกลงไปยังชั้นน้ำและนำน้ำใต้ดินขึ้นมา บ่อน้ำบาดาลนี้แบ่งออกเป็น ๒ แบบคือ บ่อน้ำบาดาลธรรมดาหรือwater table well. เป็นบ่อที่เจาะลงไปยังชั้นน้ำที่ไม่มีแรงดัน อีกแบบหนึ่งคือบ่อน้ำบาดาลที่มีแรงดันหรือเรียก artesian well. เป็นบ่อที่เจาะลงไปยังชั้นน้ำที่มีแรงดันหรือมีระดับความดัน(piezometric surface) ดูรูปที่ ๖.๑๐

<u>ลักษณะที่เกิดขึ้นโดยการกระทำของน้ำใต้ดิน</u> (Ground water)

<u>เกิดจากการกัดเซาะ</u> (Erosion)

๑. Caverns. เป็นถ้ำซึ่งเกิดจากน้ำใต้ดินไปละลายหินบริเวณนั้น เช่นหินปูนหรือหินที่ง่ายต่อการละลาย แต่หินบริเวณใกล้เคียงยังไม่ละลาย บริเวณที่ละลายจะกลายเป็นโพรงใหญ่

๒. Tunnels. เป็นท่อหรือโพรงยาวซึ่งเกิดอยู่ใต้ผิวดินเนื่องจากมีน้ำใต้ดินเคยไหลผ่านและไปละลายหินบริเวณนั้น

๓. Sinkholes. เป็นหลุมที่ยุบตัว บริเวณที่มีหลุมที่ยุบตัวมากๆเราเรียก Karst Topography เกิดขึ้นมากบริเวณที่หินมีแร่ส่วนประกอบที่ง่ายต่อการละลาย เช่นหินปูน จะถูกอิทธิพลอันนี้มากที่สุด

<u>เกิดจากการทับถม</u> (Deposition)

๑. Geyser cones. การทับถมที่เกิดจากน้ำพุร้อน ส่วนมากเป็นสารพวก siliceous สะสมกันเป็นรูปกรวยใกล้บริเวณ Geyser.

๒. Terraced spring deposits. เป็นการทับถมบริเวณรอบๆที่น้ำพุพุ่งขึ้นมา มีลักษณะเป็นที่ราบหรือเนินกว้างเตี้ยๆ ส่วนมากเป็นการทับถมของแคลเซียมคาร์บอเนต ชนิดที่เรียกว่า travertine ถ้าเป็นพวกที่มีรูพรุนมากเรียก calcareous tufa การทับถมแบบนี้โดยมากเกิดจากน้ำพุร้อนที่เรียก Hot spring.

๓. Cave deposits. น้ำใต้ดินที่ไปละลายหินและทำให้เกิดถ้ำ น้ำส่วนนี้จะมีสารละลายปนอยู่ถ้าเกิดการระเหยจะทำให้เกิดการตกตะกอนสะสมกันเป็นลักษณะต่างๆเช่น หินงอก(stalagmites) หินย้อย(stalactites) และเสาหินจากพื้นจดเพดานถ้ำขึ้น

<u>ลักษณะที่เหลือให้เห็นภายหลังเกิดการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายอนุภาคไปยังที่อื่นแล้ว</u> (Residual)

๑. Natural bridges. เป็นสะพานธรรมชาติ เกิดจากอิทธิพลการกัดเซาะของแม่น้ำที่หายลงไปในดิน ทำให้พื้นที่นั้นเกิดเป็นอุโมงยาวต่อมาอุโมงนั้นอาจยุบตัวลงบางส่วน ส่วนที่เหลือมองดูคล้ายกับสะพาน

๒. Natural chinneys. เป็นบริเวณที่เป็นหน้ายาชันหรือหุบเหวลึกมาก เนื่องจากบริเวณนี้มีการกัดเซาะเกิดขึ้น

<u>๓. มหาสมุทร</u> (Ocean)

มหาสมุทรและทะเลเป็นแอ่งพื้นน้ำที่ปกคลุมผิวส่วนใหญ่ของโลก ตัวการ

ที่สำคัญที่สุดคือกระแสน้ำในมหาสมุทร (currents) และคลื่น (waves) ซึ่งเป็นตัวกัดเซาะพื้นแผ่นดินโดยตรงและกัดเซาะได้ดีมาก ขณะเดียวกันก็ช่วยแม่น้ำลำธารขนวัสดุสสารบนผิวดินให้มีทางไหลออกไปได้ ก้นทะเลเป็นแหล่งสุดท้ายของสิ่งต่างๆบนผิวโลก เป็นเหตุให้เกิดพื้นแผ่นดินที่เป็นหินตะกอนหรือหินชั้นด้วย

น้ำทะเลประกอบด้วยสารต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก เกลือต่างๆที่อยู่ในแม่น้ำจะลงไปสะสมในน้ำทะเลนับเวลาเป็นล้านๆปี ทำให้ปริมาณเกลือในน้ำทะเลเพิ่มมากขึ้น ขบวนการระเหยจะยิ่งทำให้ความเข้มข้นของเกลือมีมาก เราเรียกความเข้มข้นนี้ว่า Salinity พบว่าน้ำทะเลเค็มที่สุดหรือมี Salinity มากที่สุดนั้นมักเป็นบริเวณที่มีการระเหยได้มากที่สุดและมีฝนตกน้อย

นอกจากนี้น้ำทะเลยังมีแก๊สต่างๆปนอยู่อีกเช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งทั้งแก๊สและสารละลายเกลือแร่ในน้ำทะเลทำให้สิ่งมีชีวิตในทะเลมหาสมุทรดำรงชีวิตอยู่ได้

เนื่องจากว่ามหาสมุทรจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ทำให้น้ำในมหาสมุทรอุ่น บริเวณเส้นศูนย์สูตรน้ำในมหาสมุทรจะอุ่นมากและอุณหภูมิจะค่อยๆลดน้อยลงไปทางขั้วโลก และอุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำจะลดลงตามความลึกด้วยเช่นกัน

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลจะมีเป็นจำนวนมาก มีทั้งพืชและสัตว์ เราสามารถแบ่งออกได้เป็น ๓ พวกคือ

๑. Plankton เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากต้องใช้กล้องจุลทัศน์ส่องดู จะลอยตัวอยู่ในน้ำ เช่น foraminifera, radiolaria, diatoms.

