

FYSIKAALINEN MAAPERÄGEOLOGIA (SEDIMENTOLOGIA)

1. RUHJEET

Ruhjeet (fracture) 1. ei-plastiset liikunnot ovat yleisiä maan kuoressa (< 10 km syvyyteen asti, pieni paine 0 – 4 kb, 0 – 300 °C)

- ruhjevyöhykkeet voivat olla pituudeltaan satoja, jopa tuhansia kilometrejä; toisaalta mikrosäröt vain muutamia millimetrejä
- ruhjeet on yleistermi joka sisältää siirrokset (fault) ja rakoilun (joint)

Rakoilu

- kallion rakoilulla tarkoitetaan kalliossa esiintyviä tasoja tai pintoja, jotka jakavat kiven erillisiksi osiksi. Kiveä jakavien tasojen tai pintojen suhteen suhteen ei ole tapahtunut mitään havaittavaa liikettä.
- liikettä saattaa olla tapahtunut kohtisuorassa näitä tasoja tai pintoja vastaan (avoimia rakoja tai säröjä)
- kallioperässä on aina jännityksiä (voima / pinta-ala), jotka aiheutuvat siihen kohdistuvista voimista
- voimat, jotka kohdistuvat kallioperään johtuvat pääasiassa 1) gravitaatiovoimista 2) tektonisista voimista
- jäätiköityneillä alueilla glasiotektonismi voi aiheuttaa rakoilua tai siirrostumista
- useimmat raot syntyvät joko leikkausjännityksestä tai vetojännityksestä
- jännityksen normaalikomponentti voi olla joko puristusjännitys (compressive stress) tai vetojännitys (tensile stress), tangentialikomponenttia kutsutaan leikkausjännitykseksi (shear stress)
- jännitys aiheuttaa kappaleeseen muodonmuutoksen (strain)
- kun jännitysero ylittää kiven lujuusarvon tapahtuu kiven murtuminen
- yleensä leikkausjännityksen aiheuttamat raot muodostavat kovissa kivissä (esim kvartsiitti) alle 45° kulman maksimijännityksen pääkomponentin kanssa (P1), yleensä 25° - 30° – murtumatasoja voi olla kaksikin ns. konjugoitu systeemi

- pehmeissä kivissä esim. saviliuske murtumatasot ovat yli 45° kulmassa P1:n kanssa
- kallioperän rakoilu vaikuttaa merkittävästi rapautumiseen ja eroosioon ja tätä kautta morfologiaan
- esim. kalliopaljastuman muoto on ensisijaisesti riippuvainen kallion rakoilusysteemistä
- pakkasrapautuminen, biologinen rapautuminen tehokasta kun kallion rakoilu on hyvin kehittynyt
- rantavoimat erodoivat helpommin rakoilluttua kalliota, ja lahtien ja niemien esiintyminen kuvastaa usein kallion rakoilusysteemiä, samoin sisämaan jokien suunnat

Rakojen geometrinen luokitus:

- 1) pitkittäisraot, 2) poikittäisraot ja 3) diagonaaliraot
- pitkittäiset kulkuraot (strike joints) syntyvät poimun harjalle, voivat olla myös kerrosten suuntaisia (bedding joints)
 - poikittäisraot eli kaaderaot (dip joints) ovat ekstensorakoja
 - diagonaaliraot ovat leikkausjännitysrakoja

Pylväsrakoilu:

- esiintyy tiheissä ja hienorakeisissa magmakivissä (esim. basalteissa), tensorakoja

Sulkarakoilu:

- siirroksiin liittyviä tensorakoja vinossa kulmassa siirrostasoon nähden

Pengerrakoilu:

- horisontaalinen rakoilu, joka seuraa kalliopinnan topografiaa, graniiteissa varsin yleinen

Rakojen rakennusgeologinen luokittelu:

- 1) kuutiorakoilu – lähinnä graniiteissa
- 2) laattarakoilu – yhden rakosuunnan rakoväli on muita tiheämpi ja säännöllisempi (pengerrakoilu), laattarakoilu voi olla myös vertikaalista tai kaltevaa

- 3) kiilarakoilu – esim. metamorfisissa kivissä kaateen ja kulun suuntaisten rakojen sekä diagonaalisten rakojen esiintyessä lähes yhtä selvänä syntyy kaksi tai usempi hyvin kehittynyt rakosysteemi, joissa vähintään kaksi suuntaa leikkaa toisensa $20^\circ - 60^\circ$. Kalliolohkot ova tällöin kiilamaisia
- 4) sekarakoilu – kalliiossa ei ole selvästi vallitsevaa rakosuuntaa. Raot ovat mutkittelluvia ja erisuuntaisia. Yleensä migmatiiteissa ja emäksisissä massiiveissa
- rakennusgeologiassa rakotiheydellä tarkoitetaan yksittäisten rakojen keskinäistä etäisyyttä: rakojen väli > 1 m = harvarakoinen, 0,3m – 1,0 m runsarakoinen, 0,1 – 0,3 m tiheärakoinen
 - eri kivilajeilla on oma rakoilutapansa: graniitit, hiekkakivet – pengerrakoilu, emäksiset pintakivet – pylväsrakoilu, gabrot ja muut emäksiset kivilajit – rakoilu epäsäännöllistä, metamorfisten kivien rakoilu – seuraa kiven liuskeisuutta, myös pengerrakoilua
 - kalliiossa olevan raot voivat olla tiiviitä (kompressio ja leikkaus), avoimia (tensio) tai täytteisiä (haarniskarako - leikkaus, savirako- tensio tai leikkaus, mururako – yleensä tensio)

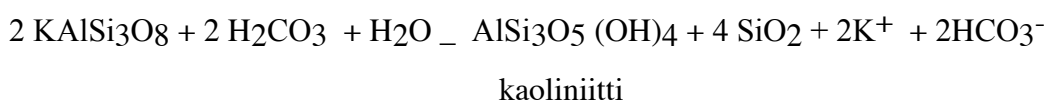
- kemiallisessa rapautumisessa kapillaarivesi toimii liuottimena ja ioninvaihto tapahtuu sekä kapillaarivedessä että hygroskooppisessa vedessä
- kemiallisessa rapautumisessa erotetaan yleensä neljä prosessia:

1) liukeneminen:

- tavallisimmat kivet koostuvat pääosin alumiinisilikaateista; piihappo on heikosti liukeneva kaikissa pH arvoissa, alumiinioksidi liukenee liuoksiin, joiden pH on alle 4 tai yli 8,5
- happamat liuokset vaikuttavat eri mineraaleihin eri tavoin; jotkut liukenevat kokonaan ja jotkut siten, että jäljelle jää pii- ja alumiinioksideista koostuva runko, monet hyvin huonosti
- haliitti, kalkkikivi (kylmä vesi), dolomiitti liukenevat hyvin; kiilteet, kloriitit ja savimineraalit liukenevat osittain ja jättävät piitedraedristä ja alumiinioktaedreistä koostuvan rungon; lähes liukenemattomia mineraaleja ovat esim. kvartsi, zirkoni, turmaliini, ilmeniitti, sillimaniitti ja kyaniitti
- rapautumisessa kiven mineraaleilla on tietty poistumisjärjestys esim. graniitin ionien suhteellinen poistumisjärjestys $Ca > Mg > Na > Ba > K > Si > Fe = Mn > Ti > Al$

2) hydrolyysi l. happo-emäs reaktio eli piihapon suolan eli silikaatin ja veden välinen reaktio

- tässä prosessissa syntyy mm. savimineraalit, jotka ovat lähinnä maasälpäen mutta myös biotiitin, pyrokseenien ja amfibolien rapautumistuotteita



- kun veden virtaus rapautumisvyöhykkeessä estyy, eivät alkali ja maa-alkalimetallit pääse huuhtoutumaan pois, tällöin syntyy kalium- ja/tai kalsiumpitoisia savimineraaleja (myös Na ja Mg pitoisia savimineraaleja)
- mikäli kaliumia on ylimäärin, syntyy illiitti nimistä savimineraalia, mikäli kalsium ei kulkeudu pois vaan jää savimineraalihilaan syntyy montmorilloniittia
- kaoliniitin edelleen rapautuessa liukenee piihappokin ja jäljelle jää alumiinihydroksidia, yleensä gibsiitti nimistä mineraalia
- rapautumisiin rikastuu yleensä myös ferrihydroksidia ja ferroksidia

3) hydraatio on prosessi, jossa mineraali absorboi vettä muuttuen toiseksi mineraaliksi esim. hematiitti muuttuu goethiitiksi, anhydriitti kipsiksi jne.

4) ioninvaihto – reaktio liuoksissa olevien ja mineraaleihin absorboituneiden ionien välillä

- esim. Ca-montmorilloniitin joutuessa Na-pitoiseen liuokseen syntyy Na-montmorilloniittia
- mineraalien ioninvaihtokapasiteetti ilmoitetaan milliekvivalentteina 100g näytettä kohden esim. montmorilloniiteilla 35 – 100 me/100g ; kaoliniiteilla 3 – 15 me/100g; kvartsi alle 1 me/100 g
- myös hapettuminen on rapautumisprosessi, esim. FeO muuttuu Fe₂O₃
- graniitin käyttäytyminen kemiallisessa rapautumisessa:

SiO₂:

- jää rapautumattomaan ainekseen ja rapautumistuotteisiin (savimineraaleihin), osa kulkeutuu pois liuenneena veteen

Al₂O₃ :

- jää sekä rapautumattomaan ainekseen että pääasiassa rapautumistuotteisiin (savimineraalit)

Fe₂O₃ :

- suurimmaksi osaksi pigmenttinä verhoten muita rakeita

FeO :

- hapettuu Fe₂O₃

MgO :

- poistuu veden mukana, osa jää rapautumattomaan ainekseen ja osa savimineraaleihin

CaO :

- kuten MgO mutta aridisessa ilmastossa vaikealiukoinen

Na₂O:

- poistuu veden mukana

K₂O:

- pysyy rapautuvassa mineraalissa (biotitti ja kalimaasälpä) kunnes muuttuu illiitiksi, liukenee ja poistuu veden mukana illiitin muuttuessa kaoliniitiksi

H₂O :

- pääasiassa savimineraaleissa, osa jää rapautumattomaan kiilteeseen

Fysikaalinen rapautuminen

- kaksi päätyyppiä: lämpörapautuminen ja pakkasrapautuminen
- lämpörapautuminen on tyypillisimmillään esim. aavikkoympäristöissä, joissa vuorokauden lämpötilaerot ovat suuret
- lämpörapautumisessa eri mineraalit lämpölaajenevat eri tavoin ja tämä johtaa lopulta kivien rikkoutumiseen (esim. graniittiset kivet, joiden mineraalien lämpölaajenemiskertoimet ovat erilaiset rapautuvat helposti; toisaalta esim kalkkikivi kestää hyvin lämpörapautumista)
- magma- ja metamorfisissa kivissä raekoko ja rakeiden kutous vaikuttavat kivien mineraalien irtautumiseen ja lohkeamiseen erisuuntaisiksi rakeiksi
- hienorakeisten kivien rapautumistuotteen (klastit tai sora) koostuvat kukin monesta mineraalista
- karkearakeiset magmakivet tuottavat rapautuessaan rakeita, jotka koostuvat kukin vain yhdestä mineraalista
- monomineraalisissa ja tasarakeisissa sedimenttikivissä matriksi määrää rapautumisessa syntyvän raekoon ja rakeiden muodon
- yleisesti ottaen karkearakeiset kivet rapautuvat hienorakeisia nopeammin, magmakivien rapautuessa raekoko on yleensä sama kuin jos kivi olisi keinotekoisesti murskattua ja sedimenttikivien raekoko on yleensä sama kuin sedimentin, josta kivi on syntynyt

