

De historische mijnbouw in Zuid-Noorwegen (Aust-Agder en zuidoost Telemark) en haar Nederlandse connecties

Timo G. Nijland, TNO, Delft & Jacques Touret, Ecole des Mines, Parijs

Inleiding

De zilvermijnen van Kongsberg, de kobaltmijnen van Modum, de koperwerken van Røros en, -nog steeds van groot economisch belang-, de titaniummijn van de Jossingfjord in Vest-Agder zijn alom bekende voorbeelden van de rijke Noorse mijnbouwtraditie. Mineralen uit deze voorkomens zijn aanwezig in de collecties van alle grote Europese en Noord-Amerikaanse mineralogische musea. Minder bekend is de mijnbouw in de kuststrook van de provincies Aust-Agder en Telemark, tussen Kristiansand en de Osloslenk. In deze bijdrage wordt hiervan een historisch en mineralogisch overzicht gegeven. De belangrijkste historische ertsen en grondstoffen waren ijzer, fosfaat (apatiet), rutiel, veldspaat (voor porceleinproductie) en in mindere mate nog een reeks andere metalen (lood-zink-zilver, koper, nikkel en naar men claimt zelfs goud).

Geologie, een korte schets

De Bamble sector is het gebied tussen de Oslo slenk in het noordoosten, beginnend even voor Skien, en Kristiansand in het zuiden, afgesneden van geologisch Telemark door de Porsgrunn-Kristiansand breuk; deze breuk is een reactivering van een oudere schuifzone. Geografisch maakt het gebied deel uit van de Noorse provincies Aust-Agder en Telemark. Het gebied is vooral bekend om de goed ontwikkelde overgang van amfiboliet naar granuliet facies metamorfose (Touret 1971, Nijland & Maijer 1993). De metamorfose vond plaats tijdens de Sveconorwegische periode van gebergtevorming (c. 1,25 - 0,9 miljard jaar geleden), als het Baltisch schild zich samen met delen van Noord-Amerika rond de evenaar bevindt. De metamorfose grijpt aan op een pakket deels al eerder omgezette en vervormde metasedimenten, metavulcanieten en dieptegesteenten van Gothische (1,7 - 1,5 miljard jaar geleden) ouderdom of ouder, en daarin opgenomen later intrusiva, waaronder prominent verschillende gabbro's. De metasedimenten omvatten twee grote complexen gedomineerd door zuivere kwartsieten met daarin opgenomen wat van oorsprong kleiige, en zeer sporadisch carbonaatgesteenten. De kwartsieten bewaren soms spectaculair sedimentaire structuren gevormd aan een Precambrijsch aardoppervlak, zoals kris-krasgelaagdheid en modderscheuren (Nijland et al. 1993). Deze metasedimenten staan bekend als het Nidelva kwartsietcomplex in het Froland gebied en het Kustelijk kwartsietcomplex rond Kragerø (Coastal Quartzite Complex). Tijdens het laatste deel van de Sveconorwegische periode zijn het opmerkelijk genoeg deze zelfde gebieden waarin zowel grootschalige metasomatose als de intrusie van late pegmatieten rijk aan zeldzame elementen plaats vinden (Touret & Nijland 2013). Metasomatose betekent dat de samenstelling van gesteenten verandert onder invloed van oplossingen van buiten af: mineralen lossen geheel of gedeeltelijk op of worden nieuw gevormd, terwijl elementen aan- en afgevoerd worden. Vaak is dit een lokaal proces, bijvoorbeeld rond een intrusie (zoals de klassieke skarns), soms, zoals in de Bamble sector, gebeurt het ook op regionale schaal. Albitisatie en scapolitisatie waren het gevolg. Aan het eind van de Sveconorwegische periode dringen tenslotte de grote granieten van Grimstad en Herefoss binnen. Het is in deze context dat verschillende ertsen gevormd zijn die het gebied faam en economisch belang verleenden. De ijzermijnbouw en -productie was qua omvang het meest in het oogspringend.

IJzerwinning en -productie in de 16^e-19^e eeuw

De mijnbouw in Noorwegen werd sterk gestimuleerd door de Deense koningen Christian III en IV. Dat gold ook voor de winning van ijzererts en de verwerking daar van in zogenaamde ijzerwerken (jernverk, d.w.z. smelterijen met daaraan gekoppelde verwerking; fig. 1). Vanaf eind 16^e eeuw

ontstonden met name in de Zuid-Noorse kuststrook tussen Kristiansand en Oslo verschillende ijzerwerken (Vogt 1908; tabel 1). Slechts enkele, zoals Mostadmarken bij Trondheim, waren elders in het land gelegen. De aanwezigheid van de ijzerwerken in de kuststrook is simpel te verklaren: de voornaamste centra van de winning van ijzererts waren in hetzelfde gebied gelegen, met name rond Arendal in Aust-Ager, Kragerø in Telemark en Fen, eveneens in Telemark. Nadat er verschillende initiatieven waren in de tweede helft van de 16^e eeuw, al in 1574 vond de eerste ijzerwinning in Aust-Agder plaats door Erik Munk, de leenheer van Nedenes, tussen Arendal en Grimstad (Christophersen 1974, Fløystad 2007)-, kwam de mijnbouw in het eerste kwart van de 17^e eeuw in een stroomversnelling. Bij de initiatieven van de Deense koning speelde, zoals hieronder zal blijken, Nederlands kapitaal een belangrijke rol. Een belangrijke speler was ook de z.g. *store Jernkompaniet* ('grote ijzermaatschappij'). Deze maatschappij was in handen van Johan Post en de uit Bremen afkomstige Herman Krefting. In de loop van de jaren '20 van de 17^e eeuw verwierven zij steeds meer ijzermijnen en -werken. Van de laatste controleerden ze rond 1630 een aantal van de voornaamste waaronder Bærum, Barbu, Eidsvold, Hakadal en Fossum, met actieve steun van de Deense koning (Vogt 1908, Fløystad 2007, Krefing s.a.). De koning stelde in 1618 ook Tobias Kupfer tot bergmeester van Noorwegen aan. Hij beperkte zich niet tot administratieve zaken en recepties maar bouwde ondermeer de grote smeltovens in Bærum (1622), Fossum (1626) en Barbu (1630 ?) (Fløystad 2007).



Fig. 1. Voormalige ijzerwerk Frolands Verk anno 2011.

De Amsterdamse connectie

In de 17^e eeuw werd een aanzienlijk deel van de financieringsbehoefte van zowel de Deense koningen als Deens-Noorse private bedrijven gedekt door Nederlandse financiers. Onder deze financiers bevonden zich verschillende handelshuizen en banken, de stad Amsterdam, de Staten-Generaal en de Staten van Holland (Van Bochove 2008). De belangrijkste crediteur van het Deens-Noorse koninkrijk in de 17^e eeuw was het handelshuis van de Amsterdamse broers Gabriel en Celio Marselis. Beiden waren zonen van Gabriel Marselis (c. 1575 – † Hamburg 1643) en Anna l’Hermite († Hamburg 1652). Celio (ook: Selio of Selius) werd geboren in december 1600 in Rotterdam en overleed in maart 1663 in Kopenhagen. Zijn broer Gabriel werd in maart 1609 te Hamburg geboren, en overleed in april 1674 in Amsterdam (Marselis.nl 2007). Andere broers, Pieter (Rotterdam 1602 – † Moskou 1672) en Leonard (Hamburg 1611 – † Haarlem 1667), opereerden respectievelijk in Rusland en Hamburg (De Boer 1941).

Tabel 1. Overzicht van de Noorse ijzerwerken (Vogt 1908, aangevuld met gegevens uit Fløystad 2007, Vevstad 2008). Berg (2000) geeft voor verschillende ijzerwerken een duidelijk afwijkend stichtings- of sluitingsjaar. Deze zijn tussen haakjes gegeven.

