



## Forskningsbaseret feltarbejde

### -Kompendium 2:

## Geologi

Lavet i 2013 af:

Søren Nielsen Htx/GU Sisimiut



## Intro

I 2009 udkom bogen *Naturen og klimaændringerne i Nordøstgrønland*, som var en tiltrængt nationalt/lokalt forankret forskningsbaseret undervisningsbog i Grønland. Det eneste denne bog ikke kom med var eksempler på vejledninger som kunne bruges i tilknytning til dens kapitler. Denne manglende del til min/vores undervisning har givet anledning til denne samling af kompendier, som knytter sig direkte til følgende 3 bøger.

- Naturen og klimaændringer i Nordøstgrønland
- Grønlands Økologi
- Grønlands Geologiske udvikling

Kompendierne er blevet lavet i forbindelse med et projektforsløb i fagene geologi, biologi og kemi, men kan sagtens bruges i andre sammenhæng. Det er lavet til et teknik niveau-A hold, men dele af materialet kan sagtens bruges på niveau B – dog forudsætter en noget af materialet en del grundlæggende viden inden for økologi.

Ideen bag projektet er at lave vidensdeling mellem gymnasieklasser og kunne sammenligne/undersøge flere forskellige områder på en gang igennem forskningsbaseret arbejde fra elevernes side. Vi kalder det forskningsbaseret undervisning, fordi der SKAL ligges op til, at eleverne arbejder med nutidige og relevante forskningsemner, holder deres data op mod referenceværdier fra forskernes arbejde og videns deler / formidler deres resultater til andre.

Vi håber det kan inspirere til nye projektforsløb og give eleverne mulighed for, at komme ud af klasseværelset og lege forsker i naturen. Meget gerne i parallelforsløb med andre gymnasieklasser fra andre byer/lande.

Der er lavet 4 kompendier i dette projektforsløb: "*Forskningsbaseret feltarbejde i Jordbundsøkologi*", "*Forskningsbaseret feltarbejde i Geologi*", "*Forskningsbaseret feltarbejde i botanik*" og "*Forskningsbaseret feltarbejde i Ferskvandsbiologi*". Kompendierne kan bruges samlet, hver for sig eller som mange små vejledninger/øvelser i feltarbejde. Hver kompendium består af:

- Introduktion til underviseren
- Teoriafsnit med links/QR-koder til relevante film og artikler
- Elevvejledninger

I forbindelse med udgivelsen af dette materiale vil vi gerne takke Grønlands Selvstyre for støtte til udviklingen af materialet både økonomisk og konsulentbistand igennem Kasper Busk.

Materialet er udarbejdet af:

Geologi - Søren Nielsen fra Htx/GU Sisimiut/GL

Botanik - Sine Madsen fra Htx/GU Sisimiut/GL

Ferskvandsøkologi – Kit Nielsen fra Htx Fredericia

Jordbundsøkologi – Jakob Bach Andersen fra Htx Fredericia (Projektansvarlig- [jmb@eucl.dk](mailto:jmb@eucl.dk))

## Indhold

### Kompendium 2: Geologi

#### Vejledning 1: Jorden set fra et geologisk perspektiv

Et grundlæggende studie i sedimenteringer.....	s.1-22
Vejledning til underviseren .....	s.2
Vejledning til elever .....	s.5
Eksempel på poster til opgaven .....	s.22

#### Vejledning 2: Et grundlæggende studie af bjergarter og mineraliseringer.....

s. 23-38	
Vejledning til underviseren .....	s.24
Vejledning til elever .....	s.26

# Jordbunden set fra et geologisk perspektiv.

## Et grundlæggende studie af sedimenter.

### Formål

At opnå en grundlæggende forståelse for den geologiske del af jordbunden, som er skabt under sidste istid.

Dit arbejde vil bestå af feltarbejde med udvælgelse og indsamling af sedimentprøver, samt laboratorieøvelser som sigteanalyse og mikroskopi. Du opnår kendskab og forståelse for sedimenters forskellige kornstørrelser og aflejringsmiljøer, samt kunne analysere og opstille sedimentologisk data ved hjælp af grafisk databehandling. Dertil kunne genkende og identificere de mest almindelige sedimentdannende mineraler.



Film om sedimenter: "Greenland on Hudson"

<http://www.youtube.com/watch?v=5F-PomCGDIY>

## Til underviseren

Denne opgave forløber over ca. 10 lektioner, fordelt over 2-3 dage. Først en teoridel, efterfulgt af en felt- og laboratoriedel.

Dag - antal lektioner	Tema	Undervisningselementer
Dag 1 - 1 lektion	Teori	Intro til tema, gruppeinddeling osv.
Dag 1 – ca. 3 lektioner	Feltarbejde	Indsamling af udstyr, opgaveløsning og prøvetagning. Afslut med tørring af prøver.
Dag 2 – 2 lektioner	Laboratoriearbejde	Sigtning af de tørrede sedimentprøver, samt mikroskopianalyse.
Dag 2/3 – 2 lektioner	Databehandling	Udarbejdelse af sigtekurver. Sammenlign gruppernes forskellige sedimentprøver.
Dag 2/3 – 1 lektion	Evalueringsopgave	Som evaluering udarbejder hver gruppe en poster, som lægges ud på nettet.

Tabel 1: Lektionsplan

Eleverne burde kunne nå hele forløbet inden for den angivne tid. Dog må det forventes, at de arbejder videre med evalueringsopgaven, hvis de ikke når at færdiggøre denne i timerne.

### Teoridel – 1 lektion

Den nødvendige geologiske teori er beskrevet i elevvejledningen, så denne bør underviseren også være bekendt med. Det er altså ikke en forudsætning, at man har en egentlig lærebog.

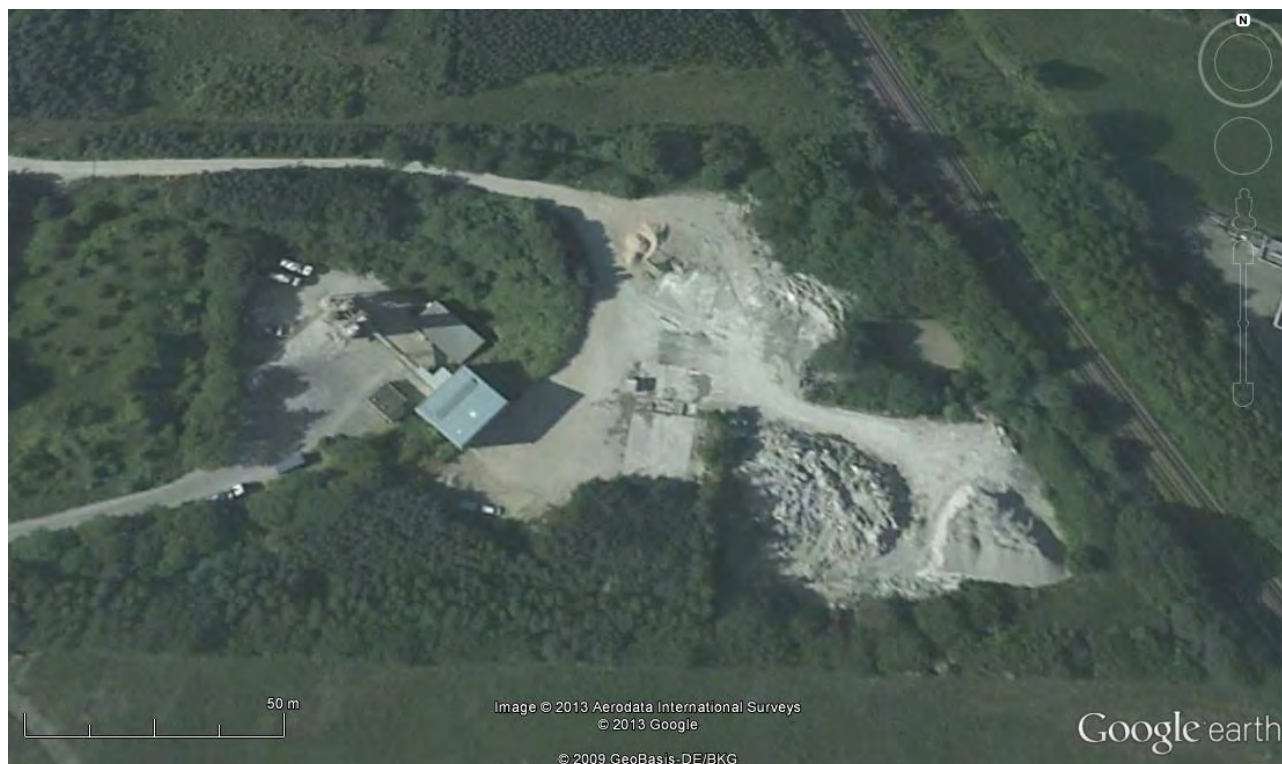
### Feltarbejde – 3 lektioner

Eleverne skal gå på opdagelse, meget gerne i en nærliggende grusgrav, som med stor sikkerhed indeholder istidsaflejrede sedimenter. Hver gruppe skal først lave en fællesøvelse, som står beskrevet i elevvejledningen.

Dernæst indsamler hver gruppe én sedimentprøve fra et specifikt sedimentlag. Eleverne skal så vidt muligt udtage sedimenter fra samme lag, hvis det da er muligt at skelne lagene fra hinanden. Eleverne må gerne udtage prøver fra lag der ligger vertikalt over hinanden, således man kan se hvordan aflejringsmiljøet ændrer sig på det samme sted. Men styr dem, så de vælger så forskellige lag med forskellige kornstørrelser som muligt.

Dertil skal der fotodokumenteres og angiv lokaliteten på et kort, evt. fra Google Earth (billede 1)

HUSK: sedimentprøven skal tørres, så den kan sigteanalyseres.



Billede 1: Oversigtskort over grusgrav i Fredericia. Hver gruppe skal afmærke lokalitet (Google Earth)

Feltudstyr:

Gruppe nr.:	Anvendelse	Lånt	Afleveret
Kamera	Fotodokumentation		
Poser	Til prøvetagning		
Tuschpen	Angiv prøvenummer		
Magnet	Test mineralerne		
Lup/forstørrelsesglas	Kan kombineres med kamera		
Kniv	Skrab langs jordlag		
Spade/skovl	Afdæk for løs jord og nedskred		
Lineal/målebånd	Målestoksforhold		
GPS	Lokalitet-position		
Notesbog + skriveredskab	Tag notater og tegn geologien		
Udskriv kort over lokaliteten	Marker hvor prøven udtages		
Udskriv opgaveark	Løs opgaven		

### Laboratoriarbejde og databehandling – 4 lektioner

Den indsamlede sedimentprøve skal sigtes og vejeresultaterne skal indsættes i givne skema. Resultaterne skal efterbehandles, således der udarbejdes grafer og kurver og kornfordelingen. Bagefter kan der tolkes for at opnå et muligt aflejringsmiljø. Dertil bruges mikroskoper eller anden forstørrelse til at identificere de mest almindelige mineraler.

Evalueringsformen er en poster, som uploades på nettet, således den kan deles med de andre elever og undervisere.

### Differentiering af øvelsen!

- *Geologi er jo lidt en skattejagt, så forløbet kan virke inspirerende og motiverende, hvis der bliver tildelt en præmie til den gruppe med den bedste posterfremstilling. Det vil være undertegnede der vurderer hvem der er vinder af konkurrencen. Præmien vil blive overrakt i Kangerlussuaq.*
- *Til sigteprøven: hvis sedimentprøverne ikke er helt tørre, vil mineralkornene klæbe fast til sigtens masker. Men hvis i ikke kan nå at tørre prøverne, så arbejd alligevel forsøget igennem, og snak om hvorfor det ikke lykkedes. Angiv den våde mængde sediment som fejlkilde, og analyser alligevel på hvad der er løbet gennem sigteprøven.*
- *Få eleverne til at sammenligne hinandens kornkurver og saml evt. op på aflejringsmiljø*

# Jordbunden set fra et geologisk perspektiv.

## Et grundlæggende studie af sedimente.

### Formål

At opnå en grundlæggende forståelse for den geologiske del af jordbunden, som er skabt under sidste istid.

Dit arbejde vil bestå af feltarbejde med udvælgelse og indsamling af sedimentprøver, samt laboratorieøvelser som sigteanalyse og mikroskopi. Du opnår kendskab og forståelse for sedimenters forskellige kornstørrelser og aflejringsmiljøer, samt kunne analysere og opstille sedimentologisk data ved hjælp af grafisk databehandling. Dertil kunne genkende og identificere de mest almindelige sedimentdannende mineraler.



Film om sedimente: "Greenland on Hudson"

<http://www.youtube.com/watch?v=5F-PomCGDIY>



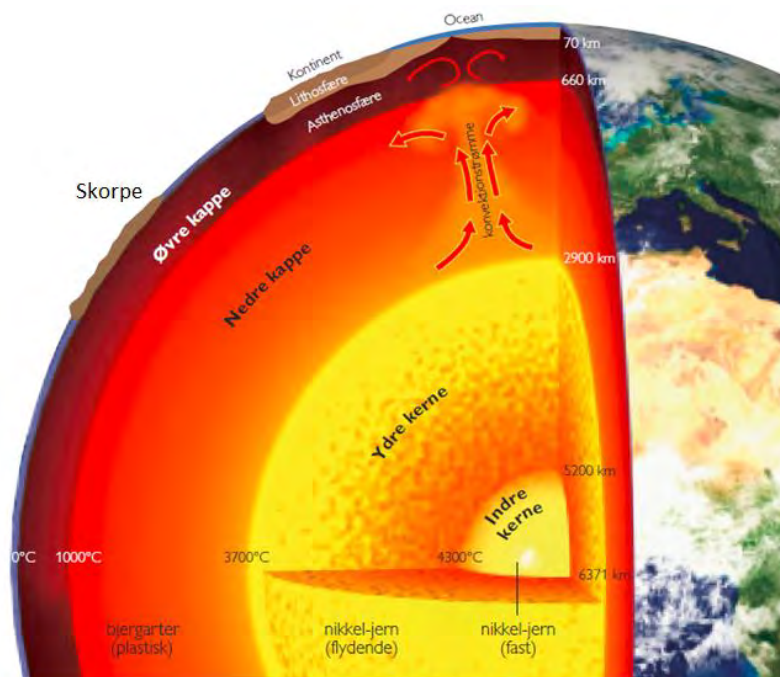
## Teoridel

Der er stor fokus på vores planet Jorden, både biologisk men bestemt også geologisk. Geologi er læren om jordens fysiske hårde del, det vil sige fra de forskellige jordlag på overfladen, til de dybere aktive dele som vulkaner og jordskælv. Vi mennesker lever i samfund, som kræver stor udnyttelse af jordens mineralske ressourcer og energimæssige råstoffer. For at forstå dannelsen af disse, bør man kende til den geologiske disciplin. Viden og geologi er tæt knyttet til samfundet og de virksomheder der lever af at sælge råstoffer. En der professionelt arbejder med geologi kaldes for en geolog. Teoridelen er baseret på stof fra både bøger og internet, hvor nøgleord er markeret med **fed** skrift.