๒. Nekton เป็นสิ่งมีชีวิตที่ว่ายไปมาในน้ำ เช่นพวกปลาชนิดต่างๆ และสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมบางชนิดเช่นปลาวาฬและแมวน้ำ

๓. Benthos เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ก้นทะเลทั้งที่ระดับตื้นและระดับลึก

การเคลื่อนไหวของน้ำในมหาสมุทร แบ่งออกได้เป็น ๓ ชนิดใหญ่ๆคือ

๑. คลื่นหรือ waves. คลื่นของน้ำทะเลเกิดขึ้นด้วยกระแสลมที่

พัดเป็นจังหวะไม่สม่ำเสมอบนผิวน้ำ ทำให้ระดับน้ำถูกความดันกดลง ณ. จุดต่างๆไม่เท่ากัน ระดับน้ำจึงสูงๆต่ำๆเป็นลูกคลื่น การเคลื่อนไหวของคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อหมุนผ่านลงไประดับน้ำทะเลลึก น้ำใต้ทะเลลึกจะไม่กระทบกระเทือนเลยแม้ว่าจะมีพายุใหญ่อยู่บนผิวทะเล บริเวณใกล้กับฝั่งทะเลจะตื้นทำให้คลื่นที่เกิดขึ้นม้วนตัวกลับขึ้นมาและแตกกระจายที่เราเรียกกันว่าคลื่นหัวแตก ส่วนริมฝั่งทะเลที่เป็นหน้าผาคลื่นลงไปได้ลึกก็จะกระแทกกับผนังของหินให้แตกหัก

คลื่นอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหวบริเวณก้นทะเล หรือภูเขาไฟระเบิดใต้น้ำ ซึ่งจะเป็นคลื่นลูกใหญ่และมีความเร็วมาก ทำความเสียหายร้ายแรง เราเรียก Tsunami หรือ Sea wave.

๒. กระแสน้ำหรือ currents. เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง กระแสน้ำที่เกิดขึ้นใกล้ชายฝั่งทะเลจะมีหลายชนิดด้วยกันโดยมากเกิดจากอิทธิพลของคลื่น เช่น

๑. Rip currents เป็นการไหลของน้ำจากฝั่งออกสู่ทะเลเป็นทางแคบๆ

๒. Longshore currents เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำขนานกับฝั่งหรือเอียงเล็กน้อย

๓. Offshore currents เกิดขึ้นบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งน้ำในแม่น้ำไหลออกสู่ทะเล

อิทธิพลของกระแสน้ำแบบนี้จะก่อให้เกิดการพัดพาอนุภาคต่างๆมากในบริเวณชายฝั่ง

ส่วนกระแสน้ำที่เกิดขึ้นในห้องมหาสมุทรลึกนั้นโดยมากเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่นกระแสลมที่พัดเป็นประจำ ความหนาแน่นของน้ำอันเนื่องจากมีความเค็มต่างกัน อุณหภูมิต่างกัน ทำให้เกิดการไหลวนเวียนขึ้น

๓. น้ำขึ้นน้ำลงหรือ tides การเปลี่ยนระดับน้ำทะเลเป็นประจำวันเราเรียกว่า "น้ำขึ้นน้ำลง หรือ tides " สาเหตุที่เกิดขึ้นก็เนื่องจากแรงดึง

ดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์กระทำกับโลก แรงดึงดูดของดวงจันทร์ทำให้น้ำบริเวณที่อยู่ตรงข้ามกับดวงจันทร์นูนสูงขึ้น ส่วนบริเวณซึ่งอยู่ระหว่างสองเขตนี้เรียกว่าน้ำลง ใกล้กับฝั่งความสูงของระดับน้ำจะสูง ๓ ถึง ๑๐ ฟุต ในบางแห่งพบสูงถึง ๕๐ ฟุต ถ้าออกไปในมหาสมุทรระดับน้ำจะสูงไม่เกิน ๒ ฟุต

ทั้งคลื่นและกระแสน้ำหรือบางครั้งน้ำขึ้นน้ำลง จะมีอิทธิพลมากบริเวณชายฝั่ง ความรุนแรงของคลื่นในช่วงที่มีพายุจะทำให้เกิดการเซาะพังมากบริเวณชายฝั่งหินแตกหัก และในบางบริเวณเช่นบริเวณปากแม่น้ำก็จะมีการทับถมเกิดขึ้น

<u>ลักษณะที่เกิดขึ้นโดยการกระทำของคลื่นและกระแสน้ำในมหาสมุทร</u> (Waves and currents)

<u>เกิดจากการกัดเซาะ</u> (Erosion)

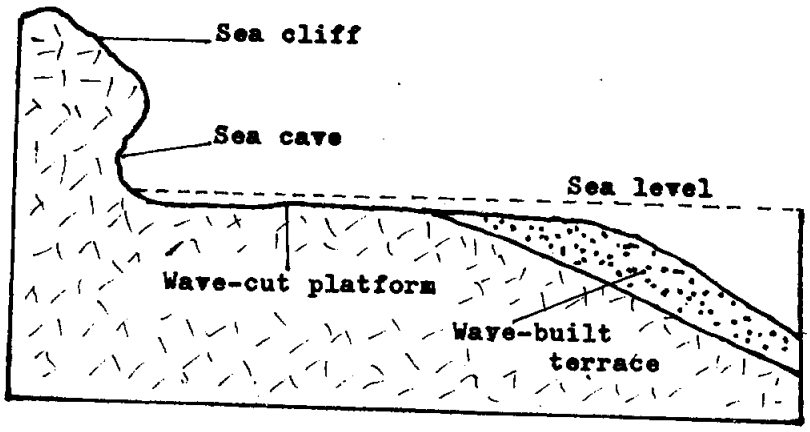
๑. Cliffed shorelines หรือ Sea cliffs เป็นหน้าผาริมทะเล เกิดจากคลื่นกระแทกกับหินทำให้หินแตกหักหลุดออกมา เป็นการกระทำที่รุนแรง

๒. Wave - cut platform เกิดขึ้นเมื่อคอนล่างของ Sea-cliff ถูกกัดเซาะมากเข้าคอนบนก็จะพังทลายลงมา ดังนั้น Sea cliff ที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะถอยร่นเข้าไปในแผ่นดินมากยิ่งขึ้น และทิ้งร่องรอยที่ราบของหินแข็งไว้ซึ่งเรียกว่า wave-cut platform หรือ bench หรือ terrace. และเศษหินที่เกิดขึ้นจากการแตกหักนี้จะไปสะสมกันเป็น wave-built terrace.

๓. Sea caves การกัดเซาะจะเกิดขึ้นมากบริเวณหินที่อ่อนทำให้เกิดเป็นโพรงขึ้นมากคล้ายถ้ำบริเวณชายฝั่ง

<u>เกิดจากการทับถม</u> (Deposition)

๑. Bars. เป็นการทับถมของตะกอนขนาด gravel, sand หรือ silt ในรูปลักษณะต่างๆกัน ตะกอนเหล่านี้ได้มาจากแม่น้ำพัดพามาสู่ทะเลและคลื่นพัดพามาทับถม จากรูปร่างและตำแหน่งที่มันสะสมกันอยู่ bars สามารถเรียก



รูปที่ ๖.๑๑ แสดงลักษณะที่เกิดจากการกัดเซาะ

ชื่อได้ต่างๆเช่น

Offshore bar หรือ Barrier beach มีลักษณะยาวและสันต่ำขนานกับชายฝั่ง และอยู่ห่างจากฝั่งโดยมี lagoon กั้นอยู่

