

Utfellinger av natriumsulfatene mirabilitt og thenarditt i Ballangen, Ofoten, knyttet til Rånagabbroen

Per Bøe

GENERELT

I to menneskeskapte huler (stoller) i et nedlagt steinbrudd i Råna i Ballangen, Ofoten, opptrer de vannløselige sulfatmineralene thenarditt og mirabilitt på permanent basis som belegg på fast fjell og løse steiner, og som mineralinnslag i sleppematerialer inne i stollene. Disse mineralene er så vidt spesielle i vår geologi at de fortjener en nærmere undersøkelse og omtale.

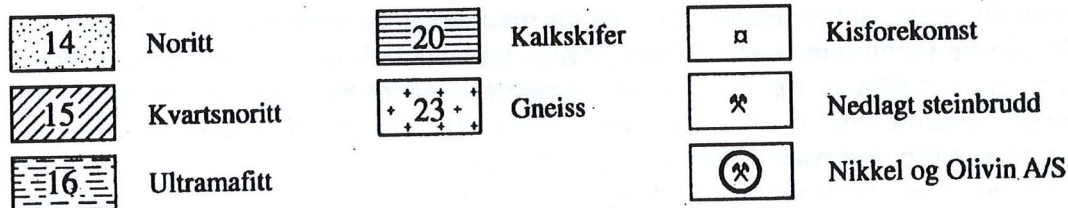
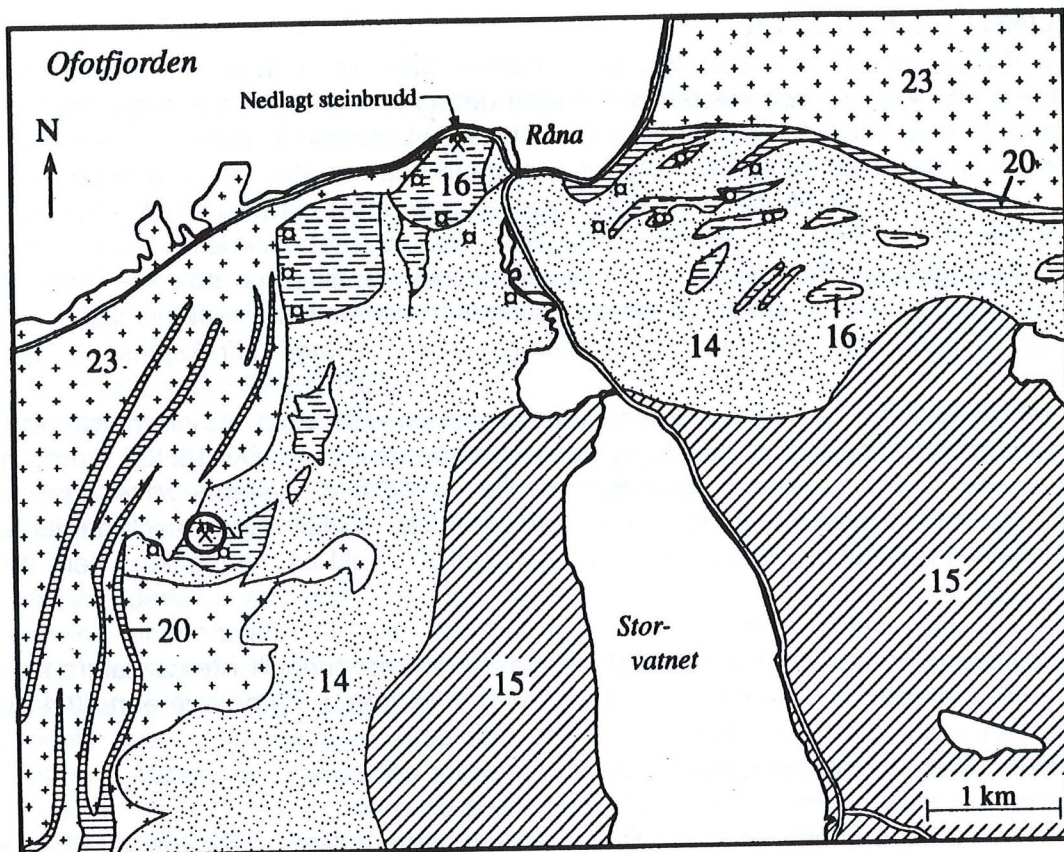
Europavei 6 passerer steinbruddets ytterområde og skiller steinbruddet fra sjøen. Stollene har et tverrsnitt på ca. 100 m, den sydligste er 10 m dyp, den nordlige 25 m. Steinbruddet ligger 30 km sør for Narvik by, målt langs E 6.