Ijzerwerk		Opgericht	Stilgelegd	Aantal Ovens	Productie ruwijzer			Efficientie
					skippund	skippund	ton	
				1806/7	1781	1792	1851/55	mid 18 ^e
Akershus	Oslo	1541						
Bærum		1610 (1614)	1872	2	2960	3102	1350	65
Barbu	Arendal	1574	1657					
Bolvik (Vold)		1692	1865	1	2932	3192	440	122
Brunlanæs		1676						
Dikemark		1697	1820 (1815)	1	2397	1379		65
Egeland	Gjerstad	1707	1884	1	3722	1218	400 ?	93
Eidsfoss		1697	1873	1	3095	2341	815	
Eidsvoll		1624	1822	2				112
Fossum (Skien)		1538 (1543)	1868 (1877)	1		1469	980	96
Fritzøe (Laurvig)		1642 (1649)	1867 (1868)	4	8634		2085	
Froland	Arendal	1763	1867	1	2289	2302	600	103
Hakedalen		1622 (1540)	1868 (1865)	1	965		385	84
Hassel		1649	1864	1	1911	1679	270	84
Kongsberg		1687	c. 1840	1				
Lessøe (Lesje)	Gudbrandsdalen	1660	1812	1				
Moland	Arendal	1609						
Mørland	Kragerø	mid 17 ^e	mid 17 ^e					
Moss		1705	c. 1860 (1874)	2	1973	2201	305	117
Mostadmarken	Trondheim	1657	1870			1034	30	
Næs (Båseland)	Tvedestrand	1665	1959	1	2659	3662	1100	84
Øiensjø	Odalen	1834						
Osen	Romsdalen	1759	na korte tijd					
Oudal (Odalen)	Odalen	1708	1835 (1877)	1		2037		
Sogndal	Ringerike	1752	eind 18 ^e					
Sørdal (Saurdal)	Ytre Holmedal	1773	na korte tijd					
St. Olaf	Rennebu	mid 19 ^e					5	
Ulefoss (Hollen)		1652 (1657)	1877 (1875)	1	4857	3002	725	117
Vigeland	Vennesland	1792	na korte tijd					

De broers Marselis richtten zich sterk op activiteiten in Denemarken-Noorwegen, zoals de familie De Geer dat in Zweden deed. Ze financierden van alles, en rustten zelfs complete oorlogsvloten voor de Deense koning uit (Van Bochove 2008). Gabriel leverde in 1648 ook voor 30000 rijksdaalder aan diamanten en juwelen voor de kroning van koning Frederik III (Hein 1990). De nauwe relatie resulteerde in allerlei ambten. Zo werd Celio in 1653 directeur van de posten in Noorwegen (Lundskov.dk 2007). Het succes van de handel stond voorop, en een deel van hun handelspraktijken werd later als ongeoorloofd (De Boer 1941), als corrupt (Lauridsen 1987, Rian 2003) of als *'kapitalistische uitbuiting in zijn meest primitiefste, brutaalste en schreurende gedaante'* (aldus de Deense historicus Bang, geciteerd in Nagel s.a.) gezien. Ondanks hun machtspositie als schuldeiser, moesten de broers geregeld accepteren dat de schuld niet contant, maar bijvoorbeeld in de vorm van (door hun ongewenste) landgoederen of adelsbrieven werd afgelost (Van Bochove 2008). Uiteindelijk waren ze in het midden van de 17^e eeuw de grootste grondbezitters in Noorwegen.

Vanaf 1640 verwierven de broers vele belangen in de Noorse mijnbouw. Als afbetaling van een deel van zijn schulden deed de koning in 1641 het in 1608 door Paul Smelter opgerichte ijzerwerk van Bærum over aan Gabriel Marselis (Christophersen 1974, Johansen 2007a). In 1642 kochten Gabriel en Celio Marselis het ijzerwerk Mørland in Sannidal bij Kragerø van Hermann Krefting, die het werk nog negen jaar lang in opdracht van de nieuwe eigenaren zou leiden (Krefting s.a.); ook in deze jaren 1640 namen ze het ijzerwerk Eidsvoll over (Christophersen 1974). Celio Marselis had al vroeg de mijnbouw in het naburige Zweden bestudeerd: hij was degene die de toenmalige Noorse regeringsleider Sehested in 1648 adviseerde bij de opstellen van het Noorse bergrecht. In 1657 werd als opperbergraad opgenomen in het drie jaar eerder opgerichte bergambt, tegen een jaarlijkse beloning van 600 rijksdaalders; na zijn dood in 1663 werd hij begraven als *'Bjerg-Raad Selij Marselli'* (Brünnich 1826, De Boer 1941, Nagel s.a.). De belangen van de beide broers in de ijzerwinning en –productie waren bijzonder lucratief, mede vanwege de vele privileges op het gebied van tollens en belastingen die zij van de Deense koning hadden ontvangen (De Boer 1941, Lauridsen 1987). Zo gaf de privilegebrief die Gabriel Marselis in 1641 samen met het Baerum ijzerwerk ontving hem recht *'op alle andere ijzermijnen die al gevonden waren maar niet werden geëxploiteerd, en op welke men nog vinden zou'*, een recht dat overigens veelvuldig onderdoken werd door andere initiatiefnemers (Christophersen 1974). De broers hadden ondermeer ook concessies m.b.t. koper (het bekende Løkken) en kwik verkregen (De Vries & Van der Woude 1997, Rian 2003). In de jaren 1660 is het ijzerrijk van de broers Marselis over Eidsvoll wordt in 1663 verkocht aan hertog Jakob van Koerland (in het huidige Letland), Baerum in 1666 aan Johan Krefting, de zoon van de eerder genoemde Herman Krefting (Christophersen 1974, Johansen 2007a, Krefting s.a., Nagel s.a.). De ontwikkeling en locatie van deze ijzerwerken had een duidelijke geologische reden.

IJzerertsen en –mijnen rond Arendal

De ijzerertsen kunnen naar hun oorsprong globaal in vier types verdeeld worden (J.A.W. Bugge 1978, Sandstad et al. 2012):

- Geassocieerd met calciumsilicaatgesteenten die traditioneel *skarns* genoemd worden (b.v. J.A.W. Bugge 1940), hoewel ze genetisch niet te vergelijken zijn met de traditionele contactmetamorfe skarns (Fig. 2).
- Magnetietaders, deels apatiethoudend, in pegmatitische en leucogranieten; in de regio rond Arendal vormen deze het voornaamste erts; de mijnen van Lyngrot en Solberg bij Holt, de laatste in de directe nabijheid van Næs ijzerwerk, behorend tot deze groep.
- Ilmeniet- en ilmenomagnetietrijke lagen in gabbro's, met name in de regio Kragerø-Risør.
- Geassocieerd met gealbitiseerde en gescapolitiseerde gabbros's, zoals de ijzerertsen van de eilandjes Langøy en Gumøy bij Kragerø.



Fig. 2. Granaat-magnetietskarn, Vågsnesmijn, Tromsø (2011).



Fig. 3. Kalksilicaatboudin bij Soylekilen in het wingebied van de Alvekilen mijn op het eiland Tromsø (1991).

De z.g. skarns komen voor in twee duidelijke, noordoost-zuidwest strekkende zones in de omgeving van Arendal. IJzererts werd uit gangen gewonnen in verschillende mijnen rond Arendal, ondermeer Barbu, Torbjørnsbo, Langsev, Klodeborg, Bråstad-Solberg, Lærestveit, Mørefjær, Alve (Fig. 3), en Neskilen. De mijnen waren allemaal betrekkelijk klein, vaak 25-75 m lang en 2-5 m breed, met een totaal oppervlak van alle mijnen minder dan 10.000 m². Sommigen haalden toch nog een aanzienlijke diepte (Klodeborg 247 m, Mørefjær 226 m; J.A.W. Bugge 1978). Hoewel gering van omvang in vergelijking tot de huidige ijzermijnen, waren de voorkomens rond Arendal naar vroegere maatstaven aanzienlijk. Zo constateert de Duitse reiziger Hausmann (1812) in zijn *Reis door Scandinavië in de jaren 1806 en 1807* dat men de kleinere gangen versmaad: *'Voorkomens van geringe omvang, die in Duitsland nog zeer welkom zouden zijn, vond ik in Noorwegen nergens afgebouwd, hoewel deze hier, in de omgeving van Arendal, overal voorkomen.'* Hoewel de voorkomens talrijk waren, had niet iedereen het recht zo maar groeves te beginnen, ook de grondeigenaren niet. Eind 17^e eeuw hadden alleen de ijzerwerken van Næs (Båseland) en Fritzøe het recht groeves te ontginnen en erts aan te kopen in de omgeving van Arendal (Molden 2005). Fritzøe betrok zijn erts vooral van de groeves van Torbjørnsbo, Klodeborg, Bråstad en Lærestveit.