## Jordens opbygning og pladetektonik

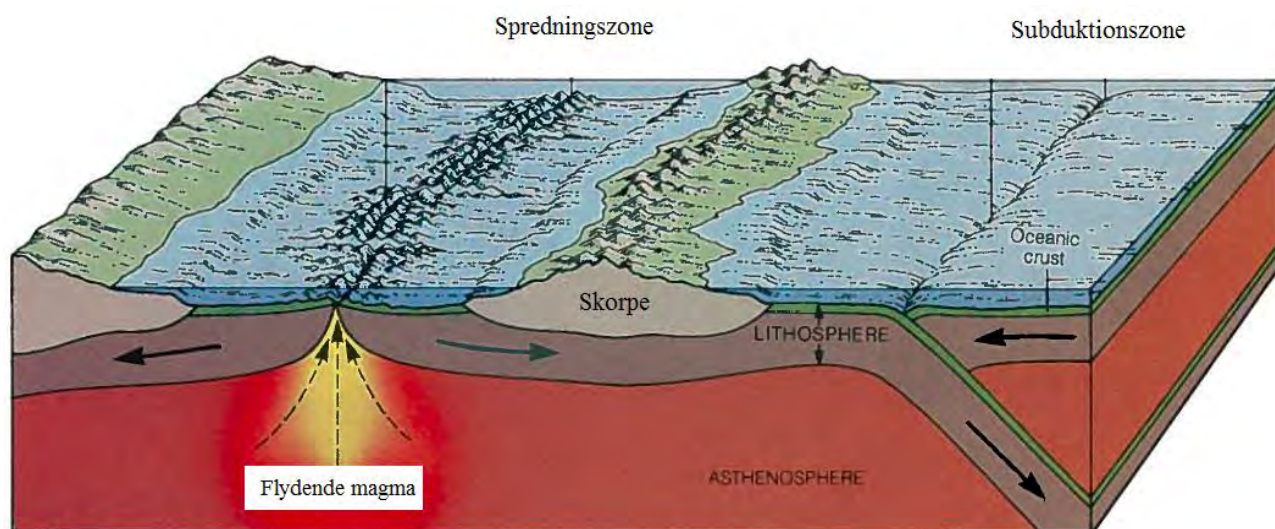
Forskere mener, at dannelsen af vores solsystem med solen og planeterne begyndte for 4,6 milliarder år siden ved koncentration af varme gasser og mikropartikler fra verdensrummet (Henriksen, 2005). Ved afkøling og sammenhobning af jern, nikkel og silikatminerale (Si), dannedes bl.a. Jorden.

Under jordens tidligste udvikling, samledes de tungeste dele i en jern-nikkelkerne, og de lettere elementer dannede den omkringliggende kappe (fig. 1). **Kernen** består af to dele; en fast indre, og en flydende ydre. Den yderste del af kappen består af hårde bjergarter, der sammen med **skorpen** danner **litosfæren**. Den bløde del af øvre kappe kaldes **asthenosfæren**. Den nedre kappe består af mere flydende og meget varmt materiale kaldet **magma**. Skorpen varierer mellem ca. 3-70 kilometer i tykkelse, hvor den er tykkest under kontinenterne, og tyndest under oceanerne. Skorpen er brudt op, og består af en række store plader, kaldet **kontinenter**. Kontinentpladerne er i bevægelse, drevet af jordens indre varme, som danner opadgående **konvektionsstrømme**. Kontinenternes bevægelse kaldes **kontinentaldrift/pladetektonik**.



Figur 1: Jordens indre struktur. Inderst er kernen, som er delt op i en indre og en ydre. Dernæst kommer kappen, som er delt op i en nedre og en øvre del. Yderst findes skorpen (Henriksen, 2005; Andersen *et al.* 200?)

Konvektionsstrømmen sætter altså kontinentpladerne i bevægelse, og kan generelt beskrives af to situationer; en **spredningszone** og en **subduktionszone** (fig. 2). Konvektionsstrømmen tvinger det flydende magma opad, og får kontinenterne til at gå fra hinanden i en spredningszone. I den anden ende, støder kontinenterne sammen, hvorved den ene plade undertrykkes og drives nedad i en subduktionszone (Henriksen, 2005).



Figur 2: Kontinentaldrift drives af opadgående flydende magma, som enten driver kontinenterne fra hinanden i en spredningszone, eller mod hinanden i en subduktionszone (Skinner & Porter, 1987)

## Bjergarter og sedimenter

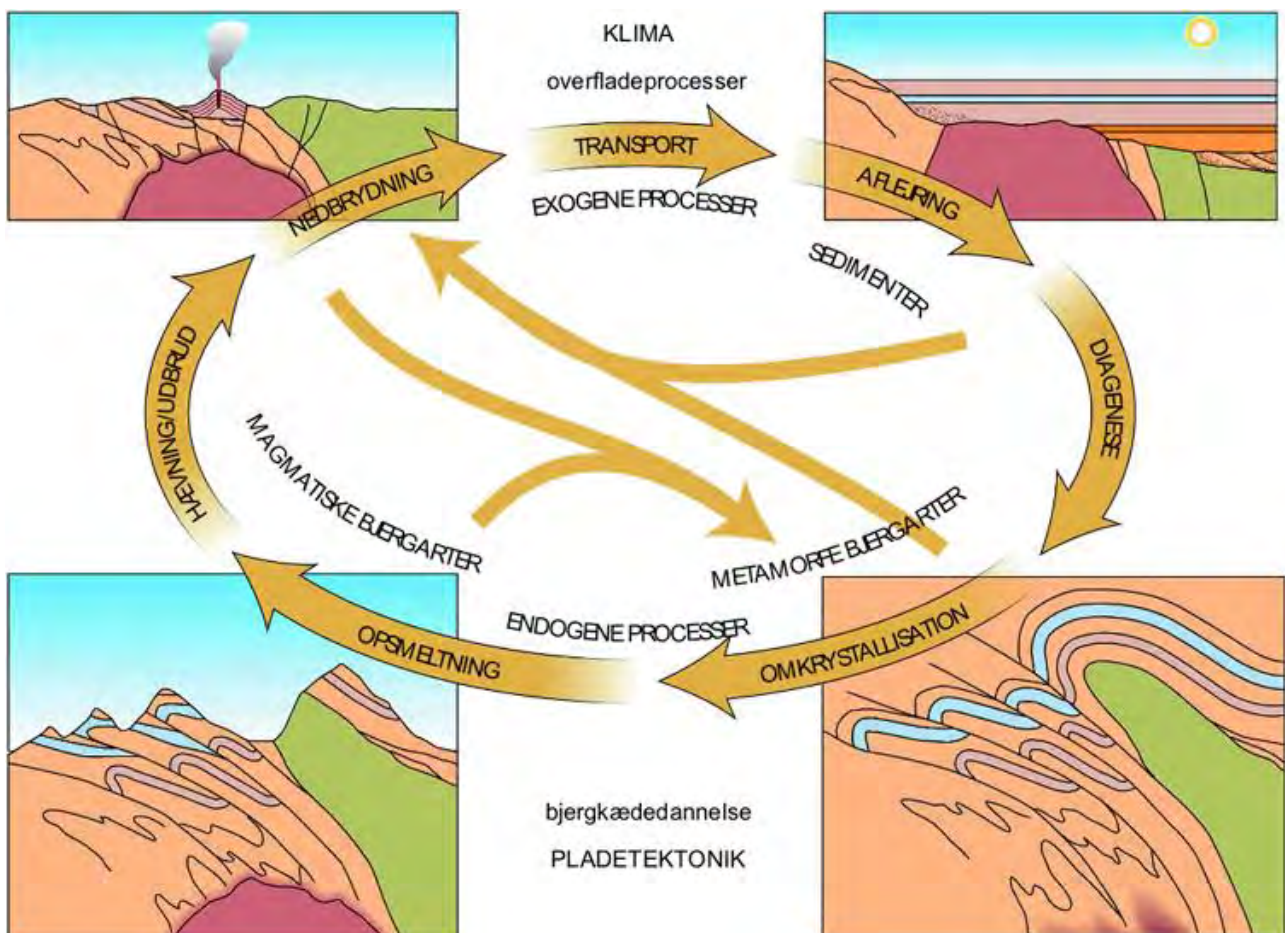
Du har nu fået gennemgået hvordan jordens opbygning og struktur ser ud. Figur 1 viser også, at jordens sammensætning ikke er den samme i alle dybder. Udgangspunktet for jordens kerne er en samling af jern- og nikkelforbindelser, mens resten af jorden består af mange forskellige mineralforbindelser. Sammensætningen af mineralforbindelserne varierer pga. de kemiske egenskaber og jordens varmfordeling.

Der findes ca. 4.000 forskellige **mineraller**, som alle er opbygget af forskellige **grundstoffer**. Sammensætningen af grundstoffer bestemmer altså hvilket mineral der bliver dannet. Dannelsen af mineraler bliver også påvirket af dybde, temperatur og tryk i jorden. Omkring 1000°C og koldere, ved grænsen mellem nedre og øvre kappe, begynder der at dannes faste mineraler. Man siger, at magmaet afkøles og der udfældes mineraler. Hvis magmaet bevæger sig længere mod jordens overflade, vil det begynde at afkøle yderligere. Derved ændres sammensætningen, og der vil blive dannet forskellige mineraler. Når flere forskellige mineraler sætter sig sammen, danner de en **bjergart**. Generelt gælder det, at grundstoffer opbygger mineraler, og at mineraler opbygger bjergarter (fig. 4).



Figur 4: Grundstoffer opbygger mineraler, og mineraler opbygger bjergarter. F.eks. kunne silicium og oxygen gå sammen og danne mineralet kvarts. Hvis flere kvartskorn sidder sammen, danner de en sandsten.

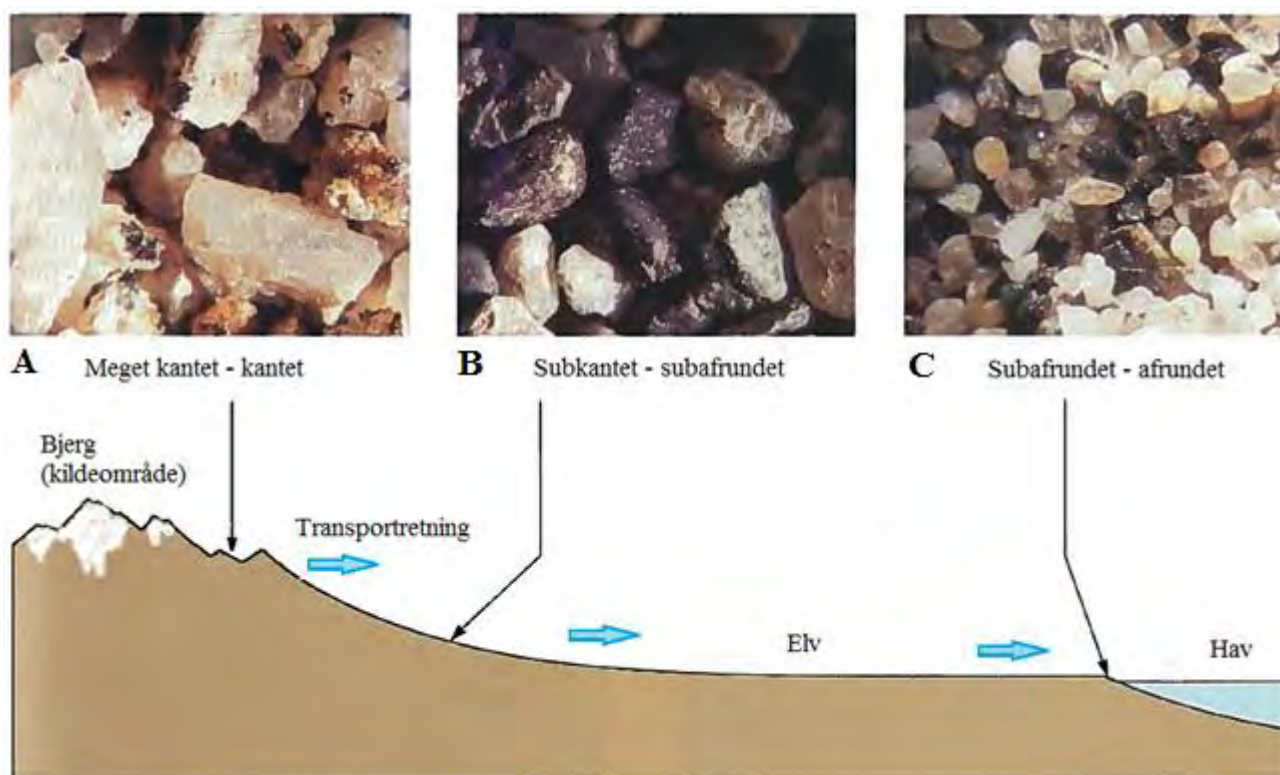
Jordens skorpe består af faste bjergarter, som konstant er udsat for påvirkning. Bjergarterne påvirkes af både **exogene** og **endogene** processer. De exogene (ydre/overflade) processer er domineret af klimaet og vejret, mens de endogene (indre) processer er domineret af pladetektonik. En geolog vil sige, at bjergarter har et liv, og at deres liv kan beskrives som en cyklus (fig. 5). I dette tema, skal vi kun beskæftige os med den øvre exogene del af cyklussen, og vender tilbage til hele cyklussen senere. Den øverste del omfatter de hårde bjergarters nedbrydning til løst sedimentmateriale, kaldet **erosion**, samt **transport** og **aflejring** af **sedimentet**.



Figur 5: Bjergarternes cyklus. Både pladetektonik og klimaet påvirker bjergarterne, og er med til at nedbryde dem til sedimenter. Nedbrydning af bjergarter bliver til fragmenter og løsdele af en eller flere sammenhængende mineraler. Disse fragmenter og løsdele kaldes sedimenter. Sedimenterne bevæges/transporteres. Når sedimentet stopper dets bevægelse, siger man at sedimentet er aflejret (Henriksen 2005; [www.denstordanske.dk](http://www.denstordanske.dk)).

Når erosionsprocessen af et bjerg begynder, er der flere faktorer der spiller ind. Overordnet er det klimaet der styrer hastigheden og måden hvorpå et bjerg eroderes. F.eks. er sollys og nedbør faktorer der hjælper med til nedbrydningen, og nedbør kan både være regn og sne.

Erosionsproduktet er netop en nedbrydning af bjergarten, som ofte vil være en modsatretning af figur 4. Derved går man fra bjergart til mineralkorn. Disse fragmenter af både enkelte mineralkorn og klynger af delvist sammenhængende bjergartsmateriale, vil blive transporteret fra bjerget mod havet (fig. 6)



Figur 6: Erosion og afrunding af mineralkorn under transport. A) Bjerget eroderes og de løse sedimenter transporteres med elven mod havet (blå pile). Ved kort transport er mineralkornene kantede. B) Mineralkornene er nu transporteret længere mod havet, og er blevet mere afrundede. C) Når mineralkornene kommer til havet, er de blevet transporteret langt og er blevet helt afrundede. (Skinner & Porter, 1987)

Mineralkornene er under transporten i bevægelse og vil derfor støde ind i andre korn. Så man kan sige, at mineralkornene selv bliver udsat for erosion, nemlig en mekanisk **afrunding** af kornene (fig. 6, A-C). Ligeledes bliver sedimentet **sorteret** i størrelser under transporten. Ud fra mineralkornenes afrunding og størrelsessortering, kan man tolke på hvor langt de er blevet transporteret. Meget kantede korn er næsten eller slet ikke blevet transporteret, mens meget runde korn indikerer at transporten er foregået over relativ lang distance. Aflejring af store korn tyder på kraftig **strømforhold**, hvorimod små kornstørrelser tyder på svage strømforhold. Et miks af kornstørrelser indikerer at det er sedimentaflejring i en moræne (forklares senere).

Ud af de ca. 4.000 kendte mineraler, er der i sedimentet ofte kun et fåtal repræsenteret. Da mineralkornene netop under transporten bliver udsat for erosion, vil kun de hårdeste overleve lang transport. De mindre hårde mineraler går simpelthen i opløsning og bliver skyllet helt væk ud i havet.