- pakkasrapautumisessa raoissa oleva vesi jäätyy ja laajentaa rakoja
- pakkasrapautumisen kannalta tärkeitä ovat pienet raot l. huokokset ja mikroraoit, näissä vesi esiintyy kapillaarisena (vetenä vielä useissa pakkasasteissa)
- kun suuremmissa raoissa vesi jäätyy, huokosissa ja mikroraoissa oleva kapillaarivesi virtaa kohti suurempien rakojen jääkiteitä, jotka laajenevat nopeasti ja aiheuttavat jännitystä rakojen sivustoille johtaen lopulta kiven halkeamiseen
- jään sulaessa keväällä kivi irttaa kalliosta (talusmuodostumat ja kivivyöryt)

Biologinen rapautuminen:

- juurien mekaaninen vaikutus kalliorakoihin
- kasvien juuret lisäävät maahuokosissa olevan veden ja ilman hiilidioksidipitoisuutta lisäten maassa olevan veden hiilidioksidipitoisuutta ja happamuutta
- juuret tekevät maahan onkaloita, joita myöten vesi ja ilma kulkevat tehostaen rapautumista
- orgaanisista jätteistä syntyvät humushapot lisäävät veden liuotuskykyä
- kivien pinnalla kasvavat jäkälät voivat aiheuttaa tehokasta rapautumista

Eri mineraalien rapautumiskestävyys:

- rapautumiskestävyys riippuu mineraalikoostumuksesta, kutouksesta ja kivien mekaanisesta rikkonaisuudesta

tummat mineraalit - oliviini > enstatiitti, hypersteeni > augiitti > sarvivälke > biotiitti

vaaleat mineraalit – anortiitti > bytowniitti > labradori > andesiitti > oligoklaasi > albiitti

> kalimaasälpä (mikrokliini kestävämpää kuin ortoklaasi)

- sekä tummia että vaaleita mineraaleja kestävämpiä ovat muskoviitti ja kvartsi
- rapautumista hyvin kestäviä kivilajeja ovat keskirakeinen graniitti ja graniittigneissi, myös gabrot, diabaasit, peridotiitit, amfibolit, sarvivälkerikkaat gneissit (sarvivälkkeen tekstuuri tiivis ja sitkeä) ja etenkin kvartsiitti
- rapautumista heikosti kestäviä kiviä ovat pegmatiitit, karkearakeiset graniitit ja maasälpärikkaat graniitit

Rapautumislakat (rakennusgeologiset) (kemiallinen rapautuminen)

Rp0 – terve ja kova – mineraalit muuttumattomia tai heikosti muuttuneita

Rp1 – osittain muuttunut ja pehmennyt – plagioklaasi voimakkaasti serisiittiytynyt, myös biotiitin kloriittiutuminen on pitkällä, kalimaasälpä muuttumaton

Rp2 – melkein tai kokonaan muuttunut, pehmeä ja hauras – plagioklaasi ja biotiitti muuttunut melkein täydellisesti savimineraaleiksi, osa rapautuneesta aineksesta on syöpynyt pois, mikroraoissa usein savimineraaleja ja rautahydroksidipigmenttiä

Rp3 – koostuu suurimmaksi osaksi savimineraaleista, joukossa vielä kvartseja ja maasälpärakeita

Erityyppisiä rapautumismuotoja:

Tafonirapautuminen – pieni ja suuria syvennyksiä kiven pinnalla

- rapautumisen aiheuttaa kiveen imeytyvä vesi, joka rapauttaa mineraaleja kiven heikkousvyöhykkeiden ympärillä.
- kuivina aikoina vesi kulkeutuu kapillaarisesti takaisin tuoden mukanaan liuenneita suoloja kiven pinnalle, jossa ne saostuvat (piihappo, rauta ja mangaanioksidit saostuvat) ja suojaavat tervettä kiveä
- rapautunut kuori kuitenkin hajoaa ennen pitkää ja valuu pois jättäen kuopan
- tafonirapautumista esiintyy seuduilla jossa pitkät kuivat ja lyhyet sadekaudet vuorottelevat

Pallomainen rapautuminen (onion skin weathering):

- aiheuttaa lähinnä kuutiollinen rakoilu, jolloin rapautumisliuokset ympäröivät kuution ja rapauttavat tehokkaimmin kulmia, jolloin tapahtuu hilseilyä ja kuutio pyöristyy
- jotkin kohdat saattavat jäädä rapautumatta ja näin syntyy ns. tooreja eli patsasmaisia rakennelmia (esim. Nattastunturin laella)

Hilseily (exfoliation):

- pallomaisen rapautumisen suurimittakaavaisempi muoto, jossa kallion pinnalta irtoaa kivilaattoja (lämpöhilseily ja sheeting rakoilu) (Rio de Janeiron sokeritoppavuori)

Ilmaston vaikutus rapautumiseen:

- maapallolla on erotettavissa erilaisia rapautumisvyöhykkeitä alueellisten ilmasto-olosuhteiden mukaan:
 - 1) korkea keskilämpötila kosteilla alueilla lisää kasvillisuutta ja kemiallista rapautumista
 - 2) korkea klt aridisilla alueilla vähentää kasvillisuutta ja vähentää kemiallista mutta lisää mekaanista rapautumista
 - 3) matala keskilämpötila kosteilla seuduilla aiheuttaa ikiroutaa ja maan jäätymistä vähentäen kemiallista rapautumista
 - 4) matala keskilt kuivilla seuduilla lisää mekaanista rapautumista kun taas kemiallinen rapautuminen on lähes olematonta

Rapautumisilmiöt Suomessa:

- laajimmat rapautuma-alueet esiintyvät Keski-Lapissa, periglasiaalisia rapautumia, paksuus monin paikoin yli 50 m

- granuliitin päällä olevasta rapaumasta on tavattu mm. kaoliniittia, vermikuliittia, illiittia ja kloriittia, jäännösmineraaleina tavataan pääasiassa kvartssia, granaattia ja kalimaasälpää
- postglasiaaliaikana rapautuminen on ollut supra-akvaattisilla alueilla keskimäärin n. 2 – 5 cm ja subakvaattisilla alueilla 0 – 3 cm
- rapakivi moroutuu

3. MAANNOS JA MAANNOSTUMINEN

- maannos on rapautuman tai irtomaakerroksen pintaosa, jossa fysikaalinen ja kemiallinen rapautuminen toimivat yhdessä biologisten prosessien kanssa
 - maannosprosessit riippuvat ilmastosta ja maannokset kehittyvät erilaisiksi eri ilmasto-olosuhteissa (myös kivilaji ja irtomaan laatu ja topografia, elävät organismit, maannostumisen kesto-aika, viljelystöiden vaikutus vaikuttaa maannostumisprosesseihin)
 - tilavuuden mukaan maannoksen koostumus keskimäärin: 45% mineraaliainesta, 25% vettä, 25% ilmaa and 5% orgaanista ainesta
 - maapallolla esiintyy tuhansia erilaisia maannoksia.
-
- maannosprofiili on maannoksen vertikaalileikkaus ja maannosprofiilin paksuus riippuu monesta eri tekijästä
 - ylin kerros ns. O horisontti koostuu orgaanisesta aineksesta (lehdet yms.) ja sen väri on yleensä musta
 - A horisontti (hieman vaaleampi kuin O horisontti), irtonainen aines, jossa vielä orgaanista ainesta mineraaliaineksen lisäksi. A horisontista on jo huuhtoutunut helposti liukenevia mineraaleja ja alkuaineita
 - E horisontti – uutemaa, väriltään vaaleampi kuin A
 - B horisontti – rikastumiskerros; on väriltään yleensä vaaleampi kuin A. Vähän orgaanista ainesta. Suurin osa A ja E horisonteista kulkeutuneista materiaaleista saostuu tähän horisonttiin
 - C horisontti maannoksen ja terveen maan vaihettumisvyöhyke, terve maa on osittain rapautunut
-
- on olemassa kolme päämaannostyyppiä:
 1. Lateriittimaannos – trooppinen maannostyyppi, punaisen ruskea
 2. Pedalfermaannos – lauhkeiden vyöhykkeiden maannos, rauta ja alumiini pyrkivät rikastumaan
 3. Pedocalmaannos – kuivien vyöhykkeiden maannos, kalsium pyrkii rikastumaan

Maanoksien taksonomia (US Soil Survey)

- 1) Entisol – maannokset, joissa ei vyöhykkeisyyttä, monet nuoria maannoksia esim. alluviaaliympäristöissä, myös täyttömaat
- 2) Vertisol – joillakin trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla, joissa paisuvahilaisia savimineraaleja (smektiittiryhmän savimineraaleja), sadekautena paisuu, kuivana kautena kutistuu – syntyy heksagonista rakoilua maan pinnalle.
- 3) Inseptosolit – yksi tai useampi horisontti kehittyy nopeasti, horisontit vaihtuvarajaisia, usein nuoria maannoksia, pinnalla orgaanista ainesta ja sen tuotanto kohtuullinen, usein metsämailla; alueilla, joissa kohtalainen sadanta ja kosteus arktisilta alueilta aina tropiikkiin.
- 4) Aridisolit – aavikkoympäristön maannokset, vähäinen orgaanisen aineksen tuotto, yksi horisontti, jossa kipsiä, kalsiittia, muita suoloja rikastuneena.
- 5) Mollisolit – maannoksia hallitsee hyvin kehittynyt A horisontti (esim. preeria maannokset), pintavyöhyke emäksinen.
- 6) Spodosolit – happamia maannoksia, jotka syntyvät yleensä hiekkaisilla mailla. tuhkanharmaa uuttumiskerros ja rikastumiskerroksessa rauta-alumiini ja humushappojen saostumia. Boreaalisten ja lauhkeiden vyöhykkeiden maannos.
- 7) Alfisolit – ruskea tai harmaan ruskea pintahorisontti A & E. Alemmassa horisontissa savipitoisuus kasvaa ja vyöhykkeeseen on saostunut Ca, Na, Mg (> 35% kaikkien kationien summasta). Kosteilla ja metsäisillä keski-leveysasteilla.
- 8) Ulfisolit – savirikas, vähän emäksinen (Ca, Na, Mg < 35% kokonaiskationien summasta), punertavan keltainen tai punertavan ruskea väri. Kosteilla alueilla, jossa pitkälle rapautunut pohjamaa.
- 9) Oksisolit – yleensä vyöhykkeettömiä maannoksia, paksuja, emäksiset yhdisteet uuttuneita pois, Al ja Fe oksideja ja kaoliniitteja. Trooppisissa ja subtrooppisissa ilmastovyöhykkeissä.
- 10) Histosolit – orgaaniset maannokset (mm. turve)

Eri maannostyypppejä:

- a) podsol – lauhkean vyöhykkeen alueet (Suomessa sora ja hiekkamailla, jossa veden virtaus jatkuvasti alaspäin)
- profiili: karikekerros, uutemaa (tuhkanharmaa, rauta, Al, alkalit ja maa-alkalit huuhtoutuneet syvemmälle, pH on alhainen), rikastumiskerros (pH kasvaa, jolloin Fe, humus ensin, sitten Al, piihappo ja K jotka muodostavat illiitti nimistä savimineraalia; muut ionit Na, Mg ja osaksi Ca kulkeutuvat pohjaveteen, Fe ja humus saattaa muodostaa ns. hard pan-anturamaan)
 - podsol maannoksesta on olemassa muunnoksia: esim. savimailla rikastumiskerros muodostuu uutemaan yläpuolelle (veden kapillaarinen nousu), hietamailla uutemaa ja rikastumiskerros sekoittuvat keskenään (kuivana kautena vesi ylös ja kosteana alas) = ruskomaa
- b) Tsernosem maannos kehittyy aro- ja preeria-alueilla, missä kesän kuivuus ja talven routa aiheuttaa humuksen keräytymistä pintaosiin, kuivana kautena vesi ylöspäin-kalsium karbonaatti saostuu lähelle pintaa, rauta ja humus eivät liukene vaan muodostavat mustan rikastumiskerroksen, joka muuttuu alempana ruskeaksi (humuksen vähetessä)
- c) Lateriitti ja lateriittiset maannokset – trooppisilla seuduilla sade ja kuivat kaudet vuorottelevat
- sadekautena veden liuottamat suolat saostuvat kuivina kausina maan pintaosiin
 - pintaan muodostuu erilaisia savimineraaleja (illiitti, kaoliniitti, montmorilloniitti) ja vaikealiukoiset yhdisteet Fe ja Al hydroksidit)
 - seuraavina sadekausina montmorilloniitti ja illiitti liukenevat helpommin ja seuraavina kuivina kausina niitä saostuu yhä vähemmän, lopulta kaoliniittiakaan ei muodostu pintaan johon jää vain rauta ja alumiinihydroksidit
 - rapautumisjäännöstä kutsutaan lateriitiksi ja maannosta lateriittiseksi maannokseksi
 - syvemmällä rapautumiskerros, jossa kaoliniittia, montmorilloniittia ym. rapautumistuotteita, ja viimein terve kivi
 - lateriittiset maannokset harvoin yli 10 m
 - kun pintaosa kovettuu vettä läpäisemättömäksi kasvillisuus häviää – eroosio kasvaa – lateriittikerros kuluu pois ja prosessi alkaa uudestaan
- d) Gley-maa - pohjaveden kyllästämissä anaerobisissa olosuhteissa, jossa rauta pelkistyy ferroraudaksi (harmaa tai sinertävä väri)