Gedurende langere periodes voorzagen ze in 80 tot 100 % van de totale ertsbehoefte van dit ijzerwerk; het restant werd aangevuld met erts van het eiland Langøy bij Kragerø (Molden 2005).

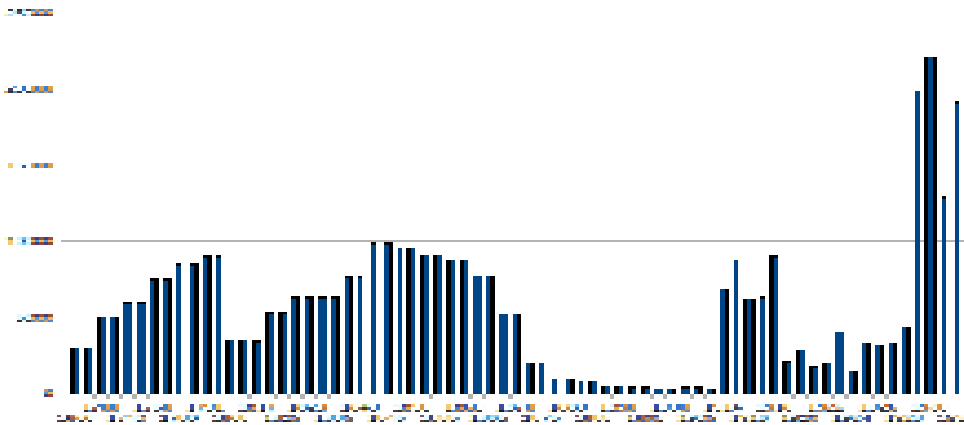


Fig. 4. De Noorse productie van ruwijzer in de periode 1660-1932. Voor de periode tot 1914 gaat het om gemiddelde jaarproducties voor de aangegeven tijdsspannes (Vogt 1908, Norges Statistisk Centralbyrå, 1933).

Zoals blijkt uit figuur 4 is sprake van zeer sterk teruglopen van de ijzerproductie en -winning aan het eind van de 19^e eeuw, waarna rond de Eerste Wereldoorlog weer een opleving volgt. In de jaren '30 van de 20^e eeuw is sprake van een sterke nieuwe opleving. Bij Arendal wordt het eerder genoemde 19^e eeuwse Klodeborgveld met nieuwe energie in productie genomen, even later ook dat van Bråstad. In de Tweede Wereldoorlog wordt de productie in Klodeborg voortgezet. De exploitatie geschiedt dan door Klodeborg Gruver A/S. Het geproduceerde erts bevat ongeveer 38 % Fe en 2 % Mn (Norges Statistisk Centralbyrå 1942-1946). Vanaf 1953 tot en met tenminste 1960 wordt opnieuw ijzererts gewonnen, van vergelijkbare graad (39-42 % Fe, 1,8 % Mn), nu door de Aust-Agder Jernmalmgruver (Norges Statistisk Centralbyrå 1953-1960). De oude Bråstad groeve wordt vervolgens in 1952 opnieuw onderzocht door de firma Christiana Spigerverk uit Oslo, hetgeen al snel resulteert in daadwerkelijke productie van een rijk erts met ongeveer 60-65 % Fe en een tweede categorie met 45-54 % Fe (Norges Statistisk Centralbyrå 1952-1961). Eind jaren '50 wordt ook in de nabije Solberg groeve opnieuw erts gewonnen (Norges Statistisk Centralbyrå 1957-1958). Als laatste van de groeves rond Arendal werd de Bråstad groeve in 1975 gesloten (J.A.W. Bugge 1978, Molden 2005); een bedrijventerrein en snelweg overwoekeren nu de resten.

Eind 18^e, begin 19^e eeuw hadden de ijzermijnen en bijbehorende ijzerwerken 'wereldfaam'. Ze trokken geleerde reizigers uit heel Europa aan, de z.g. *savants*, die vaak verslag deden van hun reizen. Voorbeelden zijn de Fransman Gabriel Jars (1732 - † 1769) wiens *Metallurgische reizen* postuum in 1774 verschenen, de al genoemde Hausmann (1782 - † 1859) en de grote Duitse geoloog Leopold von Buch (1774 - † 1855). In zijn *Reizen door Noorwegen en Lapland in de jaren 1806, 1807, en 1808* beschrijft hij een bezoek aan Nes jernverk, één van de prominente zo niet het prominente ijzwerk van die tijd (Fig. 5, 6): 'De nacht overviel ons: We zagen onze weg niet meer tot deze verlicht werd door de oven van de grote ijzerwerken van Nes, waar we een zeer galante en gastvrije ontvangst kregen in het huis van Jacob Aall, de waardige eigenaar ... Mr. Aall bezit niet alleen één van de grootste en best gedreven (contrived) ijzerwerken van het land, maar verrenigd zijn technische kennis met een mate van goede smaak en wetenschappelijk onderlegd zijn die zeer zeldzaam is in het Noorden. Zijn huis is bewonderenswaardig, zelfs luxueus. Zijn verzameling schilderijen bevat enkele excellente exemplaren, en zijn bibliotheek, absoluut niet gering, is rijk aan natuurkundige en literaire werken. Met tegenzin en moeite namen we afscheid van dit huis ..' (Von Buch 1813). Jacob Aall was ook niet onbekend met de mineralogie die Leopold von Buch zo interesseerde. Zo had hij tijdens zijn Europese rondreis in 1797 in Kiel colleges mineralogie gevolgd bij de in Stavanger geboren Henrik Steffens (1773 - † 1845) (Aall 1939). De eigenaren van de ijzermijnen en -werken behoorden tot de bovenlaag van de bevolking, een 'ware

ijzerwerksartistocratie' (Christophersen 1974). Verschillende van hen, waaronder de al genoemde Jacob Aall (1773 - † 1844), waren aanwezig het opstellen van de Noorse grondwet in Eidsvoll in 1814, die resulteerde in de Noorse afscheiding van Denemarken en de daaropvolgende vorming van de unie van Noorwegen met Zweden.



Fig. 5. De voormalige hoogoven van Nes Jernverk na restauratie (2008) en het prominente woongebouw.



Fig. 6. Eén van de typische producten van de Noorse ijzersmelterijen: panelen voor kachels en fornuisen (Nes Jernverk, 2008).

De ijzerertsvoorkomens rond Arendal waren een bron van mineralen voor vele verzamelaars, onderzoekers en musea. Zo ook voor René Juste Haüy (1743 - † 1822) die in zijn *Traité de Minéralogie* (1801) herhaalde malen schrijft dat hij mineralen uit de regio rond Arendal (apatiet, pyroxeen, epidoot, scapoliet, stilbiet, ankeriet, titaniet, 'coccoliet' en 'micarelle') en Langøy bij Kragerø (toermalijn) gekregen heeft van Deense onderzoekers als de archief- en natuurtekenaar, archivaris en geoloog Søren Abildgaard (1718 - † 1791), de Kopenhaagse hoogleraar scheikunde Johann Manthey (1769 - † 1842) en de botanicus Niels Hofman Bang (1776 - † 1855), een goede vriend van de al genoemde Jacob Aall. De lokale bevolking speelde al vroeg op de vraag naar mineralen in. Zo verhaalt Hausmann (1812) in zijn al aangehaalde reisverslag: *'Niet lang nadat ik aangekomen was en amper nadat ik de reden van mijn reis had laten merken, werd ik al door*

mijnwerkers overlopen, die mineralen uit de nabijgelegen mijnen in troggen aansleepten en te koop aanboden. Deze industrie zou men in een van alle mineralenhandel zo ver gelegen stad toch niet verwachten. In dergelijke mate treft men ze noch in Clausthal, noch in Freiberg aan.' De voornaamste mineralen naast magnetiet zijn diopsied-hedenbergiet, granaat, amfibool, epidoot, calciet en phlogopiet-biotiet, met daarnaast zoisiet, scapoliet, toermalijn, apatiet, titaniet, vesuvianiet, rhodoniet, spinel, babingtoniet, datoliet, analciem, pyriet en chalcopyriet (J.A.W. Bugge 1940, Nijland et al. 1998).