Vannløselige mineraler har dårlige vilkår i vårt fuktige klima. Slike mineraler har bare muligheter til å klare seg på steder som ikke utsettes for direkte regn, i første rekke naturlige huler og menneskeskapte fjellrom. Fjelloverheng på lesider i forhold til fremherskende vær- og vindretninger kan også være aktuelle lokaliteter. Vannløselige mineraler kan også dannes i porer og hulrom i bergarter. Best kjent i denne forbindelse er vel gipsdannelse i alunskifer med volumøkning og forvitring som resultat.

GEOLOGISKE FORHOLD

Steinbruddet ligger i den nordvestlige periferi av Råna gabbrokompleks som er et markant geologisk og topografisk innslag i Ofotens geologi og landskap. Komplekset er av kaledonsk alder og synorogent intrudert, med betydelig påvirkning av kaledonsk tektonik og deformasjon. Gabbrobergartenes motstandsdyktighet mot erosjon og forvitring er grunnlaget for et fjellandskap med topper over 1300 m.

Gabbrokomplekset har en grov konsentrisk todeling med en kjerne av kvartsnoritt, og en yttersone av noritt (Boyd & Søvegjarto). I yttersonen er det en god del uregelmessige lag og linser av peridotitt og pyroksenitt (ultramafitter), vanligste type peridotitt er harzburgitt med 40 - 60 % olivin, resten orthorombisk pyroksen (Boyd & Mathiesen 1979). Sulfidmineraliseringer (kis), gjerne knyttet til peridotittene, er et karakteristisk innslag i yttersonen. Den største av disse ligger på Arnesfjellet, i rett linje 4 km sørvest for steinbruddet i Råna. Her er det nå gruvedrift på nikkell i regi av selskapet Nikkel og Olivin AS. Mengdemessig viktigste mineral i malmen er magnetkis, andre sulfider er kobberkis, pentlanditt og pyritt. Annabergitt opptrer som sekundærmineral etter nicolitt i Arnesfjellområdet (Neumann 1985). De øvrige mineraliseringene i yttersonen er gjerne også av nikkelmagnetkis typen.



Utsnitt av berggrunnsgeologisk kart "Skjomen" (Boyd & Søvogjarto 1983). Europavei 6 går langs Ofotfjorden.

Steinbruddet i Råna er drevet på en mindre norittkropp som er innesluttet i peridotitt (Boyd & Søvogjarto 1983). Det er mulig noritten intruderer peridotitten. Bergartene i og rundt bruddet er sterkt deformerte, med oppsprukne bergarter og innslag av gneiss og kyanitt-granatførende ganger i noritten. Begge stoller er påvirket av skjærsoner med sleppemateriale hvor sand-finsand fraksjon dominerer, leirfraksjon synes å være nesten fraværende. Sleppematerialet er dels brunfarget av jernhydroksyd.

Vanligvis er det lite vanninnslag i stollene, unntaket er snøsmeltingsperioden om våren og lengre regnværsperioder. Bruddet og stollene ligger åpenbart over grunnvannsspeilet, i den vadose sonen.