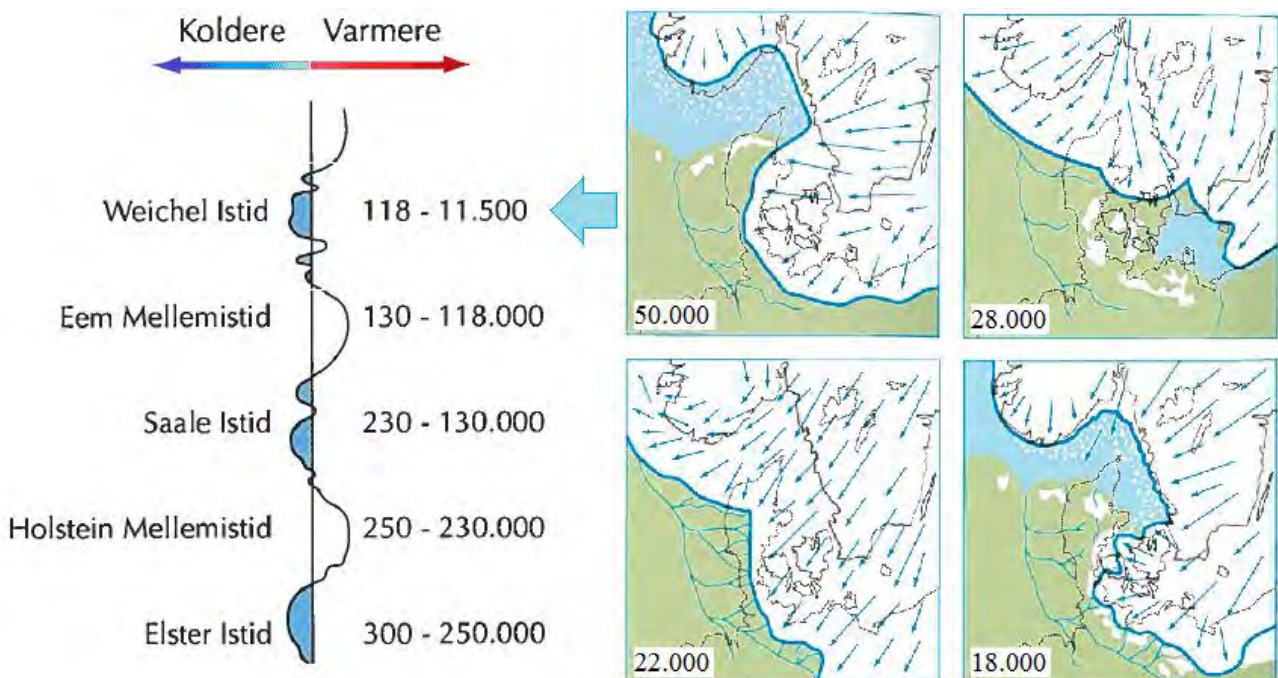
De mest almindelige mineraler i sedimenter er; **kvarts**, **feldspat**, **granat**, **olivin** og **mørke mineraler** (fig. 7). De mørke mineraler er oftest **amfibol** og **pyroxen**, men svære at skelne fra hinanden i mikroskop. **Magnetit** er et mørkt mineral, der har magnetisk tiltrækning.



Figur 7: De mest almindelige mineraler i sedimenter, set i mikroskop. A) Kvarts, gennemsigtig – hvid. B) Granat, skinnende rødlig. C) Feldspat, mat laksefarvet – hvid. D) Olivin, grøn. E) Mørke mineraler, forskellig variation af sort. (<http://www.sandatlas.org/>)

### Istid og sediment-aflejring

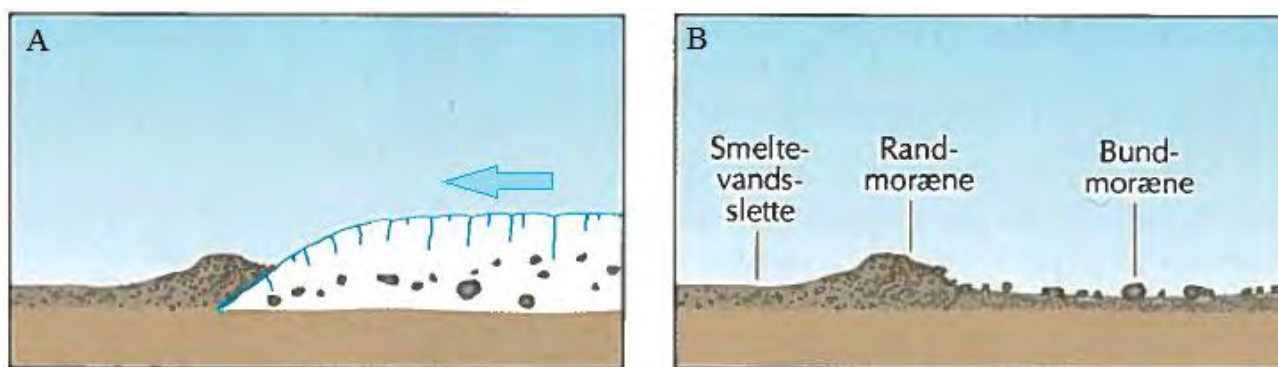
Jorden har været udsat for mange og store istider. Den første istid var for ca. 700 millioner år siden, hvor jorden var helt dækket af tyk is og sne. Dette fænomen kalder forskerne for ”snowball earth” ([www.snowball-earth.org](http://www.snowball-earth.org)). Siden dengang og frem til ca. 2,6 millioner år siden, har jorden været for varm til, at kunne kalde perioderne for istider. Men i jordens nyere tid, har vores nordlige halvkugle været dækket af mere eller mindre tykke lag is og sne. Når isens masse begynder at vokse kraftigt, kalder man perioden for **istid**. Når isens masse mindskes, kalder man perioden for **mellemistid** (fig. 8).



Figur 8: Figuren til venstre viser den relative temperatur de sidste 300.000 år. Kurven angiver varme- og kuldeperioder, også kaldet mellemistider og istider. Den sidste istid kaldes Weichel, og sluttede ved isens tilbagetrækning for ca. 11.500 år siden. De fire billeder til højre viser de fire måder isen er rykket over Danmark på, svarende til de fire kuldeperioder under Weichel istid (Nørrekjær *et al.* 2006).

Ligesom bjergarter, kan man sige at en gletsjer er levende. En gletsjer fødes ved, at nyfalden sne akkumuleres i tykkere og tykkere lag, som på grund af det stigende tryk svejses sammen til selve gletsjeren. Det høje tryk fra presset af de tykke islag, får isen i bunden af gletsjeren til delvist at smelte. Derved opstår der en rindende strøm af vand under gletsjeren, som den så faktisk begynder at glide på. Gletsjerens bevægelsesretning vil nu blive styret af det landskab der omgiver den, hvor den så på grund af tyngdekraften, vil søge mod et lavereliggende landskab. Alt afhængig af hvor meget nedbør der falder, bevæger gletsjeren sig frem og tilbage i landskabet.

Gletsjerens bevægelse har en erosiv effekt på det underliggende landskab, hvor den river store **fragmenter** af både bjergart og sediment med sig. Nogle af disse løsrevne fragmenter fryser igen fast i gletsjeren, og bliver transporteret med videre (fig. 9A).



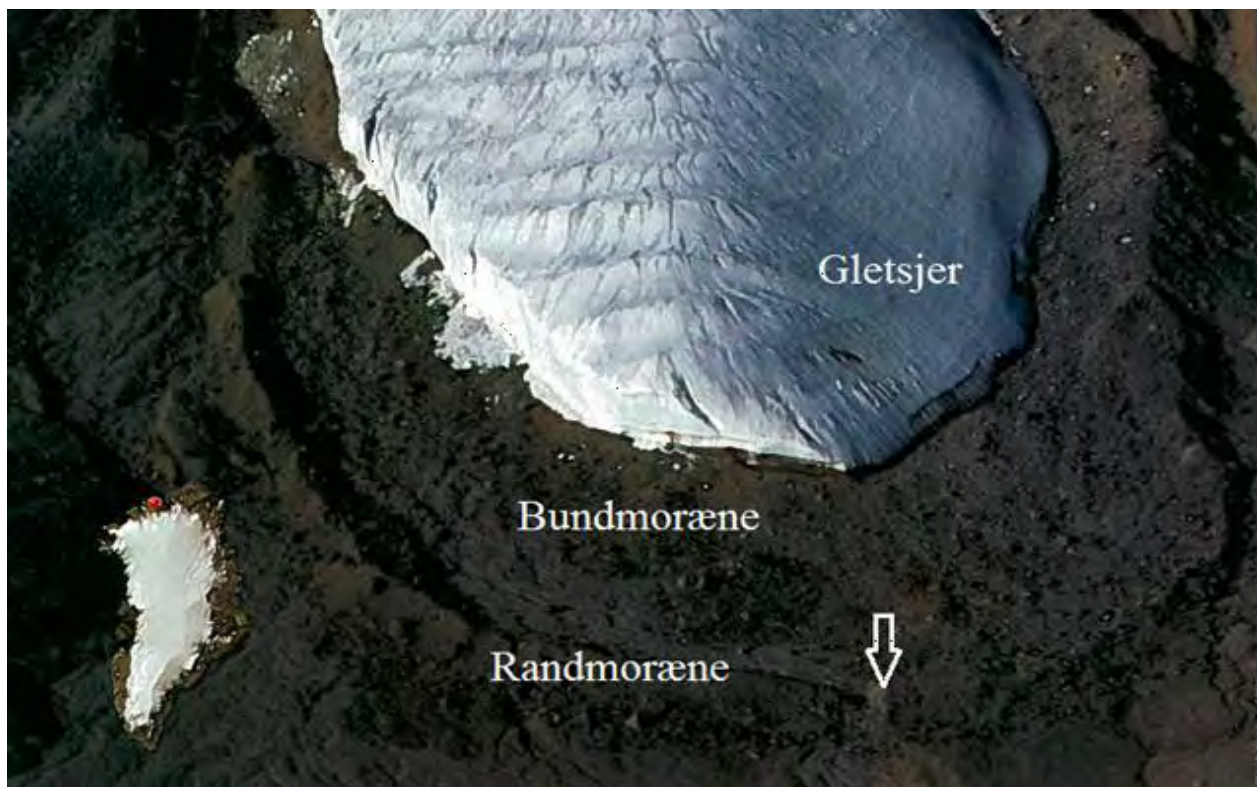
Figur 9: A) Når gletsjeren bevæger sig fremad (markeret med blå pil), skubber den sediment og bjergarter foran sig, samtidig med at den transporterer fastfrosne fragmenter inden i sig. B) Når gletsjeren er smeltet bort, har den aflejret en randmoræne foran sig. De tidligere fastfrosne fragmenter er aflejret som bundmoræne. Vandet som skal løbe bort fra den smeltende gletsjer, danner en smeltevandslette foran randmorænen (Nørrekjær *et al.* 2006).

Idet gletsjeren bevæger sig fremad, skubber den også alt hvad der ligger foran den, lige fra små sedimentkorn til store sten. Den danner en forhøjet pukkel i landskabet, kaldet **randmorænen** (fig. 9B). Når gletsjeren smelter tilbage, efterlader den de tidligere fastfrosne fragmenter, som nu aflejres som **bundmoræne** (fig. 9B). Foran randmorænen, der hvor smeltevandet fra gletsjeren løber i mellemistiden, ligger **smeltevandsletten**. I ldstidslandskabet ses randmorænen som en høj ryg af sediment, ofte som en buet form, der markerer hvor langt gletsjeren har været fremme i landskabet (billede 1).

Hør hvad studerende fra Science Field School fortæller om deres moræneundersøgelser i Kangerlussuaq:

<http://www.youtube.com/watch?v=5dXxmkt5L5c>

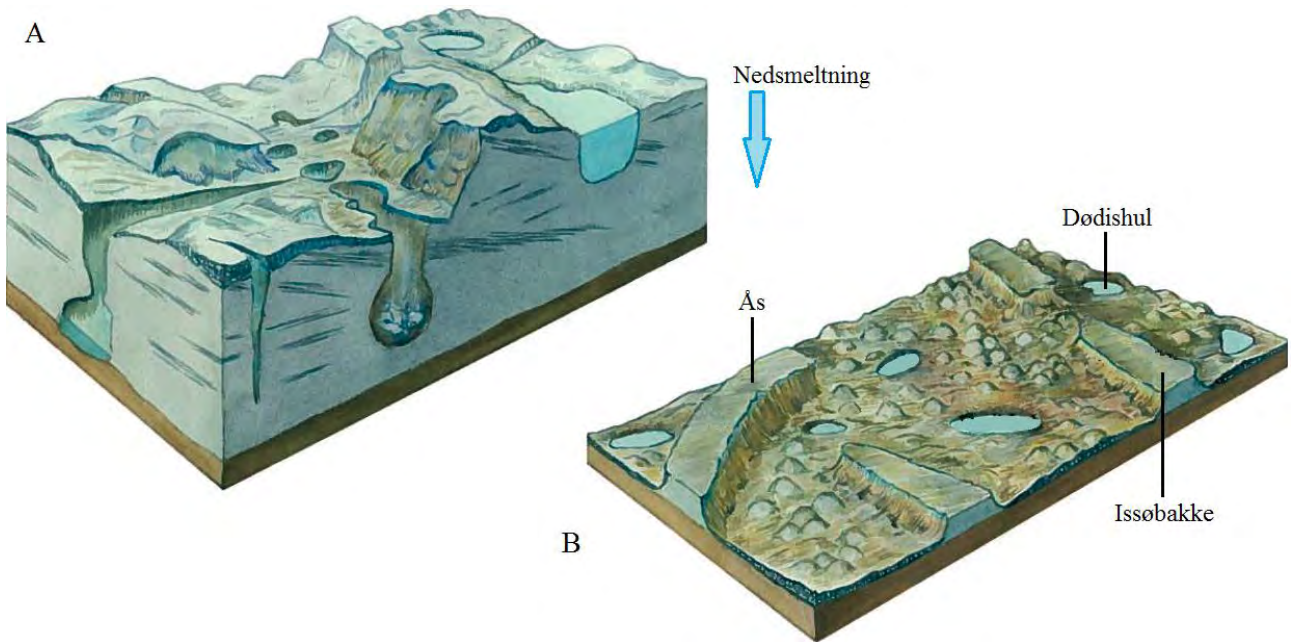




Billede 1: Flyfoto af gletsjer fra Kap Ammen i Nordgrønland. Randmorænen ses som en forhøjet vold af sediment foran gletsjeren. Mellem randmorænen og gletsjeren er fragmenter aflejret som bundmoræne. Den hvide pil nederst til højre i billedet, markerer dér hvor smeltevandet bryder randmorænen, for at danne smeltevandssletten (Henriksen, 2005).

I mellemistiderne, hvor gletsjeren trækker sig tilbage på grund af det varmere klima, aflejres sediment på mange forskellige måder. Tænk på at gletsjerisen ikke smelter i løbet af én dag, det tager måske hundredvis af år, før isen er helt borte.

Du skal forestille dig, at i og med isen langsomt smelter, transporteres de førnævnte fastfrosne sediment, og ledes af smeltevandskanaler gennem gletsjersprækker ud mod smeltevandssletten (fig. 10A). Nogle af sedimenterne bliver aflejret under isen, fordi smeltevandet ikke har kraft nok til at bevæge de enkelte sedimentkorn. Derfor dannes der f.eks. **ås** og **issøbakker** under gletsjeren (fig. 10B). Ved tilbagesmeltning vil gletsjeren nogle steder bryde op i store isolerede isklumper, som bliver efterladt, og først smelter senere. Herved kan der opstå et **dødishul** (fig. 10B).



Figur 10: A) En gletsjer smelter meget langsomt, og der dannes smeltevandssøer og smeltevandskanaler i isen. Hér kan sedimentter samles og aflejres. B) Landskab efter fuldstændig nedsmeltning af gletsjeren. Sedimentterne er nu aflejret som ås, issøbakke og dødishul (Nørrekjær *et al.* 2006).

Nu er teoridelen ved at være slut, og du har forhåbentlig fået et godt indblik i hvordan jorden er opbygget. Særligt med hensyn til de ydre processer, hvorved bjergarter opstår og eroderes til sedimentter, som så transporteres af bl.a. gletsjere mod havet. Under transportprocessen sker der en sortering af sedimenttet og en mekanisk afrunding af de enkelte korn.

Det er på baggrund af denne teori, at du skal ud i felten og gøre observationer, som senere skal analyseres i laboratoriet.

