

Lidt om Lag

AF HENNING SØRENSEN

I mange grusgrave rundt om i landet udnyttes forekomster af sand og grus, som er aflejret af smeltevandsstrømme fra istidens slutning. Disse forekomster viser som regel en meget tydelig lagdeling. De enkelte lag er tilnærmelsesvis vandrette, men ofte ses, at dele af lagserien viser stejlere hældning. De enkelte lags retning kan da krydse hinanden. Man taler om skrålejrning eller krydslejrning og denne anordning af lagene viser, at de er afsat af rindende vand, som for eksempel af smeltevandselve. Variationer i laghældningen skyldes, at strømforholdene har ændret sig, mens lagene blev afsat.

Ser man nøjere på lagene vil man opdage, at der ofte er sket en sortering af det aflejrede materiale efter kornstørrelse. De grove gruslag blev afsat i perioder med så stor vandføring, at de finkornede partikler førtes væk af vandet, mens de groveste sank til bunds. De finkornede lag er afsat i perioder med så ringe strømhastighed, at vandet ikke har kunnet føre selv det fine materiale med sig.

De allerfineste partikler kan slet ikke synke til bunds, så længe vandet bevæger sig, men aflejres først i det helt stillestående vand i søer og i havet. Der dannes da slam og lerbjergarter. Smeltevandsflodernes fineste materiale har fundet et hvilested i søer i selve isen, eller i lavninger foran denne. Mange steder i Danmark graves det særdeles finkornede issøpler i sådanne gamle sødannelser. Dette ler er lagdelt, men på en langt mere regelmæssig måde end elvenes grus og sand. Lagene er vandrette og parallelle og viser kun undtagelsesvis uregelmæssig lagstilling. Lagdelingen viser sig ved en sortering af materialet efter kornstørrelse. Lagene kan da inddeles i sekvenser - varv - der hver for sig nederst opbygges af grovere gråt ler og som opad gradvis går over i et tyndere sort lag af fedt, meget finkornet ler. Dette sorte lag er med en skarp grænse skilt fra det overlejrende grå lag. En sådan sekvens er dannet ved aflejring af det fine materiale, som er ført til søen af tilløbende elve. Mens der forår og sommer endnu er bevægelse i vandet aflejres det groveste ler. Først når vandet er blevet helt roligt sidst på sommeren aflejres det fede ler. En sådan udvikling fra groft til fint materiale inden for et enkelt lag eller sekvens kaldes graderet lagdeling. Denne type lagdeling opstår, hvor et materiale, der er forskelligartet med hensyn til kornstørrelse, er opslemmet i stillestående vand og langsomt synker til bunds på en sådan måde, at de groveste og tungeste partikler aflejres før de finkornede og lette.

I sandet på vore strande finder vi endnu en type lagdeling. Der er tale om veksellejring af parallelle mørke og lyse lag. De mørke lag består af tunge sandkorn af magnetit, ilmenit, zircon m.m., de hvide lag hovedsagelig af det lette mineral kvarts. Denne type lagdeling er opstået, hvor brænding og bølgeskulp bearbejder kystens løse aflejringer. I perioder med kraftig vandbevægelse skylles de lette mineralkorn ud i havet og de tunge ligger tilbage og danner de mørke lag af tungsand. I rolige perioder aflejres så lag af kvartssand.

Studiet af lagdelingen i løse aflejringer (sedimenter) har stor geologisk og praktisk betydning. Den historiske geologi, der har Jordklodens udviklingshistorie som arbejdsfelt, kan udrede de geologiske og klimatiske forhold i en bestemt jordperiode ved hjælp af opbygningen af sedimenterne. I den praktiske geologi spiller sedimenternes lagdeling en uhyre vigtig rolle inden for så forskellige områder som efterforskningen af grundvand, olie, salt, uran, guld, zircon, jernmalm og så videre.

Her skal blot peges på betydningen for efterforskningen af guld og uran i Sydafrika og uran i U.S.A. og Canada. I disse lande finder man at aflange "legemer" af groft grus (konglomerater) rummer de pågældende malme. Den nærmere undersøgelse har vist, at disse legemer er udfyldningen af gamle floddale som har slynget sig gennem sletter af sand og ler. Erkendelsen af denne sammenhæng mellem "fossile floddale" og malmforekomster har gjort det muligt at finde tilsvarende forekomster i andre områder, for eksempel de sidste års største fund af uranmalm, der er gjort i Niger i Afrika.

