

## Geofag 2 Hjelpearck – VG3

Geologi, klima, oseanografi og naturressurser — LK20

### Jordens indre prosesser

#### Jordens oppbygning

- **Indre kjerne** – fast jern/nikkel, 5150–6371 km
- **Ytre kjerne** – flytende jern/nikkel, 2890–5150 km
- **Mantelen** – silikatbergarter, 35–2890 km
  - Astenosfæren – delvis smeltet, plastisk
  - Litosfæren – stiv, inkl. skorpe
- **Jordskorpe** – kontinental (30–70 km) og oseanisk (5–10 km)

#### Platetektonikk

- **Divergerende grenser**
  - Plater beveger seg fra hverandre
  - Midthavsrygger, riftdaler
  - Ny havbunn dannes (sjøbunnspreddning)
  - Eks: Midtatlantterhavstryggen
- **Konvergerende grenser**
  - Hav-hav: subduksjon, øybuer, dyphavsgrop
  - Hav-kontinent: subduksjon, fjellkjeder
  - Kontinent-kontinent: kollisjon, fjell
  - Eks: Himalaya, Andesfjellene
- **Transform grenser**
  - Plater glir langs hverandre
  - Store jordskjelv, lite vulkanisme
  - Eks: San Andreas-forkastningen
- **Drivkrefter:** Konveksjonsstrømmer i mantelen, ridge push, slab pull

#### Vulkanisme

- **Vulkantyper**
  - Skjoldvulkan – basaltisk, flytende lava
  - Stratovulkan – eksplosiv, viskøs magma
  - Kaldera – kollaps etter utbrudd
- **Magma vs. lava**
  - Magma under overflaten
  - Lava når den når overflaten
- **Vulkanprodukter:** Lava, tefra, pyroklastiske strømmer, gasser
- **Hot spots:** Vulkaner midt på plater (Hawaii, Island)

#### Jordskjelv

- **Hyposenter** – utgangspunkt i dypet
- **Episenter** – punkt på overflaten
- **Seismiske bølger**
  - P-bølger – kompresjon, raskest
  - S-bølger – skjærbølger, kun fast stoff
  - Overflatebølger – størst skade
- **Richterskalaen** – logaritmisk, magnituder
- **Mercalliskalaen** – observert intensitet

### Ytre prosesser

#### Forvitring

- **Mekanisk forvitring**
  - Frostsprengning – vann fryser, utvider seg
  - Temperaturforvitring – ekspansjon/kontraksjon
  - Rotsprengning – plantevekst
  - Trykkavlastning – erosjon fjerner vekt
- **Kjemisk forvitring**
  - Hydrolyse – vann reagerer med mineraler
  - Oksidasjon – rust (jernholdige bergarter)
  - Karbonering –  $\text{CO}_2$  + vann = kulsyre
  - Oppløsning – kalkstein i surt vann
- **Biologisk forvitring**
  - Røtter, lav, bakterier
  - Produserer syrer og sprekker

#### Erosjon

- **Elve-erosjon**
  - Bunnerosjon og sideerosjon
  - V-daler, fosser, stryk, canyon
  - Meandering i flate områder
- **Bre-erosjon**
  - Plukking og skuring
  - U-daler, botner, egger, tinder
  - Fjorder, morener, skuringsstriper
- **Marin erosjon**
  - Bølgeslag og hydraulisk trykk
  - Klipper, strandflate, grotter
- **Vinderosjon**
  - Deflasjon – blåser bort løsmasser
  - Korrasjon – slipende sandblåsing

#### Transport og avsetning

- **Transportformer:** Løsning, suspensjon, saltasjon, rulling
- **Avsetninger**
  - Elver: delta, elveslette, vifter
  - Breer: morener, esker, drumlin
  - Hav: sedimentbassenger, kontinentalhylle
  - Vind: sanddyner, løss
- **Sortering:** Grovt materiale avsettes først

### Bergarter og mineraler

#### Mineraler

- Naturlig forekommende, uorganisk, fast stoff
- Definert kjemisk sammensetning og krystallstruktur
- **Viktige mineraler:**
  - Kvarts ( $\text{SiO}_2$ ) – vanligst
  - Feltspat – aluminiumsilikat
  - Glimmer – flakete, skinnende
  - Kalsitt ( $\text{CaCO}_3$ ) – i kalkstein
  - Olivin, pyroksen, amfibol
- **Identifikasjon:** hardhet, farge, strek, glans, spalting