De ertsvoorkomens van Lyngrot en Solberg omvatten ook magnetietaders, enkele decimeters dik, maar zonder kalksilicaten. In Solberg komen de aders voor als 20 à 50 cm dikke (semi) massive banden in 5 m brede, 10 à 20 m lange zones in leucograniet c.q. granitische gneizen, waarin verder stringers van magnetiet en gebande magnetiet voorkomen. De magnetiet is vergroeid met hoornblende. In pegmatitische delen van de graniet is de magnetiet neergeslagen op zo ongeveer alle plaatsen waar ruimte was: op korrelgrenzen, langs slijtvlakken van veldspaat, in barsen en als enige centimeter grote kristallen in kwartsaggregaten (Sandstad et al. 2012). In Lyngrot komen vergelijkbare aders voor, maar met meer hoornblende, en in een deel van de aders apatiet en clinopyroxeen; het hoornblende-apatiet-clinopyroxeengesteente met daarin uitscheidingen en semimassieve aders van magnetiet en een variabele hoeveelheid dispers magnetiet komt voor in 10 m brede, tot 50 m lange zones, waarin het de (pegmatitische) graniet verdringt (Sandstad et al. 2012).

IJzerwinning rond Kragerø

Rond Kragerø werd ook ijzererts gewonnen, maar dan uit voorkomens geassocieerd met gescapolitiseerde en gealbitiseerde gabbro's. Deze metasomatische processen hebben waarschijnlijk een rol gespeeld bij de ertsvorming (Engvik et al. 2011, Engvik & Austrheim 2010). Op de eilanden Langøy en Gumøy wordt vanaf begin 17^e eeuw ijzererts gewonnen. Het gaat om magnetiet in gescapolitiseerde gabbro's (het z.g. '*grønalm*', groenerts) en in carbonaatbrecciegangen (het '*kalkalm*', kalkerts) in diezelfde gabbro's; in beide gevallen met tot circa 60 % magnetiet (A. Bugge 1965). Gedurende de Tweede Wereldoorlog werd de Sjøen groeve opnieuw opgestart; het ging om vrij arm erts, met ca. 12 % Fe₂O₃, dat werd opgewerkt tot een concentraat met 64 % Fe (Norges Statistisk Centralbyrå 1940-1945). Ook in de jaren '50 werd in de groeves op het eiland Langøy opnieuw ijzererts gewonnen; het opgewerkte erts ('exporterts') had een ijzergehalte dat schommelde tussen 39 en 45 % (Norges Statistisk Centralbyrå 1956-1961). Er werden twee groeves geëxploiteerd, de Gravin Wedelsgroeve en vooral de 140 m diepe Vrouw Ankersgroeve (Norges Statistisk Centralbyrå 1957).

Rutiel

Met name in de gebieden rond Froland en Kragerø is op vrij grote schaal sprake van verandering van metasomatose in de vorm van albitisatie. Het resulteert in gesteentes die natriumrijk, kalium- en calciumarm zijn, en vooral bestaan uit albiet, actinoliet (of clinopyroxeen) en kwarts. Geassocieerd hiermee komen grote, heel zuivere kwartsgangen voor met daarin talrijke, tot enkele decimeters grote actinoliet. De processen zijn zeer complex, aangezien op grote schaal verandering van chemische samenstelling van gesteenten plaats vindt, en texturen en structuren toch in meer of mindere mate behouden blijven. Een fraai voorbeeld is de omzetting van schriftgraniet bij Mjåvatn: de plagioklaas is vervangen door albiet, de kwarts door vergroeiingen van actinoliet en clinopyroxeen, maar het gesteente oogt nog steeds als een schriftgraniet (Nijland & Touret 2001). De albietrijke gesteentes zijn vaak aangerijkt in titaan: Fraaie, tot enkele centimeters grote kristallen van rutiel en/of titaniet komen voor. Begin vorige eeuw vond men de gesteenten dusdanig opmerkelijk, dat ze een eigen naam kregen, kragerøiet (Watson 1912).

De rutiel uit deze gesteentes werd op vrij grote schaal ontgonnen, met een hoogtepunt in de jaren '30 en '40 van de vorige eeuw. Eén van de belangrijkste groeves was die van Lindvikkollen bij Kragerø, gedreven door Herman Jensen uit Risør. Men produceerde een rutielconcentraat met 90-93 % TiO_2 . Het erts werd vermalen in de Næs mineraalmolen in Dypvåg (Norges Statistisk Centralbyrå 1932-1957). Kleinere, veelal gedurende kortere periodes actieve rutielgroeves waren die van Kragerø Rutilgruver A/S, actief in de periode 1943-1946, waar men een concentraat van vergelijkbare graad (ca. 90 % TiO_2) produceerde; Norges Statistisk Centralbyrå 1943-1948),

Bij Ødegårdens Verk in de gemeente Bamble, in dezelfde setting van metasomatisch omgezette gabbro's als waarin ooit Europa's grootste fosfaatmijn gelegen was (zie hieronder), werd eveneens rutiel gewonnen. De gescapolitiseerde gabbro is sterk aangereikt in rutiel (Korneliussen & Furuhaug 1993, Korneliussen 1985; fig. 7). Van 1934-1948 was in de gemeente de Grimsrud rutilgrube actief, waar een erts met 12-20 % TiO_2 geproduceerd werd (Norges Statistisk Centralbyrå 1934-1948). In de Kjørstad grube, eveneens bij Ødegårdens Verk produceerde men gedurende de periode 1934-1937 een erts met 8,6 (1934) tot 40 % TiO_2 (1937) (Norges Statistisk Centralbyrå 1934-1938). De huidige voorraad bij Ødegården Verk wordt nog geschat op meer dan 50 megaton omgezette gabbro met daarin 2 à 4 % TiO_2 (Sandstad et al. 2012). Meer naar het westen, bij Vegårshei bevond zich de van 1936 tot 1942 actieve groeve Simonstad, waar me een erts produceerde met 20 à 25 % rutiel; het werd verkocht naar de mineraalmolen van Næs (Norges Statistisk Centralbyrå 1936-1942).

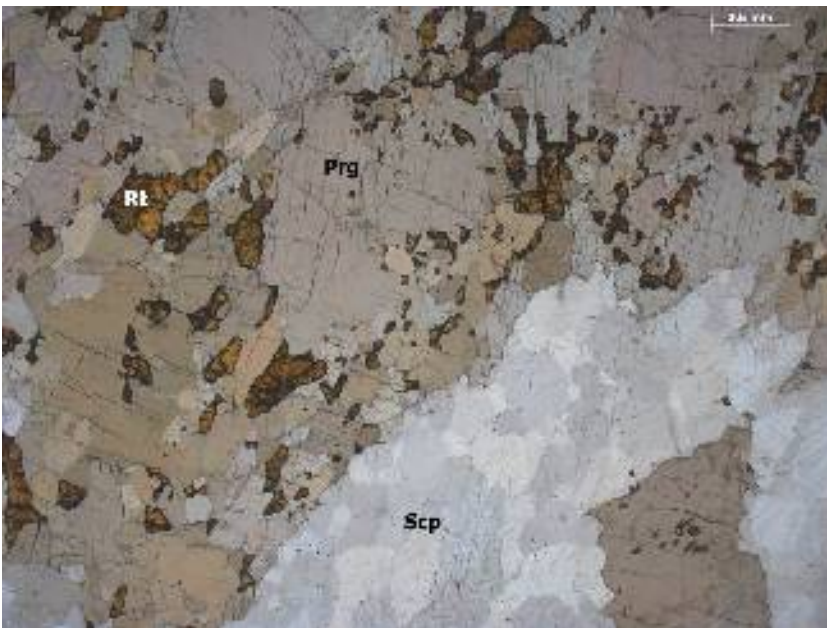


Fig. 7. Microfoto van de aanrijking van rutiel in tot pargasiet-scapoliet omgezette gabbro van Ødegårdens Verk.