VANNLØSELIGE MINRALER

I begge stoller opptrer på vegger og i tak uregelmessige kvite partier av et mineralbelegg. Mineralen er rikeligst til stede i skjærsonene hvor det danner porøse, krittaktige masser som lett skrapes løs. Utbredelsen av det kvite belegget synes å variere med årstid og værforhold. Under tørre og kjølige vinterforhold er utbredelsen stor, i fuktige perioder er det mindre å se av mineralen. Mineralen har en tydelig, men ubestemmelig smak som bekrefter vannløseligheten. Det er prøvetatt på luft- og vanntett beholder og kjørt på røntgendiffraktometer. Resultatet er en klar og entydig identifikasjon som thenarditt. De 5 kraftigste refleksjoner (d-verdier) er disse i avtakende intensitetsrekkefølge: 2,77 - 4,64 - 3,16 - 2,63 - 3,06. Dette er i meget god overensstemmelse med diffraksjonsdata oppgitt i litteraturen.

Thenarditt er vannfritt natriumsulfat (Na_2SO_4) og krystalliserer i det orthorombiske system. Dette mineralen er uløselig knyttet til hydratisert natriumsulfat ($\text{NaSO}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$), som har en annen krystallstruktur med krystallisasjon i det monokline system. Mineralnavnet er mirabilitt, synonymt navn Glaubersalt, som gjerne brukes om kunstig fremstilt natriumsulfat med krystallvatn. Glaubersalt har for øvrig vært kjent og brukt av mennesker i flere hundre år.

Natriumsulfatene krystalliserer fra mettet vannløsning som mirabilitt i temperaturområdet - 1,5 °C til 32,4 grader, ved temperaturer lavere enn - 1,5 grader og høyere enn 32,4 grader dannes thenarditt. Tilstedeværelse av andre oppløste mineraler som klorider og magnesiumsulfat kan senke stabilitetstemperaturen for mirabilitt til 15 grader. (de Quervain 1967)

Når et av mineralene er dannet er stabiliteten til den dannede fasen avhengig av fuktigheten i de umiddelbare omgivelser, enten det er luft, jord eller bergart. Thenarditt er stabil under tørre forhold, mens det motsatte er tilfelle for mirabilitt. Når temperaturen er mellom 0 og + 30 °C vil thenarditt være stabil ved relativ luftfuktighet lavere enn omlag 60%. Ved luftfuktighet over 80% er mirabilitt stabil. I området mellom 60% og 80% vil det kunne skje gjensidige overganger mellom fasene, avhengig av andre oppløste mineraler og forurensninger (de Quervain 1967).

MIRABILITT ER OGSÅ TIL STEDE I RÅNA

Mens thenarditt er et kvitt mineral som stikker seg synlig ut fra den mørke noritten, så er mirabilitt et klart og fargeløst mineral som det nesten er umulig å få øye på inne i stollene med dunkle lysforhold. Mirabilitt ble første gang påvist ved at fragmenter av noritt fra sleppesonen i den lengste stollen ble prøvetatt og oppbevart i tett beholder. Fragmentene var mer eller mindre begravet i fuktig, utrast sleppemateriale, og de hadde en glatt overflate som minnet om is. Når disse bergartsfragmentene ble lagt ut i tørr inneluft, fikk alle sammen etter noe timer et kvitt og ganske sammenhengende belegg av thenarditt, dannet fra opprinnelig mirabilitt på fragmentene.

LITE PÅAKTEDE MINERALER

Natriumsulfatene er trolig mer utbredt som mineraler i Skandinavia enn man kan få inntrykk av. Mineralene oversees lett, og er lite samlervennlig på grunn av dårlig fysisk og mineralogisk stabilitet og lettsmuldrende oppførsel. Prøvene ender fort som rask og rusk. Utseende og samlerverdi kan imidlertid forbedres på en måte som også fungerer som en identifikasjon av mineralene.