De løse aflejrings lagdeling er opstået, hvor materiale transporteret af vand (eller eventuelt vind) er aflejret under forhold, som kan iagttages mange steder på Jorden. Man har derfor et udmærket kendskab til de fysiske forhold under dannelsen af de forskellige typer af lagdeling, som er nævnt ovenfor. Anderledes stiller det sig med de lagstrukturer, som i stigende antal opdages rundt om på Jorden i de såkaldte magmabjergarter, det vil sige bjergarter dannet ved størkning af smeltede stenmasser enten på jordoverfladen som lavastrømme eller på dybet som de mere grovkornede dybbjergarter. Disse sidste har været tusinder af år om at størkne.

I lavastrømme kan man ofte iagttage, at korn af de tungeste mineraler, først og fremmest olivin, er koncentreret i strømmenes nederste dele eller i de dele af strømmene, der ligger nærmest udbrudsstederne. Der er også her sket en sortering af materialet, de tunge korn er skilt fra den lettere smelte, mens denne var så tyndtflydende, at mineralkornene kunne synke til bunds med nogen hast.

Englænderen Charles Darwin, der senere blev berømt for sine tanker om udvikling, erkendte betydningen af denne mekanisme, da han på rejsen med "Beagle" (1831 - 1836) fik anledning til at studere de vulkan-

ske bjergarter på en række oceanøer. Han mente, at ligesom sandskorn aflejres i vand må også de krystaller, som dannes i en smeltetmasse, synke til bunds i denne.

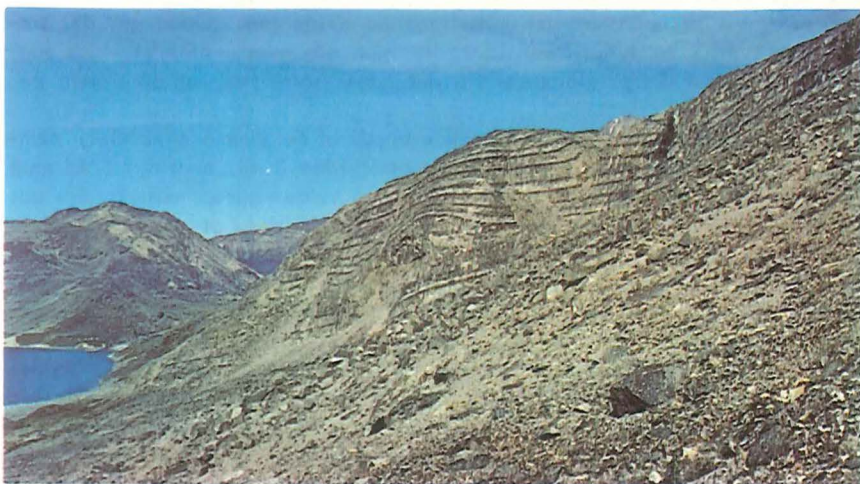
I slutningen af forrige århundrede opdagede man lagdeling i gabbrobjergarter på øen Skye i de Indre Hebrider. Lagene viste sig som veksellejring af lyse og mørke bjergarter, de var parallelle og med hældning ind mod gabbromassens indre. Denne sortering af mineralerne blev af de første, som studerede den, opfattet som et resultat af flydning i en smeltetmasse, som kun var delvis størknet. At der var tale om bundfældning af krystaller tænkte man ikke på. Den nævnte antagelse lå så nær for, da man jo i forvejen kendte sådanne "flydestriber" fra visse meget sejtflydende lavastrømme af rhyolit. I disse tilfælde har det magma, der trængte frem, været delvis størknet, således at de størknede partier under bevægelsen blev tværet ud i striber mellem dele af det endnu flydende materiale.

En helt aktualistisk tolkning af lagdeling i magmabjergarter blev først givet af danskeren N.V.Ussing, der i en stor afhandling fra 1912 beskrev resultaterne af sine undersøgelser i Sydgrønland. I den sydlige del af den såkaldte Ilimaussaq-intrusion findes i fjeldpartiet Kringerne en mindst 400 m tyk lagserie af smukt lagdelte nefelinsyeniter, som Ussing betegnede kakortokiter. Seriens bund kendes ikke, i den synlige del finder ca. 30 gentagelser af enheder, der hver består af sorte, røde og hvide lag. Hver enhed, der er ca. 12 m tyk, har nederst et tyndt sort lag, der er skarpt afgrænset fra det underliggende hvide lag. Opad går det sorte lag over i et tyndt rødt lag, der igen går over i et tykt hvidt lag. Dette er opad skarpt afgrænset fra det næste sorte lag, og så videre ca. 30 gange.