- e) Rendzina-maa – esiintyy kalkkikivialueilla esim. Keski-Euroopassa, ohut ja kivinen humuskerros alla kalsiumkarbonaattinen pohjamaa
 - f) Terra rossa – kehittyy kalkkikiven päälle (Välimeren maiden ilmasto), kalsium karbonaatti liukenee pois, jolloin rauta hapettuu rikastuen maan päälle
 - g) Serosem – pintamaa on harmahtavaa tai ruskehtavaa (vähän orgaanista ainesta), maa muuttuu vaaleammaksi ja kalsiumkarbonaattirikkaammaksi, esiintyy aridisilla alueilla (myös suolamaita)
- podsol-, (lateriitti)- ja gleymaannoksia kutsutaan pedalfer-maannoksiksi ja tsernosem, ruskomaa, serosem ym. kuuluvat podocal-maannoksiin
 - asutus ja ihmisen toiminta vaikuttaa maannoksiin
 - rakentamisessa maannos hävitetään eli kuoritaan pois
 - kuivatus muuttaa maannoksen ominaisuuksia (eroosiokestävyys, läpäisevyys, pedokemia)
 - lisääntyvä eroosio hävittää maannoksia ja maaperää

Fossiiliset maannokset

- eluviaatio – uuttuminen, jossa etenkin rauta ja alkalimetallit kulkeutuvat alaspäin
- illuviaatio – horisontti, jossa rikastuminen tapahtuu
- biogeeniset jäljet:
 - rootlets, root moulds, root casts (kasviilisuus), fytoliitit (opaali pii – heinäkasvit), kivet, gastropodit (erilaisten nilviäisten kuoret), selkärankaisten fosiilit ja arthropods (niveljalkaiset), pupal cases (hyönteisten tekemät kolonnit), kaivamisjäljet, termiittipesät, koproliitit, mikrobimatot

- väri – red –rubification eli punertava väri lisääntyy maannoksen pintaosaa kohti, harmaa väri eluviaatiohorisontissa, gley maannoksissa tumma väri
- destratifikaatio: pedoturbaatio = bioturbaatio, argilliturbaatio (paisuvahilaiset savet), crystalturbation (karbonaatit ja kipsi), kryoturbaatio (freeze-thaw), aeroturbaatio (gas), kaikki nämä poistavat kerrostuneisuuden, struktuurit ja tekstuuri ominaisuudet muuttuvat
- vyöhykkeisyys ja kontaktit (väri ja sedimenttien tiiviyserot), maannosprofiilissa epämääräisiä
- rakeisuus – joissain tapauksissa eluviaatio vie hienompia partikkeleita alaspäin ja ne kerrostuvat B-horisonttiin (illuviaatio) – ei aina
- mineralogia ja geokemia
- mikromorfologia

4. EROOSIO

- eroosiota kutsutaan prosessiksi, jossa geologiset voimat (virtaava vesi, pohjavesi, aallot ja virtaukset vesialtaissa, vuorovesi, sadepisarat, jäätiköt, tuuli ja

painovoima) ottavat mukaansa ainesta maan pintaosasta ja kuljettavat sitä kohti kerrostumisaltaita.

Eroosivoimat:

- a) virtaava vesi – meanderoivat joet, palmikoivat joet ja anastomosing joet
- kulutus pelkän veden toimesta:
 - hydraulinen nosto – virtausnopeus suurempi virtauksen pintaosassa verrattuna sen pohjaosiin – paine pintaosassa pienempi kuin pohjaosassa – materiaalia voi tempautua joen pohjasta virtaukseen
 - kavitaatio – paine pienenee (virtaus nopeutuu) esim. koskipaikoissa – veden sisäinen paine pienenee nopeasti ja aiheuttaa vesihöyrykuplia ja lopulta veden vaahtoamista. Kun virtausnopeus äkillisesti pienenee l. paine kasvaa vesihöyrykuplat puristuvat suurella voimalla kasaan ja pohjalta, rikkonaisesta kallioperästä voi irtautua suuriakin lohkarkeitä
 - kavitaation louhimiin kuoppiin joutuu usein kiviainesta, joka pyörii kuopassa aiheuttaen eroosiota = korraasio
 - korraasio on juoksevan veden aiheuttamista eroosivoimista eräs merkittävimmistä
 - attritioksi kutsutaan virran kuljettaman aineksen kulutusta toisiaan vastaan hankautumalla
 - korroosio = veden ja siihen liunneen kemiallisen aineksen aiheuttama syöpyminen
 - virtauksessa paine kohdistuu myös kallioperän rakoihin (varsinkin sulkarakoihin), jolloin kalliosta voi irrota suuriakin laattoja
 - pohjataso ja normaalikäyrä – joen virratessa vesialtaaseen sen uoman on oltava kalteva ja jokilaakson syvenemistä rajoittaa vesialtaan pinta

- pohjataso on altaan vedenpinnan kuviteltu jatke joen alla aina joen alkulähteille
- nuorien jokien pitkittäisprofiili on epätasainen ja joen juoksulla tavataan järviä, koskia ja vesiputouksia
- joen kuluttaessa uomaansa pitkittäisprofiili muuttuu käyräksi, joka on ylöspäin kovera, tätä pitkittäisprofiilin käyrää kutsutaan normaalikäyräksi
- rejuvenaatioksi kutsutaan tapahtumaa, jossa pohjataso laskee, jolloin eroosio kasvaa

eroosionopeus – jokien mereen kuljettaman sedimenttiaineksen määrä on merkittävä

- arvio siitä keskimääräisestä nopeudesta, jolla tarkasteltavana olevan vesistöalueen maanpinta alenee ajan funktiona
- on arvioitu että esim. USA:n alueella jokieroosion määrä on n. 200tn neliökilometrille, joka vastaa maanpinnan kulumista 1 m / 15 000 v., USA:n maa-alue erodoituisi maanpinnan tasolle n. 14 miljoonassa vuodessa
- esim. Himalajalta tulevien vesien eroosiokapasiteetti on huomattavasti suurempi 1m/1000 v.
- eroosionopeudet ovat nykyään poikkeuksellisen suuria, johtuen mm. siitä, että mantereet ovat nykyään tavallista korkeammalla, samoin topografiset ja ilmastolliset vastakohtat ovat tavallista suuremmat (lisääntynyt rapautuminen ja suurempi jokieroosio), laajat alueet ovat suhteellisen löyhän ja helposti kuluvan sedimentin peitossa, ihmisen toiminta (metsähakkuut, maanviljelys, laiduntaminen, rakennustoiminta, ilmaston lämpeneminen)
- alueen maa- ja kallioperä kuvastuu jokiverkostossa l. jokiverkosto saa muotonsa alustan maa- ja kallioperän mukaan

- vesien virratessa yhdensuuntaisesti rinnettä alas = konsekventti joki
- joet jotka seuraavat kulutukselle alttiita kerroksia kerroksien kulun suunnassa ja kohtisuoraan joen pääkulkusuuntaa vastaan kutsutaan subsekventeiksi joiksi
- tavallisimmat jokiverkostotyypit:
 - a) säleikkö l. trellis – esim. poimuttunut sedimenttikivialue (konsekventit ja subsekventit joet).
 - b) radiaalinen – esim. vulkaaniset alueet, tulivuoret ja konsekventit joet.
 - c) suorakulmainen (rectangular) – esim. rakoilleeseen graniittiin syntyvät jokiverkostot
 - d) dendriittinen l. puumainen – kehittyy alueille, joilla ei ole rakenteellista kontrollia esim. moreenialueelle syntynyt jokiverkostotyyppi
 - e) säännötön l. deranged system – loivia säännöttömiä rinteitä, joet virtaavat säännöttömästi järvien ja suoalueiden läpi esim. jäästä vapautunut alue
- Lapin pre-glasiaalisissa laaksoissa virtaavat joet ovat epigeneettisiä jokia eli päälle syntyneitä jokia (superimposed), laaksot ovat syntyneet jokieroosiossa aikana jolloin kallioperäämme peitti sedimenttikivet

eroosimuotoja:

cuesta – asymmetrinen harjanne, joista toinen sivu jyrkkä ja toinen loivasti viettävä, - syntyvät sedimenttikivialueilla, joilla kerrokset ovat loivasti kaltevat ja eri kerrokset kestävät kulutusta eri tavoin

mesa – mikäli sedimenttikerrokset ovat vaakasuoria muodostuu laakea kohouma l.

mesa, jossa pintaosa koostuu kulutusta kestävästä kivistä ja reunoilla eroosioherkkää kiveä

butte – mesa kuuluu vähitellen pienempialaiseksi

badland – esim. savikiven päällä oleva hiekkakivi kuluu pois ja eroosio alkaa vaikuttaa nopeasti alla olevaan savikiveen. Maanpinta muodostuu kuoppaiseksi ja vakoiseksi ns. badland topografiaksi

b) Rantavoimat ja rantaeroosio

- rannoilla tärkein eroosiota aiheuttava voima on tyrsky
- aaltoliikkeessä vesi ei etene vaan ainoastaan aalto
- avoimella ulapalla vesihiukkanen kiertää ympyrää, jonka halkaisija on aallonkorkeus
- kovassa tuulessa aallonharja murtuu ja aalto tulee epäsymmetriseksi, jolloin vesihiukkanen kulkeutuu joka pyörähdyksellä hieman edemmäksi
- vedessä olevan kitkan vaikutuksesta hiukkasten pyörähdysradan halkaisija pienenee syvemmällä, kunnes se on olematon syvyydessä joka on yhtä suuri kuin aallonpituus l. etäisyys aallon harjasta toisen aallon harjaan
- aallon saavuttaessa matalan vyöhykkeen (syvyys n. puoli aallonpituutta) alkaa pohjan kitka hidastaa vesihiukkasen pyörimistä, jolloin sen rata muuttuu epäsymmetriseksi eli elliptiseksi – aaltoliikkeen nopeus hidastuu mutta periodi (= aika jossa kaksi perättäistä aallonharjaa ohittaa tarkasteltavan kohdan) pysyy samana
- koska $v = \lambda / T$ niin nopeuden hidastuessa ja periodin pysyessä samana on aallonpituuden pienennyttävä
- aallot pyrkivät taittumaan rannan suuntaisiksi – aallot pyrkivät iskeytymään niemen kärkiin jättäen lahdet vähemmälle eroosiolle

- kun aaltojono saapuu rantaan yhdensuuntaisena on sen energiamäärä joka metrillä sama kuin mitä se on ulapalla – koska energia (joka on lähes vakio) on verrannollinen massaan ja nopeuden neliöön seuraa tästä, että aallon massan on noustava matalassa vedessä lähes siihen mittaun mitä ulapalla – rantavyöhykkeessä aalto tulee korkeammaksi ja edestä jyrkemmäksi kunnes pohjan aiheuttaman kitkan ja aallon muodon takia vesihiukkasen pyörivä liike ei ole mahdollinen – aalto murtuu
- rantaan murtuvaa aaltoa kutsutaan tyrskyksi
- karkeasti ottaen kaksi eri tyrskytyyppiä:
 1. spilling breaker – pohja madaltuu loivasti rantaa kohden, tyrsky jyrkkenee vähitellen ja kaatuu rantaan, poikkileikkaus lappeellaan oleva ellipsi
- periodi n. 8 -10 s, eroosion (kuljetuksen ja kasaamisen) suorittaa pääasiassa tyrskyn ylöstyöntämä vesi (ellipsimuodon aiheuttama voimakas horisontaalikomponentti)
- vesi palaa pitkän ajan kuluessa takaisin osan vajotessa rantahiekkaan
- tällaisia aaltoja kutsutaan konstruktivisiksi aalloiksi