Spits รูปร่างคล้ายตะขออยู่ติดกับแหลม (headland) โดยจะยื่นยาวไปทางปากอ่าว

Tombolos เป็น bar ส่วนที่เชื่อมเกาะกับแผ่นดินใหญ่

Bay bars เป็นการสะสมที่เกิดขึ้นบริเวณอ่าวที่ตำแหน่งต่างๆกัน

๒. Beaches. เป็นหาดทรายที่ยาวไปตามชายฝั่ง จะมีอนุภาคขนาดและชนิดต่างๆกัน แต่โดยมากเป็นเม็ดทราย ผิวหน้าของหาดทรายมักจะมีรอยคลื่นปรากฏอยู่อันเนื่องมาจากการกระทำของคลื่น

๓. Tidal deltas. เป็นการทับถมบริเวณปากน้ำ การทับถมนี้จะมีลักษณะคล้ายกับสามเหลี่ยมรูปพัด

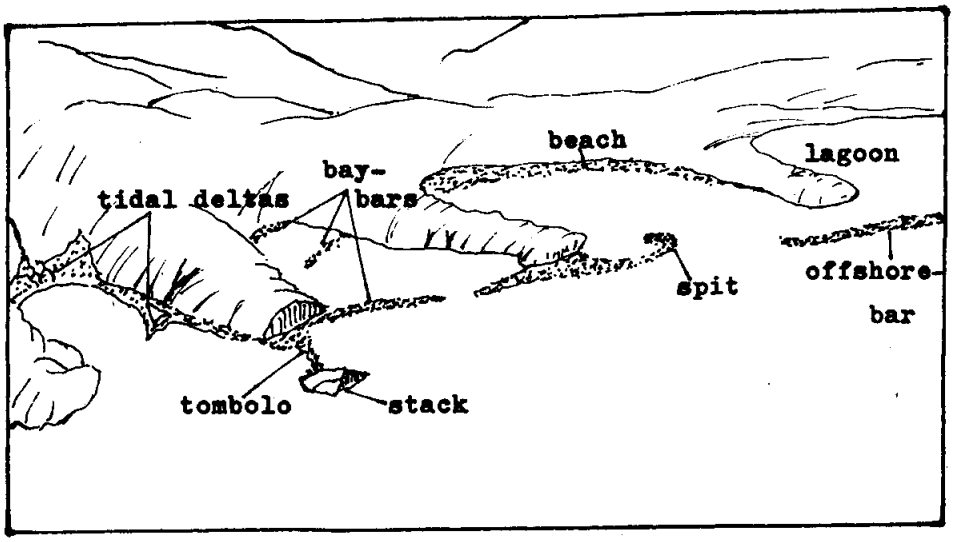
๔. ลักษณะชายฝั่งปะการัง เกิดจากการพอกพูนของสัตว์พวกปะการังเกาะสะสมตัวอยู่เป็นเวลานาน จะมีเฉพาะในเขตร้อนเท่านั้น เมื่อสัตว์ตัวเล็กๆเหล่านี้ตายไปก็จะทิ้งซากของหินปูนไว้เกิดเป็นลักษณะชายฝั่งทะเลปะการัง ซึ่งแบ่งออก

เป็น ๓ ลักษณะดังนี้

๑. Fringing reef ปะการังเกิดติดกับฝั่ง

๒. Barrier reef ปะการังเกิดห่างจากฝั่ง

๓. Atoll เป็นรูปวงแหวน เกิดตามเกาะในมหาสมุทร



รูปที่ ๖.๑๒ แสดงลักษณะที่เกิดจากการทับถม

<u>ลักษณะพื้นที่ที่เหลือให้เห็นภายหลังเกิดการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายอนุภาคไปยังที่อื่นแล้ว</u> (Residual)

๑. Stacks. เป็นเกาะโดดๆที่ถูกตัดขาดจากแผ่นดินใหญ่ จะอยู่ห่างจากแผ่นดินใหญ่ไม่มาก

๒. Arches. เป็นโพรงหินที่ทะลุถึงกัน

<u>๔. ธารน้ำแข็ง</u> (Glaciers)

ในบางส่วนของโลกที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดแข็ง (freezing point) เป็นเวลานาน น้ำจากบรรยากาศ (precipitation) จะตกลงมาในลักษณะของหิมะ (snow) ถ้าหิมะตกลงมามากกว่าที่มันละลายไป ก็จะเห็นหิมะตกสะสมกันทุกปีๆดัง

นั้นหิมะในชั้นล่างจะถูกกดทับด้วยหิมะตอนบน ในฤดูร้อนหิมะตอนบนเกิดการละลายไปบ้าง น้ำที่ได้จากการละลายหิมะก็จะไหลลงสู่ช่องว่างข้างล่าง ต่อมาก็จะแข็งตัวกลายเป็นน้ำแข็ง (ice) ทำให้เกิดเป็นกลุ่มก้อนของน้ำแข็งขึ้นและเริ่มเคลื่อนที่จากแหล่งที่มีการสะสมตัว พอมวลของน้ำแข็งนี้เคลื่อนที่เราก็เรียกมันว่า<u>ธารน้ำแข็ง</u>

ซึ่งกล่าวสรุปได้ว่าธารน้ำแข็งก็คือกลุ่มก้อนของน้ำแข็งซึ่งมีการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ กลุ่มก้อนของน้ำแข็งนี้เกิดขึ้นจากการสะสมตัวของหิมะ (snow) และกลายเป็นน้ำแข็ง (ice)

การเคลื่อนที่ของธารน้ำแข็ง มันจะเริ่มเคลื่อนด้วยแรงดึงดูดของโลกไปตามความลาดชันขณะที่หิมะกำลังสะสมตัว และนอกจากแรงดึงดูดแล้วยังได้รับความกดดันจากน้ำหนักของตัวมันเองด้วย บริเวณตอนกลางของธารน้ำแข็งจะเคลื่อนไปได้เร็วกว่าด้านข้างทั้งสองด้าน และตอนบนจะเร็วกว่าตอนล่าง ดังนั้นบริเวณตอนบนของธารน้ำแข็งจะมีรอยแตกที่เรียก crevasse ปรากฏอยู่ เนื่องจากแรง frictional.

เราจะพบว่าบริเวณที่มีธารน้ำแข็งนั้นเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ และมีหิมะตกมากเพียงพอที่จะกลายเป็นธารน้ำแข็ง ปัจจุบันพบว่าประมาณ ๑๐% ของแผ่นดินทั้งหมดปกคลุมด้วยธารน้ำแข็ง

<u>ชนิดของธารน้ำแข็ง</u>

ธารน้ำแข็งสามารถแบ่งออกได้เป็น ๓ ชนิดดังนี้

๑. Alpine glaciers ที่ให้ชื่อนี้เพราะพบมากที่เทือกเขา Alps. นอกจากนี้ยังพบตามเทือกเขาใหญ่ๆอีกเช่น Rockies, Andes และ Himalayas. จะเห็นว่าธารน้ำแข็งชนิดนี้เกิดขึ้นบริเวณภูเขาและหุบเขา และจะเคลื่อนไปตามหุบเขามองดูคล้ายกับการไหลของสายน้ำ บางครั้งเราเรียก Alpine glaciers อย่างอื่นได้อีกเช่น Valley glaciers, Mountain glaciers และ Local glaciers.

