

KJEMISK BERGARTSFORVITRING BELYST VED EN DEL LEIRPROFILER

AV

JOHAN MOUM OG IVAN TH. ROSENQVIST

A b s t r a c t. The adsorbed cations through some clay profiles in eastern Norway have proved that a weathering of the potassium bearing minerals has taken place *in situ* in post-glacial time. This weathering is specially high in the upper 5—6 metres.

It is inferred that the solid rocks may undergo similar weathering although the water content and porosity are much lower.

Innledning.

Problemet om kjemisk bergartsforvitring etter istiden under de klimatiske forhold som har hersket i Skandinavia, har vært en del diskutert i den geologiske litteratur i de senere år. I Norge har LÅG (1), DAHL (2) og STRAND (3), i en del arbeider behandlet disse forhold forholdsvis inngående. Det synes å herske enighet om at visse bergartstyper forvitrer lettere enn andre, og at det på sine steder finnes dyptgående forvitring i fast fjell, selv på steder der innlandsisen under istiden må antas å ha fjernet alt pre- og inter-glasialt forvitringmateriale. Tilsynelatende tette homogene bergarter viser seg ved nærmere undersøkelse å være gjennomsett av et meget fint nettverk av forvitringmateriale, slik at bergarten kan tas ut med hakke og skyffel og direkte anvendes som veggrus.

BARTH (4) har beskrevet forekomsten av slik grusartet stein på Sørlandet og hevder at denne forvitring mellom mineralkornene er av inter-glasial opprinnelse. I det tilfelle Barth beskriver, har han funnet et innhold av leirminerale mellom kornene. Barth har beregnet disse som «beidellit». Senere undersøkelse (5) har vist at det dreier seg om en blanding av bauxitminerale og montmorillonit.

På Runde utenfor Ålesund har DAHL (6) vist at tilsvarende oppsprukket og forvitret fjell inneholder montmorillonitmineraler. I dette tilfelle antar Dahl at forvitringen er av pre-glasial eller interglasial alder og slutter derav at landisen ikke dekket Runde under siste istid.

Imidlertid finnes på Runde uforvitrede flyttblokker oppå forvitret fjell, slik at det ikke kan herske tvil om at landisen iallfall dekket store deler av Runde under siste istid, selv om forvitringen som har dannet leirmineralene i gneisen under kan ha vært interglasial eller pre-glasial.

Da man tidligere har antatt at dyptgående forvitring ikke kan finne sted i løpet av den forholdsvis korte tid som har passert siden istiden under klimatiske forhold som de man har i Skandinavia, er det verdt å peke på at allerede OLOF TAMM (7) viste at feltspatt kunne angripes meget kraftig av iskoldt vann.

ERIK NORIN (8) har vist at hydroglimmermineraler er oppstått i forholdsvis unge sedimenter på bunn av det Thyrenske hav i Middelhavet.

Nyere undersøkelser.

Ved studier av norske leirer har en ved Norges geotekniske institutt kommet frem til en del forhold som klart viser at det finner sted en forvitring *in situ* i våre leirsedimenter. Som et eksempel kan nevnes at vi har bestemt hvilke joner som er adsorbent i leirmineraler i et leirprofil på Bryn i Oslo. I dette leirprofilet var kornfordelingskurven meget ensartet fra toppen og nedover.

Ved differensialtermisk undersøkelse fant vi likeledes at den mineralogiske sammensetning var forholdsvis ensartet, idet finfraksjonen, d.v.s. partikler finere enn 2 mikron, inneholdt en meget konstant prosentdel hydroglimmermineraler: ca. 60 %. For å bestemme hvilke katjoner som var adsorbent til leirmineralene ble det foretatt jonebytningsforsøk. For dette formål anvendtes den kunstige jonebytterharpiks Dovex 50. Analysen ble foretatt på den måte at en leirmengde som svarte til ca. 300 gram tørrmateriale, ble dispergert i destillert vann, slik at alle løselige salter ble vasket ut. Deretter ble leiroppslemningen sentrifugert, og bunnfallet ble blandet med jone-