Lood, zink, koper

Typisch voor het Precambrium van Zuid-Noorwegen zijn de zogenaamde *fahlbanden*, sulfidische, vaak grafiethoudende zones in kwarts-veldspaatgneizen (Gammon 1959). In verschillende gevallen is het gehalte aan sulfides dusdanig, dat ze naar toenmalige (19^e eeuwse) maatstaven winbaar waren. Het bekendste voorbeeld hiervan in de Bamble sector is ongetwijfeld de loodmijn van Ettetdalen (Espeland), nabij Vegårshei. In 1860 vond Halvor Rotkleivdalen dit ertsvoorkomen. De grond werd later verkocht aan een miljonair, Bengtson, die bij Skyttemyr in de gemeente Froland al een kopergrube dreef. In 1879 opende een Engelse mijnbouwmaatschappij een mijn, met Bengtson als medeigenaar. Hier werkten maar liefst 50 mensen (Tørdal 1990). Met de dood van Bengtson vijf jaar later werd de mijn stil gelegd, maar in 1889 startte men hem weer op, nu onderleiding van de

Engelsman Melburn, met 30 man personeel. In 1893 werd de groeve geveild en opgekocht door in verband met de rutielmijnbouw al genoemde Herman Jensen uit Risør. Hij verkocht de groeve weer door aan een drietal speculanten, Pay, Berg en Fjellstad. Zij startten de mijn nog voor een jaartje op, maar in 1896 stopte men definitief (Tørdal 1990). In totaal was de mijn ongeveer 10 jaar actief, en produceerde slechts 500 ton galeniet (Petersen et al. 1995). De Ettetdalen mijn bevindt zich in een serie grafiet- en sulfidehoudende, dun gebande kwarts-veldspaatgneizen die wel zijn geïnterpreteerd als turbiditische afzettingen (Touret 1966). In het dungebende pakket grafietrijke micaschist, toermalinieten, kalksilicaten en onzuivere marmer komen in de marmer twee soorten erts voor: fijnkorrelig, zowel dispers als massief laaggebonden laagjes sfaleriet (met daarin talrijke insluitseltjes van chalcopyriet) en pyrrhotiet en grofkorrelige aggregaten van galeniet en sfaleriet in kwartsbreccies. Dat laatste is waarschijnlijk het in de 19^e eeuw gewonnen erts. Het eerste erts bevat typisch 6 % Zn, 0,15 % Pb en 30 ppm Ag, het tweede 8 % Pb, 4 % Zn, 150 ppm Ag en 1,85 ppm Au (Petersen et al. 1995). De aanwezige metalen zijn van hydrothermale oorsprong (Andersen 1996). Behalve de al genoemde sulfides, komen een reeks andere ertsmineralen voor, zoals hessiet, freibergiet, matildiet, breithauptiet, willyamiet, ullmanniet, arsenopyriet, gudmundiet, pyrargyriet, stepaniet, boulangeriet en gedegen bismuth (Naik 1975, Naik et al. 1976).

Een ander ertsvoorkomen in de fahlbanden is het koper dat in de eerder genoemde groeves bij Skyttemyr en Bøylestad in de gemeente Froland gewonnen werd. Het was in de zestiger jaren van de 19^e eeuw ontdekt. In 1870 werd de concessie gegund aan J.M. Smith en J.T. Thomessen (Hushovd Messel 2009). Hoewel de resten van de groeves nu marginaal ogen, waren de groeves van Skyttemyr en Bøylestad respectievelijk 340 m lang en 180 m diep, en 200 m lang en 120 m diep (J.A.W. Bugge 1978). Er werkten al snel 23 mensen in de groeve van Skyttemyr; ruim tien jaar later, nadat de groeve overgenomen was door ene J. Daw, waren dat er 64 (Hushovd Messel 2009). Het erts werd verwerkt bij Osevollen in Blakstad in de gemeente Froland, een locatie die nu een badgelegenheid is (Fig. 8); in 1878 was een klein spoorlijntje aangelegd voor transport van het ruwe erts. De exacte hoeveelheid geproduceerd erts is onbekend, maar wordt geschat op 5000 ton koper (J.A.W. Bugge 1978). In 1885 was het succes voorbij en werd de koperwinning gestaakt (Hushovd Messel 2009). Het kopererts was aanwezig in een band sulfidische gneizen met chalcopyriet, galeniet, sfaleriet, pyrrhotien en enig pyriet, naast calcië, epidoot en grafiet; het kopergehalte was waarschijnlijk slechts 1 à 1,5 % (J.A.W. Bugge 1978). In de collecties van Naturalis is een fraai handstuk gedegen koper, gelabeld 'Arendal' aanwezig (Nijland et al. 1998). Van welke kopermijn het precies afkomstig is, is niet duidelijk.



Fig. 8. Voormalig koperverk van Osedalen (2011).

Nikkel

In tegenstelling tot de voorkomens van lood, zink en koper in de fahlbanden is het voorkomen van nikkelerts in Zuid-Noorwegen strict gerelateerd aan gabbrointrusies. De bekendste en grootste mijn in Zuid-Noorwegen was die van Flåt in Evje-Iveland (Barth 1947, Bjørlykke 1947, J.A.W. Bugge 1960, Boyd & Nixon 1985). In de Bamble sector waren verschillende kleinere mijnen, waarvan de meesten in de 19^e eeuw ontgonnen werden (A. Bugge 1922, Boyd & Nixon 1985), gestimuleerd door de in die periode florerende nikkelmarkt (Vogt 1900). De belangrijkste mijnen waren die van Meikjær, Nystein, Vissestad, allen in de gemeente Bamble, en Høgåsen ten oosten van Tvedestrand. In zowel Meikjær, Nystein en Vissestad werden verschillende zones met zowel massieve als verspreide sulfides zoals pentlandiet, pyrrhotien, chalcopyriet, pyriet, violariet (Nystein, Meikjær) en milleriet (Vissestad) ontgonnen; in de eerste twee mijnen gaat het om zones van tientallen meters lang en breed (Vogt 1983, Jerpseth 1979, Petersen 1979, Boyd & Nixon 1985, Brickwood 1986). De mijnen, uitgebaat door de Bamble Nikkelverk, waren actief in de jaren 1859-1884; tweederde van het erts, in totaal 37.000 ton met 1,1 % nikkel en 0,5 % koper werd geproduceerd door de Meikjær mijn, een kwart kwam uit Nystein. Aan het eind van de jaren '70 van de 19^e eeuw stortte de nikkelprijs sterk in, terwijl de concurrentie van grotere ertsvoorkomens uit de Caledoniden en Canada toenam (Vogt 1900). De groeves werden gesloten. In en kort na de Eerste Wereldoorlog (1916-1919) werden de groeves weer opgestart, nu door de A/S Bamle Nikkelkompagni. In totaal werd nog 18.000 ton ruwerts gewonnen, waarvan 66 % uit Nystein, 31 % uit Meikjær en 3 % uit Vissestad (Matthiesen 1977, NGU 2011). De mijn van Høgåsen, ten oosten van Tvedestrand, was vooral rond de Eerste Wereldoorlog in productie.

Behalve in de 'echte' mijnen komen Ni ± Co mineralisaties voor in verschillende andere gabbro's in het Bamble gebied. Voorbeelden zijn de groeve in Valberg, bij Kragerø, waar sinds 1913 gabbro als steenslag gewonnen wordt, en prospectieputten bij de Messel gabbro in Froland. Ni-Co mineralen in Valberg zijn pyrrhotien, chalcopyriet, pyriet, mackinawiet en sfaleriet (als insluitsels in chalcopyriet), gersdorfiert, cobaltiet, (microscopisch) siegeniet en milleriet (Nordrum et al. 2000); in Messel treden pyrrhotien, Co-houdende pentlandiet, Co-houdende violariet, chalcopyriet en cobaltiet op (Brickwood 1986).

Net als een eeuw geleden leiden ook de huidige metaalprices tot hernieuwde interesse in de nikkelertsen uit Bamble. Momenteel voert het Canadese bedrijf Blackstone Ventures nieuwe prospecties uit, mede op basis van magnetisch onderzoek vanuit de lucht (Blackstone 2011).