- 2. plunging breaker – pohja madaltuu nopeasti ja aallot ovat suuria, tyrsky kasvaa äkisti ja jättää eteensä onkalon, joka peittyy vaahtoavaan harjaan, tyrsky iskeytyy alas suurella voimalla, poikkileikkaus ympyränmuotoinen
- veden takaisin ulapalle suuntautuva liike voimakas, periodit lyhyitä 4-5 s, liikkeen pääkomponentti on alaspäin, joten eroosio tehokasta (kuokka tai hakku)
- aallot sortuvat aina edellisten aaltojen takaisinvirtaukseen
- tällaisia aaltoja kutsutaan destruktiivisiksi

Rantavoimien suorittama eroosio:

- veden itsensä suorittama hydraulinen toiminta (virtaukset ja aallot tempaavat mukaansa irtainta ainesta, tyrsky toiminta)
- korraasio (aaltojen ja kivenlohkareiden yhteistyö)
- attritio
- korroosio

- materiaalia voi kulkeutua myös rannan suuntaisesti ns. beach drift (tuulen puhaltaessa rantaviivan suuntaisesti tulevat aallot taittumisilmiön johdosta vinosti rantaan, tyrskyn työntämä vesi pyrkii kuitenkin suoraan ulapalle), jolloin voi muodostua särkkiä (spit bar)

- eroosio aiheuttaa normaalisti tyypillisen rantaprofiilin – rantatörmä – rantaterassi ja jyrkänparras, jonka taakse saattaa vielä kerrostua särkkiä

Jäätikkö- eli glasiaalieroosio:

- heikkousvyöhykkeiden murrostuminen (joint exploitation) – kallioperän murrostuminen (esim. rakoillut kallioperä)
- ehjän alustan murrostuminen – debrispitoinen jää aiheuttaa kallioperään murroksia, lohkeulua ja iskumerkkejä
- abraasio – debrispitoinen jäätikön pohja hankaa alustaansa tuottaen hienoksi jauhautunutta kiviainesta
- sulavesieroosio – jäätikön alla virtaava veden ja debriin aiheuttama kulutus

Pohjavesieroosio:

- muissa kuin kalkkikivissä pohjaveden eroosio on pääasiassa korroosiota ja liuotustyötä
- kylmä ja hiilidioksidipitoinen vesi liuottaa helposti kalkkikiveä
- kalkkikivialueilla kallioperään imeytyvä vesi suurentaa kalliossa olevia rakoja ja muodostaa kallionsisäisen vaaka- ja pystysuoran virtausverkoston

- pystysuoria kuiluja kutsutaan nieluiksi (swallow hole), jotka johtavat maanalaisiin käytäviin ja niiden laajentumiin
- kalkkikivikäytävissä ja luolissa hiilidioksidipitoisuus on pieni ja hiilidioksidipitoisesta vedestä joutuu hiilidioksidia ilmaan ja tästä kalsiumkarbonaattipitoisesta vedestä saostuva kalsiitti:



- saostunut kalsiitti muodostaa pylväitä – katosta lattiaan = stalaktiitti; lattiasta ylöspäin = stalagmiitti; kasvaessaan yhteen = stalagnaatti
- luolien katot voivat romahtaa ja tällöin syntyy vajoamia ja kuoppia: doliinit (n. 3km pitkä ja 200 m leveä), uvala muodostuu kahdesta tai useammasta doliinista, polje muodostuu laajan maanalaisen luolaverkoston romahtaessa
- alue jossa maanalaisia luolaverkostoja ja painanteita, joissa pohjavettä kutsutaan karstialueeksi

Tuulieroosio:

- kaikkialla missä kasvillisuus ei suojaa irtainta pintamateriaalia
- tuuli voi siirtää vain kuivaa irtainta ainesta
- tuulen aiheuttamaa maan pinnan alenemista kutsutaan deflaatioksi
- tuuli lajittelee tehokkaasti kuljettamansa rakeet niiden koon mukaan
- esim. aavikoilla rapautumistuotteet ja ajoittaiset rankkasateet tuottavat enemmän tai vähemmän lajittumatonta maa-ainesta _ lajittuu tuulen vaikutuksesta s.e. hiekkaa karkeampi aines jää paikalleen, hiekka saltaatioon ja kinostuu dyyneiksi, siltti ja savi nousevat suspensioon ja kulkeutuu muualle kerrostuen lössiksi
- deflaation tulos siellä missä esiintyy konsolidoitumattomia hienorakeisia sedimenttejä on laajojen tasankojen ja allasmaisten syvänteiden muodostuminen

- altaan syventyminen pysähtyy pohjaveden pintaan (joissain tapauksissa esim. Egyptin Qattaran alueella tuulieroosion pohjataso merenpinnan alapuolella)
- deflaation vakavin vaikutus on viljelysmaihin kohdistuva eroosio
- tuulen suorittama abraasio näkyy selvästi aavikoiden kalliopinnoilla ja kalliomuodoissa – aavikkotuulen mukana hiekan jyviä, jotka hiovat kalliopintoja
- tuulen suorittama abraasio on voimakkainta lähellä maan pintaa, n. 0,5 metrin korkeudelle saakka
- aavikkoalueilla kallioperän rakoilu säätelee voimakkaasti tuulieroosiota
- ollessaan paljaana aavikon pohjan kallioperä muotoutuu rakenteensa mukaan joko sileäksi, kuoppaiseksi tai vakoiseksi – kompakti kalkkikivi tulee kiiltäväksi, massiiviset graniitit sileiksi tai kuoppaisiksi, gneissit ja liuskeet vakoisiksi
- irtokivet konsentroituvat ja sulloutuvat toistensa viereen ja muodostuu desert pavement kerroksen (erämaakivetytys)
- yksittäisistä kivistä tulee monitahokkaita (ventifakteja)
- hiekan jyvät pyörivät ja tulevat mattapintaisiksi

Sadepisarat:

- merkittävä eroosiotekijä siellä missä ei kasvillisuutta
- vesipisaran iskeytyessä maahan (kalteva pinta) - hienorakeista ainesta ilmaan – hienoaines putoaa aina hieman alemmas
- esim. trooppisten sateiden aikana saattaa jopa 250tn / ha maata siirtyä pois paikaltaan

Massaliikunnot:

- kivi ja muu maa-aines kulkeutuu painovoiman vaikutuksesta alaspäin
- tekijät jotka vaikuttavat massaliikuntoihin ovat 1)rinteen kaltevuus, 2) aineksen laatu ja 3) aineksen vesipitoisuus

- kalliorinteiden stabiilisuus ja rinteiden kaltevuus riippuu kivilajista ja rapautumisherkkyydestä
- konsolidoitumattomat maalajit:
 - eri lepokulma eri maalajeissa ja kun lepokulma ylittyy seuraa massaliikunto
 - lepokulma riippuu partikkelien koosta ja muodosta ja partikkelien välillä olevan **veden määrästä**
- konsolidoituneet maalajit:
 - savi, siltti, moreeni ja orgaaniset maalajit ja maannokset
 - koheesio pitää maalajit yhdessä
 - kun konsolidoitumattomat maalajit saavuttavat tietyn vesipitoisuuden ne alkavat virrata joko laattoina tai puurona
- massaliikunnon voi laukaista esim. eroosio, rankkasateet, maanjäristys, ihmisen toiminta
- massaliikuntojen luokittelu:
 - a) kiviaines:
 - kiviaineksen vapaa putoaminen (rockfall ja rockslide)
 - esiintyy pääasiassa vuoristoissa ja rantatörmillä
 - vapaata putoamisen tuloksena voi seurata pudonneen aineksen ja liikkeelle lähteneen muun aineksen virtausta (kivivyöry = rock avalanche)
 - liikunnot ovat hyvin nopeita ja usein tuhoisia
 - b) maa-aines
 - maa-aineksen virtaus: ryömintä (creep) (**solifluktio**), maanvirtaus (earthflow), debrisvirtaus, mutavirtaus, debrisvyöry (debris avalanche),

- gravitaatiovirtauksen synnylle on edellytyksenä lepokitkan voittaminen ja partikkelien välisen kitkan voittaminen
- neljä tyyppiä:
 1. **grain flow** – partikkelien väliset törmäykset, jyrkät rinteet missä lepokulma ylittyy, subakvaattiset ja supra-akvaattiset
 2. **debris flow** – virtaukset, missä siltistä suuriin kiviin liikkuu 'savipuurossa', matriksin kannatus ja noste pitävät suuremmat partikkelit virtauksessa (myös törmäykset), loivillakin supra-akvaattisilla ja subakvaattisilla rinteillä
 3. **liquefied flow** – rakeet pysyvät virtauksen mukana kun huokosvesi poistuu ja sedimentti pakkautuu tiiviimmin
 4. **turbidity flows** – partikkelit pysyvät virtauksessa turbulentin suspension avulla
- virtauksissa ainesta liikuttaa aineksen sisäinen deformaatio (kuten viskoosit nesteet)
- virtaava aines on tavallisimmin hienorakeista sedimenttiä, mutta mukana voi olla jopa lohkkareita
- savivirtauksia esim. L-Ruotsissa, E-Norjassa ja Kanadassa (Quebec) ns. juoksusavialueilla
- savet kerrostuneet suolaiseen veteen _ maankohoaminen _ huuhtoutuminen (savi köyhtyy elektrolyyteistä, etenkin natriumista) _ saven pinnalle absorboitunut hygroskooppinen vesi muuttuu vapaaksi huokos- tai kapillaarivedeksi _ savi muuttuu erittäin epästabiiliksi ja pienetkin häiriöt saavat saven luhistumaan ja muuttumaan juoksusaveksi
- esim. Göta joen juoksusavialueella jokeen 3 milj. m³ maata
- Alppiiniset lietevirtaukset, kivivyöryt, lössivirtaukset, laharit (tulivuorten rinteet)
- maa-aineksen vapaa putoaminen tai liukuminen voi olla hidas vajoaminen (l. slump) tai nopea liukuminen (l. slide)

- maa-aineksen liukumisessa ja vajoamisessa maa-aines lähtee leikkauslujuuden pettäessä liukumaan yhtä tai useampaa liukupintaa myöten
- liukuman takaosaan syntyy vajoama, jota rajoittaa jyrkkä seinä
- liukumat vaihtelevat hyvin hitaista (cm/v) nopeisiin liukumiin (m/s)
- ryömiminen (l. valuminen) on erittäin hidasta liikettä, jota tapahtuu esim. lämpölaajenemisen, kosteuden muutosten ja routimisen (solifluktio) tuloksena
- suotuisissa geologisissa olosuhteissa tapahtuu luonnostaan maanvyörymiä, maa- ja kallioperän heikkousvyöhykkeet toimivat liukupintoina
- rankkasateet ja myrskyt voivat laukaista massaliikunnan topografialtaan suotuisalla alueella (myös routa ja lumi sulaessaan aiheuttavat sedimenttien massaliikuntoja)
- ihmisen toiminta lisää maanvyörymäriskiä, joten epäsuotuisien alueiden kartoitus ja maanvyörymäriskin arviointi on tärkeää
- maanvyörymien ehkäisy on kallista ja vaikeaa; mahdollisia keinoja ehkäistä maanvyörymiä ovat mm. maaperän kuivatus, epästabiliin maa-aineksen poisto, stabilointi ja pengerrys

maanvyörymän pysäyttäminen:

- kun liike on havaittu toimet on kohdistettava liikkeen aiheuttajaan ei esim. rakennusten yms. stabilointiin
- liikkeen syy on yleensä kohonnut vesipitoisuus ja kohonnut huokosvesipaine _
kuivatus
- jos kyseessä on hienorakeinen maalaji rinteiden kaltevuutta on madallettava (tunnelilämmitys, jäädyttäminen)

- Suomessa maanvyörymiä esiintyy pääasiassa Lounais-Suomen savikoilla (esim. Halikon-, Paimion- ja Aurajoen varsilla)
- massaliikunnot ovat yleensä liukumatyypisiä, liukupinnat puoliympyrän muotoisia
- myös juoksusavityypisiä virtauksia tapahtuu pienessä mittakaavassa
- massaliikunnot tapahtuvat pääasiassa keväällä lumen sulamisen yhteydessä ja syysateiden aikana (kuivakuoren alla olevat pehmeät siltti- ja savikerrostumat vettyvät ja niiden leikkauslujuus heikkenee)

5. SEDIMENTIT JA SEDIMENTAATIOPROSESSIT

A) PERUSKÄSITTEITÄ

- SEDIMENTAATIO – kallio- tai maaperän rapautuminen, eroosio, kuljetus ja kerrostuminen ja kovettuminen sedimenttikiviksi

- SEDIMENTTI – kiinteää ainesta oleva esiintymä (myös kuljetuksessa oleva), joka on peräisin mistä tahansa maanpinnan, maankuoren tai avaruuden aineosista (kivi-, orgaaninen, vulkaaninen tai kosminen aines) ja joka on kulkeutunut millä tahansa tavalla tai minkä tahansa väliaineen mukana lähtöalueeltaan kerrostumisalueelleen ja kerrostuneet likipitään normaaleissa maanpinnan lämpötila- ja paineolosuhteissa
- kerrostuneen aineen luonteen määräävät sen alkulähde sekä tapahtumat kuljetuksen, kerrostumisen ja kovettumisen aikana
- sedimenttien tutkimus sisältää -
 - provenanssialueen luonne ja sijainti kerrostumisalueeseen nähden
 - kuljetustavat
 - kerrostumisympäristö ja kerrostumisprosessit
 - sedimenttien mineralogis-kemiallinen koostumus
 - kasaantumisen ja konsolidaation aikana kehittyneet rakenteet
 - kerrostuneissa aineksissa havaittavat horisontaaliset ja vertikaaliset vaihtelut
- sedimenttifasies – sedimenttiyksikön kaikkien primaaristen luonteenpiirteiden summa (väri, kerroksellisuus, koostumus, tekstuuri, struktuuri, fossiilisisältö)
- fasies käsitettä käytetään myös tarkoin määriteltynä ja kytkettynä sedimenttikivien luokitukseen (esim. hiekkakivifasies), geneettisessä mielessä (esim. turbidiittifasies), ympäristöllisessä mielessä (esim. fluviaalinen fasies), tektonisessa mielessä (esim. postorogeeninen fasies)
- a) Lähdealue l. provenanssi alue
 - lähdealueen kallioperä, rapautuminen ja kuljetustapa vaikuttaa sedimenttien mineralogiseen ja kemialliseen koostumukseen

- lähtöalueen ilmasto (esim. subarktisilla alueilla graniitin mekaaninen rapautuminen tuottaa pääasiassa soraa ja hiekkaa, jossa kvartsista ja maasälpää; tropiikissa graniitti tuottaa savimineraaleja ja kvartsia) ja korkokuva (jyrkät rinteet esim. tropiikissa rapautuvat herkemmin (fysikaalinen rapautuminen kemiallisen rapautumisen ohella) ja tuottavat maasälpärikasta sedimenttiä)
- lähdealueen määrittelyä voi vaikeuttaa se, että lähtöaineksessa on jäljellä selvät edellisen sedimentaatiokyklin aikaiset ainesosat

b) Maturiteetti – eli sedimenttiaineksen kypsyys

- ilmoittaa sedimenttiaineksen muuttumisastetta (kuinka lähellä sedimenttiaines on lähtömateriaalinsa lopullista muuttumistulosta)
- maturiteetti voidaan esimerkiksi ilmaista kivien ja mineraalien rapautumispotentiaali-indeksinä: $WPI = 100 \times \frac{(Na_2O + K_2O + CaO + MgO - H_2O)}{(SiO_2 + Al_2O_3 + Na_2O + K_2O + CaO + MgO - H_2O)}$
- saviaineksen osalta käytetään myös Na_2O / Al_2O_3 (natriumoksidi nopea poistumaan kun taas alumiinioksidi poistuu vaikeasti)
- hiekan osalta kvartsin ja maasälvän suhde ja kvartsin pyörityneisyys
- sedimentin hienoaineksen rapautuneisuusaste on ilmaston indikaattori kun taas karkeamman aineksen määrä sedimentissä kertoo enemmän alueen korkokuvasta

c) Provenanssialueen määrittäminen

- mineralogiset analyysit
- johtokivilajin tai -mineraalin löytyminen helpottaa lähtöalueen määrittämistä
- kivilajeille tyypilliset mineraaliseurueet:

Happamat magmakivet (graniitit, granodioriitit) – kv, mikrokliini, ortoklaasi, oligoklaasi, biotiitti, muskoviitti, sarvivälke, apatiitti, zirkoni, magnetiitti

Emäksiset ja ultraemäksiset magmakivet (gabro, basaltti, diabaasi, peridotiitti, duniitti) – augiitti, hypersteeni, ilmeniitti ja magnetiitti, plagioklaasi, oliviini, serpentiini, rutiili

Heikosti metamorfoituneet kivet (kvartsiitti, fylliitti) – fylliitti fragmentit, biotiitti, muskoviitti, kv

Voimakkaasti metamorfoituneet kivet (gneissit) – kvartsi (metamorfoitunut muunnos), granaatti, kordieriitti, sillimaniitti, stauoliitti, kyaniitti, epidootti, kiilteet, oligoklaasi ja magnetiitti

- raskasmineraalit (ominaispaino yli 2,85 eli granaatti, turmaliini, zirkoni, biotiitti, sarvivälke, apatiitti jne.) ovat hyviä johtomineraaleja lähdealuetta etsittäessä
- paleovirtausanalyysi ja allasanalyysi

B) SEDIMENTTIEN TEKSTUURIOMINAISUUDET

- sedimenttiaineksen fysikaalinen ulkoasu: rakeiden koko, rakeiden muoto, rakeiden järjestys (suunta, yhteenliittymistapa ja pakkaus)
- tekstuuriominaisuudet riippuvat pääasiassa kuljetuksen aikaisista tapahtumista l. kuljetustavasta ja väliaineesta
- tekstuurinsa puolesta sedimentit jaetaan klastisiin sedimentteihin (savi, siltti, hiekka, sora, moreeni) ja ei-klastisiin (kalkki, suolat, lieju, muta, turve etc.)

Raekokoluokat ja rakeisuus

- klastisten sedimenttien raekokojakauma esitetään erilaisilla rakeisuusdiagrammeilla (esim. histogrammi, kumulatiivinen rakeisuuskäyrä, ternääridiagrammi)

- huonostikin lajittuneessa aineksessa havaitaan yleensä ns. modaalinen luokka = yksi raekokoluokka, jota on eniten
- hajonta = lajittuneisuutta kuvaava ulottuvuus eli se kuinka monen raekokoluokan alueelle jakauma levittyy
- kumulatiivisessa rakeisuuskäyrässä erotetaan tietyt läpäisyprosentteja vastaavat raekokoluokka-arvot:

mediaani (50% vastaava raekokoluokka)

kvartiilit l. 75% (Q_3) ja 25% (Q_1) vastaavat raekokoarvot

90% (P_{90}) ja 10% (P_{10}) vastaavat raekokoarvot

- raekokoluokka-arvojen perusteella lasketaan tilastolliset ominaisuudet raekokojakaumalle

keskusarvo l. mediaani = 50% vastaava raekoko ($=Q_2$)

lajittuneisuus (S_0) = $\sqrt{Q_3 / Q_1}$

symmetria l. vinous $Sk = Q_1 Q_3 / Q_2^2$

huipukkuus $K = (Q_3 - Q_1) / 2 (P_{90} - P_{10})$

- täydellisesti lajittuneen sedimentin lajittuneisuusindeksi on 1, hyvin lajittuneella esim. rantahiekalla lajittuneisuusindeksi on yleensä alle 1,5 ja esim. moreenilla yli 3 jopa 10
- raekokojakauma antaa harvoin yksikäsitteistä tietoa kerrostumisympäristöstään sen sijaan voidaan joskus erottaa eri raekoko-populaatiot toisistaan

Raemuoto ja pyöristyneisyys – riippuu kuljettavasta väliaineesta ja kuljetustavasta

- lähtömateriaali vaikuttaa suuresti raemuotoon

- lähinnä soralajitteen ja sitä karkeamman aineksen raemuoto voidaan määrittää mm. Cailleux'in (1952) litistyneisyysindeksiä käyttäen:

$$F = (a + b) / 2c$$

(a = maksimipituus, b = maksimileveys, c = maksimipaksuus; ei tarvitse olla yhteistä leikkauspistettä)

- raemuotoa voidaan, joissain tapauksissa pitää kuljetus- ja kerrostumisympäristön selvänä ilmaisijana kun lähtöaines on samaa kivilajia (esim. moreenin kivet, rantakerrostumat)
- tuulen hiomat kivet (ventifaktit)
- pyöristyneisyys kuvaa klastien reunojen ja kulmien terävyyttä ja on muodosta riippumaton
- lähes kaikissa luonnon kerrostamissa hiekoissa ja sorissa karkeammat rakeet ovat pyöristyneempiä kuin hienommat rakeet, pyöristyneisyys on myös hyvä maturiteetti-indeksi
- pintatekstuureja: uurteet, pintakiilto, iskumerkit

Suuntaus l. kutous

- rakeiden tai muiden elementtien järjestäytyminen sedimentissä
- sedimenttiaineksessa ei esiinny suuntausta = isotrooppinen kutous vastakohtana anisotrooppiselle kutoukselle
- sorat ja kivet suuntautuvat eri sedimenteissä seuraavasti:

moreenin kivet ja sorat – a-akseli jään liikesuuntaan (myös pieni lähes poikittainen maksimi)

jokisedimentit (säännöllinen virtaus ja suhteellisen jyrkkä gradientti) – a-akseli virtauksen suuntainen ja rakeiden a-b- tason kallistunut ylävirtaan (15° – 30°)

jokisedimentit (jaksottainen virtaus, pieni gradientti): a-akselin suunta virtausta vastaan kohtisuora, a-b-taso kallistunut ylävirtaan ($15^\circ - 30^\circ$)

rantakerrostumat – rakeiden suuntaus rannan suuntainen (aaltoliikettä vastaan kohtisuora), a-b-tason kaade alle 15° altaaseen päin

- hiekkarakeiden suuntaus vaihtelee paljon mutta rakeet (a-akseli) suuntautuvat samansuuntaiseksi kuin rannalla tapahtuva virtaussuunta tai eolisilla alueilla vaikuttava tuulen suunta
- savihiukkasten suuntaus pyrkii asettumaan kerrostumisaltaan pohjan suuntaiseksi yleensä vaaka-asentoon (paremmin makeissa altaissa ja heikommin suolaisessa vedessä, jossa flokkulaatio)

Pakkaus – klastisten elementtien järjestäytymistapa, jossa jokaista elementtiä kannattaa ja pitää paikallaan maan painovoimakentässä tangentialinen kontakti naapurielementtiin

- kuinka tiiviisti elementit ovat sedimentissä (huokoisuus ja läpäisevyys)
- clast supported ja matrix-supported pakkaus
- huokoisuuden mukaan: romboedrinen pakkaus (n. 26%), kuutiollinen pakkaus (n. 47.5%)

Endogeeniset tekstuurit – ovat syntyneet sedimenttiainekseen liuoksista saostumalla tai alkuperäisen materiaalin uudelleen kiteytymisessä tai muuttumisessa