๒. Piedmont glaciers เป็นธารน้ำแข็งที่ปกคลุมอยู่บริเวณ

รอบๆดินเขาและแผ่ไปอย่างกว้างขวาง ได้มาจาก Valley glaciers หลายๆ อันรวมกันนั่นเอง จะมีการเคลื่อนที่ช้ามาก

๓. Continental glaciers หรือ Ice caps จะแตกต่างกับ Valley glaciers. โดยที่ธารน้ำแข็งชนิดนี้จะปกคลุมพื้นที่ทั้งหมดเป็นบริเวณกว้าง ปัจจุบันพบมากที่ Antarctica จะมีธารน้ำแข็งปกคลุมอยู่ ๕ ล้านตารางไมล์ และที่ Greenland ปกคลุมอยู่ ๗๓๐,๐๐๐ ตารางไมล์ และธารน้ำแข็งขนาดเล็กที่เรียก ice caps ปกคลุมอยู่บริเวณอื่นๆอีก เช่นที่ Iceland และ Arctic Island.

การเคลื่อนที่ของ Continental glaciers จะเคลื่อนจากตรงกลางออกไปทุกทิศทาง และจะเคลื่อนเร็วบริเวณขอบของธารน้ำแข็งซึ่งมีการละลายเกิดขึ้นมาก ถ้าธารน้ำแข็งชนิดนี้เคลื่อนลงสู่ทะเลจะเกิดการแตกหักขึ้น ชิ้นส่วนที่แตกหักและลอยอยู่ในทะเลนั้นเราเรียกว่า icebergs ซึ่งจะค่อยๆละลายไปอย่างช้าๆ

นอกจากนี้ถ้าธารน้ำแข็งทั้งชนิด Alpine หรือ ice cap เคลื่อนลงสู่ทะเล จะทำให้ชายฝั่งบริเวณนั้นเป็นแอ่งลึกเราเรียก fiords เช่นตามชายฝั่งทะเลของ Norway, Alaska และ Labrador.

<u>การกัดเซาะโดยธารน้ำแข็ง</u> (Erosion)

วิธีการกัดเซาะโดยธารน้ำแข็งเกิดขึ้นดังนี้

๑. การดึงให้หลุดหรือ Plucking. ถ้าบริเวณพื้นหินที่ธารน้ำแข็งเคลื่อนผ่านมีรอยแตกร้าวเนื่องจากมีน้ำแข็งขังอยู่ทำให้เกิดการพังทลายบริเวณนี้ ถ้าธารน้ำแข็งเคลื่อนต่อไปมันจะไปดึงเอาเศษหินบริเวณนั้นออกมาและพาเศษหินไป

๒. การขัดถูหรือ Scouring. เศษหินที่มาจากแหล่งต่างๆจะเป็นตัวช่วยให้ธารน้ำแข็งมีอิทธิพลในการเซาะพังมากขึ้น ขณะที่ธารน้ำแข็งเคลื่อนที่และหอบเอาเศษหินไปด้วย เศษหินจะไปขัดถูกับพื้นผิวที่มันเคลื่อนผ่านทำให้พื้นที่นั้นลึกกว่อนมีความลึกและความกว้างเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พื้นหินแข็งจะมีลักษณะเรียบและมี striations. เกิดขึ้นคือมีลักษณะเป็นลายเส้นเล็กๆขนานกันในพื้นหิน หรือมี grooves.

คือพื้นหินมีลักษณะเป็นคลื่น ทั้ง striations และ grooves พบมากในบริเวณที่ธารน้ำแข็งชนิด Continental glaciers ไหลผ่าน

๓. การพัดพาหรือ Transportation. เศษหินนอกจากจะได้มาเพราะอิทธิพลของธารน้ำแข็งโดยตรงแล้ว อาจจะได้มาโดยวิธีอื่นอีก เช่น แผ่นดินถล่ม แผ่นดินเลื่อน บริเวณผนังของหุบเขา หรือน้ำที่ละลายจากธารน้ำแข็งพามา และอาจจากลม ดังนั้นเศษหินที่ธารน้ำแข็งพัดพาจะมีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักต่างๆ กัน และการพัดพาโดยธารน้ำแข็งจะแตกต่างกับสายน้ำ เศษหินที่ธารน้ำแข็งพัดพาไปจะถูกหุ้มด้วยมวลของน้ำแข็งและพาไป ดังนั้นเศษหินจะแตกต่างกับเศษหินที่สายน้ำพัดพามา เศษหินที่สายน้ำพัดพาจะมีรูปร่างกลม ส่วนเศษหินที่ธารน้ำแข็งพัดพามาจะมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมๆ

นอกจากนี้ธารน้ำแข็งอาจพัดพาก้อนหินที่มีขนาดใหญ่มากไปได้ ทำให้เราเห็นมีก้อนหินใหญ่บางก้อนวางตัวอยู่บนพื้นหินซึ่งมีส่วนประกอบแตกต่างกัน เช่นก้อนหินใหญ่เป็นหินแกรนิตวางตัวอยู่บนหินชีสท์เป็นต้น เราเรียกหินก้อนใหญ่นี้ว่า Erratic.

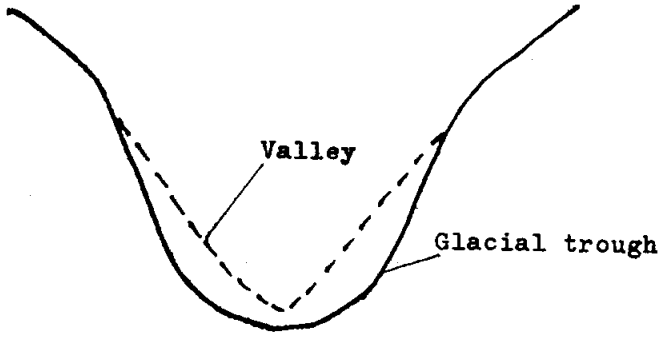
<u>การทับถมของธารน้ำแข็ง</u> (Deposition)

เนื่องจากว่าธารน้ำแข็งสามารถพัดพาตะกอนขนาดต่างๆได้ ดังนั้นตะกอนที่มาทับถมกันจึงมีขนาดต่างๆกัน การทับถมจะเกิดขึ้นได้ ๒ ระยะ คือระยะแรกเกิดการทับถมของตะกอนขณะที่ธารน้ำแข็งยังไม่ละลายไปหมด ตะกอนที่ทับถมกันจะมีหลายขนาดตั้งแต่ boulders, gravel, sand; clay และไม่มีการจัดขนาด (unsorted) เราเรียกว่า <u>Till</u> และระยะต่อมาเกิดจากน้ำที่ละลายมาจากธารน้ำแข็งเป็นตัวที่ทำให้เกิดการตกตะกอนทับถม พวกนี้โดยมากจะมีการจัดขนาดอย่างดี (sorted) เราเรียก <u>Glaciofluvial material</u>. เรารวมเรียกตะกอนที่ทับถมกันโดยธารน้ำแข็งหรือ till และทับถมโดยน้ำที่ละลายออกมาจากธารน้ำแข็งหรือ glaciofluvial deposits ว่า <u>Drift</u>