## Feltarbejde

### Materiale- og tjekliste

Listen er pr. gruppe. Anfør om i har lånt det af skolen, og husk at aflevere tingene tilbage:

Gruppe nr.:	Anvendelse	Lånt	Afleveret
Kamera	Fotodokumentation		
Poser	Til prøvetagning		
Tuschpen	Angiv prøvenummer		
Magnet	Test mineralerne		
Lup/forstørrelsesglas	Kan kombineres med kamera		
Kniv	Skrab langs jordlag		
Spade/skovl	Afdæk for løs jord og nedskred		
Lineal/målebånd	Målestoksforhold		
GPS	Lokalitet-position		
Notesbog + skriveredskab	Tag notater og tegn geologien		
Udskriv kort over lokaliteten	Marker hvor prøven udtages		



Udskriv opgaveark	Løs opgaven		
-------------------	-------------	--	--

### Fremgangsmåde

Brug lidt tid på at undersøge områdets sedimenter og kornstørrelser, måske i kan se forskellige **lag**?  
Find inspiration i følgende billeder:



Billede 2: Grusgrav i Nordnorge. Bemærk sedimentlag, som opstår pga. de forskellige kornstørrelser. Stiftblyant som målestok (foto af Søren Nielsen).



Billede 3: Forberedelse af profil, Nordnorge. Skrab med en kniv eller skovl langs med de sedimentære lag for at opnå det bedste overblik af aflejringerne (foto af Søren Nielsen).

Find de aflejrede sedimenter og grav evt. med spaden for at afdække et område med skredjord (billede 3). Det handler om at komme helt ind til de originale sedimentaflejringer, og ikke nogen der kunne være lavet af mennesker og maskiner. Til sidst udvælger i sammen med jeres lærer et område i vil undersøge.

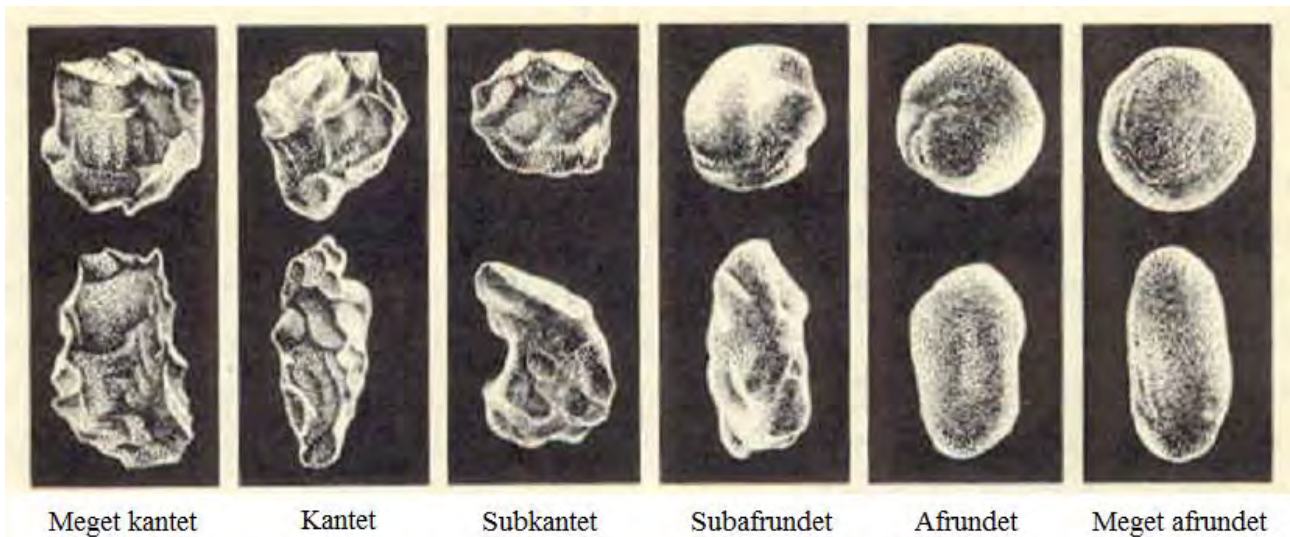
*De discipliner der nu skal udføres, er det grundlæggende arbejde enhver professionel geolog udfører. De bruges både når man skal lede efter olie og sjældne mineraler. Sørg for at arbejde professionelt og få dokumenteret detaljerne i jeres arbejde.*

Løs følgende opgaveark:

## Opgaveark til feltarbejde

### Opgave 1:

Udvælg et sedimentlag, og udtag ca. 100 stk. korn (så store som muligt). Brug figur 11 til at bestemme hvert enkelt korns afrundingsgrad, og tæl sammen i tabel 1.



Figur 11: Viser inddelingen af korn efter afrundingsgraden (Tucker, 2003)

	Meget kantet	Kantet	Subkantet	Subafrundet	Afrundet	Meget afrundet
Antal						

Tabel 1: Angiv det samlede antal undersøgte korn i hver afrundings-klassifikation.

### Opgave 2

#### Fotodokumentation:

- ✓ Skrab med kniv eller skovl et område frit, og kig efter lagdeling af sedimenterne.
- ✓ Kig også efter farveforskelle.
- ✓ Brug målestoksforhold og fotodokumenter observationerne.

#### Prøveindsamling:

- ✓ Gruppen udtager én sedimentprøve på ca. 1 kg. (Undgå at få rødder og blade med i prøven).
- ✓ På posen angives lokalitet og indhold, f.eks.: ”Grusgrav SØ, subafrundet-afrundet sediment”
- ✓ Ligeledes noteres det i notesbogen på hvilken GPS-position at prøven er taget.

### Opgave 3

Sæt sedimentprøven til tørring i ovnen på skolen. Prøven skal være tør før den kan sigtes.

### Laboratoriedel

I skal nu arbejde med den prøve der har ligget til tørring. Det er vigtigt at sedimentet er helt tørt, for ellers kan den ikke bruges til sigteprøven.

### Sigteprøve

#### Materialieliste:

- ✓ Det tørre sediment.
- ✓ Sigtesæt med forskellig maskevidde.
- ✓ Vejepapir, foliebakke el.lign.
- ✓ Pensel til rengøring af sigterne
- ✓ Kornstørrelsesskema
- ✓ Skema til resultaterne
- ✓ Enkeltlogaritmisk papir
- ✓ Mikroskop med påfaldende lys

#### Kornstørrelsesskema:

Skema 1 giver en oversigt over de forskellige kornstørrelsesers navngivning, samt deres respektive størrelse i millimeter, mikrometer og phi.

Millimeters (mm)	Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\phi$ )	Wentworth size class	
20.0			Sten	
2.00		-1.0	Grus	
1.00		0.0	Sand	
1/2	500	1.0		mg
1/4	250	2.0		g
1/8	125	3.0		m
1/16	63	4.0		f
1/256	3.9	8.0	mf	
			Silt	
0.00008	0.06	14.0	Ler	

Skema 1: Vejledning til navngivning af sedimentkornstørrelser. Underkategorier indenfor sand er følgende: mf = meget fint, f = fint, m = mellem, g = groft, mg = meget groft (Tucker, 2001).

Fremgangsmåde:

1. Læs punkterne grundigt igennem inden du begynder på forsøget!
2. Saml en stak sigter i rækkefølge, med større og større masker opad.
3. Tag sedimentprøven ud af tørreskabet og hæld kun ½-delen af prøven i sigtestablen. Ryst stablen omhyggeligt med håndkraft. Alle kornene vil nu falde ned gennem sigterne, indtil deres kornstørrelse er opnået.
4. Vej hver enkelt sigteskåls indhold, og indsæt resultatet i tabel 2 (evt. Excel regneark). Vent med at udregn kumulativ vægtprocent til hele sedimentprøven er sigtet.

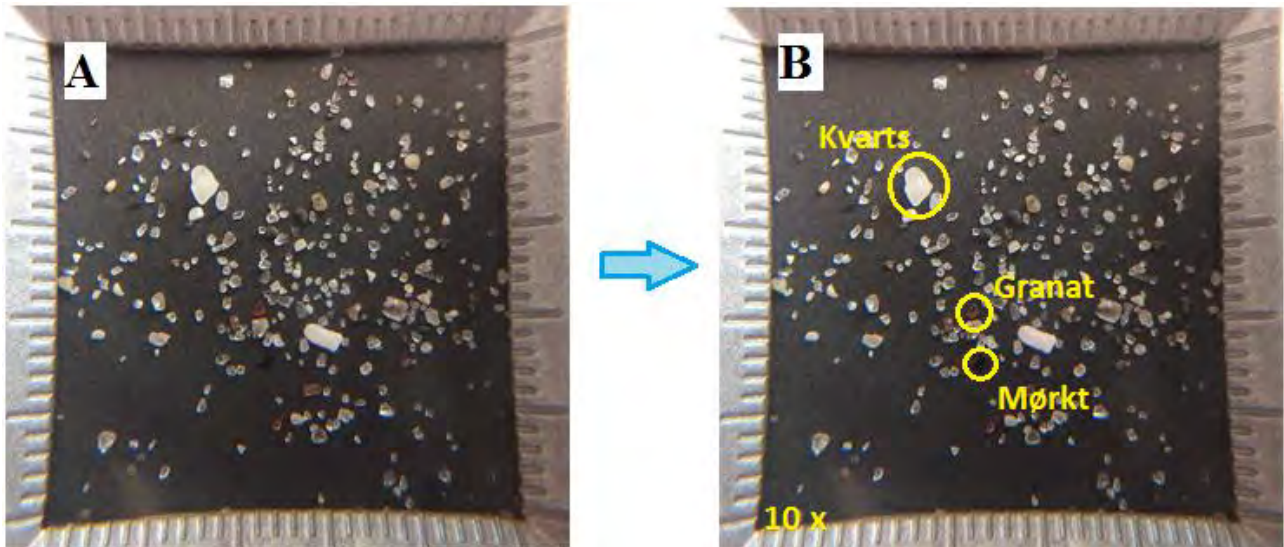
Lokalitetsnavn og position	Bund (ler+silt)	63 µm	125 µm	250 µm	500 µm	osv...
Sedimentvægt i sigte (gram)	1	10	10	9	0	0
Vægt %	3,3%	33,3%	33,3%	30%		
Kumulativ vægt %	3,30%	36,30%	69,90%	99,90%		

Tabel 2: Eksempel på resultatskema for sigteanalyse. Bemærk at kumulativ % er den procentmæssige tilvækst.

5. Rens omhyggeligt sigtemaskerne med penslen, før resten af prøven sigtes og vejes. Gentag punkt 2 og 3, og lav en samlet tabel over resultaterne.
6. Udregn **kumulativ vægtprocent**.
7. Gem sedimentprøven.

**Mineralidentifikation**

Hvis de enkelte mineralkorn ikke kan skelnes med det blotte øje, skal de identificeres ved hjælp af forstørrelse. Et mikroskop med påfaldende lys er godt til at identificere mineraler med. Ellers brug et godt kamera eller et forstørrelsesglas (billede 4A). Efterbehandl billedet så det bliver tolket (billede 4B).

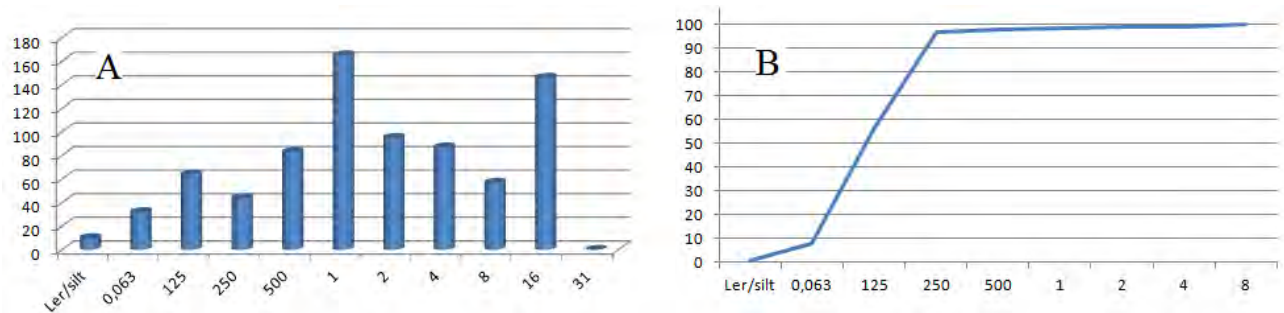


Billede 4: Mineralidentifikation under forstørrelse. A) Før tolkning. B) Efter tolkning, hvor der er identificeret kvarts, granat og mørkt mineral (billede af Søren Nielsen).

## Analysearbejde

### Kornstørrelseskurver – sigteprøve fortsat:

Der kan være flere måder at visualisere sine sigte-resultater på (fig. 12 og 13). Træf selv valget, og argumenter senere for jeres valg af analysemodel/analysemodeller.

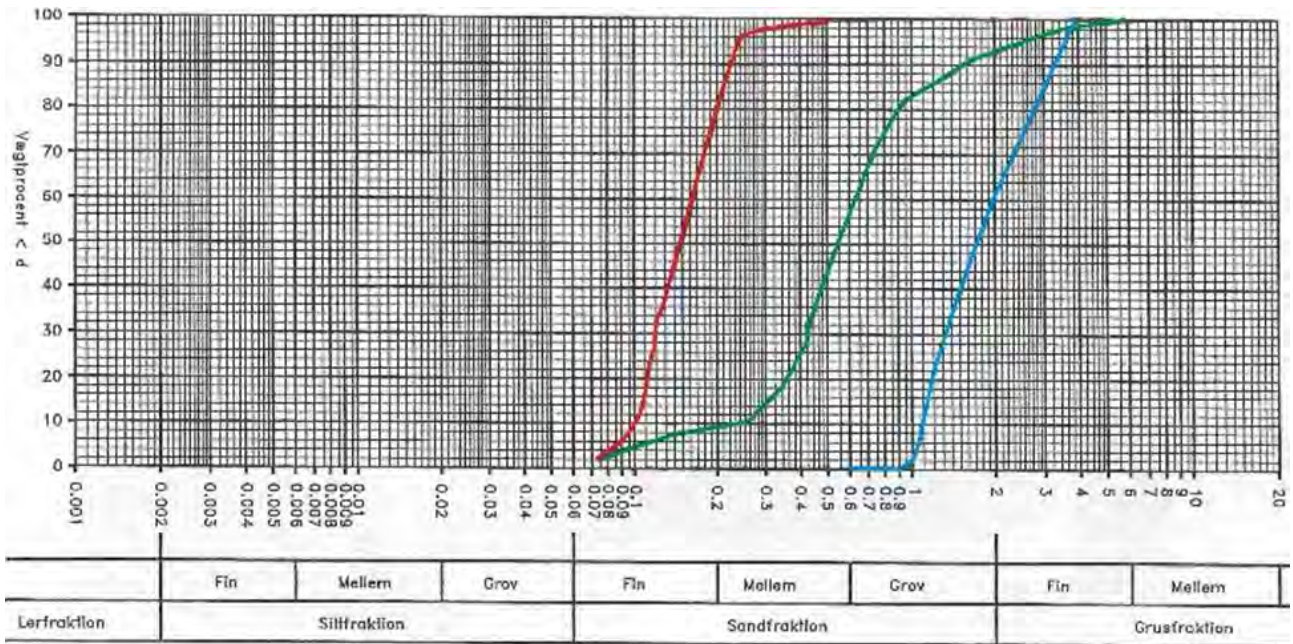


Figur 12: To forskellige måder at fremvise sine sigteprøve-resultater. A) Grafen viser vægtprocent, og gør det muligt at se hvor meget sediment der ligger i hver sigteskål. B) Kurven er konstrueret ud fra den kumulative procent. Der hvor kurven er stejlest, markerer den kornstørrelse der vægtmæssigt findes mest af i sedimentprøven (grafer udarbejdet af Søren Nielsen).

Læs om hvordan de professionelle udarbejder kornkurver:

[http://www.water.civil.aau.dk/9sem/2004a/Del2/karakterisering af sand/karakterisering af sand.htm](http://www.water.civil.aau.dk/9sem/2004a/Del2/karakterisering%20af%20sand/karakterisering%20af%20sand.htm)





Figur 13: Kornstørrelseskurver for flere prøver i samme graf. Bemærk der er brugt enkellogaritmisk par, samt at kornstørrelsesskala er indsat ([www.water.civil.aau.dk](http://www.water.civil.aau.dk)).