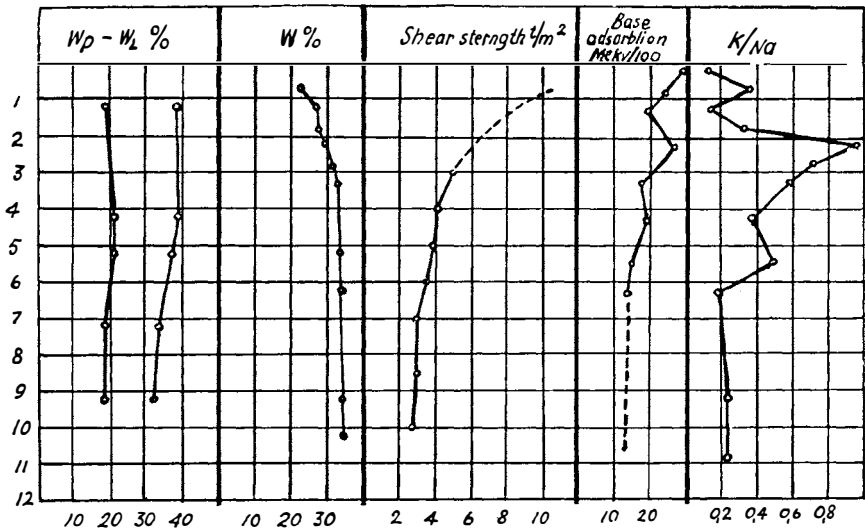
bytterharpiksen i dens hydrogentilstand. Det anvendtes en harpiksmengde som svarte til ca. halvparten av leirvekten. På grunn av harpiksens meget høye jonebytningssevne fikk vi en nesten fullstendig utbytning av protonene fra harpiksen og metallkatjonene som var adsorbent på leirmineralene. I tillegg til dette kom så at harpiksen reagerte med en del mineraler som var lett løselige f.eks. gips, kalsiumkarbonat, magnesiumkarbonat, jernhydroksyder osv.

Gipsen ble for eksempel overført til svovelsyre samtidig med at harpiksen gikk over til kalsiumtilstand i ekvivalente mengder. På tilsvarende måte ble kalsiumkarbonatene angrepet under dannelse av kullsyre. Vi måtte derfor finne en korreksjon for disse mineralkomponenter, idet de katjoner vi senere kunne bestemme på harpiksen ikke utelukkende stammet fra joner som hadde vært adsorbent på leirmineralene. Når det gjelder alkalimetallene må man imidlertid gå ut fra at all natrium og kalium som fantes på jonebytterharpiksen stammet fra leirmineralene ved en jonebytningsreaksjon.

Forholdet kalium til natrium kunne bestemmes ved at jonebytterharpiksen ble silt fra leirfraksjonen og deretter vasket med fortynt saltsyre. I filtratet ble så kalium og natrium bestemt flammespektrometrisk. På figur nr. 1 ser en hvorledes kali-natron-forholdet er konstant ca. 0.2 i de dypere deler av profilet, mens det stiger raskt fra 6 meters dyp og opp til $1\frac{1}{2}$ meter under overflaten. Her er kali-natron-forholdet ved et maksimum på ca. 0.95. I den øverste del av profilet avtar forholdet igjen raskt, slik at man kommer ned i 0.12 like under gressrøttene. Det synes som om vegetasjonen har ekstrahert kalium fra jordens øverste lag.

Ser en på jordens baseadsorbsjonsevne, finner en at denne er forholdsvis lav i de dypere deler av profilet, men stiger raskt mot overflaten. Da hverken den høye baseadsorbsjonsevne eller det høye kali-natron-forholdet kan forklares ved en primær variasjon i mineralinnholdet, kommer en til at det iallfall av et dyp av 6 m har foregått sekundære prosesser i leiren som har skaffet frem kalijoner i slik mengde at de har kunnet fortrenge en del av det primære adsorbente natrium og derved gitt et økt kali-natron-forhold, blant de adsorbente katjoner.

Ved undersøkelse av porevannet i Bekkelagsleiren fant en et til-



Sammenstilling av plastisitetsgrense, flytegrense, naturlig vanninnhold, baseadsorpsjonsevne samt forholdet mellom adsorbert K^{+} og Na^{+} i et leirprofil ved Bryn, Oslo. (Dybde i meter).

svarende fenomen. Her ble ikke de øverste 2 m undersøkt, men dypere viste kali-natron-forholdet følgende variasjon:

K/Na

2.5 m — 0.71

4.0 m — 0.64

5.0 m — 0.40

6.0 m — 0.47

7.0 m — 0.36

8.0 m — 0.33

10.1 m — 0.33

I disse leirer inneholder vannfasen *mer* kalium enn sjøvannet. gjør.