ลักษณะที่เกิดขึ้นโดยการกระทำของธารน้ำแข็ง (Glaciers)

เกิดจากการกัดเซาะ (Erosion)

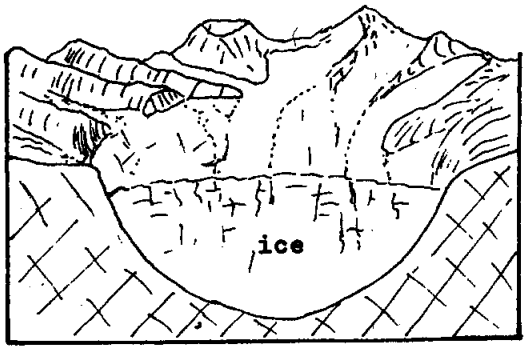
๑. Glacial troughs. เป็นหุบเขาซึ่งพื้นหุบเขามีลักษณะมนหรือเป็น U-shaped เกิดจากที่ธารน้ำแข็งเคลื่อนไปตามหุบเขาที่เกิดขึ้นใหม่ๆ ซึ่งมีลักษณะเป็น V-shaped และธารน้ำแข็งจะกัดเซาะให้พื้นหุบเขานี้เปลี่ยนไปเป็น U-shaped.



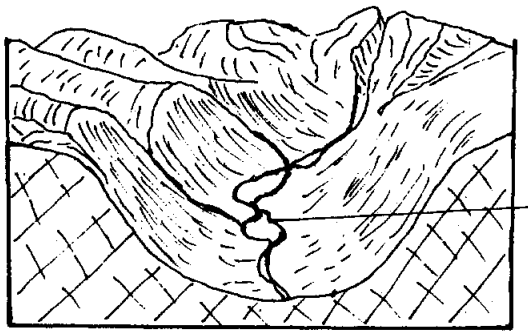
รูปที่ ๖.๑๓ รูปด้านตัดของหุบเขาก่อนและภายหลังธารน้ำแข็งเคลื่อนผ่าน

๒. Cirques. เกิดขึ้นบริเวณที่มี Valley glacier เกิดขึ้น cirque จะอยู่เหนือ Glacial trough ขึ้นไป มีลักษณะเป็นร่องลึกด้านบนชันและค่อยๆลาดลงมาตามหุบเขา

๓. Lake basins. แอ่งทะเลสาบบริเวณที่ Valley glacier เคลื่อนผ่านและละลายไปแล้ว มีอยู่หลายบริเวณเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป ในบริเวณ Glacial trough ถ้ามีน้ำที่ละลายมาจากธารน้ำแข็งขังอยู่เราเรียก finger lakes มีลักษณะยาวและแคบ ถ้ามีน้ำขังเป็นแอ่งเล็กๆหลายๆแอ่งติดต่อกันบนพื้นของ Glacial trough เราเรียก paternoster lakes ส่วนบน Cirques ถ้าธารน้ำแข็งละลายไปและมีน้ำไปขังอยู่เราเรียก tarns.

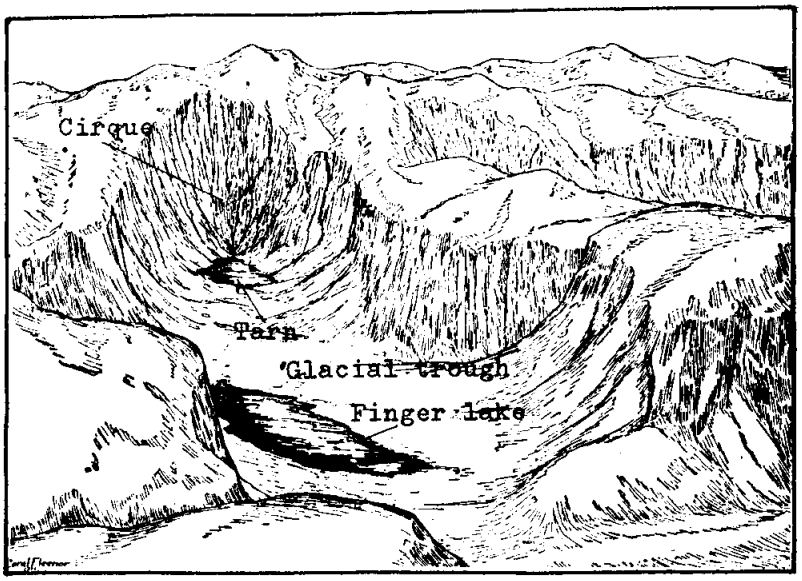


a. Trough fill with ice.



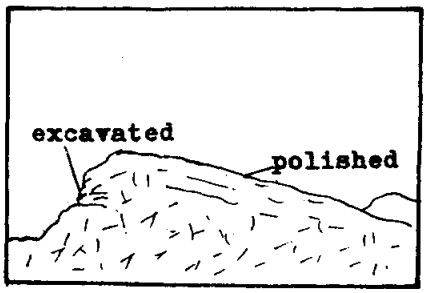
b. Trough free of ice.

รูปที่ ๖.๑๔ แสดงสภาพน้ำใน Glacial trough.



รูปที่ ๖.๑๕ แสดง Cirque และ Tarn

๔. Roches moutonnees. เป็นลักษณะเนินเขาที่เกิดขึ้นจาก Continental glaciers เคลื่อนผ่านและกัดเซาะให้ด้านหนึ่งของเนินเขามีความลาดเอียงมาก ส่วนอีกด้านหนึ่งมีลักษณะชัน



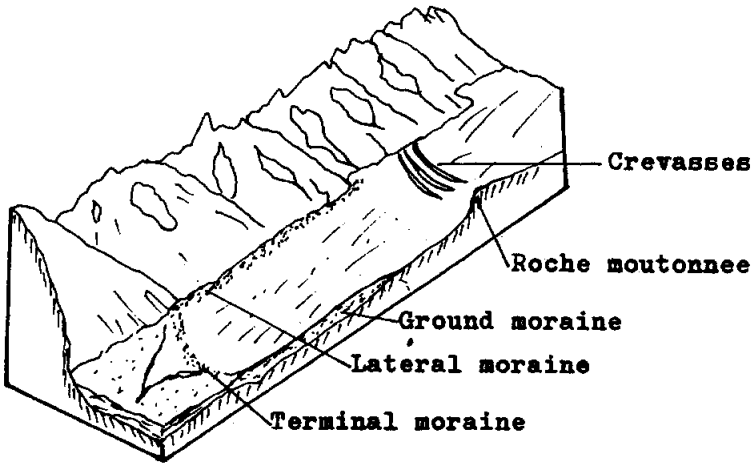
รูปที่ ๖.๑๖ แสดง Roche moutonnee

เกิดจากการทับถม (Deposition)

๑. Terminal moraine or end moraine. เป็นพื้นที่ส่วนท้ายสุดที่มีการสะสมของตะกอนที่ธารน้ำแข็งพามา อาจมีลักษณะเป็นสันขึ้นมาเล็กน้อย บริเวณนี้บางแห่งจะเป็นบ่อหรือบึงเล็กๆเราเรียก kettle topography หรือเป็นปุ่มเล็กๆเรียก knob. ดูรูปที่ ๖.๑๘

๒. Ground moraine. คล้ายกับ terminal moraine แต่ทว่ามีลักษณะเป็นที่ราบ เกิดขึ้นภายหลังที่ธารน้ำแข็งละลายไปหมดและทิ้งตะกอนสะสมเอาไว้

๓. Lateral moraine. พื้นที่ที่มีการสะสมของตะกอนเป็นสันยาวขนานกับหุบเขา เกิดขึ้นทั้ง ๒ ข้างของหุบเขา ถ้า Lateral moraine สองอันมารวมกันอยู่ตรงกลางของหุบเขา หรือตะกอนสะสมกันตรงกลางของหุบเขาเองเราเรียก Medial moraines.