### Sedimentets sorteringsgrad:

Den sidste del af sedimentanalysen går ud på at finde frem til sedimentets **sorteringsgrad**. Men først skal uensformighedstallet  $U$  udregnes fra formlen [1]:

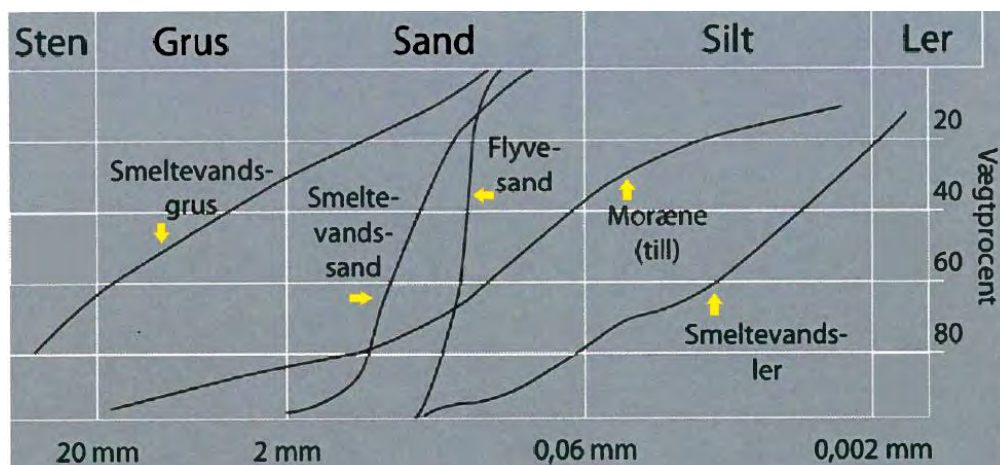
$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad [1]$$

- $d_{60}$  er kornstørrelsen for hvilken 60 % af prøven ligger under (aflæst på grafen).
- $d_{10}$  er kornstørrelsen for hvilken 10 % af prøven ligger under (aflæst på grafen).

Ud fra resultatet kan følgende sorteringsgrader defineres:

<b>Velsorteret</b>	$U < 2$
<b>Sorteret</b>	$2 < U < 3,5$
<b>Dårligt sorteret</b>	$3,5 < U < 7$
<b>Usorteret</b>	$U > 7$

Sorteringsgraden fortæller om hvilket miljø sedimentet er aflejret i. Som tidligere nævnt, vil et sediment fra en moræne være usorteret fordi det består af mange forskellige kornstørrelser. Et sediment aflejret i en elv med konstant strømhastighed, vil ofte være velsorteret. Se følgende eksempler på kurver og tilhørende **aflejningsmiljø** (fig. 14):



Figur 14: Kornkurver med tilhørende tolkning af aflejringsmiljøer.

## Afleveringsopgave

Jeres resultater skal nu samles og gøres tilgængelige for alle. Posteren skal indeholde følgende:

- ✓ Titel og billeder af personerne i gruppen
- ✓ Lokalitetsbeskrivelse
- ✓ Fotodokumentation og billedanalyse
- ✓ Resultater og analysemodeller
- ✓ Konklusion og argumentation for sedimentprøvens aflejringsmiljø

## Litteraturliste

### Bøger og artikler

Andersen, O. B., Khan S. A., Knudsen, T., Larsen, T. B. og Voss, P., 2007: Den dynamiske jord. *Hæfte udgivet af Danmarks Rumcenter og GEUS*, 32 sider.

Henriksen, N., 2005: Grønlands geologiske udvikling. *GEUS*, 270 sider.

Nielsen, M. H., Krüger, J. og Kjær, K. H., 2005: De seneste 150.000 år i Danmark – istidslandskabet og naturens udvikling. *Geoviden – geologi og geografi* nr. 2, 20 sider.

Nørrekjær, T. W., Ledegaard-Pedersen, P. og Vinther, N., 2006: Naturgeografi C. *Forlag Malling Bech*, 149 sider.

Skinner, B. J. og Porter, S. C., 1987: Physical geology. *Wiley*, 750 sider.

Tucker, M. E., 2001: Sedimentary petrology. *Blackwell Science*, 262 sider.

Tucker, M. E., 2003: Sedimentary rocks in the field. *Wiley*, 234 sider.

### Internetadresser

[http://www.denstoredanske.dk/It,\\_teknik\\_og\\_naturvidenskab/Geologi\\_og\\_kartografi/Geologi\\_generelt/geologi](http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Geologi_og_kartografi/Geologi_generelt/geologi)

<http://www.sandatlas.org/>

<http://www.snowballearth.org/index.html>

[http://www.water.civil.aau.dk/9sem/2004a/Del2/karakterisering\\_af\\_sand/karakterisering\\_af\\_sand.htm](http://www.water.civil.aau.dk/9sem/2004a/Del2/karakterisering_af_sand/karakterisering_af_sand.htm)



# Geologisk undersøgelse på Hindsgavl halvøen

## Diskussion:

Vores resultater fra størrelsessorteringen viser os, at sedimenteringsmiljøet nok har været i en sø, havet eller i et større delta med konstant vandstrømning. Da sedimentet betegnes som smeltevandsler, kan disse små ler partikler ikke have

sedimenteret i alt for strømmende vand, her vil de være blevet trukket med. Dette bekræfter vores rundingsanalyse også, da denne er subafrundet til afrundet, hvilket tyder på at sedimentet er blevet transporteret langt inden det er sedimenteret. Denne transport har nemlig afrundet de enkelte korn. Sedimentets sorteringsgrad er ca.2. Hvilket svarer til at sedimentet er velsorteret til sorteret. Dette understøtter vores aflejningsmiljø fra størrelsessorteringen, da et sediment aflejret i et elv lignende miljø, med konstant strømhastighed, ofte vil være velsorteret. Dette sker pga. af den konstante strømning, som vil få sedimentets partikler til at afleje sig i en mere jævn og konstant tempo. De større partikler vil aflejres først, hvorefter de mindre partikler vil aflejres senere pga. deres mindre størrelse. De mindre partikler vil altså have en længere svævetid i vandet end de større. Referencedata fra GEUS jordartskort(fig.1), understøtter ikke helt vores fund, da de på andre lokaliteter på Hindsgavl har fundet smeltevands-sand. Dette betyder dog ikke at vores resultater er forkerte, da der sagtens kan forekomme lokale geologiske variationer inden for kort afstand. F.eks. Skal vi kun lidt syd på, før GEUS data viser, at sedimenteringsmiljøet er moræneler. Ligeledes er GEUS data referencer fra 1m dybde og vores er udtaget i ca. 50 cm.

## Konklusion:

Jeg fandt at aflejringen ved mit prøvested var smeltevandsler. Selv om mine data er dobbelt bestemt, bygger de kun på en dybdeprofil, og er således ikke repræsentativ for lokaliteten. Så der skal flere undersøgelser til, for at kunne bekræfte mit fund.

## Referencer:

- Tucker, M. E., 2003: Sedimentary rocks in the field. Wiley.
- Nørrejkær, T. W., Ledegaard-Pedersen, P. og Vinther, N., 2006: Naturgeografi C. Forlag Malling Bech.
- Skinner, B. J. og Porter, S. C., 1987: Physical geology.
- Danmarks jordbund – passer vi på den? 2008: Videnscenter for jordbundsforurening.



Koordinater på prøve-stedet  
55°30'42.00N  
9°41'43.52Ø  
målt i WGS 84,  
hddd°mm'ss.ss

## Introduktion:

- Halvøens oprindelige nyere geologiske materiale ligger gemt under det biologiske vækstlag.
- Afsætningen af det geologiske materiale er sket i forbindelse med den sidste istid(Weichsel glacialtid for 11.000-120.000 år siden)(Nørrejkær et al 2006 og GEOviden 2-2005-Kruger et al).
- Strukturen af det geologiske lag vil kunne fortælle os om dens aflejnings miljø.
- Rundingsgraden af prøven vil fortælle om længden af transporten(Skinner og Porter 1987), mens strukturens fraktioner(størrelsessortering) og sorteringsgraden (uensformighedstallet) vil fortælle om sedimentets aflejnings miljø(Danmarks Jordbund).

## Formål:

- At bestemme det nyere geologiske sediments sedimenterings miljø

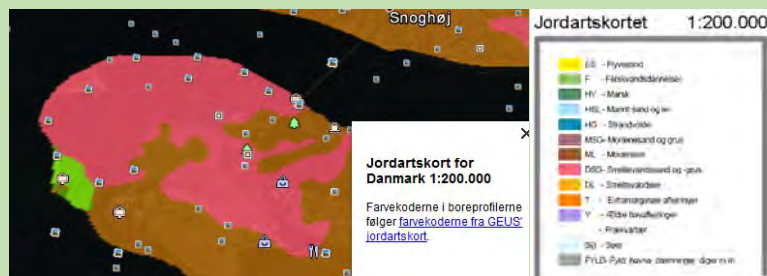


Fig. 1: GIS data fra GEUS jordartskort

## Hypotese:

- Weichsel tidens isbevægelse og referencedata fra andre undersøgelses steder i området viser, at vi nok finder moræneler eller smeltevands-sand og grus(GEUS – jordartskort).

## Metode:

- Rundingsgraden bestemmes ved en 6 trins analyse af min. 100 tilfældig udvalgte korn fra sedimentprøven efter Tucker et al 2003.
- Størrelsessorteringen bliver foretaget ved sigtning af 2x500g tørret sediment, som er repræsentativt for det undersøgte sted – prøven deles i sten, grus, grov sand, fin sand og silt/ler.
- Sorteringsgraden bliver bestemt ved aflæsning på grafen for kumulativvægt % fordeling af størrelsessorteringen.

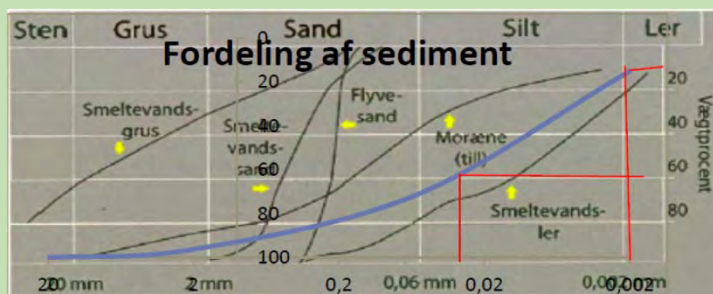
Den udregnes som  $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$  eller de nærmest grænseværdier for fraktionerne.

- På et udsnit af prøven vil mineral sammensætningen blive analyseret for de hyppigst forekommende mineraler.

## Resultater:

Rundingsgraden af sedimentet var subafrundet til afrundet.

Størrelsessorteringen af sedimentet er afbildet i nedstående graf som en blå linje(Graf 1).



Graf 1: Den kumulative %-vis vægt fordeling af sigteprøven, som funktion af kornstørrelsen(blå).

Sedimentets sorteringsgrad(U) er udregnet til:  $U = \frac{0,125\text{mm}}{0,063\text{mm}} = 1,98$

Mineralsammensætningen var domineret af gennemsigtig kvarts, mørke mineraler og lidt feldspat.

# Jordbunden set fra et geologisk perspektiv.

## Et grundlæggende studie af bjergarter og mineraliseringer.

### Formål

På feltturen vil du opnå en grundlæggende forståelse for den teori om bjergarter og mineraler, som blev beskrevet i øvelsesvejledningen "Et grundlæggende studie af sedimenter".

Dit arbejde vil fortrinsvis bestå af feltarbejde med undersøgelse af den metamorfe bjergart gnejs. Dertil undersøge forskellige mineraliseringer i både gnejs og sedimenter, samt evt. smeltevand. Du opnår kendskab og forståelse for metamorfe bjergarters dannelsesproces og udviklingshistorie ifht. intrusion af andre bjergarter og spændende mineraliseringer. Heriblandt guld og diamanter.



Film: "Grønlands skatkammer"  
<http://www.youtube.com/watch?v=V9IWYJeKJ8c>

## Til underviseren

Som forlængelse af ”*Jordbunden set fra et geologisk perspektiv*” følger disse feltøvelser, samt en udvidelse af den geologiske baggrundsteori.

Ud fra tidligere læring om sedimenternes tilblivelse, vil eleverne formegentlig være i stand til at danne sig et hurtigt overblik over omgivelserne i deres lokal område. De vil kunne forestille sig hvordan gletsjeren har trukket sig tilbage til nuværende position, og hvordan den har efterladt moræner, andre sedimenter og bare flade klippestykker, som er helt nederoderede.

Disse feltøvelser går ud på at se på de bjergarter, som netop er nederoderede, og hvilke mineraler der kan gemme sig under en lokal gletsjer, hvis den trækker sig yderligere tilbage.

## Formål

Formålet med øvelserne er, at eleven får et større perspektiv på geologien, samt blive bedre til at drage naturvidenskabelige paralleller, bl.a. mellem forskellige lokaliteter.

- At eleven kan identificere gnejs, der i forskellig grad er blevet deformeret.
- At eleven kan identificere intrusive bjergarter som pegmatitgange, kvartsårer og evt. diamantførende kimberlit.

## Eks. På opbygning af forløbet

Dag - antal lektioner	Tema	Undervisningselementer
Dag 1 - 2 lektion	Teori	Se filmen ”Grønlands skatkammer” og læs teorien.
Dag 2 – 6 lektioner	Feltarbejde	Lokalisering og identifikation af forskellige bjergarter og mineraliseringer.
Dag 3 – 4 lektioner	Laboratoriearbejde og databehandling	Sediment- og mineralanalyse samt besvarelse af arbejdsspørgsmål.

Tabel 1: Lektionsplan

## Teoridel – 2 lektion

Den nødvendige geologiske teori er beskrevet i denne og tidligere elevvejledning, så disse bør underviseren også være bekendt med. Det er altså ikke en forudsætning, at man har en egentlig lærebog. Se filmen ”Grønlands skatkammer”, der ganske godt visuelt beskriver hvad der kan forventes at finde på feltturen.

## Feltarbejde – 6 lektioner

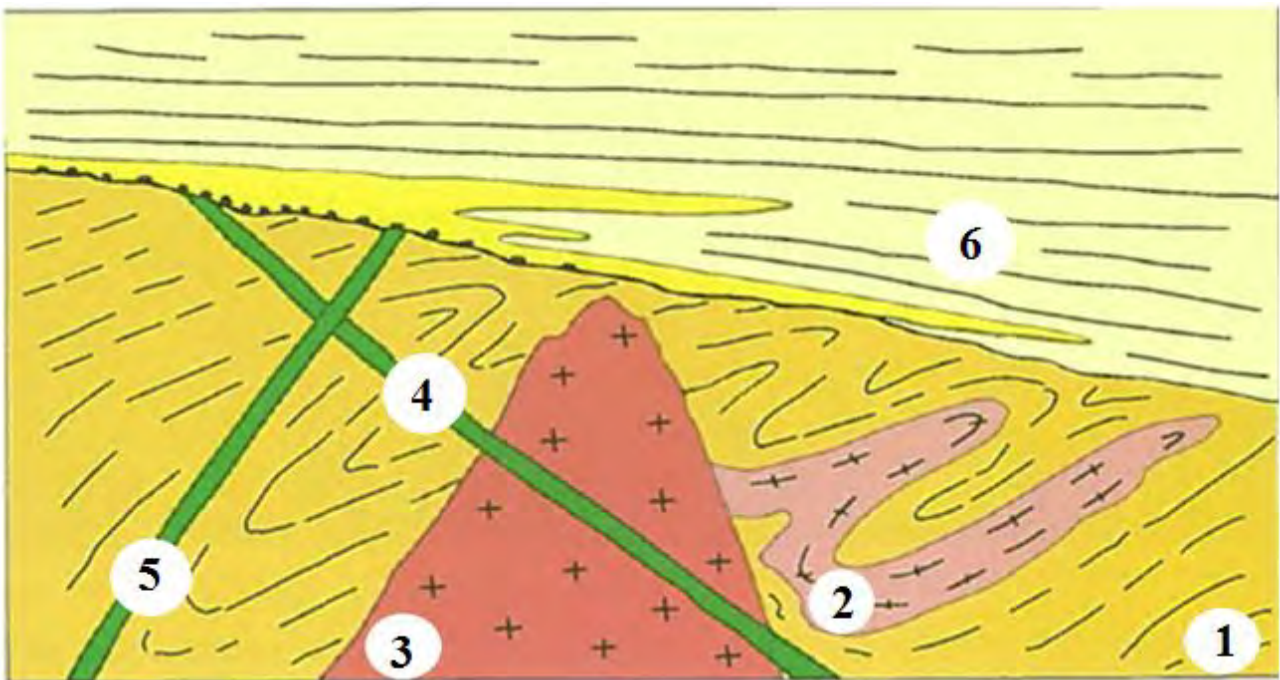
Eleverne skal gå på opdagelse i et udvalgt område, i Kangerlussuaq kunne dette være tæt på Russel gletsjeren. Det kan anbefales at snakke med en områdekendt person, som kan guide til de gode mineraliseringer. Der indsamles prøver, fotodokumenteres og evt. videodokumenteres.