Også i dette tilfelle dreier det seg om en meget homogen leiravsetning (isocardialeire). Kornfordelingen var inntil analysenøyaktigheten identisk, og mineralinnholdet det samme, hovedsaklig en hydroglimmerleire. Senere har andre analyser foretatt på mineraler fra Ullevål vist liknende forhold.

Konklusjon.

Ved bestemmelse av jordartenes mekaniske egenskaper har det vist seg å være en generell regel at skjærfastheten i uforstyrret tilstand øker rettlinjet nedover mot dypet i homogen leiravsetning. Dette gjelder imidlertid bare under et visst dyp, i alminnelighet 5—6 m, og kun for normal belastede leiravsetninger, som ikke tidligere har båret vekten av større jordmasser enn den nåværende overlaging.

I høyere nivåer øker leirenes skjærfasthet betraktelig, selv om vanninnholdet er konstant. Dette er blant annet belyst av BJERRUM (9) (10). Like ledes øker leirers flytegrense ¹betraktelig i de øvre nivåer. Denne observasjon er så alminnelig at man kan bruke det som en fast regel, og dersom man ikke finner dette forhold, viser det seg som oftest at leirprofilet ikke har vært homogent.

Undersøkelser av leirjordartens mekaniske egenskaper som funksjon av elektrolyttinnholdet har vist at ved et bestemt vanninnhold (11) har kalileirer høyere flytegrense enn natronleirer, og skjærfastheten for kalileirer i omrørt tilstand er alltid meget nær det dobbelte av skjærfastheten for natronleirer i omrørt tilstand. Det er altså åpenbart at alle våre østnorske leirer ned til et dyp av 5—6 m har et høyere kali-natron-forhold enn de dypereliggende nivåer. Slik sekundær forskyvning av forholdet mellom de adsorberte joner kan kun forklares ved at det har foregått en forvitring *in situ*, iallfall ned til et dyp av 5—6 m.

¹ Det vanninnhold hvor prøvens konsistens skifter fra å være usammenhengende og smuldrende til å være plastisk, kalles *utrullingsgrense* (*w_p*), definert som det vanninnhold som gir prøven en slik konsistens at den kan rulles ut til 2—3 mm tynne tråder, men hvor en uttørring vil føre til at materialet smuldres ved utrulling.

Flytegrensen (*WL*), som angir det vanninnhold hvor konsistensen skifter fra plastisk til flytende, er definert ved et standardisert forsøk med Casagrandes flytegrenseapparat, idet den bestemmes som det vanninnhold som får en liten fure i prøven, av gitt form til å lukke seg over en lengde av 12 mm for 25 slag.

Det vanninnholdsintervall innenfor hvilket en leirprøve er plastisk, kalles *plastisitetsindeks* (*Ip*). Det defineres som differensen mellom flytegrensen og utrullingsgrensen.

Man regner vanligvis en leires aktivitet som forholdet mellom plastisitetsindeks og prosentinnhold av mineraler finere enn 2μ .

Imidlertid viser også de relativt høye kali-natron-forhold i dypere-liggende deler av leirprofilene at det har foregått en viss forvitring også under 5—6 m dyp. I disse dypere-liggende deler har imidlertid forvitringen vært vesentlig mindre enn de øvre deler, og forvitringen har hatt samme størrelse i alle dyp. Nå er nettopp 5—6 m det dyp hvortil sommertemperaturens innflytelse gjør seg gjeldende i våre leiravsetninger. Undet dette dyp er temperaturen konstant året rundt og lik stedets middeltemperatur. Vi kommer følgelig til den konklusjon at en kort tid med temperatur over årets middeltemperatur mer enn oppveier det forhold at leiravsetningen også en tid har vært under årets middeltemperatur.

Videre kommer man til at det stadig i den tid som har gått siden istiden har forekommet en kjemisk forvitring av mineralene i våre leiravsetninger. Dette har ført til frigjøring av kalijoner, hvorfor man må slutte at i særliggrad kalimineraler har deltatt i forvitningsprosessen. Ellers har forvitringen ført til økning av leirmineralenes «aktivitet», noe som kjennetegnes ved den økte baseadsorbsjonsevne for mineralene fra Bryn.