Een kleine hoeveelheid goud

Hoewel de granulieten in de Bamble sector als zodanig verarmd zijn in goud (b.v. Cameron 1989), zijn er verschillende historische meldingen van het voorkomen van goud in het gebied (Pontoppidan 1752, Daubréé 1843, Scheerer 1845). De meest serieuze betreft uiteindelijk het eiland Hisøy (C. Bugge 1934). Bij Grødevigen zou hier, voor rekening van de Deense koning Christian IV, goud gewonnen zijn, een activiteit die gefinancierd werd met gelden uit de ijzerproductie (Johansen 2007ab). Van dit goud zouden enkele dukaten geslagen zijn. Eén daarvan, uit 1647, bevindt zich in de collectie van het Agder Museum in Arendal (Fig. 9). Bij Stolsvik, op het eiland Hisøy, zou het goud voorkomen in carbonaataders, geassocieerd met late (Permische) dolerietgangen die de metamorfe sedimenten doorsnijden (Vogt 1884, 1886). Het is een opmerkelijk incident gebleven.



Fig. 9. Eén van de dukaten die geslagen zouden zijn van op Hisøy gewonnen goud. Het dukaat bevindt zich in de collecties van het Agder Museum in Arendal.

Europa's grootste fosfaatmijn

Het apatietvoorkomen van Ødegårdens Verk in de gemeente Bamble was ooit één van de belangrijkste fosfaatmijnen ter wereld. Het ertsvoorkomen werd in 1872 ontdekt en omvatte twee gescheiden groeevelden, de 57 m diepe Westgroeve (ook wel Dahll's veld genoemd) en de 167 m diepe Oostgroeve (Fig. 10). Deze laatste werden tot 1901 gedreven door de Compagnie Française de Mines de Bamle. Later werden beide groeves samengevoegd en tot 1910 gedreven door het Noorse Bamble A/S. In 1918 werd de exploitatie gestaakt. In de periode van 1910 tot 1918 werd 152.427 ton apatiet gewonnen (Bugge 1922, Neumann et al. 1960, A. Bugge 1965). In de jaren '30 van de vorige eeuw lag de groeve (Norges Statistisk Centralbyrå 1932-1939), maar in 1940 werd het nog steeds bestaande Bamble Apatitgruber A/S overgenomen door het bedrijf Lysaker Kemiske Fabrikker A/S (Norges Statistisk Centralbyrå 1940). Vanaf 1941 wordt er weer erts gewonnen uit de Westgroeve, vanaf 1942 voor rekening van Adam Petersson uit Lysaker. Het apatietgehalte fluctueerde deze jaren van 60 tot 75 % (Norges Statistisk Centralbyrå 1941-1945). Vanaf 1946 was er geen geregistreerde productie meer (Norges Statistisk Centralbyrå 1946-1961), hoewel de aanwezige voorraden nog op ruwweg 150.000 ton geschat worden (Bugge 1978).

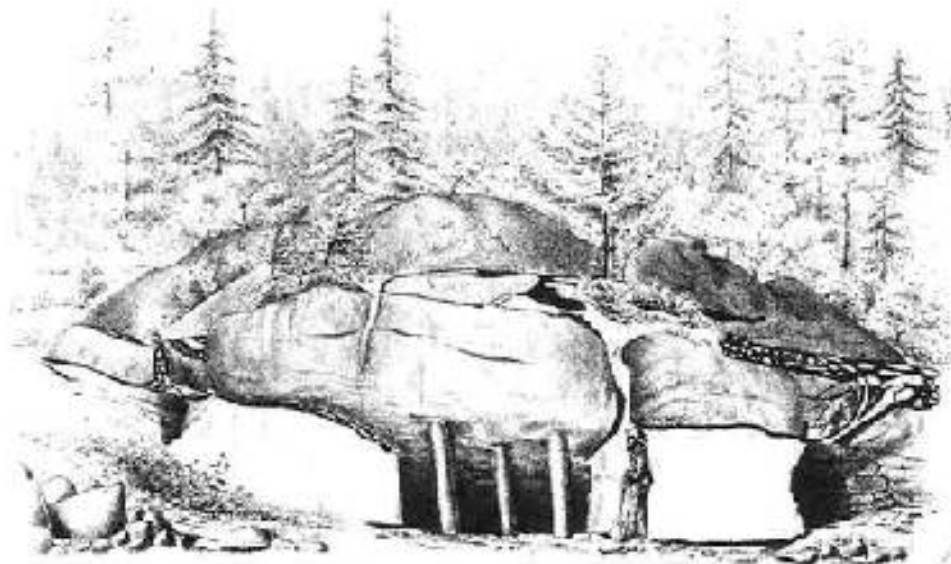


Fig. 10. Een van de schachten van de apatietmijnen van Ødegårdens Verk in de 19^e eeuw (Brøgger & Reusch 1875).

De apatiet komt voor in gangen, te samen met tot decimeters grote enstatiet en zeer grove phlogopiet. De gangen snijden door gescapolitiseerde gabbro's en amfibolieten, een gesteente dat Brøgger (1934) ooit *ødegårdiet* doopte. Geassocieerd hiermee komt ook een rutiel- en phlogopiehoudend scapolietgesteente voor, de zogenaamde *sand rock* van Brøgger & Reusch (1875). De scapoliet hierin behoort tot de chloorrijkste ter wereld (Liefink et al. 1993). De oorsprong van de apatiet-phlogopiet-enstatietgangen is al anderhalve eeuw onderwerp van onderzoek, met verklaringen die variëren van magmatisch (vanwege de scherpe begrenzingen en discordante contacten) tot pneumomalytische metamorfose (verandering onder invloed van gassen en vloeistoffen). Recent onderzoek duidt vooral op een metasomatische oorsprong (wat de pneumomalytische metamorfose in feite ook impliceert), samenhangend met scapolitisatie en ander door oplossingen veroorzaakte veranderingen in de chemische samenstelling van de gabbro waarin de gangen voorkomen (Engvik et al. 2009, 2011). De apatietgangen waren zelf ook niet immuun voor omzetting. Onder invloed van waterige oplossingen is de oorspronkelijke chloorapatiet langs barsten en korrelgrenzen omgezet naar hydroxylapatiet, waarbij elementen als zeldzame aarden zijn vrijgekomen; deze zijn vervolgens als monaziet en xenotiem weer neergeslagen (Liefink et al. 1994, Harlov et al. 2002). Behalve de al genoemde mineralen komen ondermeer talk, monaziet, xenotiem, whitlockiet, woodhouseiet, wagneriet, titaniet, ilmeniet, pyriet, chalcopyriet, vivianiet en toermalijn voor (Nijland et al. 1998).

Ook in stadje Kragerø komen apatietgangen voor, hier met groene hoornblende en rutiel. In het huidige centrum van het stadje werden de gangen gemijnd in een drietal bij elkaar gelegen groeves: Dypedal (ook wel Djupedal), Løkken (Lykkens gruber; fig. 11) en Haukedal (Vuggens gruber). In 1854 opende een Engelse firma, Evans & Atkins uit Birmingham, in Noorwegen vertegenwoordigd door David Forbes (1828-1876), de eerste apatietmijn in Kragerø, die ze in 1860 verkocht aan de broers Tellef en Johan Martin Dahll uit die stad (Gea Norvegica 2011).

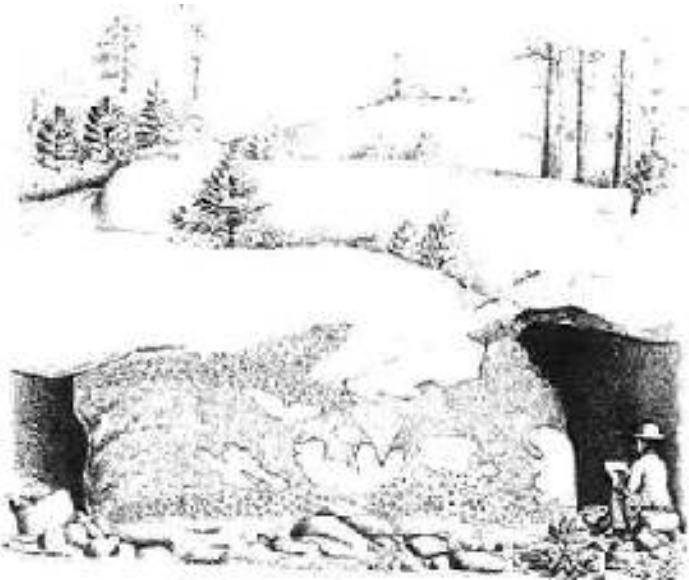


Fig. 11. Lykkens grube in het huidige centrum van het stadje Kragerø, in de 19^e eeuw een apatietmijn (Brøgger & Reusch 1875).