### Laboratoriearbejde og databehandling – 4 lektioner

De indsamlede prøver undersøges bl.a. i stereolup og med magnet. Hvis skolen ligger inde med et ”Moh’s hårdhedsskala sæt”, så brug dette til at undersøge de forskellige fundne mineralers hårdhed. Dermed kan det testes, og nogle skulle være så heldige at havde fundet en diamant. Sættet kan købes gennem Fredriksen:

[http://www.frederiksen.eu/da/produkter/\\_dk\\_geografi\\_stensamlinger%252C\\_mv\\_1196/stensamlinger-1/vnr/768047/](http://www.frederiksen.eu/da/produkter/_dk_geografi_stensamlinger%252C_mv_1196/stensamlinger-1/vnr/768047/)

### Løsning til opgave 1:



### Evalueringsform

Evalueringsformen kan evt. være en poster eller video, som uploades på nettet, således den kan deles med de andre elever og undervisere.

# Jordbunden set fra et geologisk perspektiv.

## Et grundlæggende studie af bjergarter og mineraliseringer.

### Formål

På feltturen vil du opnå en grundlæggende forståelse for den teori om bjergarter og mineraler, som blev beskrevet i øvelsesvejledningen "Et grundlæggende studie af sedimenter".

Dit arbejde vil fortrinsvis bestå af feltarbejde med undersøgelse af den metamorfe bjergart gnejs. Dertil undersøge forskellige mineraliseringer i både gnejs og sedimenter, samt evt. smeltevand. Du opnår kendskab og forståelse for metamorfe bjergarters dannelsesproces og udviklingshistorie ifht. intrusion af andre bjergarter og spændende mineraliseringer. Heriblandt guld og diamanter.



Film: "Grønlands skatkammer"

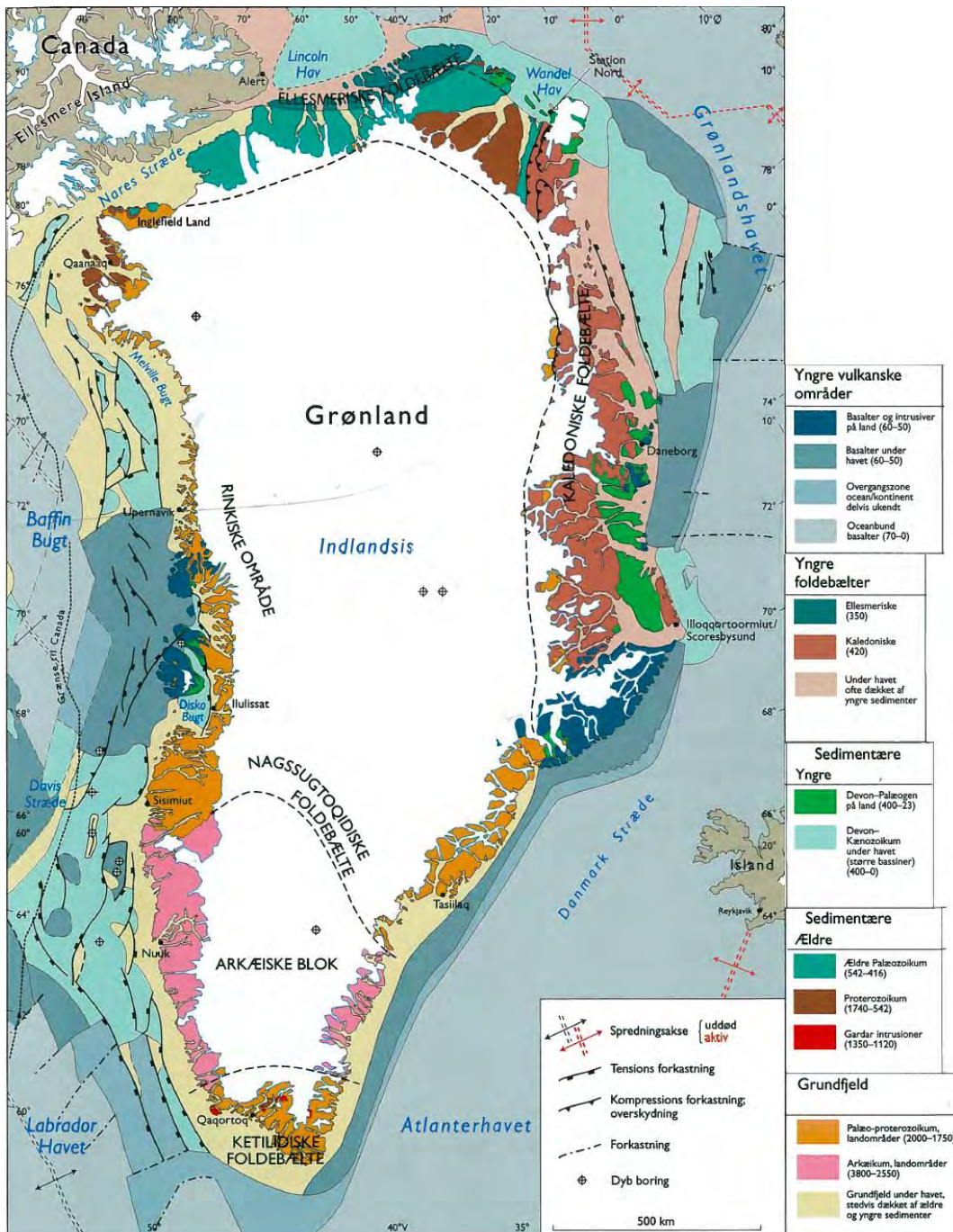
<http://www.youtube.com/watch?v=V9IWYJeKJ8c>

## Teoridel

Denne teoridel tager udgangspunkt i allerede kendt teoretisk stof fra tidligere øvelsesvejledning ”Et grundlæggende studie af sedimenter”, og vil mere være fokuseret på dannelsen af Grønland, og historien om hvordan bjergarterne bliver omdannet til sjældne mineraler. Nøgleord er markeret med **fed skrift**.

## Grønlands geologiske udvikling

Øen Grønland har ikke altid set ud som vi ser den i dag. Den har en kompleks historie der beretter om hvordan urgamle kontinenter er stødt sammen og svejset til hinanden under varme- og trykpåvirkning (Henriksen, 2005). Grønland har en gammel udviklingshistorie på omkring 3,8 milliarder år. På kort 1 kan du se en oversigt over Grønlands geologiske opbygning, med de gamle sammensvejsede **foldebælter** og **blokke**, markeret med stiplede sorte linje.



Kort 1: Oversigt over Grønlands geologiske opbygning (Henriksen, 2005)

Området omkring Kangerlussuaq (kort 2), er en del af den Arkæiske blok (3800-2550 millioner år) og det Nagssugtoqidiske foldebælte (2000-1750 millioner år). For mere detaljeret geologisk beskrivelse, kan et interaktivt kort over Grønlands geologi hentes på:

<http://data.geus.dk/map2/geogreen/#Z=1&N=8030594&E=377066>



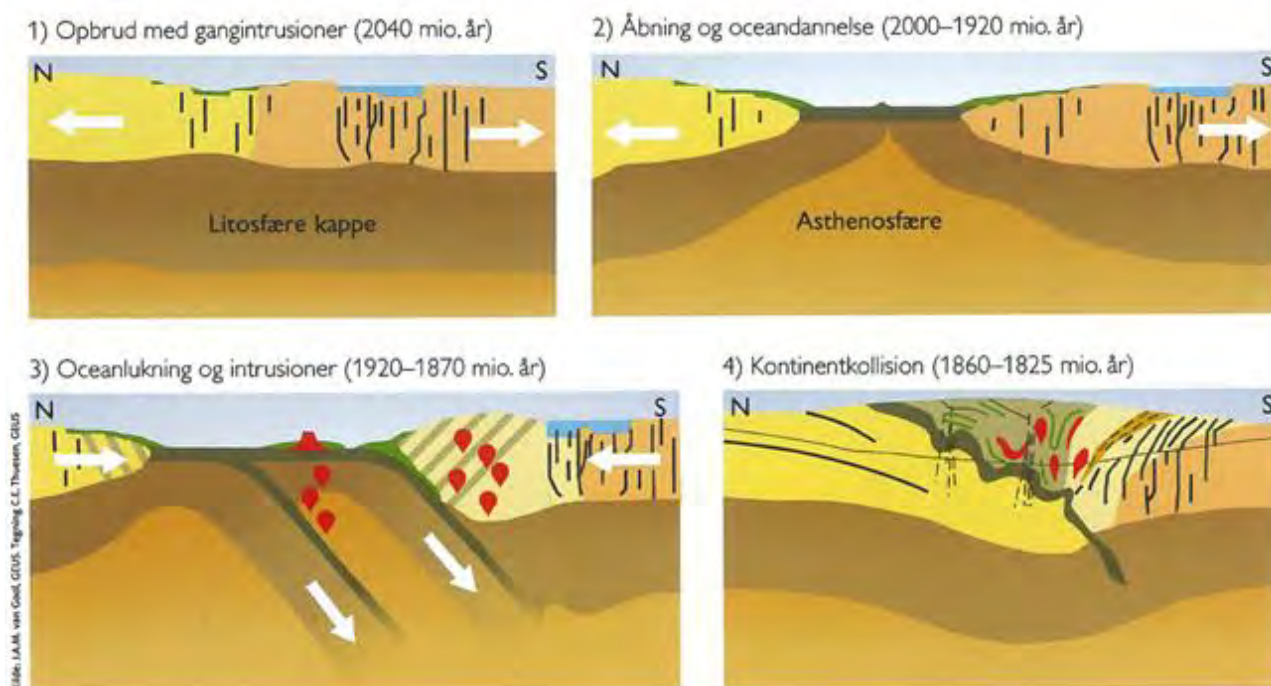
Kort 2: Viser geologien omkring Kangerlussuaq (www.geus.dk).

Til alle geologiske kort følger en **legende**, altså en signatur- og farveforklaring på bjergarterne. Legenden til det interaktive kort fås ved at klikke på ”geology legend” nederst til højre på hjemmesiden. Der er mange farvekoder, og du undrer dig måske over hvordan man har fundet ud af hvilke bjergarter der er i et bestemt område. **GEUS**, som står for Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, er en afdeling under det danske miljøministerium, som i mange år har sendt feltgeologer til Grønland for at indsamle data om bjergarterne. De har dog ikke været alle steder til fods, men har også studeret geologien fra helikopter med kikkert.

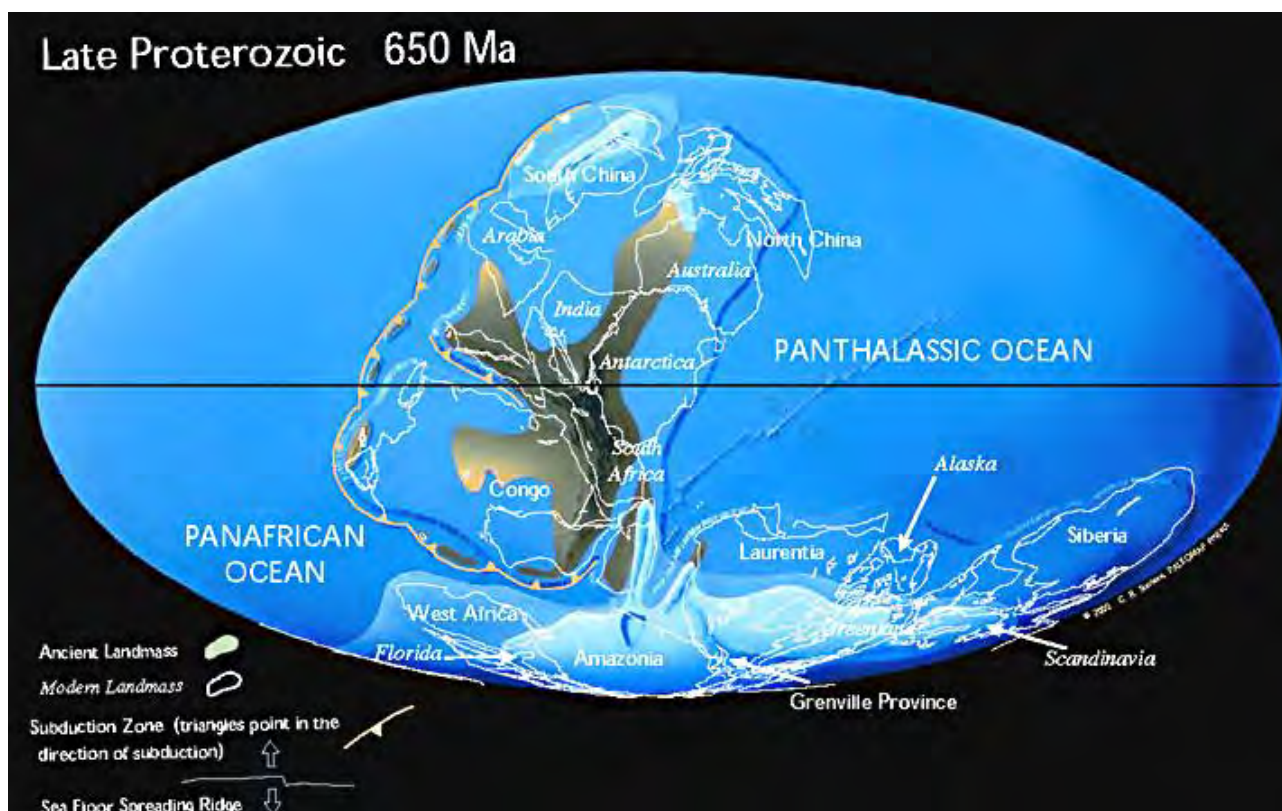
Det geologiske kort er under konstant udvikling, især fordi indlandsisen smelter og afdækker nye udforskede landområder. Det Grønlandske Selvstyre har i disse tider travlt med at udvælge og uddele licenser til udenlandske mineselskaber, som kan søge om lov til at grave efter kostbare mineraler og **sjældne jordarter**. De sjældne jordarter bruges bl.a. i tekniske elementer som tv, mobiltelefoner, biler og militært udstyr. Sjældne jordarter betegnes også **REE** (Rare Earth Elements).

Tilbage til bjergarterne og deres legende, som kan virke meget komplekst og ustruktureret. Det er netop fordi Grønland er et så gammelt kontinent og har været udsat for mange millioner års

omdannelse (fig. 1). Ligeså, har Grønland været på noget af en jordomrejse gennem årene, se om du kan finde Grønland på kort 3-5, som viser kontinenternes **palæogeografiske placering**.