Da det prinsipielt ikke er noen forskjell på de mineraler vi har i våre kvartære leirer og de mineraler vi har våre bergarter, må en trekke den konklusjon at det også i våre faste bergarter må foregå en kjemisk forvitring, iallfall ned i et dyp av 5—6 m, men at denne forvitring i de faste bergarter i alminnelighet gir seg mindre tydelige utslag, sannsynligvis på grunn av lavt vanninnhold eller på grunn av den lave porøsitet.

I visse tilfelle har en imidlertid bergarter der fuktigheten kan sipre ned langs hårfine sprekker mellom mineralkornene. I slike bergarter bør en derfor forvente en like høy grad av kjemisk forvitring som det man har i våre leirer, muligens enda høyere, idet våre leiravsetninger primært inneholder store mengder oppløste metalljoner og derfor har mindre hydrolyserende virkning enn det rene regnvann som trenger ned i mikrosprekkene i våre faste bergarter. Vi antar at nettopp denne form for forvitring er virksom i alle bergarter, men at det kun er i ekstreme tilfeller at bergartene har en så høy grad av mikrosprekker at man får de utpregete grusartede dannelser som for eksempel Barth og Dahl har beskrevet.

Hermed skal intet være sagt om disse forvitringers alder, idet

sprukket fjell meget vel kan tenkes oppbevart fra siste inter-glacial tid på steder der isskuringene har vært liten. Vi vil kun peke på at det ikke er nødvendig å anta noen pre-glacial prosess for å forklare dyptgående forvitring. I de tilfeller Låg og Strand har beskrevet kan det således ikke herske tvil om at forvitringen har vært post-glacial.

SUMMARY

The problems in connection with chemical weathering of rocks in Scandinavia in the time after the ice age are very important. Several occurrences of clay minerals have been interpreted as inter-glacial formations, as it is believed that the cold climate and the short time since the ice age were insufficient to produce any chemical weathering worth mentioning. By investigations in clay profiles is, however, found that marked chemical weathering takes place especially down to a depth where the summer temperature is active. This weathering is important. Due to the weathering, potassium ions are liberated from the minerals' lattices. These potassium ions in turn take part in exchange reactions, and sodium and magnesium ions adsorbed on the marine clay minerals during deposition are removed. Simultaneously the «activity» of the clay minerals increases, as shown by the base exchange capacity. It is concluded that there is no principal difference between minerals in Scandinavian normal clays and the minerals in the solid rocks. Therefore similar weathering processes may take place in any rock where sufficient porosity allows the water to pass through fine cracks and fissures.

LITTERATUR

- J. LÅG: Weathering of Syenite in Kjøse, Vestfold. N.G.T. 25, p. 216—229 (1945).
- E. DAHL: Studier over forvitringstyper i strøket Nordfjord—Sunnmøre og deres relasjon til istidene. Ibid. p. 242—244 (1949).
- T. STRAND: Forvitring og nedising. Ibid. p. 237—239 (1950).
- T. F. W. BARTH: Norske mineraler av beidellittgruppen. Ibid. pp. 300—310 (1939).
- F. ISACHSEN og I. TH. ROSENQVIST: Forvittringsleire og Blekejord på Karmøya. Ibid. p. 175—186 (1948).

- E. DAHL: Weathered Gneisses at the Island of Runde, Sunnmøre, West Norway and their Geological Interpretation. *Nytt Mag. f. Bot.* Vol. 3. pp.5-23, 1954.
- O. TAMM: An experimental Study on Clay formation and Weathering of Feldspar. *Med. fr. St. Skogforsöksanstalt.* Stockholm 1929.
- E. NORIN: Occurrence of Autigenous Illitic Mica in Sediments of the Central Tyrrhenian Sea. *Bul. Geol. Inst. Upsala.* Vol. 43, p. 279—284. (1953).
- L. BJERRUM: Geotechnical Properties of Norwegian Marine Clays. *Geotechnique*, p. 49 69 1954.
- Stability of Natural Slopes in Quick Clay. *Proc. Europ. Conf. on Stability of Earth Slopes.* Vol. 2, p. 16—40 1954.
- I. TH. ROSENQVIST: Norwegian Soils 1. Investigations in the Clay Electrolyte System. In press.

Manuskript mottatt 6. oktober 1954.