Avskrapet materiale, samt steiner og jord med natriumsulfat legges i vatn med det resultat at natriumsulfatene med en gang løses opp. Væska filtreres fra det uoppløste og settes til langsom inndamping i flatbunnet skål (petriskål) i romtemperatur.

Når det er igjen noen få prosent av veska starter etter egen erfaring krystalliseringen av flaterike krystaller av mirabilitt - klare og fargeløse - med lengde opp til 4 cm. Det har vist seg at krystallene vokser både parallelt med den krystallografiske c-aksen, og på tvers av denne. Veske som er overmettet på natriumsulfat har pH på rundt 9.0. Når all veske er forsvunnet, starter omkrystalliseringen med en gang til thenarditt, en prosess som tar 3-4 døgn for store krystaller. Sluttresultatet er meget porøse, kvite pseudomorfoser av thenarditt med bevaring av mirabilittens krystallformer (efflorescence). Ved berøring kan disse dannelsene klappe sammen som korthus og ende opp som pulver.

UTBREDELSE OG OPPTREDEN

Mirabilitt og thenarditt er vanlige saltmineraler i ørkener verden over. I varme ørkener kan de opptre i de øvre løsmasselag dannet blant annet ved fordamping av grunnvatn og inntørking av playsjøer. Jord med høyt innhold av natriumsulfater kalles bitterjord, tilsvarende innsjøer med høye konsentrasjoner av disse saltene bittersjøer (Roberts et al. 1990)

I ørkenområdene i Antarktis er thenarditt et vanlig saltmineral i jordoverflata. Den sannsynlige opprinnelsen til mineralets komponenter er trolig marin areosol (finfordelt sjøsprøyt) som kan fraktes luftveien langt inn over land (Damian et al. 1996). Mineralparet opptrer også i marine evaporitter.

Mineralparet kan i tillegg dannes utelukkende av menneskeskapt forurensning, for eksempel av natrium fra veisalting og sulfat som stammer fra brenning av olje og kull. Fra slike luftbårne komponenter kan natriumsulfatene dannes blant annet i porer og sprekker i bergarter. Mest utsatt er porøse bergarter som kalksteiner og sandsteiner, som mange steder er mye brukt i monumentalbygninger, skulpturer og annet.

Når saltene først er dannet skjer gjensidige overganger mellom mirabilitt og thenarditt spontant og raskt, i takt med endringer i bergartsfuktighet og luftfuktighet som igjen er avhengig av værforhold og årstider.

Et viktig og interessant forhold ved de gjensidige mineraloverganger er store volumendringer. Mirabilitt har et molarvolum som er 4,15 ganger større enn thenardittens. Når thenarditt hydratiseres til mirabilitt kan volumøkningen i trange rom og mikroskopiske porer ha en formidabel sprengkraft som kan skape stort mekanisk stress inne i bergarter. Resultatet er oppsmuldring og avskalling (eksfoliasjon) av bergarten.

Den skadelige og ødeleggende virkning av disse natriumsaltene ustabilitet er et stort kulturhistorisk problem i mange storbyer i verden (Ljung 1961, Nord 1992).

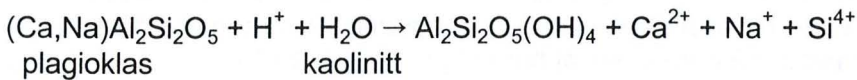
Natriumsulfatene er blant de viktigste - og verste - sprengsalter. Forekomst og utbredelse i Norge av disse saltmineraler synes å være lite kjent, og er muligens bare funnet en gang tidligere, nemlig i en av Kongsberggruvene (A. O. Larsen i Neumann 1985). Det finnes derfor ingen oversikt over skader forårsaket av disse sprengsalter på bygninger og monumenter av naturstein, helleristningsfelt og annet her i landet.