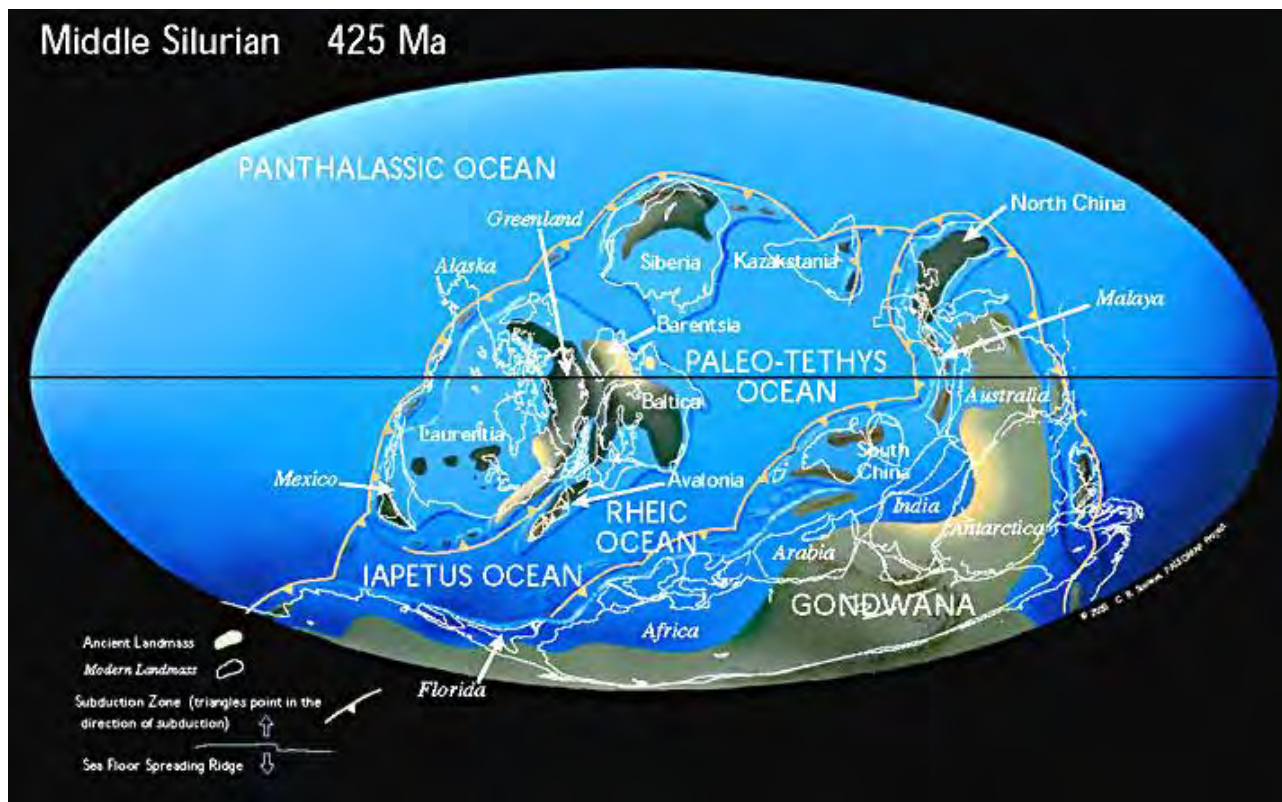


Figur 1: Skematisk model for dannelsen af de komplekse Nagssugtoqider. Gennem mange millioner års påvirkning af tryk og temperatur, omdannes bjergarterne til en ustruktureret sammensætning (Henriksen, 2005).

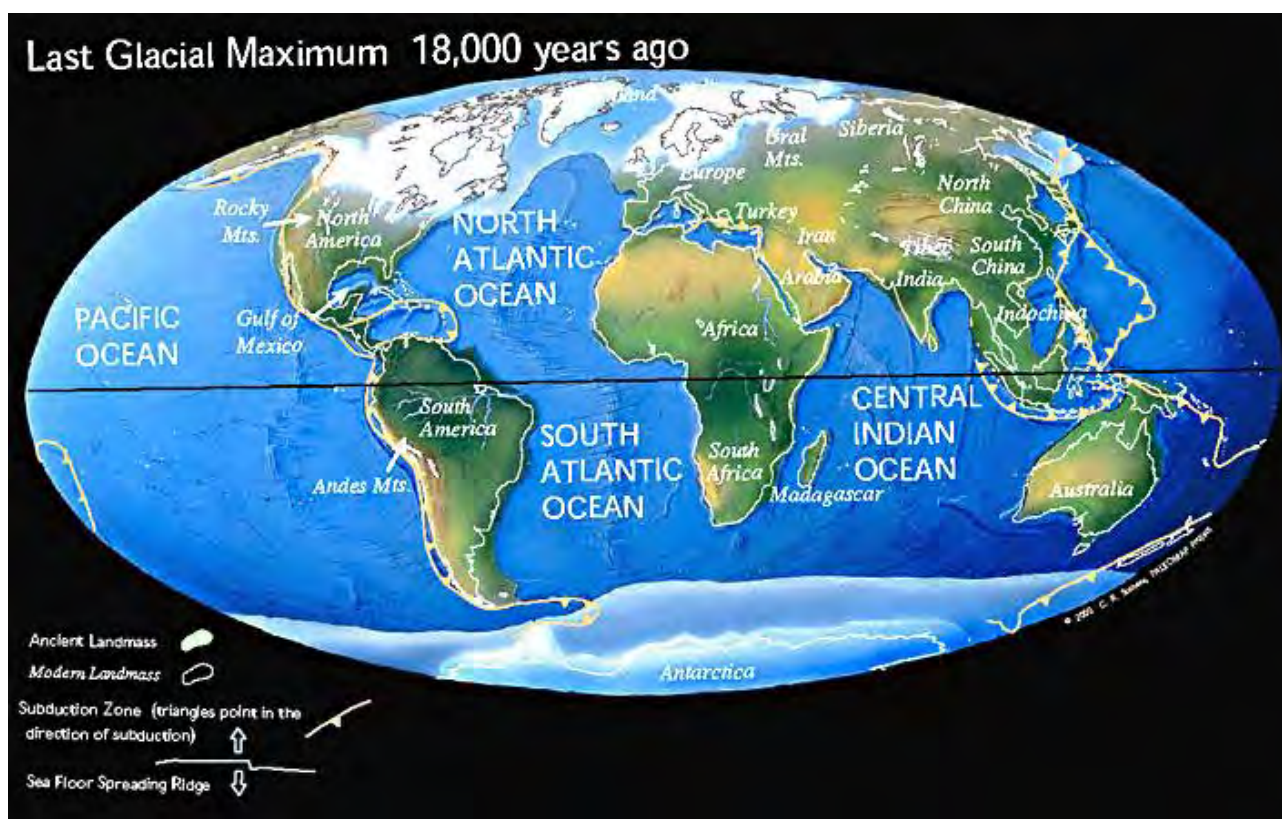


Kort 3: kontinenternes palæogeografiske placering for 650 millioner år siden.





Kort 4: kontinenternes palæogeografiske placering for 425 millioner år siden.



Kort 5: kontinenternes palæogeografiske placering for 18.000 år siden.

## Bjergarter og mineraler

Som tidligere beskrevet, er bjergarter en sammensætning af flere forskellige mineraler. Herunder følger en gennemgang af forskellige bjergarter og deres mineralindhold.

## Gnejs (bjergart)

Gnejs er en bred betegnelse for metamorfe bjergarter der har gennemgået tryk- og temperaturomdannelse ved bjergkædefoldninger. Omdannelsen kan ses ved at gnejs får et sribet udseende. Gnejs består typisk af mineralerne **feldspat**, **kvarts**, både lyse og mørke glimmermineraller som **muskovit** og **biotit**, samt andre **mørke mineraler** (billede 1).



Billede 1: I midten ses en sribet, let foldet gnejs med mørke og lyse striber. De lyse striber kan bestå af feldspat, kvarts og muskovit. De mørke striber kan bestå af biotit og andre mørke mineraler.

## Pegmatit (intrusiv bjergart)

Pegmatit er en intrusiv bjergart, hvilket vil sige, at hvis jorden sprækker op, udfylder pegmatit det skabte tomrum. Pegmatit ses som årer der løber gennem fjeldet, og kaldes **pegmatitårer** eller **pegmatitgange** (billede 2). Pegmatitårer indeholder stort set de samme mineraler som gnejs, dog er selve mineralkrystallerne ofte større og flottere.

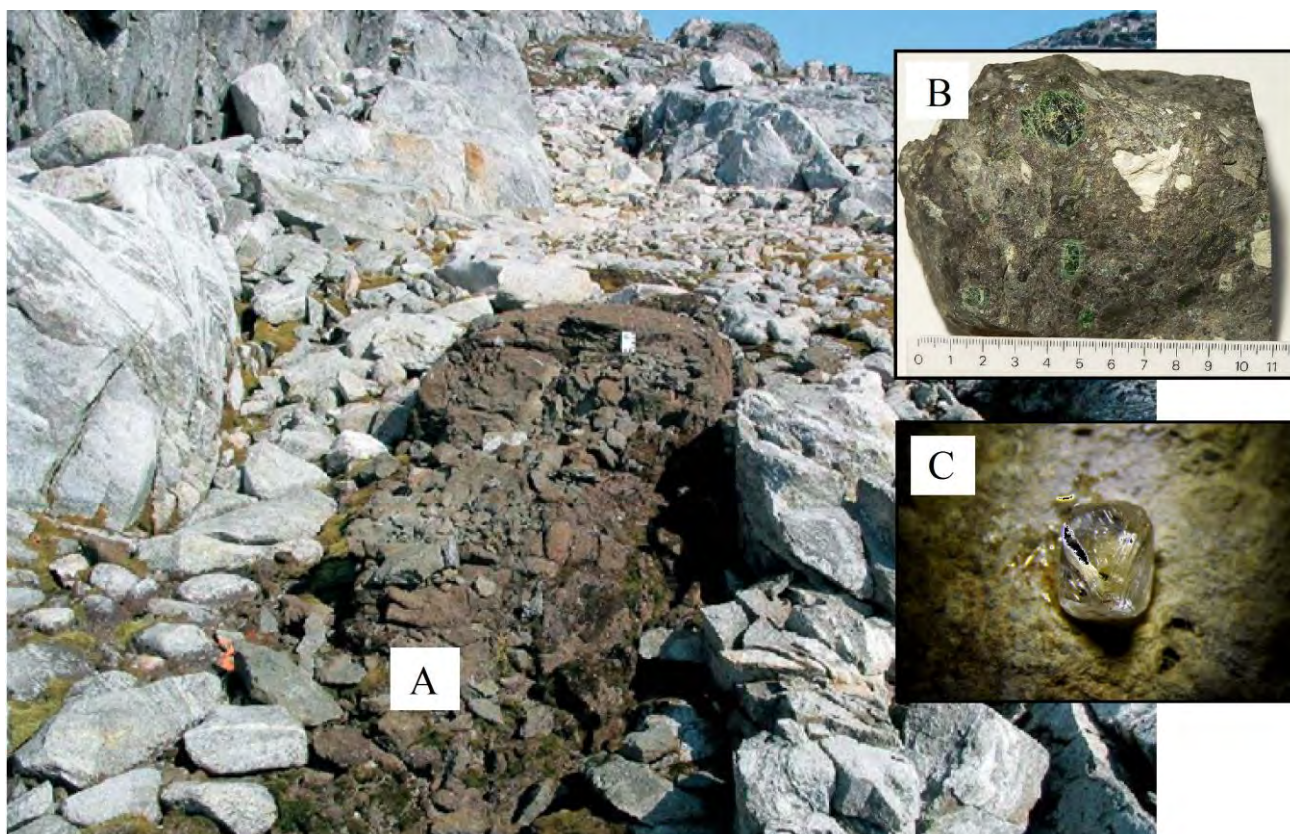


Billede 2: Lys pegmatitgang, som løber gennem en mørkere bjergart.

### Kimberlit (intrusiv bjergart)

**Kimberlit** er en særdeles spændende intrusiv bjergart, da den kan være **diamantførende**.

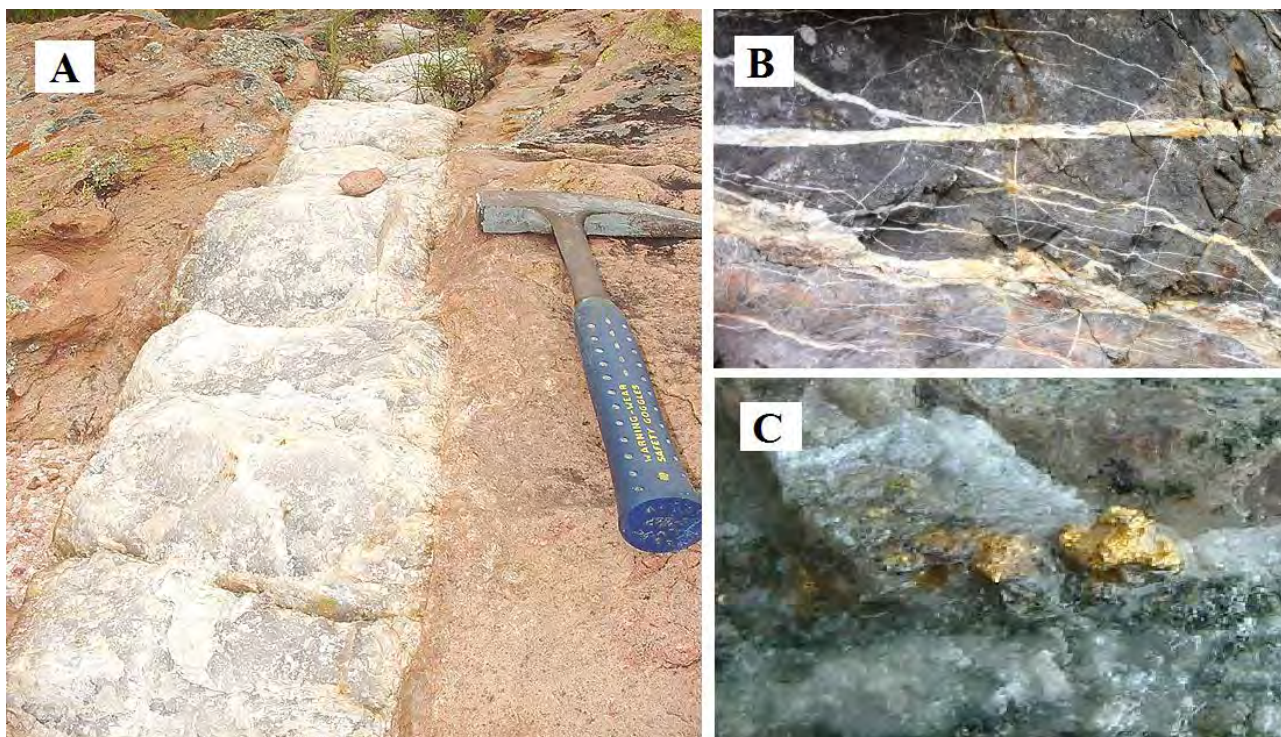
Kimberlitgange opstår omtrent på samme måde som pegmatitårer, men ser helt anderledes ud (billede 3). Kimberlit er en mørk, næsten sort, og meget hård bjergart, og kan bl.a. kendes på dens indhold af fragmenter kaldet **xenokryster**. I visse tilfælde kan man være heldig at finde diamanter i kimberlit.



Billede 3: A) mørk kimberlitgang. B) brudstykke af kimberlit som viser indhold af xenokryster. C) diamant.