- nämä liittyvät ennen kaikkea ei-klastisiin sedimentteihin

C) SEDIMENTTIEN STRUKTUURIOMINAISUUDET

- struktuuriominaisuudet riippuvat kerrostumistavasta ja kerrostumisympäristön energiaolosuhteista

- struktuurit voidaan luokitella esim. seuraavasti:
 - 1) primaariset eli mekaaniset struktuurit, jotka syntyvät kerrostumisen aikana
 - 2) sekundääriset l. kemialliset struktuurit, jotka syntyvät kerrostumisen jälkeen sekä diageneettisissä tapahtumissa
 - 3) orgaaniset struktuurit, kuten esim. stromatoliitit, kivettymät, bioturbaatio

- kerros on sedimentaatioyksikkö, kerrostasot erottavat eri sedimenttikerrokset
- kerrostasojen väliset suhteet määräävät kerroksen geometrian
- sedimenttikerros voidaan jakaa pienempiin yksiköihin l. laminoihin

Klastisten sedimenttien primaariset kerrosrakenteet

Kivet ja lohkat:

1. massiivinen (clast supported ja matrix supported)
2. imbrikaatorakenne
3. delta planaarkerroksellinen
4. holvirakenteinen

Sorat (clast supported ja matrix supported)

1. massiivinen
2. planaarkerroksellinen (imbrikaatio)
3. planaaristikerroksellinen
4. koururistikerroksellinen
5. delta planaarkerroksellinen

Hiekat

1. massiivinen
2. planaarkerroksellinen
3. planaariristikerroksellinen
4. koururistikerroksellinen
5. karekerroksellinen
6. delta planaarkerroksellinen

Siltit ja savet

1. massiivinen
2. laminoitunut (rytmiittinen)
3. karelaminoitunut

Diamikton

1. massiivinen
2. rakenteinen

- flaser and lenticular kerroksellisuus, graded bedding

Tärkeimmät kerrospintojen painanteet ja muodot:

- muta ja hiekka kraatterit
- klastiset siirrokset ja juonet
- kuivumisraot
- jääkiilat
- vaahtomerkit
- primaarinen virtauslaminaatio
- rypistymismerkit
- rill merkit
- scour and fill rakenteet

- uomat

Postdepositionaaliset rakenteet:

- kuormitusrakenteet
- pallo- ja tyyny rakenteet
- vesipakorakenteet

Glasiotektoniset rakenteet

- endiamiktiset rakenteet
- eksodiamiktiset rakenteet

6. SEDIMENTAATIOYMPÄRISTÖT

A) Fluviaalinen sedimentaatioympäristö

- fluviaaliseen sedimentaatioympäristöön luetaan seuraavat alaympäristöt:
 - 1) jokiuomat ja tulvavallit (levee)
 - 2) crevasse-splay
 - 3) tulvatasanko
 - 4) alluviaalikeilat
- jokiuomien kerrostumiselementtejä ovat särkät
- meanderoivissa joissa point bar (yleensä hiekkaa, ylöspäin hienoneva sarja hiekasta-silttiin ja liejuun)
- palmikoivissa joissa särkät ovat pitkittäissärkkiä, diagonaalisärkkiä, poikittaissärkkiä
- palmikoivissa joissa särkät ovat yleensä karkeampaa ainesta l. soraa ja hiekkaa

- crevasse splay hiekat syntyvät tulvavallin murtumisen tuloksena, jolloin vesi virtaa jokitasangolle sheet tyyppisenä seurauksena hiekka – silttikerros tulvatasangolla
- tulvatasankojen sedimentit hienoja
- alluviaalikeilojen alueella on gravitaatiovirtaussedimenttejä ja soraa, hiekkaa ja hienosedimenttejä
- virran kapasiteetti = se kokonaiskuorma, jonka virta pystyy kuljettamaan (esim. Mississippi 500 milj.tn/v Meksikon lahteen, kapasiteetti riippuu lähinnä virran vesimäärästä)
- virran kompetenssi = virran kyky kuljettaa erisuuruisia yksittäisiä fragmentteja (kompetenssi riippuu virran nopeudesta)
- virran kuorma = sedimenttimäärä jota virta kuljettaa
- kun joki saavuttaa normaalikäyrän kutsutaan sitä tasapainoiseksi virraksi (graded stream)
- tasapainoinen virta kuljettaa valuma-alueeltaan saamansa kuorman siten, ettei kuorman kokonaismäärässä tapahdu muutoksia matkan aikana
- virta reagoi tasapainotilaansa kohdistuviin muutoksiin (esim. virtaaman muutokset, uoman syvyyden muutokset tai muutokset sedimenttikuormassa) niin, että se korottaa uomaansa (l. virran ylikuormittuessa kuormasta sedimentoituu tarpeellinen määrä, jotta virta olisi taas tasapainossa = agradaatio) tai syventää

uomaansa (kuorman vaje pyritään kompensoimaan lisääntyvällä eroosiolla
=degradaatio)

- luonnolliset agradaatio / degradaatioprosessit tapahtuvat virran potentiaalienergian muutosten vaikutuksesta
- merkittävimmät ihmisen jokiin kohdistamista toimenpiteistä, jotka vaikuttavat agradaatio- / degradaatioprosesseihin ovat:
 - 1) vedenotto - jokiuoman keinotekoisessa madaltamisessa tapahtuu ylikuormitus ja hiekkasärkkiä alkaa muodostua joen alajuoksulle (agradaatio)
 - 2) ruoppaus - särkkiä ylävirtaan (degradaatio)
 - 3) padot ja tekojärvet – normaalikäyrä alkaa muodostua sekä yläjuoksulle että alajuoksulle, josta seuraa että altaan ja yläjuoksun alueella tapahtuu sedimentaatiota ja vedenpinnan nousua kun taas alajuoksulla tapahtuu voimakasta eroosiota
 - 4) joen eroosioiminnan ehkäiseminen pohjaa tai meanderikaarretta vahvistamalla tai meanderimutkan katkaiseminen aiheuttaa eroosion siirtymisen voimakkaampana esim. seuraavaan meanderimutkaan
 - 5) keinotekoisien tulvavallien rakentaminen eli joen pengerrys aiheuttaa sen, että tulvatasangolle ei kerry ainesta vaan materiaali kulkeutuu deltalalle _joen pituus kasvaa _ jotta normaalikäyrä saavutettaisiin sedimenttiä alkaa kerrostua joen pohjalle _ pengerrystä on korotettava (esim. Po joen pengerrys aiheuttanut sen, että joki kulkee Ferraran alueella kattojen tasalla ja delta on kasvanut jokisuistoon ja madaltanut satamia etc.)

B) Deltat

- delta eli suisto on vesialtaassa esiintyvä rantaviivan vedenpinnan alapuolelle syntyvä sedimenttikasauma, joka on muodostunut altaaseen laskevan virtauksen tuomasta sedimentistä

- deltan kehityksen kannalta tärkeintä on joen kuljettama runsas sedimenttiaineksen määrä ja se, että sedimentaatioallas vajoaa
- deltakerrostumat ovat yleensä paksuja ja niihin liittyy esim. öljy, kivihiili ja kaasuesiintymiä
- deltan muotoon vaikuttaa 1) rannikkomorfolgia 2)aaltojen suunta ja voimakkuus 3) rannikon sedimenttien kulkeutumisen määrän suhde deltan jokihaaroihin sedimenttikuljetuksen määrään 4) vuorovesivaihtelun määrä
- deltat voidaan jakaa konstruktiivisiin (lohkomaiset ja linnunjalkadeltat) ja destruktiivisiin deltoihin
- konstruktiiviset deltat esim. Mississipin ja Niilin deltat
- destruktiiviset deltat esim. Senegal joen delta ja Ganges-Brahmaputran delta
- deltojen rakenteesta erotettavissa seuraavat yksiköt: bottomset, foreset, topset

C) Rannikot

- klastiset rannikot: hiekkarannat (beach) ja särkät (barrier island)
- hiekkarannat = rantaviivassa kiinni, barrier island = salmen erottamana rantaviivasta (vuorovesirannoilla ns. vuorovesiuomat (tidal inlets))
- muodostumista suosii hiekan jatkuva tulo rannalle (joet ja beach drift)
- rannan hydrodynaamiset vyöhykkeet – mataloitumisvyöhyke, tyrskyn muodostumisvyöhyke, tyrskyn etenemisvyöhyke ja loiskevyöhyke
- rantaprofiili – taaempi ranta (back shore) , eturanta (foreshore), shore face, ulkoranta (offshore)
- törmärannikko – talusmuodostumat

- vuorovesitasanne (tidal flat) – esiintyy laajoina siellä missä vuorovesivaihtelut ovat suuria, joet tuovat mereen suuria määriä silttiä ja savea ja missä aallot eivät pysty iskeytymään kovalla voimalla rannalle
- syntyvät meren lahdekkeisiin, vuoroveden hallitsemille deltatasanteille ja suppilolahtiin
- suppilolahdet l. estuaarit ovat suppilon muotoisia joen suita, jossa vuorovesi aiheuttaa päivittäisen suunnanmuutoksen joen virtauksessa
- suppilolahtien muodostumista suosii voimakkaat vuorovesivaihtelut, jokien tuoman sedimenttiaineksen vähäisyys, suhteellisen syvät ranta-alueet ja voimakas aaltoenergia (päinvastaiset olosuhteet suosivat deltoja)
- aridisten seutujen rannikot – esiintyy evaporiitteja koska haihtuminen suurta ja rannikoille on tyypillistä, ettei niille juurikaan tule klastisia sedimenttejä

D) MERET

Syvyysvyöhykkeet

- sedimenttien kuljetus merissä tapahtuu rantavoimien, merivirtojen, maapallon tuulisysteemien, vuoroveden, myrsky-surge ilmiön, tsunamien vaikutuksesta
- meren syvyysvyöhykkeet: litoraalin vyöhyke, neriittinen vyöhyke, mannerrinne ja nousu = batyaalinen vyöhyke, abysaalinen vyöhyke
- lisäksi voidaan erottaa hadaalinen vyöhyke ja valtamerten keskiselänteet
- ranta eli litoraalin vyöhyke (< 10 – 20 m) (vuorovesivyöhyke)

- neriittinen vyöhyke (10 – 200 m), mannerjalustat ja epeiriset meret l. reunameret (n. 20 km - >300 km)
- sedimenttiaines kulkeutuu syvemmälle neriittisen vyöhykkeen läpi
- kasvit pohjalla ja paljon eliöstöä
- matalat merialueet voidaan jakaa kahteen ympäristöön, joissa sedimentoituu joko silikoklastisia sedimenttejä tai karbonaattisia sedimenttejä

Silikoklastisten merien sedimentit:

- 1) detritaaliset sedimentit rannalta
 - 2) biologiset sedimentit
 - 3) residuaaliset sedimentit – kalliopaljastumien ja muiden kovettumien kulumistuotteet
 - 4) autigeeniset ainekset kuten glaukoniitti ja fosforiitti
 - 5) vulkaaninen aines
 - 6) reliktinen aines, joka on peräisin aikaisemmin alueella vallinneesta aineksesta
- shelfin alueella silikoklastiset sedimentit voivat siis olla reliktinen hiekkapeite, nykyiset klastiset sedimentit, nykyinen shelfin lietepeite
 - karbonaattivaltaiset meret: klastisten sedimenttien vähäisyys ja korkea orgaaninen tuotto

sedimentit:

- 1) rantavyöhykkeiden ja koralliriuttojen liepeiden ooliittiset sedimentit ja kuorisorat
- 2) korallileväkerrostumat
- 3) syvemmällä planktisten eliöiden kalkkilieju
- 4) koralliriutat (rantariutat, valliriutat, atollit)

Syvänmeren klastiset sedimentit

- matalissa merissä sedimenttiaines kulkeutuu joko virtausten mukana traktiossa tai suspensiossa
- syvänmeren alueella aines kulkeutuu pääasiassa massaliikuntojen avulla
- mannerrinteellä veden alaisia massaliikuntoja – putoaminen, liukuminen, vajoaminen, massan virtaus
- ns. turbidiittiset sameusvirtaukset kasaavat abyssoalisille tasanteille mannerjalustastaan kuluttamiensa kanjonien eteen rinnekeiloja (turbidite fans)
- high-density (yli 100 km / h, yhtäkkisiä tapahtumia) ja low-density (alle 2 km/h, myrskyaallot, Bouma sekvenssi) sameusvirtaukset