รูปที่ ๖.๑๗ แสดงการเกิดของ Moraines.

๔. Drumlins. มีลักษณะเป็นเนินยาวและเรียบอยู่ใน ground moraine ด้านที่ยาวของ drumlins จะขนานกับทิศทางการเคลื่อนของ continental glacier โดยทั่วๆไปจะสูง ๒๕ ถึง ๑๕๐ ฟุต และยาว ๑/๔ ถึง ๑ ไมล์ ความกว้างจะเท่ากับ ๑/๒ ของความยาว และมีลักษณะชันมากเป็นการทับถมของตะกอนอย่างไม่เป็นระเบียบ ดูรูปที่ ๖.๑๔

๕. Glaciofluvial deposits. เมื่อธารน้ำแข็งละลายจะมีสายน้ำเล็กๆเกิดขึ้น และสายน้ำนี้ก็จะพัดพาตะกอนออกไปสะสมกันบริเวณถัดจาก terminal moraine มีทั้ง gravel, sand และ silt ซึ่งทับถมกันเป็นรูปคล้ายพัด (alluvial fan) โดยที่ตะกอนขนาดใหญ่ของ sand และ gravel จะทับถมกันบริเวณใกล้ terminal moraine. และพวกขนาดเล็กของ sand และ clay จะถูกพัดพาไปสะสมไกลออกไป บริเวณนี้เราเรียก <u>outwash plains</u>. ใน outwash - plains อาจจะมีหลุมที่เกิดขึ้นเนื่องจากครั้งหนึ่งมีก้อนน้ำแข็งฝังอยู่และต่อมาละลายไปเรียก <u>kettle holes</u> เช่นเดียวกับที่เกิดอยู่ใน terminal moraine.

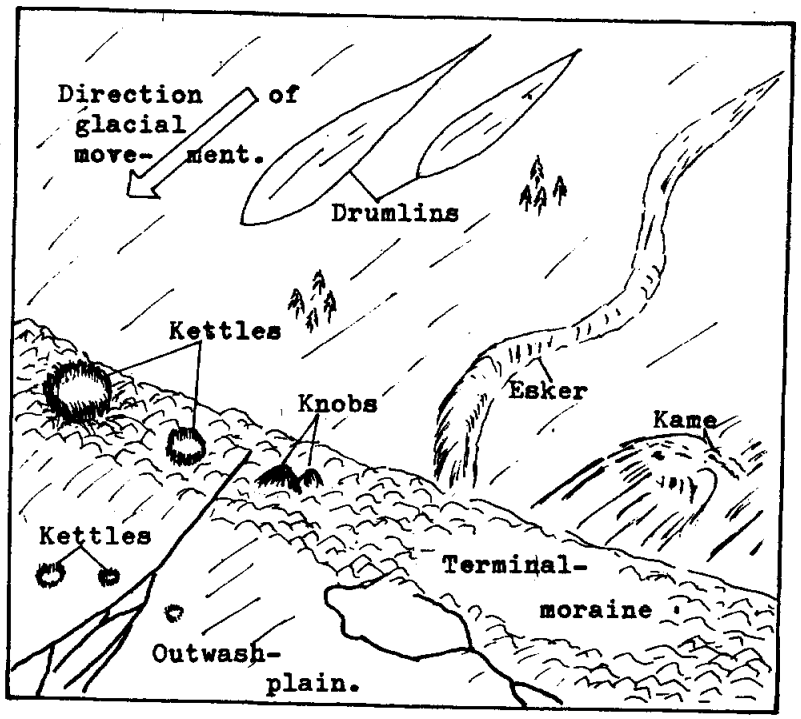
นอกจากนี้น้ำที่ได้จากการละลายของธารน้ำแข็งชนิด ice caps จะทำให้เกิดการสะสมของตะกอนที่มีการจัดขนาด (sorted) มีลักษณะเป็นเนินยาวหลายไมล์ไปตามทิศทางที่ธารน้ำแข็งเคลื่อน มีความสูงตั้งแต่ไม่กี่ฟุตถึง ๑๐๐ ฟุต และที่ฐานจะมีความกว้างไม่กี่หลา เราเรียก <u>eskers</u>

ส่วน <u>kames</u> เป็นการสะสมของ sand และ gravel โดยมีการจัดขนาด เกิดขึ้นขณะที่ธารน้ำแข็งละลายอย่างเร็ว

ตะกอนที่สะสมกันบริเวณหุบเขาโดยน้ำที่ได้จากการละลายของธารน้ำแข็งพัดพามาเราเรียก <u>valley trains</u>

การสะสมอีกอย่างหนึ่งที่จะกล่าวถึงคือการสะสมบริเวณทะเลสาบซึ่งเกิดขึ้นจาก continental glaciers. จะพบว่ามีตะกอนสะสมกันเป็นชั้นๆและมีลักษณะเหมือนกันเป็นคู่ๆ คือแต่ละคู่จะประกอบด้วย ๒ ชั้น ชั้นหนึ่งเป็นตะกอนที่ละเอียดและมีความหนาน้อย อีกชั้นหนึ่งตะกอนหยาบและมีความหนามาก เราเรียกแต่ละคู่ว่า

varve เชื่อว่าเป็นการตกตะกอนภายใน ๑ ปี โดยฤดูร้อนตะกอนหยาบจะตกสะสมก่อนและตะกอนขนาดละเอียดจะตกตามมาในฤดูหนาว ซึ่งแต่ละชั้นของ varve เราสามารถคำนวณเวลาในการตกสะสมออกมาได้



รูปที่ ๖.๑๔ ลักษณะทั่วไปที่เกิดขึ้นจากธารน้ำแข็ง

ลักษณะที่เหลือให้เห็นภายหลังเกิดการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายอนุภาคไปยังที่อื่นแล้ว (Residual)