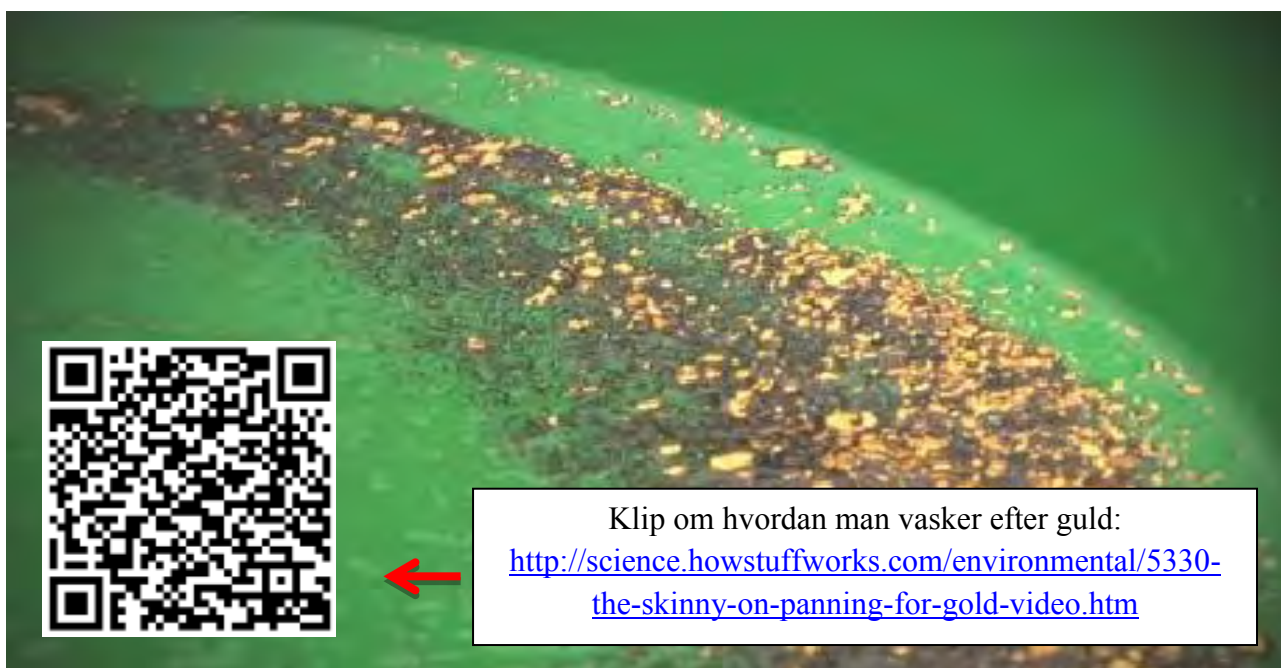
### Kvartsårer (intrusiv)

Ligesom pegmatit og kimberlit, er kvarts et af de intrusive elementer. Da kvarts ( $\text{SiO}_2$ ) i sig selv er et mineral, kan man ikke sige at **kvartsårer** er en bjergart, men kan stadig karakteriseres som intrusiv. Hvis man er heldig, kan man i forbindelse med kvartsårer finde guldstykker som på billede 4C.



Billede 4: Forskelligt udseende kvartsårer. A) kraftig kvartsåre der løber gennem en rødlig bjergart. B) adskillige mindre kvartsårer gennem en mørk bjergart. C) kvartsintrusioner kan føre guld med sig.

**Guld** (Au) er et mineral, og som du ved et eftertragtet et af slagsen. Guld findes ofte i sammenhæng med kvartsårer, men når bjergarterne eroderes, bliver gullet frigivet til omgivelserne, og borttransporteret af f.eks. elve og floder. En metode til at finde guld, er ved at vaske elvsedimenter med en speciel vaskepande. Her følger en guld-eftersøgningsguide:

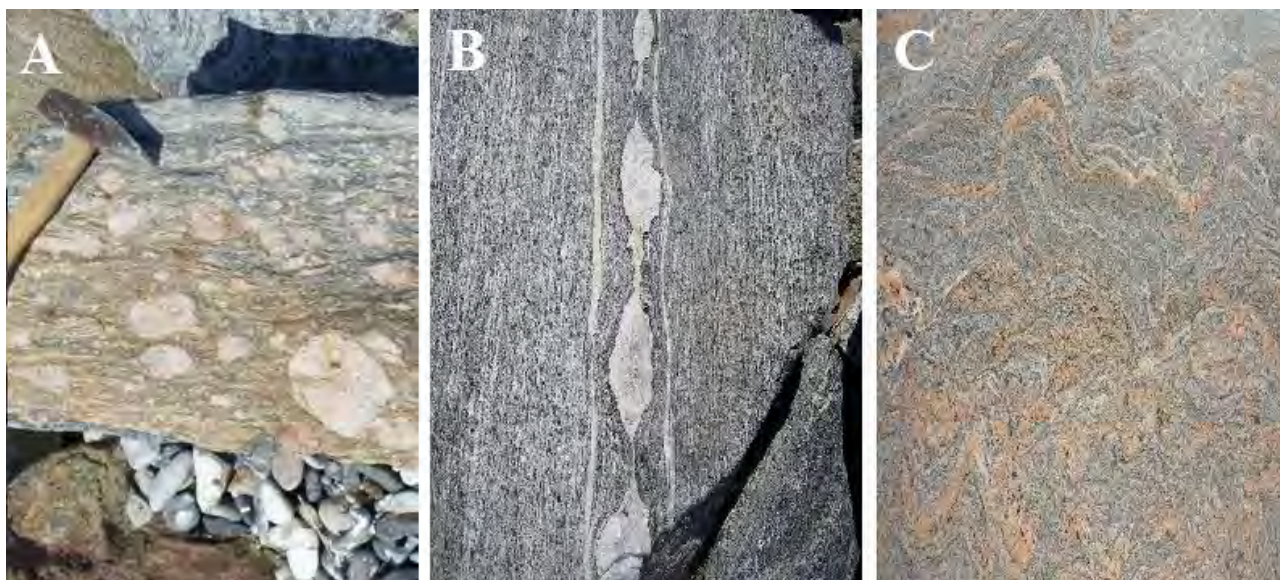


Klip om hvordan man vasker efter guld:

<http://science.howstuffworks.com/environmental/5330-the-skinny-on-panning-for-gold-video.htm>

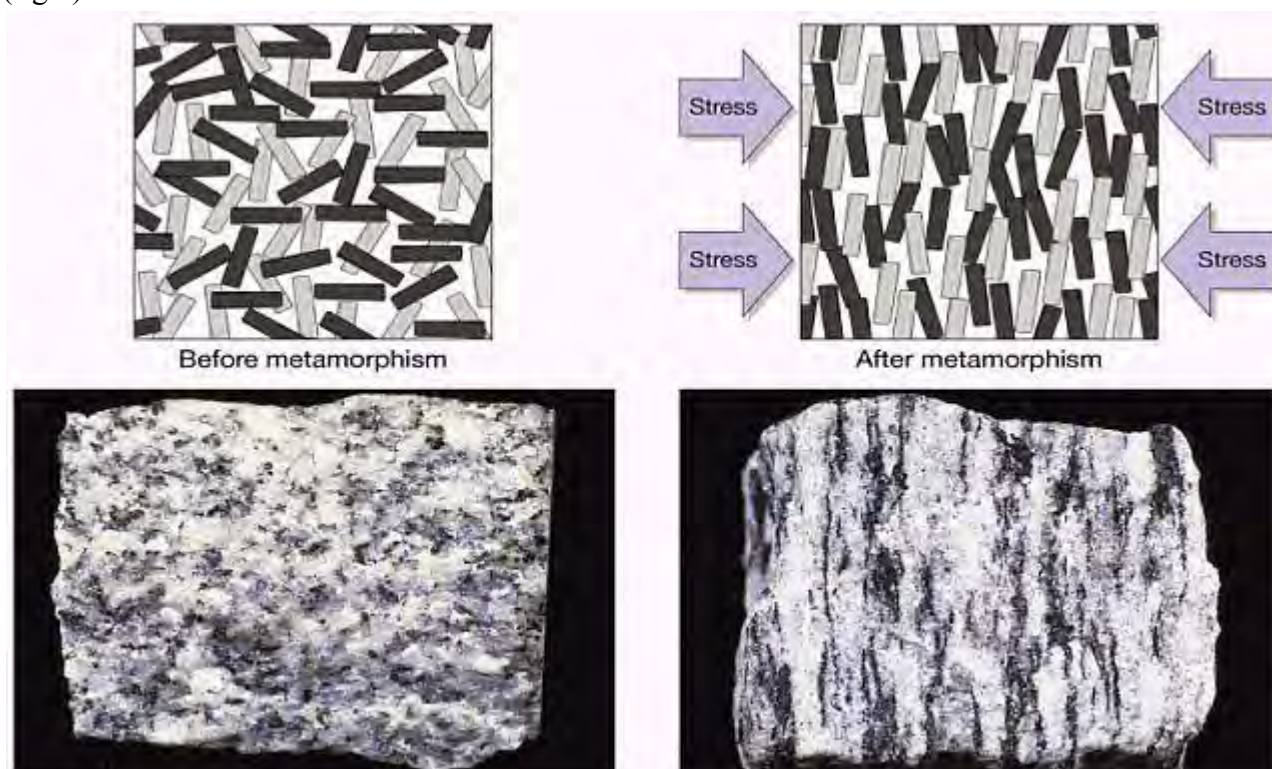
### Omdannelse af bjergarter (metamorfose)

Det ustrukturerede farvemønster på de geologiske kort giver mere mening, når man ser på hvordan bjergarterne ser ud i virkeligheden (billede 5). Mange af strukturerne kan også findes i almindelige strandsten på Danske kyster, som er blevet transporteret dertil via istidernes gletsjere fra Bornholm, Sverige og Norge.



Billede 5: Forskellige typer udseende af gnejs. A) øjestructur. B) pølseformer (boudinage). C) foldet.

De farveforskelle du ser på billede 1 skyldes, at både de lyse og de mørke mineraler er adskilt og sat sig sammen i forskellige mønstre. Omdannelsesprocessen der har adskilt mineralerne fra hinanden kaldes for **metamorfose**. Metamorfosen kan forklares med følgende illustration hvor ændret tryk og temperatur får bjergarten til venstre til at omarrangere mineralerne efter det omgivende tryk (stress) (fig.2).



Figur 2: Illustration af hvordan en bjergart ser ud før og efter metamorfose.

### Intrusioner og aldersrelationer

Efter omdannelsen (metamorfosen) af mange bjergarter, opstår der sprækker i fjeldet, som så bliver udfyldt med flydende magma fra jordens indre. Disse sprækkeudfyldninger kaldes for **intrusioner**. Intrusioner er en vigtig mineralsk kilde til eksklusive og sjældne mineraler som guld, diamanter og metaller. Intrusive bjergarter kan have forskellige farver (billede 6), og ud fra disse kan der fortælles en geologisk historie om deres **aldersrelation**.



Billede 6: Mørkegrå gnejs der er sprukket op og senere, til forskellig tid, udfyldt med intrusive magmabjergarter. 1) først er gnejsen dannet. 2) senere er gnejsen intruderet af en lysere magmabjergart, hér pegmatit, som er let deformeret. 3) til sidst er både gnejsen og pegmatiten gennemskåret af en sort magmabjergart, som er udeformeret. Denne serie af begivenheder kaldes for en geologisk aldersrelation.

## Feltarbejde

### Materiale- og tjekliste

Listen er pr. gruppe. Anfør om i har lånt det af skolen, og husk at aflevere tingene tilbage:

Gruppe nr.:	Anvendelse	Lånt	Afleveret
Kamera	Fotodokumentation		
Poser	Til prøvetagning		

Tuschpen	Angiv prøvenummer		
Magnet	Test mineralerne		
Lup/forstørrelsesglas	Kan kombineres med kamera		
Geolog hammer	Udtage mineraler		
Pande til gulddanning	Vaske sediment		
Lineal/målebånd	Målestoksforhold		
GPS	Lokalitet-position		
Notesbog + skriveredskab	Tag notater og tegn geologien		
Udskriv kort over lokaliteten	Marker hvor prøven udtages		
Udskriv opgaveark	Løs opgaven		

### Fremgangsmåde

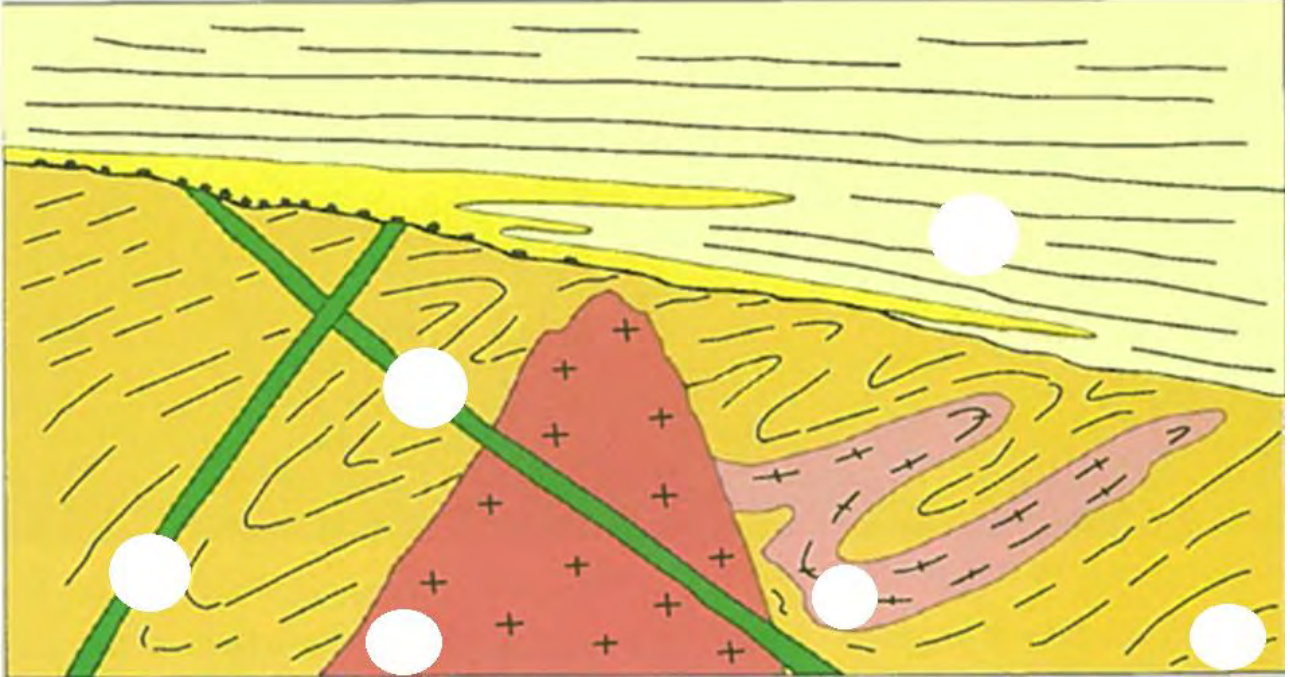
- Undersøg områdets bjergarter og identificer de forskellige bjergartsstrukturer og farveforskelle som er beskrevet i teoriafsnittet.
- Kig efter sedimentaflejringer langs elven, det er hér der skal vaskes/pannes efter guld.
- Notér GPS-koordinater for fund, og indtegn på kort. Ligeledes skal der indsamles prøver, og husk prøvenummer, samt note i notatbogen.
- Brug det udleverede udstyr for at teste bjergarterne og indsamle prøver.
- Dokumenter fund og feltteknikker ved hjælp af kamera/film og husk at anføre målestoksforhold på alle billeder.
- Overvej hvordan geologien ville se ud, hvis gletsjeren er smeltet bort. Er det bedre eller dårligere mht. at finde kostbare mineraler?

## Laboratorie- og dataarbejde

### Løs følgende opgaver

#### Opgave 1:

Nedenstående figur viser forskellige bjergarter, som har forskellige aldre. Tolk den geologiske aldersrelation, og angiv med numrene 1-6, hvilke bjergarter der er ældst og yngst (jf. billede 6). Beskriv din tolkning med egne ord, og gerne med hvilke bjergarter du tror farverne illustrerer.



#### Opgave 2:

- Brug stereolup til at identificere forskellige mineralforekomster i de indsamlede prøver. Dokumenter fundene med kamera og video.
- Beskriv mineralernes hårdhed ved hjælp af Mohs hårdhedsskala-testsæt, måske du har fundet en diamant der kan ridse i korund?
- Evt. brug sedimentsigterne til at sortere sedimentprøverne.

#### Opgave 3:

Fortæl eller beskriv ud fra dine observationer og resultater, hvordan mulighederne er for at finde kostbare og spændende mineraler i det undersøgte område. Både hvordan det er nu, og om hvordan du forestiller dig det vil være, hvis indlandsisen smeltede bort. Beskriv fordele og ulemper, og perspektiver til samfundet og relevante emner indenfor teknikfaget.



## Afleveringsopgave

Jeres resultater skal nu samles og gøres tilgængelige for alle som en poster eller en videofilm, som skal indeholde følgende:

- ✓ Titel og billeder af personerne i gruppen
- ✓ Lokalitetsbeskrivelse
- ✓ Fotodokumentation og billedanalyse
- ✓ Beskrivelse af anvendte teknikker
- ✓ Resultater
- ✓ Konklusion

## Litteraturliste

### Bog

Henriksen, N., 2005: Grønlands geologiske udvikling. *GEUS*, 270 sider.