Lagene i hver tre-delt lagpakke består af de samme mineraler, nemlig amfibolen arfvedsonit (sort med massefylden 3.4), eudialyt (rød med massefylden 2.9), feldspat og nefelin (begge hvide og med massefylden ca. 2.6). Variationen inden for hver lagpakke skyldes, at mængdeforholdet mellem de nævnte mineraler varierer nedefra op, således at arfvedsonit er koncentreret nederst og feldspat og nefelin øverst. Eudialyt er koncentreret i toppen af de sorte lag. Ussing viste ganske klart, at denne opdeling i sorte, røde og hvide lag kunne forklares ved samtidig bundfældning af mineraler med forskellig massefylde. De tungeste ville da nå bunden først og danne de sorte lag, de lyse og lette mineraler komme til sidst hvorved de tykke hvide lag dannedes. De trelede lagpakker repræsenterer da blot en sortering af mineralerne efter massefylde. At der så følger en ny trelede lagpakke ovenpå den første forklarede Ussing ved at antage, at krystallisationen af smeltmassen gik i stå efter dannelsen af det lyse lag. Når der senere igen udfældedes krystaller ville de igen synke successivt til bunds og danne en ny lagpakke, og så videre.



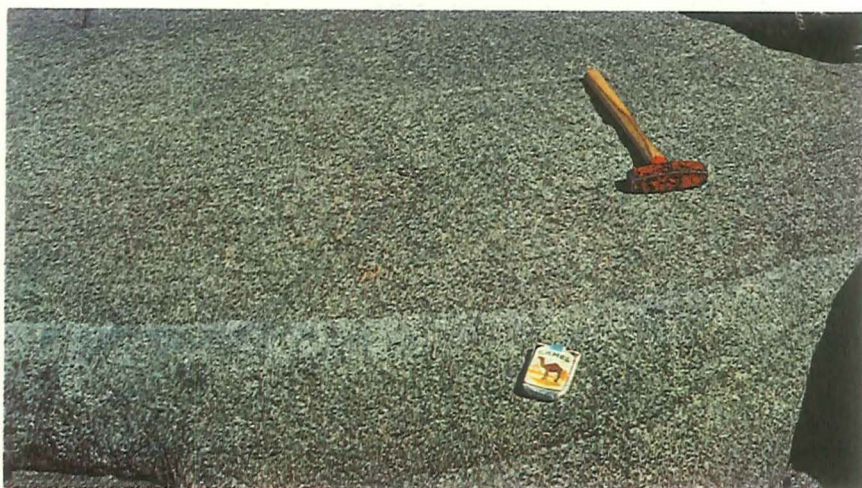
Bunden af Kangerdluarssuk-fjorden. I midten af billedet fjeldpartiet Kringlerne opbygget af lag af kakortokit. Det sneklædte fjeld i baggrunden består af den ældre granit, som magmaet er trængt ind i.



Sydkysten af Kangerdluarssuk opbygget af lag af kakortokit. Disse svøber sig omkring en indeslutning af ældre bjergarter, som er sunket til bunds i magmaet. Lagene er skiftevis sorte, røde og hvide.



Strømkanal (forgrund til venstre) i bunden af kakortokitserien. Lagene i kanalen viser graderet lagdeling og er helt hvide øverst. En lille forkastning skærer gennem kanalen. Sydysten af Kangerdluarssuk.



Graderet lagserie med krydslejring. Gradering ses bedst i laget med cigaretpakken. Sydysten af Kangerdluarssuk.

Årsagen til denne rykvisse krystallisation mente Ussing at finde i variationer i smeltmassens gastryk. De naturlige smeltmasser har nemlig et indhold af flygtige stoffer som vanddamp, chlorforbindelser, fluorforbindelser, svovlforbindelser og kuldioxid (CO_2). Disse frigøres efterhånden som smelten størkner, hvorved gastrykket stiger. I visse tilfælde kan trykket blive større end styrken af det overlejrende fjeld, der sker da et vulkanudbrud og trykket falder brat.

Gasserne har den egenskab, at de nedsætter smeltens størkningstemperatur. Et gasrigt magma kan derfor være flydende ved en bestemt temperatur, men afgives gasserne, sker der i de dele af smelten, hvor temperaturen er lavere end størkningstemperaturen ved det pågældende lavere tryk, en udkrystallisation af mineraler, som synker til bunds. Det er denne mekanisme Ussing fandt frem til og som stadig accepteres som den bedste forklaring på lagdelingen i Ilimaussaqs kakortokiter.

I den øverste del af Ilimaussaq-intrusionen findes nogle meget brogede bjergarter, som Ussing gav navnet naujait. De er meget grovkornede, men i de store korn af feldspat, eudialyt og arfvedsonit findes indsluttet utallige små krystaller af sodalit. Sodalit er et meget let mineral, dets massefylde er ca. 2.3. Ussing antog derfor, at der i det magma, hvorfra kakortokiternes mineraler udfældedes, øverst oppe skete en udkrystallisation af sodalit, som holdt sig svævende i smeltmassen og efterhånden omvoksedes af de øvrige mineraler. Ilimaussaq viser således eksempler både på bundfældning og opstigning af krystaller.