OPPRINNELSEN TIL MIRABILITT OG THENARDITT I RÅNA

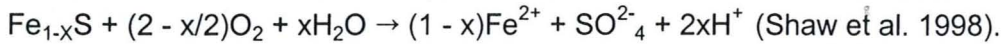
Vurdert ut fra de lokale forhold i Råna er det utelukket at mineralene har sin opprinnelse i sjøsprøyt eller menneskelige forurensninger. Kildene til komponentene i mineralene er mest sannsynlig å finne i Rånagabbroens ytre sone hvor steinbruddet ligger.

Bergartene noritt og ultramafitter (peridotitt og pyroksenitt) består i hovedsak av mineralene basisk (An-rik) plagioklas, olivin og orthorombisk pyroksen. Blant bergartsdannende mineraler er disse de minst stabile overfor kjemisk forvitring og nedbryting. Det er bare calcitt og dolomitt som forvitrer kjemisk lettere enn disse.

Plagioklas forvitrer kjemisk ved hydrolyse med dannelse av frie ioner av natrium og kalsium etter denne prosess:

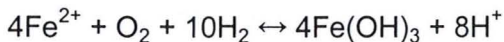


Sulfidene utsettes for oksydasjon og hydrolyse i kontakt med vatn, og etter som magnetkis er den dominerende sulfid er følgende reaksjon viktig i Rånagabbroen.



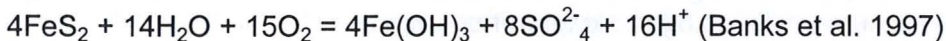
Terrestrisk magnetkis (Fe_{1-x}S) har alltid et x antall ledige jernposisjoner i krystallgitteret, x varierer mellom 0,0 og 0,125. Dette, sammen med det forhold at noe av jernet er treverdig, bidrar til å øke reaksjonshastigheten (Shaw et al 1998). Både toverdig jern og sulfatkomplekset i reasjonen ovenfor går i løsning og føres bort.

Det oppløste jernet i reaksjonen ovenfor kan i sin tur utsettes for hydrolyse og oksydasjon med følgende resultat:



Jernhydroksydet felles som fast fase, og surhetsgraden øker ytterligere.

Når svovelkis (FeS_2) forvitrer kjemisk skjer det etter følgende reaksjonslikning:



Forvitring av magnetkis og pyritt er svovelsyreproduserende og kan senke surhetsgraden betraktelig i vatn og jord. De negative miljøkonsekvenser av disse forvitningsprosesser er særlig merkbare ved gruvedrift av sulfidmineraler, hvor store mengder sulfider blottlegges for angrep av luft og vatn.

Av de to sulfidforvitningsreaksjonene ovenfor gir nedbrytingen av magnetkis størst effekt i form av syreproduksjon og nedsatt surhetsgrad etter som den kjemiske forvitringen av magnetkis går 20 til 100 ganger raskere enn for pyritt (Shaw et al. 1998).

Når sulfationer er til stede i skjermede geologiske miljøer som for eksempel kisgruver, vil fortrinnsvis kalsiumsulfat dannes, nærmere bestemt gips og anhydritt. Når dette ikke har skjedd i steinbruddet i Råna, må det skyldes spesielle forhold her.

Arnesen og Iversen (1995) har undersøkt kjemiske forhold ved 17 norske kisgruver, deriblant gruva til Nikkel og Olivin AS på Arnesfjellet i Ballangen. Som ventet er det jevnt over lave pH verdier og relativt høye tungmetallkonsentrasjoner i gruvevatn og avrenningsvatn fra gruvene. Gruvene er på den måten betydelige forurensingskilder.

Unntaket fra dette er igangværende gruve på Arnesfjellet, her er vatnet i selve gruva svakt basisk. Dette skyldes den nøytraliserende virkningen til de bergartsdannende mineralene i Rånagabbroens yttre sone. Det er først og fremst olivin som virker positivt inn, men pyroksen og plagioklas bidrar også til nøytraliseringen.