Behalve het grote voorkomen van Ødegårdens Verk en de mijnen bij Kragerø komen verspreid over de Bamble sector talrijke kleine apatietmijntjes voor. Volgens J.A.W. Bugge (1978) ging het zelfs om honderden aders, waarvan een klein vijftigtal ontgonnen werd. Met name na de Eerste Wereldoorlog werd de opsporing en winning gestimuleerd (C. Bugge 1922). De mijntjes werden vaak slechts voor enkele jaren uitgebaat. Ze zijn geassocieerd met de regionale albitisatie. In de gealbitiseerde gabbro's en metasedimenten komen vaak appelgroene apatietkristallen voor, tot enige centimeters in doorsnede. Soms in dusdanige hoeveelheid, dat gesproken kan worden van een bimineraal apatiet-actinolietgesteente, zoals bij Håvatn, in de gemeente Froland; in tegenstelling tot Ødegårdens Verk gaat het hier niet om chloor- maar om fluorapatiet (Nijland & Majer 1991).

Intermezzo: De gebroeders Dahll en de mijnbouw in Bamble

De gebroeders Dahll, Johan Martin Dahll (1830 - † 1877) en met name zijn oudere broer Tellef Dahll (1825 - † 1893), hadden een aanzienlijke impact op de ontwikkeling van de Noorse geologie. Tellef Dahll was ondermeer 'assistent' bij de in 1858 door zijn studievriend Theodor Kjerulf (1825 - † 1888) opgerichte Noorse geologische dienst (Norges Geologiske Undersøkelse), bestuurder van de Neskilen ijzermijn bij Arendal en betrokken bij de oprichting van Bamble Nikkelverk (Børresen & Wale 2008). Tellef Dahll integreerde zijn werk als praktisch groeve- en mijneigenaar met dat van wetenschapper. Zo publiceerde hij met Kjerulf in 1861 over de ijzergroeves in het Noorse *Nyt Magazine for Naturvidenskaberne* ('Nieuw magazine voor natuurwetenschappers'), een publicatie die ze (in die tijd niet ongebruikelijk) in 1866 herhaalden in de Franse tijdschrift *Annales des Mines*. Hoewel hij zijn mijnbouwbelangen in het zuiden had, verrichtte Tellef Dahll het meeste van zijn geologische onderzoeks- en karteringswerk juist in het (uiterste) noorden van het land (Børresen & Wale 2008). Het mineraal dahlliet, als eerste geïdentificeerd in de apatietmijnen van Ødegårdens Verk, werd naar de beide broers genoemd (Brøgger & Bäckström 1888). De naam dahlliet is inmiddels weer afgeschaft en het mineraal wordt nu aangeduid als carbanaat-hydroxylapatiet.

Pegmatiet als grondstof: kwarts, veldspaat en als bijproduct radioactieve mineralen

De pegmatieten van Zuid-Noorwegen zijn net als de ijzermijnen al eeuwen lang beroemd om hun fraaie en voor een deel zeldzame mineralen, variërend van berylmineralen als phenakiet en beryl tot mineralen rijk aan zeldzame aarden, niobium of tantaal zoals aeschyniet-Y, yttrotantaliet-Y, columbiet, euxeniet, fergusoniet, samarskiet, etc. en of uraan- en thoriummineralen zoals uraniniet

(Nijland et al. 1998). De laatste spelen twee keer een kleine bijrol in de wetenschapsgeschiedenis. Eerst werden uranium/thoriummineralen, in het bijzonder een yttriumhoudende variëteit van uraniniet, *cleveiet*, uit pegmatieten (in het bijzonder die van Auselmyra; fig. 12) verzameld en naar Parijs verkocht, waar Marie Curie ze gebruikte in haar onderzoek naar radioactiviteit (Solås 1990). Later werden ze, decennia voordat radiometrische ouderdomsbepalingen hun intrede deden, door Bakken en Gleditsch (1938) gebruikt voor de eerste chemische ouderdomsdatering, een techniek die overigens de laatste jaren weer opgang doet dankzij de hedendaagse microanalyse. Ellen Gleditsch, de eerste reguliere vrouwelijke hoogleraar in Noorwegen, was een pionier in radiochemisch onderzoek; in 1907 ging ze van Noorwegen naar Parijs om te studeren bij Marie Curie (Lykknes et al. 2004ab).



Fig. 12. De oude groeve in de Auselmyra pegmatiet (1989), van waar *cleveiet*, een yttriumhoudende variëteit van uraniniet naar Madame Curie in Parijs gezonden werd voor onderzoek naar radioactiviteit.

Enkele decennia eerder al, eind 19^e eeuw, waren thoriëten en andere thoriumhoudende mineralen korte tijd zeer gewild. Thoriumoxide werd gebruikt voor het impregneren van gaslampen en de pegmatietmineralen waren een belangrijke grondstof daarvoor. De prijzen liepen in de honderden toenmalige kronen per kilo thoriëten (O.S. 1895, Kvile 1964). Voor andere thoriummineralen zoals orangiet, euxeniet, monaziet en xenotiem werd minder betaald. Er werden vele kilo's verkocht. Met name rond Kragerø ontstond een ware thoriëtenkoorts; in 1894 verkocht men dan ook voor in totaal 200.000 kronen (O.S. 1895, Kvile 1964, Grønhaug 2004).

De granietpegmatieten komen vooral voor in de regio's rond Froland en Kragerø. Ze werden primair ontgonnen voor de productie van kwarts en veldspaat. In beide gebieden zijn talrijke kleinere en grotere groevetjes in de pegmatieten. De ontginning van pegmatieten voor kwarts en veldspaten was het rechtstreekse gevolg van het ontstaan van porceleinfabrieken in Europa. In 1775 werd de Koninklijke Deense Porceleinfabriek gesticht. In zijn zoektocht naar grondstoffen loofde die eind 18^e eeuw een beloning uit voor het de vondst van veldspaatvoorkomens in Noorwegen die de fabriek zou kunnen gebruiken. Een van oorsprong Deense vrouw woonachtig in Tvedestrand, Nikoline Birgitte Jørgensen, geboren Turn, maar beter bekend als Madam Jørgensen, vernam van deze beloning. Zij was getrouwd met een schipper uit Tvedestrand, wiens zaken ze voortzette nadat hij blind geworden was (anoniem 1968). Zij rustte een schip uit om langs de kust van Aust-Agder naar veldspaat te zoeken, was succesvol, en startte de eerste groeve. Deze groeve was gelegen in de Narestø pegmatiet, op het eiland Flosta bij Tvedestrand (anoniem 1968, Dugstad 2000). Reeds in 1792 exporteerde men 69 ton veldspaat, in 1793 al 175 ton, bestemd voor de Koninklijke Deense Porceleinfabriek. In de eerste decennia van de 19^e eeuw zou Madam Jørgensen de veldspaatmarkt domineren (anoniem 1968). In 1885 begon een Deense maatschappij een groeve in de bekende Gloserheia pegmatiet in de gemeente Froland, waarna een reeks eigenaren volgde tot in 1957 H.

Bjørum uit Oslo de groeve overnam; in 1986 werd de groeve gesloten (Rui 2011). De pegmatiet werd vooral ontgonnen voor kwarts (80 % van de productie, naast 20 % veldspaat); dit erts werd voor 90 % lokaal afgezet. De lokale afnemer was Eydehavn Smeltverk die de kwarts als grondstof voor de productie van siliciumcarbide gebruikte (Dugstad 2000, Rui 2011). De Gloserheia pegmatiet was lange tijd het op één na grootste kwartsvoorkomen van Noorwegen, met een totale productie van circa 600.000 ton (Rui 2011). In het Froland gebied dreven de partners Ludvig Hammer uit Arendal en de al genoemde H. Bjørum uit Oslo in de eerste helft van de jaren '50 van de vorige eeuw ook groeves in de pegmatieten bij Lauvrak. Dezelfde H. Bjørum exploiteerde ook de Bjønnes mineraalmolen bij Blakstad in de gemeente Froland. Deze had een jaarlijkse productie van 35 à 40.000 ton, waarvan een aanzienlijk deel werd geëxporteerd naar Polen en het toenmalige Oost-Duitsland, bestemd voor de porceleinproductie (Dugstad 2000).