Syvänmeren pelagiset sedimentit

- tarkoitetaan sedimenttejä, jotka ovat syntyneet syvänmeren pohjaan ulapan planktoneliöstön jäänteistä, vulkaanisesta aineksesta, kosmisesta pölystä, eolisesta hienoaineksesta tai autigeenisestä aineksesta
- runsaasti klastista terrigeenistä sedimenttiä syvänmeren pohjassa voidaan kutsua hemipelaagiseksi sedimentiksi
- kalsiitin kompensaatiosyvyys – tämän syvyyden yläpuolella kalkkipitoisia syvänmeren liejuja, syvyyden alapuolella piilieju tai syvänmeren ruskea tai punainen savi
- kompensaatiosyvyys riippuu lähinnä lämpötilasta (päiväntasaajalla n. 5km, kääntöpiireillä n. 3 km)
- sedimentit:
 - 1) Globigerinalieju (kalkkipit. > 30%)
 - 2) Pteropodilieju (siipijalkakotiloiden kuoria) etenkin Atlantin keskiselänteen subtrooppisilla ja trooppisilla alueilla)
 - 3) Radiolarialieju on punaisen syvänmeren saven piirikas muunnos, jossa säde-eläinten piikuoria yleensä > 50%
 - 4) piilevälieju (> 50%) kylmien vesien alueella

5) punainen savi pääaineeksina terrigeeniset savimineraalit ja vulkaaninen ja kosminen aines

6) mangaaninodulit, rauta-mangaanikerrostumat

- sedimentaationopeus vaihtelee paljon: punainen savi 0 – 15 mm / 1000 v, kalkkilieju 3 – 60, piilevälieju 2 – 10 mm)

E) Järvet

- nykyiset järvet peittävät n. 1% mannerten pinta-alasta, neljänneksi suurin vesivarasto
- geologisesti lyhytikäisiä mutta merkittäviä sedimentaatioaltaita

- pienet järvet ovat tyypillisiä tietyille sedimentaatioympäristöille ja esiintyvät yleisinä esim. ranta- ja alluviaalisissa ympäristöissä, jäätiköityneillä seuduilla, deltoilla, vulkaanisilla alueilla

- järvien synty seuraavien tekijöiden vaikutuksesta:
 - 1) sedimenttien aiheuttama altaan patoutuminen (esim. glasiaalinen ympäristö)
 - 2) paikallinen eroosioallas (esim. jäätiköiden kuluttamat altaat)
 - 3) liukenemisaltaat (kalkkikivialueet)
 - 4) vajoamisaltaat
 - 5) vulkanotektoniset altaat
 - 6) meteoriittitörmäykset
- nämä yleensä varsin lyhytikäisiä järviä
- suuremmat järvet ovat alkuperältään tavallisimmin
 - 7) tektonisia
- repeämälaaksoihin muodostuneet järvet (esim. Baikal, Njassa, Tanganjika)

- vaakasiirroksiin muodostuneet järvet kuten esim. Kuollut meri
- tektonisiin vajoamiin muodostuneet järvet kuten esim. Laatokka, Ääninen, Inari
- tektonisien järvien sedimenttipaksuudet suuria, esim. Itä-Afrikassa n. 2 km ja Baikalissa 2-5 km

- järvivesi lauhkean vyöhykkeen läpijuoksualtaissa on yleensä makeaa (ionikonsentraatio on pieni)
- runsasravinteinen järvi = eutrofinen järvi
- vähäravinteinen järvi = oligotrofinen järvi, jossa vesi on pohjaa myöten hapekasta
- suolajärvi = suolapitoisuus > 5 o/oo, hypersaliiniset järvet
- vesi järvissä yleensä vyöhykkeistä (päällisvesi = epilimnion, harppauskerros eli metalimnion (termokliini), jossa vesi kylmenee huomattavasti, alusvesi = hypolimnion
- trooppisilla aluilla eri vyöhykkeet pysyvät vakaina (esim. Tanganjikajärvessä epilimnion 26°C - 28°C ulottuu 50m – 80m syvyydelle, matalimnion 80m – 200 m, lt putoaa 23°C, jossa se pysyy pohjaan asti (1500 m), pohja hapeton)

- Suomen järvissä epilimnion n. 1m – 2m, lyhyt harppauskerros ja sen alapuolella alusvesi
- täyskierto, jossa koko vesimassa sekoittuu tapahtuu kaksi kertaa vuodessa
- järviä, joissa täyskierto tapahtuu kerran tai kahdesti vuodessa kutsutaan holomiktisiksi järviksi
- järviä, joissa vesi ei täydellisesti sekoitu kutsutaan meromiktisiksi järviksi

- järvisedimentaatio: suurin osa klastisista sedimenteistä on jokien tuomaa pohja- ja suspensiokuormaa, myös olosuhteista riippuen tärkeitä komponentteja ovat eolinen ja vulkaaninen aines
- sedimenttien tulo järveen vaihtelee virtaaman vaihtelujen myötä (tietyillä alueilla vuodenaajat tärkein virtaamaa säätelevä tekijä), usein kerrallisia lustosedimenttejä

eli rytmiiittejä, myös altaan autoktoninen aines kuten esim. piilevien kukinnot riippuvat vuodenaajoista

- rannoilla karkeammat sedimentit (beach, delta etc.), syvimmissä osissa sedimentaatio suspensiosta (rytmiiittejä)

- kemiallis-biologinen sedimentaatio ei-aridisissa järvissä :

1) järvimalmi (limoniitti = goethiitti n. 40%, mangaanihydroksidi 0 – 30%, humus)

2) sideriitti – happiköyhissä altaissa (järvien pohjalla, soissa) rauta voi saostua FeCO_3

3) kalkkisedimentit (CaCO_3 ja MgCO_3):

- saostuvat, jos alueen kallioperässä kalkkia ja jos vesi on ainakin hetkellisesti ylikyllästetty, lisäksi Mg-karbonaattia saostuu hieman kasvien lehtiin ja varsiin

- sinivierhelevien kalsiumkarbonaattia saostava vaikutus klastisten sedimenttien ympärille (onkoliitit)

- syvemmissä vedessä karbonaatti esiintyy tavallisimmin saviliejun yhteydessä, jolloin sitä kutsutaan kalkkisaviliejuksi eli ns. merkeliliejuksi; jos orgaanisen aineksen pitoisuus kalkkisavessa on pieni sitä kutsutaan merkeliksi (marl)

- Suomessa kalkkiliejuja (Euroopassa järvikalkkia)

4) piimaa

- oligotrofisissa järvissä, jossa orgaaninen aines hapettuu

- piileväpitoista liejua kutsutaan piileväliejuksi

- piileväokra = ferrihydroksipitoinen piimaa

5) lieju ja muta

- savi- ja silttilieju, orgaanista ainesta on 6 – 30% (geoteknisessä maalajiluokituksessa yläraja 20%; 6 -20% org. ainesta = liejusavi tai liejusiltti; yli 30% orgaanista ainesta (geo-luokitus >20%) = lieju (gyttja)
- saviliejua kerrostuu yleensä suurten järvien syvimpiin osiin, myös Suomessa pienten järvien alimmat kerrokset
- liejut jaetaan hieno- ja karkeadetritusliejuiksi
- muta = ruskeata ja ilmassa mustaksi tummuvaa kerrostunutta humusta, koostumukseltaan kolloidista, jossa C / N – suhde on > 10 (liejussa > 10)
- mutaa kerrostuu suoalueiden ruskeavetisiin ja humuspitoisiin dystrofisiin järviin, jossa se esiintyy ohuina kerroksina

- aridisissa tai semiaridisissa järvissä (laskujoettomat järvet) kerrostuu kemiallisia sedimenttejä

- aridiset järvet voidaan jakaa yksi ja useampivuotisiin järviin
- playa (inland sebhka) altaat kuivuvat kuivina kausina ja täyttyvät sadeaikoina
- monivuotiset järvet (esim. Iso Suolajärvi, keskim. syv. 12 m; Kuollut meri, 400 m) saattavat olla olemassa tuhansia vuosia

- hypersaliiniset olosuhteet johtavat suolojen kerrostumiseen
- suolajärvien synty liittyy ilmastomuutoksiin, suolaisuus lisääntyy kasvavan haihdunnan myötä
- tyypillinen sedimenttisukessio alhaalta ylöspäin:
 - 1) makean veden eliöitä sisältävä sedimentti
 - 2) kalsium- ja magnesium karbonaatteja
 - 3) kipsiä ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), anhydriittiä ja hiukan karbonaatteja
 - 4) kipsiä ja haliittia (NaCl)

5) kalium- ja magnesiumsuoloja

**F) JÄÄTIKKÖYMPÄRISTÖT kts. Uusinoka, R. 1981. Yleinen maaperägeologia
osa 2, s. 201 -238**

G) Suot

- alueilla, joilla topografian muodostus on aluillaan (deltat, tulvatasangot, järvien ja merien rannat) ja alueilla, joiden sademäärä runsas ja säännöllinen (siis lähes kaikissa ympäristöissä)

- suolla syntyy turvetta, joka on autoktoninen sedimenttiaines
- soiden kehitys nykyään voimakas lauhkeilla vyöhykkeillä, sillä sademäärä suurempi kuin haihdunta ja topografia on monin paikoin nuorta (pleistoseenin jäätiköityminen)
- myös trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla esiintyy laajoja suo-alueita (mm. Florida, Amazonin alue, Sumatra, Ganges-Brahmaputra delta, Niilin ylä- ja keskijuoksu, Keski-Amerikka)

Soiden luokittelu:

1) merelliset suot eli marskit

- ruoho- ja ruokosuot (suolamarskit)
- mangrovesuot

2) makeanveden suot

- vesialtasiin liittyvät suot (järvisoistumat ja jokisoistumat)
- terrestriset, laakeilla tai loivasti viettävillä maapinnoilla esiintyvät suot

Marskit

- aloittavat kehityksensä matalanveden vyöhykkeessä, normaalisti merestä kohonneessa tai mereen vajoavassa rannassa
- laguuni alkaa täyttyä ensin hienosedimenteistä _ vesi madaltuu _ ruohot yleistyvät ja muodostuu vedenalaisia niittyjä _ pohja nousee keskimääräisen vuorovesivaihtelualueen yläpuolelle _ kuivakkokasvit yleistyvät (esim. marskiheinät l. Spartinat) ja sitovat sedimenttiainesta; mahdolliset vuorovesivirtaukset kulkevat jo tässä vaiheessa pitkin mutkaisia uomia) _ lopulta kasvit estävät materiaalin kulkeutumisen alueelta ja suo kasvaa suolaisen veden yläpuolelle _ makeanveden kasvit valtaavat pinnan
- jos vedenpinnan korkeus pysyy muuttumattomana, marskikerrostumien paksuus ei yleensä ylitä vuorovesivaihtelun suuruutta lisättynä noin 5 metrillä (marskikasvit eivät viihdy 3 metriä alempana alimman veden rajaa eivätkä kerrostumat nouse kovin paljon ylimmän vesirajan yläpuolelle)
- jos rantavyöhyke vajoaa, turvekerrostumat saattavat olla erittäin paksuja (arvio 1 cm paksuinen kivihiilikerros on edellyttänyt n. 5 cm paksua, keskinkertaisesti maatumutta turvekerrosta)
- mangrovesuot ovat rajoittuneet lämpimiin seutuihin ja niille on tyypillistä vuorovesivyöhykkeessä viihtyvät pönkäjuurisat puut ja pensaat (kasvattavat maata merelle päin ja muodostavat yleensä saaria)

Makeanveden suot

- kehittyvät laakealle ja loivasti viettävälle maalle tai altaiden yhteyteen
- makeanveden suot voivat myös kehittyä merellisistä soista

- kasvillisuuden perusteella Suomen suot:

- 1) korvet (ravinteisia moreenimaiden metsiä; puustona kuusi, koivu, varpuja vähän ja sammaleina rahka- ja karhusammal)
- 2) rämeet (mäntyä kasvavia rahkasammal-soita, varpuja ja niittyvillaa)
- 3) nevat (aukeita, puuttomia ja vetisiä, rahkasammal- ja sarasoita)
- 4) letot (aukeita, runsasravinteisia alueita, rahkasammalta ja ruskosammalta kasvavia soita)

- turvemaiden geneettinen luokittelu:

- 1) topogeeniset turvemaat (topografisista olosuhteista johtuva soistuminen esim. vesien umpeenkasvusta ja lähteiden vaikutuksesta syntyviin ja kehittyviin soihin, jotka ovat yleensä laakeapintaisia ja liejupohjaisia soita)
- 2) ombrogeeniset turvemaat – sadevesi patoutuu suon pinnalle, keskiosa ylempänä kuin suon laidat (ns. kohosuot)
- 3) soligeeniset suot (ympäristöstään valuvista pintavesistä riippuvia, esim. rinnesuot)

- ravinnesuhteiden perusteella:

- 1) eutrofiset suotyypit
- 2) oligotrofiset suotyypit

joita voidaan täydentää käsitteillä

- 3) ombrotrofiset suot (sadevesistä ravintonsa saava)
- 4) minerotrofiset suot (mineraalimailta valuvista vesistä ravintonsa saava)

- suoyhdistymät ovat erityyppisten soiden muodostamia paikallisia kokonaisuuksia ja suoyhdistymätyypit ovat keskenään samanlaisten suoyhdistymien muodostamia kokonaisuuksia, joilla kullakin on tietynlainen kasvillisuus, pinnanmuoto ja rakenne

- tärkeimmät pääyhdistymätyypit (l. pääkompleksityypit):
- 1) koho-eli keidassuot (tyypillisiä Etelä-, Keski-, ja Länsi-Suomessa)
 - keskus laakea, kupera avoin tasanne, jota ympäröi varpuinen räme, joka vaihettuu minerotrofiseen neva-, korpi- tai letto reunukseen, jonka ulkopuolella soistuvaa metsää
 - keskus ombrotrofinen
- 2) aapasuot (Suomenselällä ja Pohjois-Suomessa)
 - ohutturpeisia, minerotrofisia nevoja, rämeitä ja lettoja, joissa reunat ovat keskiosaa korkeammat
 - alatyypinä rinnesuot, jotka yleensä minerotrofisia lettoja
- 3) palsa- eli kumpusuot (tundralla ja metsätundralla)
 - muutaman metrin, joskus jopa 7 metrin korkuiset turvekummut l. palsat, jotka ikiroudassa ja niiden väliset ohutturpeiset ja vetiset rimmet

Suon tuottamat sedimentit

- järvialtaan soistumisesta syntyvä sukkessio: lieju – limninen turve (matalan veden alapuolelle syntynyt *turve mm. Phragmites-turve*) – limnotelmaattinen turve (esim. *Equisetum-turve*) - telmaattinen turve (rantaan muodostuva turve esim. suursaraturve) – terrestrinen turve
- aapasoilla on pääasiassa saraturvetta (joskus ruskosammalturvetta)
- rinnesoiden turve on ravinnepitoisuudesta riippuen sara- tai ruskosammalta
- palsasoiden turve pääasiassa saraturvetta (pintaosassa rahkaturvetta ja karhunsammalturvetta)

H) Eoliset ympäristöt

a) Ilmavirtaukset – synoptiset tuulet

- kaikkiin liikkeisiin ilmakehässä on syynä auringon säteilyenergia
- ilmakehän liikkeisiin vaikuttaa esim. maapallon kiertoliike, mannerten ja merien pintakuviointi, maapinnan korkokuva, säteilyenergian epätasainen jakautuminen eri leveyspiirien välillä
- nämä tekijät vaikuttavat siihen, että syntyy eroja ilmanpaineessa _ tuulet
- yksi merkittävimmistä ilmakehän kiertoliikkeistä on ylempien ja alempien leveysasteiden välillä tapahtuva ilman kierto
- maapallo voidaan jakaa kolmeen soluun 1) 0° - 30° leveyspiiri - lämmin ilma päiväntasaajalla ylös ja kylmän ilman virtaus koillisesta (pohjoisesta) ja kaakosta (etelästä) = pasaatituulet
- päiväntasaajalta lähtenyt lämmin ilmavirtaus kulkeutuu ylemmässä ilmakerroksessa kohti 30° leveyspiiriä, jolloin se on jo niin viileätä ja kosteutensa menettänyttä, että se alkaa laskeutua – kun se laskeutuu kasvaa ilmanpaine ja kuiva ilma lämpenee nopeasti lähestyessään maanpintaa – tästä syystä näillä leveysasteilla mantereet ovat usein aavikoituneet ja meret ovat tavallista suolaisempia (haihdunta ylittää sadannan)
- täältä ilma virtaa pasaatituulina kohti päiväntasaajaa tai ns. länsituulina seuraaville konvergenssivyöhykkeille (n. 60 leveyspiiri)
- 60 leveyspiirillä tulee vastaan napaseutujen korkeapaineen johdosta sieltä alemmille leveysasteille suuntautuvat itäiset tuulet
- vastaavasti 60 leveyspiirillä ilma kohoaa ylös ja suuntautuu osin napaseutujen kylmyysaavikoita ja 30 asteen lämpimiä aavikoita kohti
- nämä kiertovirtaukset eivät kuitenkaan kuljeta riittävästi energiaa kohti napoja – lämpötila nousee tropiikissa ja laskee navoilla kunnes lämpötilagradientti saa

kriittisen arvon jolloin tropiikin kuuma ilma ja napojen kylmä ilma työntyvät toisiaan kohti

- tämä liike pituuspiirien suuntaisena aaltoliikkeenä aallonpituuden ollessa n. 1,5 tuhatta km (eli kylmän ja lämpimän ilmamassan leveys on tätä luokkaa)
- tämä aaltoliike (kylmän ja lämpimän ilman vuorottelu) liikkuu molemmilla pallonpuoliskoilla itään parista päivästä viikkoihin kestävinä jaksoina
- nämä jaksot ovat syklonisia matala- sekä antisyklonisia korkeapaineita – lämpö siirtyy niissä napoja kohti horisontaalisina ilmamassojen sekoittumisina näiden aaltojen murtuessa

- monsuunituulet – mantereiden ja merien lämpötilaus mutkistaa ed. kuvattuja tuulisysteemejä
- mantereet ovat kesäisin meriä lämpimämpiä ja talvella kylmempiä kuin meret
- talvisin mantereilla kylmä ilma tiivistyy vajoten alas ja ylhäälle pyrkii muodostumaan tyhjä tila jonne kaikkialla liikkuvat ilmavirtaukset täyttävät – alueelle muodostuu korkeapaine ja ilma virtaa sieltä pois vain pintatuulina
- kesäisin ilma kohoaa lämpeneviltä mantereilta ylös kylmän ilman virratessa mereltä tilalle

- paikallisia tuulia: maa- ja merituuli, vuori- ja laaksotuuli

Tuulen kuljetustoiminta

- kuljetustoimintaa tapahtuu kaikkialla mutta seuraavat tekijät luonteenomaisia siellä, missä tuulen kuljetustoiminta on tehokasta;
 - 1) jyrkät päivittäiset ΔT vaihtelut (jolloin intensiivinen mekaaninen rapautuminen)
 - 2) alhainen vuotuinen sademäärä (sateet satunnaisia ja rankkoja), haihdunta ylittää viisinkertaisesti sademäärän
 - 3) kasvipeite harva tai puuttuu _ voimakkaat tuulet ja usein tuulen mukana kulkeutuvaa materiaalia saatavilla

- kuljetus pölynä ja traktiona (selektiivinen – hiekka aavikolla, suspensio esim. lössinä)
- hiekanjyvät kulkevat hyppäyksin saltaatioissa ja kovassa tuulessa maanpinnan hiekkarakeissa hidas ryömintä (saltaatio), konsentraatiot suuria muutaman desimetrin korkeudesta maasta joskus jopa metri
- aallonmerkit syntyvät saltaation tuloksena mutta tarpeeksi suurilla nopeuksilla pinta sileä, aallon harjalla karkeimmat aineet ja ei climbing rippleja tai eroosiomerkkejä, foresetit myös harvinaisia
- tuulen on vaikea erodoida aluetta, jossa silttiä tai yleensä suspensiokuorman sopivaa ainesta, saltaation impaktit huolehtivat pinnan rikkomisesta
- suspensiokuorma kulkeutuu usein lyhyen matkaa mutta voi kulkeutua jopa tuhansia kilometrejä

Aavikkoympäristön alaympäristöt ja kerrostumat

1) Hamada – kiviaavikko

- kallioisia eroosioalueita (deflaatioaltaat), joita luonnehtivat karkeat sedimentit ja pyöristymättömät kivet ja lohkat

2) Serir – somerikkoavikko

- myös deflaatiopintoja, karkea aines (kivet, sora ja hiekka), huonosti tai kohtalaisesti pyöristynyt kiviaines, serir alueet sijoittuvat yleensä dyynialueiden väliin

3) aavikkojärvet ja sisämaan sebkhat (playa & salina)

- aavikkojärvet voivat olla monivuotisia ja lähes pysyviä laskujoettomia järviä kun taas sebkhat ovat kuivia suurimman osan vuodesta, (wadit tai/ja pohjavesi)
- suolakerrostumia (evaporiitit) - pohjavesi, sedimentit ovat yleensä suspensiomateriaalia, ylöspäin hienonevat sarjat, kuivumisrakomerkkejä, kipsiä ja haliittia, eolista hiekkaa – wadi

4) Wadi – aavikkojoet

- joet ovat kuivia suurimman osan ajasta mutta täyttyvät sateiden aikana (ns. flash floods – salamavirtaukset), joen uomat eivät ole pysyviä vaan täyttyvät usein kuljettamistaan sedimenteistä ja eolisesta hiekasta
- kerrostuminen nopeaa (imeytyminen pohjavedeksi)
- jokien sedimenteissä soraa ja hiekkaa rakenteina pieni- ja suurimittakaavainen aallonmerkkikerroksellisuus, horisontaalinen kerroksellisuus, elementteinä särkät
- usein keilamaisia sedimenttikasaumia (flood fans)

5) Lentohiekkamuodostumat

a) muodostuma-alueet

- hiekan saanti edellytyksenä ja esiintyy maapallon suurilla aavikkoseuduilla 30 leveyspiireillä
- usein hiekka kulkeutuu pois alluviaalisilta (playa) alueilta ja muodostuu hamada (kivikkoaavikko) tai somerikkoaavikko (serir tai reg); hiekka kulkeutuu jonkin matkaa ja muodostaa hiekka-aavikon (erg), siltti lössiksi
- tiettyjen semiaridisten alueiden jokitasankojen dyynihiekat ja sitten hiekkarannat ja glasifluviaaliset alueet
- hiekan kinostumiseen tarvitaan jokin este – hiekkakerrokset asettuvat lepokulmaa 25° - 34° ja kinos kasvaa ja liikkuu kunnes saavutetaan 1-2 m korkeus (hyvä suojasivu) ja kinos pysähtyy
- hiekan kerrostumatyyppi:
 - 1) hiekkakinokset (sand drifts) – esteen taakse (kivet ym.) tai painanteisiin jolloin foreset kerroksia
 - 2) Goze-muodostumat – laajoja loivasti aaltoilevia (kasvillisuus)
 - 3) sand sheet laajoja tasaisia aavikkoalueita, joissa muodostumia luonnehtii vuorottaiset vaaka-asentoiset kivi ja hiekkakerrokset (interdyynialueilla myös samantyyppisiä)
 - 4) dyynit – eri tyyppisiä muodoltaan

- barchan- eli kaaridyynit, lineaariset l. seifdyynit, poikittaiset dyynit, blow-out dyynit, paraabelidyynit, kupolidyynit, paluudyynit, tähtidyynit