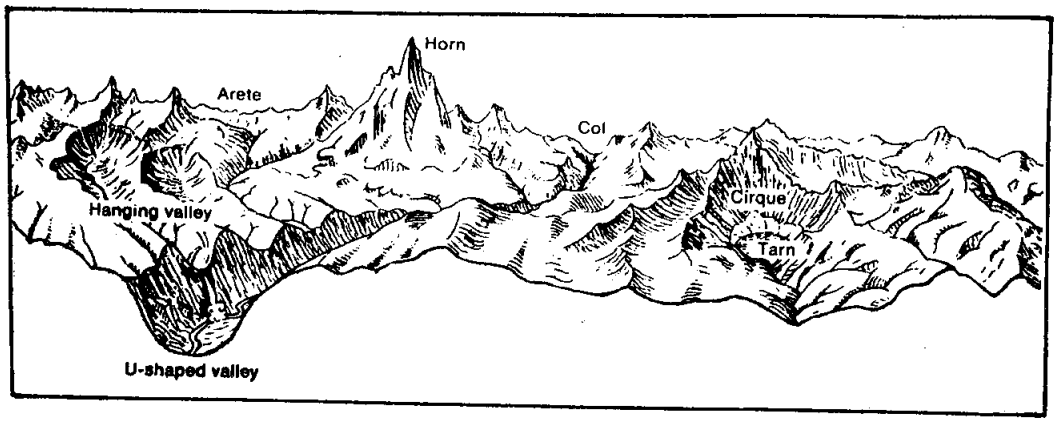
ทั้ง ๓ ลักษณะที่จะกล่าวถึงนี้เป็นผลจากธารน้ำแข็งชนิด Mountain glaciers. ดูรูปที่ ๖.๑๕ ประกอบ

๔. Horn. เป็นยอดแหลมชันสูง เกิดจากการที่มี cirques เกิดขึ้นรอบข้างของภูเขา ทำให้ภูเขาถูกกัดเซาะพังทลายไปเหลือเป็นยอดแคบๆแหลมชันเรียก horn. ถ้าบริเวณนั้นมี horn เกิดขึ้นมากเป็นจำนวนร้อยๆเราเรียก matterhorns เช่นที่ Swiss Alps.

ถ้าเกิดจากการกัดเซาะของ cirque สองตัวในทิศทางตรงข้ามจะให้ลักษณะเว้าคล้ายอานม้าเรียก col.

๕. Arete. เป็นสันภูเขายาวเกิดจากอิทธิพลของธารน้ำแข็งกัดเซาะสองข้างในทิศทางตรงข้าม ทำให้มีลักษณะสูงแหลมคล้ายฟันเลื่อยต่อเนื่องกัน อยู่ระหว่าง trough.

๓. Hanging valley. พบบริเวณที่เป็นภูเขา เกิดขึ้นเนื่องจาก Mountain glacier กัดเซาะหุบเขาใหญ่ให้เป็นร่องลึกได้มากกว่าหุบเขาเล็กๆ ดังนั้นเมื่อธารน้ำแข็งละลายไปเราจึงเห็นหุบเขาเล็กๆอยู่ระดับสูงกว่าหุบเขาใหญ่ อาจจะสูงกว่ากันหลายร้อยฟุต หุบเขาเล็กๆที่อยู่สูงเราเรียก hanging valley บางแห่งเราจะพบน้ำตกบริเวณนี้



รูปที่ ๖.๑๔ แสดงภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจากธารน้ำแข็งชนิด Mountain glaciers.

๕. ลม (Wind)

ลมคือการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิในบรรยากาศ

ลมเป็นตัวการสำคัญมากอย่างหนึ่งในขบวนการ Gradation. โดยเฉพาะในบริเวณที่มีต้นไม้ขึ้นน้อย หรือบริเวณที่ไม่มีสิ่งกีดขวางทางลม เช่นในแถบที่แห้งแล้ง แถบทะเลทราย หรือบริเวณชายหาดชายทะเล ริมฝั่งแม่น้ำ

ลมจะมีอิทธิพลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของลม

ลมสามารถพัดพาอนุภาคดินและทรายไปได้ แต่จะไปได้ไกลเพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับความเร็วของลมและขนาดของอนุภาค ขบวนการที่ลมพัดพา (transportation) อนุภาคไปแบ่งได้ ๓ ชนิดคือ

๑. แขวนลอย หรือ suspension. ลมจะต้องมีความเร็วสูงและอนุภาคมีขนาดเล็ก เช่นอนุภาคขนาดฝุ่น (dust) จะถูกลมหอบไปได้สูงและไกลกว่าอนุภาคขนาดทราย (sand)

๒. กลิ้งกระดอน หรือ saltation. ปกติเป็นการพัดพาอนุภาคขนาดเม็ดทราย เป็นการกลิ้งกระโดดไปเป็นช่วงๆ

๓. การกลิ้งไป หรือ rolling. เป็นการกลิ้งไปตามพื้นผิวดิน ซึ่งส่วนมากเป็นพวกอนุภาคขนาดใหญ่

ส่วนการกัดเซาะ (erosion) ของลม ก็แบ่งออกได้เป็น ๓ ชนิดเช่นกัน คือ

๑. Deflation. วิธีนี้เกิดขึ้นโดยที่ลมจะพัดพาเอาเศษหินเศษแร่ออกไปจากก้อนหินใหญ่อีกทีหนึ่ง เนื่องจากหินก้อนนี้มีการผุพังสลายตัวเศษหินเศษแร่จะยึดกันไม่แน่นง่ายต่อการถูกพัดพาไป

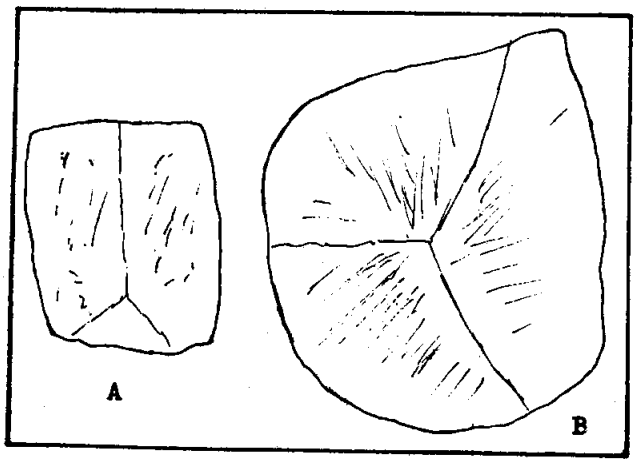
๒. การกระแทก หรือ Abrasion. เกิดจากการที่เม็ดทรายที่ลมพัดพามาไปกระแทกหรือปะทะกับสิ่งกีดขวางทาง ทำให้สิ่งนั้นสึกกร่อนไป