#### Magmatiske bergarter

- Dannet ved størkning av magma/lava
- **Dypbergarter (intrusive)**
  - Langsom avkjøling, store krystaller
  - Granitt, gabbro, dioritt
- **Dagbergarter (ekstrusive)**
  - Rask avkjøling, små/ingen krystaller
  - Basalt, ryolitt, andesitt, obsidian
- **Tekstur:** Faneritisk (grov), afanitisk (fin), glassaktig, porfyrisk

#### Sedimentære bergarter

- Dannet av avleirede sedimenter
- **Klastiske** – fra forvitret materiale
  - Konglomerat, sandstein, siltstein, skifer
- **Kjemiske** – utfelling fra løsninger
  - Kalkstein, dolomitt, gips, steinsalt
- **Organiske** – fra organisk materiale
  - Kull, kalkstein (skjell), olje
- Ofte lagdelte med fossiler

#### Metamorfe bergarter

- Omdannet av varme og/eller trykk
- **Regional metamorfose** – store områder
- **Kontaktmetamorfose** – ved magma
- **Eksempler:**
  - Skifer → fyllitt → glimmerskifer → gneis
  - Kalkstein → marmor
  - Sandstein → kvartsitt
- **Foliasjon:** Parallell mineralag (gneis)

#### Bergartssyklusen

- Alle bergarter kan omdannes til andre typer
- Prosesser: smelting, størkning, forvitring, erosjon, avsetning, kompaksjon, metamorfose

## Geologisk tid og datering

### Geologisk tidsskala

- **Eon** – Hadeum, Arkeikum, Proterozoikum, Fa-nerozoikum
- **Era** – Paleozoikum, Mesozoikum, Kenozoikum
- **Periode** – Kambrium, Ordovicium, Silur, Devon, Karbon, Perm, Trias, Jura, Kritt, Paleogen, Neogen, Kvartær
- **Epoke** – f.eks. Holocen, Pleistocen
- Jorda ca. 4,6 milliarder år gammel

### Relativ datering

- **Superposisjonsprinsippet** – yngre lag over eldre
- **Horisontal opprinnelighet** – lag avsettes horisontalt
- **Inklusjonsprinsippet** – inkludert materiale er eldst
- **Kryssskjæring** – det som skjærer er yngst
- **Fossil korrelasjon** – ledefossiler
- **Inkonformiteter** – manglende tidsperioder

### Absolutt datering

- **Radiometrisk datering**
  - Radioaktiv nedbrytning av isotoper
  - Halveringstid: tid for halvparten å brytes ned
- **Vanlige isotoper:**
  - $^{14}\text{C}$  – 5730 år (organisk, <50000 år)
  - $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$  – 1,3 mrd. år (vulkansk)
  - $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  – 4,5 mrd. år (zirkon)
  - $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$  – 48,8 mrd. år
- **Dendrokronologi** – årringer i trær
- **Varv-kronologi** – sesonglag i innsjøer

### Norges geologiske historie

- Grunnfjellet – prekambrisk (>540 mill. år)
- Kaledonske fjellkjeden – Silur/Devon
- Permiske vulkaner – Oslofeltet
- Istider – Kvartær (2,6 mill. år)

### Klima og klimaendringer

#### Klimasystemet

- **Komponenter:** Atmosfære, hydrosfære, kryosfære, biosfære, litosfære
- **Energibalanse:** Innkommende solstråling vs. utgående stråling
- **Albedo:** Refleksjonsevne (is høy, hav lav)

#### Drivhuseffekten

- Naturlig prosess – holder jorda varm
- **Drivhusgasser:**  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ -damp
- Forsterket av menneskelige utslipp
- Kortbølget stråling inn, langbølget tilbake

#### Naturlige klimavariasjoner

- **Milankovitch-sykluser**
  - Eksentrisitet (100000 år)
  - Skråstilling (41000 år)
  - Presesjon (23000 år)
- **Solaktivitet** – solflekssykluser
- **Vulkansk aktivitet** – aerosol-avkjøling
- **Havstrømmer** – El Niño, La Niña

#### Klimaproxyer

- **Iskjerner** – luftbobler, isotoper ( $\delta^{18}\text{O}$ )
- **Sedimentkjerner** – havbunn, innsjøer
- **Årringer** – temperatur og nedbør
- **Koraller** – havtemperatur
- **Pollen** – vegetasjonshistorie