Ussings banebrydende arbejde forblev næsten ukendt i en lang årække, først og fremmest fordi Ilimaussaqs bjergarter er næsten uden side-stykke i andre lande. Kun på Kolahalvøen har man større forekomster af tilsvarende bjergarter og Ussing blev derfor i mange år næsten kun citeret af russiske geologer.

I 1939 udgav de to engelske geologer L.R.Wager og W.A.Deer et arbejde om den såkaldte Skærgaardsintrusion i Østgrønland, som med et slag samlede stor interesse omkring lagdelte magmabjergarter. Intrusionen opbygges af smukt lagdelte gabbroer med graderet lagdeling som i Ilimaussaqs bjergarter. Hvert lag er mørkest nederst på grund af ansamling af de mørke og tunge mineraler, opad bliver de gradvis lysere. En stor del af lagserien består af en regelmæssig gentagelse af parallelle lag, men Wager og Deer påviste, at der periodevis havde været strømninger i magmaet. Dette ses af, at lagene stedvis viser krydslejring svarende til den der findes i elvdannelser og de påviste, at strømmene havde udhulet "flodlejer" i de lag der periodevis har udgjort smeltmassens gulv. Disse kanaler er igen udfyldt af graderede lagserier.

Wager og Deer's afhandling gav anledning til fornyede undersøgelser af intrusioner Jorden over og nu kendes talrige forekomster af lagdelte magmabjergarter. I Sydgrønland er fundet et større antal, som for eksempel syenitene i Kungnat, på Nunarssuit, ved Grønnedal og i Igalikoområdet.

Ussing fandt ikke strukturer som røbede, at der havde været strømninger i de smeltemasser, som dannede Ilimaussa-*intrusionen*. Sådanne strukturer blev først fundet i år, da en ny detaljeret undersøgelse af kakortokiterne blev indledt. Det blev da påvist, at den største del af denne lagserie er opbygget som beskrevet af Ussing. Kun i den allernederste del, som er tilgængelig i et meget begrænset område, er påvist krydslejring og strømkanaler, som det er vist i figurerne. Dette viser, at der kun var strømninger i smeltemassen i begyndelsen af kakortokiternes dannelseshistorie.

Studiet af lagdelte intrusioner har stor praktisk betydning, idet man i mange af dem har fundet nyttige mineraler koncentreret i brydeværdige lag. Det bedst kendte eksempel er chromit-forekomsterne i Bushveld-*intrusionen* i Sydafrika. Men også Ilimaussaqs røde lag, der er rige på det zirconiumholdige mineral eudialyt, vil eventuelt kunne få praktisk betydning.

Som nævnt har man let adgang til at studere dannelsen af lagdeling i sedimenter. Der er tale om mineral Korn, hvis størrelse og massefylden let kan bestemmes, og væsken er vand med et vekslende lavt indhold af opløste stoffer. Det er påvist, at nedsynknings hastigheden er proportional med anden potens af kornstørrelsen og med første potens af massefylden, det vil sige, at store korn af lette mineraler aflejres sammen med små korn af tunge. Nederst i en lagserie finder man derfor store lette korn eller små korn af tunge mineraler.

Så enkle forhold har man ikke, når man studerer magmabjergarter. Man kan for eksempel finde, at den nederste del af en lagserie har koncentrationer af de letteste mineraler eller at der kan være en gradering nedfra op, således at lagene bliver mere grovkornede opad. Disse forhold skyldes, at smeltens egenskaber varierer med kemisk sammensætning, tryk, temperatur og indhold af krystaller, samt at kornene vokser, mens de bevæger sig gennem smelten som følge af fortsat krystallisation. Er de letteste mineraler koncentreret nederst i hver lagpakke, som tilfældet for eksempel er i Lovozero-*intrusionen* på Kolahalvøen, er forklaringen, at den pågældende smelt masse havde en sådan kemisk sammensætning, at de letteste mineraler krystalliserede først ved de givne tryk-temperaturforhold. De var derfor godt på vej mod bunden, før de tungere mineraler begyndte at blive dannet.

I de tilfælde, hvor de fineste korn er aflejret før de grove korn af de samme mineraler, er forklaringen, at mineralerne er udfældet i et større udsnit af smeltemassen. De krystaller, der udfældedes nærmest bunden, aflejredes først og nåede ikke at vokse undervejs, mens krystaller fra højere niveauer er vokset hele tiden mens de dalede nedad. Den hastighed, hvormed krystaller synker i en smelt masse, varierer fra få centimeter til mange meter om året. Man kan derfor ved et nøjere studium af lagdelte intrusioner fremskaffe meget vigtige oplysninger om det der foregår, når en naturlig smelt masse størkner.