๓. การกระทบกันเอง หรือ Attrition. เกิดจากการที่เม็ดทราย

ที่ลมพัดพาไปกระทบกระทั่งกันเองทำให้เกิดการแตกหัก

ภูมิประเทศแถบทะเลทรายในบางบริเวณ เราจะเห็นมีอนุภาคก้อนใหญ่เหลืออยู่เป็นบริเวณกว้าง เราเรียกบริเวณนี้ว่า desert pavement หรือ rock pavement. เกิดขึ้นเนื่องจากลมพัดพาอนุภาคขนาดเล็กไปสะสมกันยังบริเวณอื่นหมด เหลือแต่อนุภาคขนาดใหญ่ไว้ ลักษณะของอนุภาคก้อนใหญ่ซึ่งมีขนาด pebbles และ cobbles จะมีผิวมัน และบางครั้งจะมีเหลี่ยมเป็นด้านๆซึ่งโดยมากมี ๓ ด้าน หรืออาจจะมีคลื่นเล็กน้อยเกิดจากการขัดถูของเม็ดทราย เราเรียกอนุภาคที่มีลักษณะเหล่านี้ว่า ventifacts ลักษณะเหล่านี้นอกจากจะเกิดขึ้นกับอนุภาคก้อนใหญ่แล้ว อาจจะเกิดกับชั้นหินแข็ง (bedrock) ก็ได้ โดยชั้นหินแข็งจะมีผิวมันและมีลักษณะเป็นคลื่นขนานไปกับทิศทางของลม ถ้าคลื่นมีขนาดใหญ่เราเรียกลักษณะชั้นหินนี้ว่า yardang

เมื่อความเร็วของลมลดลง อนุภาคขนาดและชนิดต่างๆที่ลมหอบเอามาก็จะเกิดการตกทับถมกัน โดยอนุภาคที่มีน้ำหนักมากจะตกก่อนและอนุภาคขนาดเล็กก็จะตกตามกันมาตามลำดับ



รูปที่ ๖.๒๐ แสดง Ventifacts

ลักษณะที่เกิดขึ้นโดยการกระทำของลม (Wind)

เกิดจากการกัดเซาะ (Erosion)

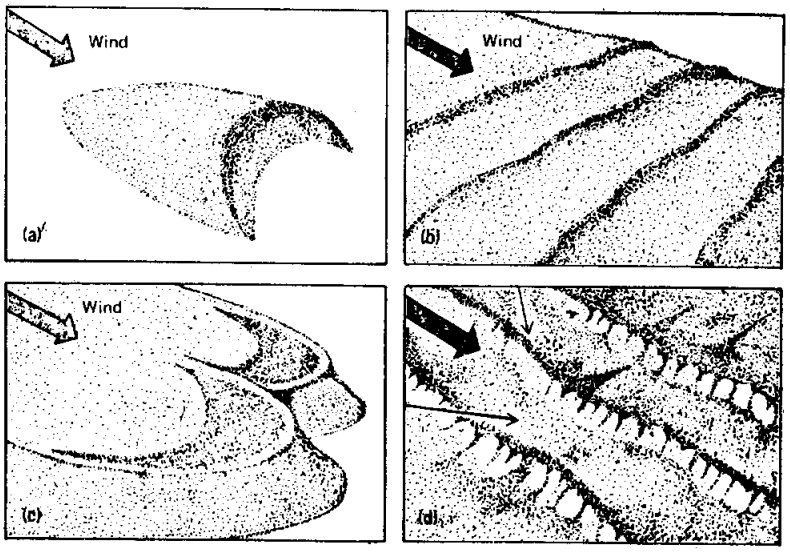
๑. Blowouts. มีลักษณะเป็นแอ่งใหญ่แต่ตื้น เกิดขึ้นบริเวณที่ราบ

๒. Wind caves. เกิดขึ้นบริเวณที่ลาด (slope) ของเนินเขา เป็นโพรงลึกคล้ายถ้ำเล็กๆ

๓. Blow holes. เกิดบริเวณเนินเขาเช่นเดียวกับ wind caves. แต่มีขนาดใหญ่และโพรงสองด้านของเนินเขาจะทะลุถึงกันได้

เกิดจากการทับถม (Deposition)

๑. Sand dunes. เป็นการทับถมกันของทรายหรือเม็ดแร่ควอทซ์ จะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปเนื่องจากทิศทางลม ความเร็วของลมและปริมาณของทรายที่ตกทับถม ทรายที่ตกทับถมกันจะมีการจัดขนาด Sand dunes ในแถบทะเลทรายจะมีขนาดใหญ่แต่ถ้าเกิดบริเวณชายฝั่งทะเลหรือริมน้ำจะมีขนาดเล็ก



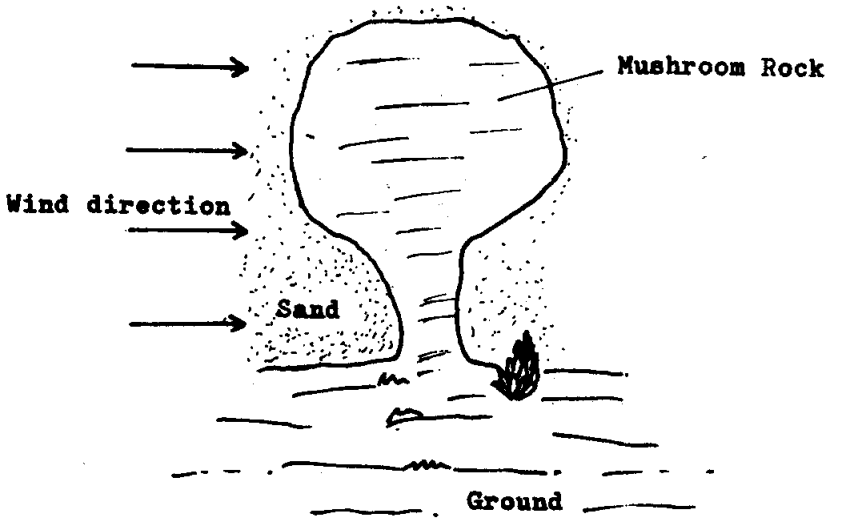
รูปที่ ๖.๒๑ แสดง Sand dunes ชนิดต่างๆ

จากรูปที่ b.๒๑ Sand dunes แต่ละรูปเรียกชื่อได้ดังนี้ (a)Bachans (b) Transverse dunes. (c) Parabolic or "blowout" dunes. (d) Longitudinal or seif dunes.

๒. Loess. เป็นการทับถมของอนุภาคที่เล็กละเอียดขนาด silt และ clay ซึ่งตกทับถมกันโดยไม่มีการจัดขนาดของอนุภาค มีรูปร่างไม่แน่นอน บริเวณ loess เหมาะสำหรับเพาะปลูกเพราะมีปุ๋ยดี เนื่องจากอนุภาคขนาด clay และ silt ถูกลมหอบเอามาจากแหล่งต่างๆซึ่งเป็นเศษแร่เสียส่วนมาก เช่นแร่ควอทซ์ แร่ไมก้า แร่แคลไซท์ ฯลฯ

<u>ลักษณะที่เหลือให้เห็นภายหลังเกิดการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายอนุภาคไปยังที่อื่นแล้ว</u> (Residual)

๑. Mushroom rocks. มีลักษณะคล้ายกับเห็ด โดยที่ตอนล่างลึกเข้าไปคล้ายถ้ำแต่ตอนบนจะคล้ายหน้ายา



รูปที่ b.๒๒ แสดงการเกิดลักษณะ Mushroom Rock.

๒. Mesas และ Buttes. จะพบบริเวณที่เป็นหินชั้นซึ่งวางตัวเอียงเล็กน้อยเท่านั้น Mesas เป็นเนินเขาที่มียอดราบ ส่วน Buttes จะมียอดแหลม