### Menneskeskapte klimaendringer

- **Årsaker:** Fossil forbrenning, avskoging, jordbruk
- **Observert:** Temperaturøkning 1,1 °C, ismelting, havnivåstigning, havforsuring
- **Framskrivninger:** 1,5–4 °C økning innen 2100

### Tilbakekoblingsmekanismer

- **Positiv:** Forsterker endring (is-albedo, permafrost-metan)
- **Negativ:** Demper endring (plantevekst, skyer)

### Havstrømmer og oseanografi

#### Verdenshavene

- Stillehavet, Atlanterhavet, Indiahavet, Sørishavet, Nordishavet
- Dekker 71% av jordoverflaten
- Gjennomsnittsdyp ca. 3800 m

#### Overflatestrømmer

- Drevet av vind og jordens rotasjon
- **Corioliseffekten** – avbøyning (høyre N, venstre S)
- **Gyrer:** Store sirkulære strømmønster
- **Viktige:** Golfstrømmen (varm), Labrador (kald)

#### Dyphavsirkulasjon

- **Termohalin sirkulasjon** – drevet av temperatur og salt
- Kaldt, salt vann synker – globalt transportbånd
- Viktig for varmetransport og karbonsyklus

#### Havets rolle i klimasystemet

- Absorberer 90% av ekstra varme, 25% av  $\text{CO}_2$
- Havforsuring:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{karbonsyre}$
- El Niño/La Niña påvirker globalt vær

#### Havnivåendringer

- **Eustatiske:** Ismelting, termisk ekspansjon
- **Isostatiske:** Landheving/-senkning
- Norge: Landhevning > havnivåstigning (foreløpig)

## Naturressurser og bærekraft

### Geologiske ressurser

- **Energi:** Fossile, kjernebrensel, geotermisk
- **Metalliske:** Jern, kobber, gull, sjeldne jordarter
- **Industrimineraler:** Kalkstein, kvarts, grafitt
- **Byggeråstoffer:** Sand, grus, pukk

### Norske ressurser

- Olje og gass (Nordsjøen, Norskehavet, Barentshavet)
- Mineraler: titan, nikkel, olivin, grafitt
- Byggeråstoffer, naturstein
- Grunnvann

### Ressursforvaltning

- **Fornybare vs. ikke-fornybare**
- **Reserver:** Økonomisk utvinnbart
- **Ressurser:** Totalt kjent + antatt

### Bærekraftig utvikling

- Dekke dagens behov uten å ødelegge for fremtiden
- Sirkulærøkonomi, grønt skifte
- Miljøkonsekvensanalyser, arealplanlegging

### Feltarbeid og metoder

#### Geologisk kartlegging

- Registrere bergarter, strukturer, løsmasser
- **Geologisk kart:** Viser bergarter og alder
- **Profil/snitt:** Vertikalt utsnitt
- Strøk og fall – lagenes orientering
- GPS, kompass, geologhammer

#### Prøvetaking og analyse

- Bergartsprøver, sedimentprøver
- Kjerneboring – kontinuerlig prøve
- Tynnslip – mikroskopi
- Geokjemisk analyse
- Aldersdatering

#### Geofysiske metoder

- **Seismikk:** Lydbølger, refleksjon
- **Magnetometri:** Magnetiske anomalier
- **Gravimetri:** Tyngdekraftvariasjoner
- **Georadar/elektrisk motstand**

#### Fjernanalyse

- Satellittbilder, flyfoto
- LiDAR, multispektral analyse
- GIS – geografiske informasjonssystemer

#### Feltrapport

- Lokalitetsbeskrivelse, observasjoner
- Prøver, analyser, tolkninger
- Kart, profiler, bilder

### Sjekkliste eksamen

#### Fagbegreper

- ☐ Bruker geologiske fagbegreper korrekt
- ☐ Forklarer prosesser med årsak-virkning
- ☐ Kobler lokale og globale eksempler

#### Drøfting

- ☐ Vurderer flere forklaringer
- ☐ Bruker data/observasjoner som bevis
- ☐ Trekker begrunnet konklusjon

#### Kart og figurer

- ☐ Tolker geologiske kart korrekt
- ☐ Tegner profiler/skisser
- ☐ Beskriver observasjoner systematisk

#### Tips

- Bruk konkrete norske eksempler
- Vis forståelse for geologisk tid
- Koble prosesser til hverandre
- Vurder usikkerhet i tolkninger