Ut fra dette kan vi anta at også grunnvatnet og det vadose vatnet i Råna gabbrokompleks er basisk, i motsetning til det som er vanlig i Norge, nemlig at grunnvatnet er svakt surtg. Dannelse av natriumsulfater i stollene i Råna, i stedet for kalsiumsulfat, kan trolig settes i sammenheng med at grunnvatnets surhetsgrad.

ENGLISH SUMMARY

White, rockwall coatings in an abandoned underground road metal quarry in Råna, Ofoten, Norther Norway, appears to be the water soluble saltmineral thenardite, which is dehydrated sodium sulphate. The hydrated phase of sodium sulphate, mirabilite (synonym glaubersalt), is also present as colourless, clear coatings on rock fragments and as a mineral component of crushed shear zone materials of mainly sand/silt fraction. The stability of two minerals are extremely dependent on the humidity of the contact medium (air, earth, rock) and mutual transformations between the two occurs spontaneously in response to changing climatic conditions which in turn are dependent on seasonal and weather fluctuations.

The quarry is located in the northwestern periphery of the Råna gabbro complex of noritic gabbro containing layers and lenses of peridotite and pyroxenite. Several sulphide showings are associated with the ultramafics, some of them with nickel mineralizations. The largest nickel-pyrrhotite occurrence is mined at present for nickel in the vicinity of the quarry.

In spite of extensive oxidation and hydrolyses of sulfide minerals, especially pyrrhotite, the mine water in the present mine is slightly alkaline. This is due to the neutralizing effect of the main rock constituents in the outer zone of the Råna complex; basic plagioclase, olivine and orthorhombic pyroxene. On this background it is probable that the groundwater and the vadose water within the outer gabbro zone also is alkaline. The underground quarry in question is located in the vadose zone.

The chemical components of thenardite - mirabilite are thought to originate from the main minerals in the outer zone of the Råna gabbro complex, by hydrolysis and oxidation of plagioclase and sulphides, mainly pyrrhotite. A slight alkaline character of the water regime in the area is thought to be the main reason for natriumsulphates to be precipitated in the underground quarry instead of calcium sulphates, which usually is to be expected.

Referanser

- Arnesen, R-T., & Iversen, E. R. (1995): Transport av tungmetaller fra norske kisgruver. *Norsk Institutt for Vannforskning, Rapport No. 94021, NIVA, Oslo, Norge.*
- Banks, D., Younger, P. L., Arnesen, R-T., Iversen, E. R. & Banks, S. B. (1997): Mine-water chemistry: The good, the bad and the ugly. *Environmental Geology*, 32, 157-174.
- Boyd, R. & Mathiesen, C. O. (1979): The nickel mineralization of the Råna mafic intrusion, Nordland, Norway. *Canadian Mineralogist*, 17, 287-298.
- Boyd, R., & Sævegjarro, U. (1983): Skjomen 1331 I, Berggrunnsgeologisk kart, foreløpig utgave. *Norges Geologiske Undersøkelse.*
- Damian, B. G., Creagh, D. C., Burgess, J. S., Colhoun, E. A., Spate, A. P. & Baird, A. S. (1996): Composition, distribution and origin of surficial salts in the Vestfold Hills, East Antarctica. *Antarctic Science*, 8(1), 73-84.

- de Quervain, F. (1967): Technische Gesteinskunde. *Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart*.
- Ljung, S. (1961): Om vittringsskador på Karolinska gravkorets fasad. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 83, 316-321.
- Neumann, H. (1985): Norges mineraler. *Norges geologiske undersøkelse, Skrifter* 68.
- Nord, A. G. (1992): Efflorescence salts on weathered building stone in Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 114, 423-429.
- Shaw, S. C., Groat, L. A., Jambor, J. L., Blowes, D. W., Hanton-Fong, C. J. & Stuparyk, R. A. (1998): Mineralogical study of base metal tailings with various sulfide contents, oxidized in laboratory columns and field lysimeters. *Environmental Geology*, 33, 209-217.