In de jaren '30 van de vorige eeuw dreef A/S Feltspatkompaniet een groeve in Kragerø; na 1952 verdwijnt de groeve uit de overzichten (Norges Statistisk Centralbyrå 1932-1952). De geproduceerde kwarts had een voor die tijd betrekkelijk grote zuiverheid (ca. 98,7 % SiO₂). Men beschikte over een eigen mineraalmolen. Het daarin geproduceerde kwarts- en veldspaatmeel werd ondermeer afgezet naar Nederland en Frankrijk (Norges Statistisk Centralbyrå 1948). De veldspaatwinning is verre van verleden tijd, maar het accent verschoof met de loop de jaren naar een deel van Bamble dat geologische en mineralogisch traditioneel minder in de belangstelling staat, het zuidwesten. Bij Lillesand had de Belgische multinational Sibelco een flotatieplant, waar albiet en kaliveldspaat gescheiden worden. Het ruwe erts wordt aangevoerd uit dagbouwgroeves in pegmatieten in de directe omgeving (Sibelco Nordic 2011).

Besluit

De Bamble sector in Zuid-Noorwegen, de kustzone van de provincies Aust-Agder en Telemark die begrensd wordt door de Porsgrunn-Kristiansand breuk, is een klassiek mijnbouwgebied voor zowel metalen als andere ruwe grondstoffen. Verschillende mijnneigenaren speelden een belangrijke rol in de geschiedenis van hun land. De mijnbouw was echter nauw verweven met de politieke situatie elders in Europa. Amsterdams kapitaal speelde een belangrijke rol in met name de winning van ijzererts en de productie van ruwijzer, Engelse en Franse ondernemers speelden ook hun rol bij andere ertsen. Mineralen uit de mijnen zijn dan ook te vinden in vrijwel alle klassieke mineralogische collecties in Europese musea. Thans zijn de vondstmogelijkheden veelal beperkt (maar zeker niet onmogelijk). De meeste mijnen zijn al geruime tijd gesloten, storthopen en mijnbouwrelicten verdwijnen bij bouwactiviteiten (die soms juist ook tijdelijke gelegenheid bieden), verschillende mijnen zijn ontoegankelijk of bevinden zich op privégrond. Lokaal neemt het bewust zijn van het mijnbouwverleden de laatste jaren sterk toe, waardoor deze kant van de geologie goed te zien is.

Literatuur

- anoniem, 1968. Tvedestrandsdame startet feltspatens historie i Norge. Bergverk-Nytt 5/68.
- Aall, J., 1939. Erindringer 1780-1800. Historielaget for Telemark og Grenland Aarsskrift 1939, 7-148.
- Andersen, T., 1996. The Ettedal mine: A deformed Sveconorwegian hydrothermal deposit with uncommon lead isotope systematics ? Abstract, 7th SNF Excursion Numedal-Telemark-Bamble, 1 p.
- Bakken, R. & Gleditsch, E., 1938. Analyses of a single crystal of cleveite, Auselmyren, Norway. American Journal of Science 236:95-106.
- Barth, T.F.W., 1947. The nickeliferous Iveland-Evje amphibolite and its relation. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 168a, 71 pp.
- Berg, B.I., 2000. Klassik fase – Norske bergverk før industrialiseringen. In: Carstens, H., red., ...

- bygger i berge. En beretning om Norsk bergverksdrift. Tapir Akademisk Forlag, Oslo, 82-87.
- Bjørlykke, H., 1947. Flåt nickel mine. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 168b, 39 pp.
- Blackstone, 2011. Bamble project. Op de website: <http://www.blv.ca/s/Bamble.asp> (bezocht 2011-10-09).
- Bochove, C.J. van, 2008. The economic consequences of the Dutch. Economic integration around the North Sea, 1500-1800. Proefschrift, Universiteit Utrecht, 313 pp.
- Boer, M.G. de, 1941. Een Amsterdamse 'lorrendraaijer' Celio Marselis. Jaarboek van het Genootschap Amstelodamum 38:37-66.
- Børresen, A.K. & Wale, A., 2008. Kartleggerne. Norges Geologiske Undersøkelse 1858-2008. Tapir Akademisk Forlag, Trondheim, 351 pp.
- Boyd, R. & Nixon, F., 1985. Norwegian nickel deposits: a review. In: Papunen, H. & Gorbunov, G.I., red., Nickel-copper deposits of the Baltic Shield and Scandinavian Caledonides. Geological Survey of Finland Bulletin 333:363-394.
- Brickwood, J.D., 1986. The geology and mineralogy of some Fe-Cu-Ni sulphide deposits in the Bamble area, Norway. Norsk Geologisk Tidsskrift 66:189-208.
- Brøgger, W.C., 1934. On several Archaean rocks from the south coast of Norway. II The South Norwegian hyperites and their metamorphism. Det Norske Videnskaps-Akademi I Oslo Skrifter, Matematisk-Naturvidenskapelig Klasse 1, 421 pp.
- Brøgger, W.C. & Bäckström, H., 1888. Über den 'Dahllit', ein neues mineral von Ödegården, Bamle, Norwegen. Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar (Stockholm) (7):1-4.
- Brøgger, W.C. & Reusch, H.H., 1875. Vorkommen des Apatit in Norwegen. Zeitschrift der deutsche geologische Gesellschaft 27:646-702.
- Brünnich, M.T., 1826. Kongsberg sølvbergverk i Norge, dets opdagelse i aaret 1623 og dets udvidelse indtil verkets jubelaar 1723, historisk og statistisk beskrives. P.T. Brünnich, Copenhagen, 304. pp.
- Buch, L. von, 1813. Travels through Norway and Lapland in the years 1806, 1807, and 1808. George Goldie, Edingburgh / John Cumming, Dublin, 460 pp.
- Bugge, A., 1922. Nikkelgruber i Bamble. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 87:12-42.
- Bugge, A., 1965. Iakttagelser fra rektangelbladet Kragerö og den store grunnfjellbreksje. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 229, 115 pp.
- Bugge, C., 1922. Statens apatitdrift i rationeringstiden. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 110, 34 pp.
- Bugge, C., 1934. Gullforekomster i Norge. Norsk Geologisk Tidsskrift 14:319-320.
- Bugge, J.A.W., 1940. Geological and petrographical investigations in the Arendal district. Norsk Geologisk Tidsskrift 20:71-112.
- Bugge, J.A.W., 1960. Flat nickel mine. In Vokes, F.M., red., Mines in south and central Norway: Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 212m:38-41.
- Bugge, J.A.W., 1978. Kongsberg - Bamble complex. In: Bowie, S.H.O., Kvalheim, A. & Haslam, M.W., red., Mineral deposits of Europe. Vol. 1. Northwest Europe. Institution of Mining and Metallurgy and Mineralogical Society, London, 213-217.
- Cameron, E.M., 1989. Derivation of gold by oxidative metamorphism of a deep ductile shear zone. Part 2. Evidence from the Bamble belt, south Norway. Journal of Geochemical Exploration 31:149-169.
- Christoffersen, H.O., 1974. Fra jernverkenes histori i Norge. Grøndahl & søns, Oslo, 200 pp.
- Daubrée, M.A., 1843. Mémoire sur les dépôts metallifères de la Suède et de la Norvège. Annales des Mines 4:199-282.
- Dugstad, P. 2000. Håndskeiding af feldspat og kvarts. In: Carstens, H., red., ...bygger i berge. En beretning om Norsk bergverksdrift. Tapir Akademisk Forlag, 138-139.
- Engvik, A.K. & Austrheim, H., 2010. Formation of sapphirine and corundum in scapolitised and Mg-metasomatised gabbro. Terra Nova 22:166-171.
- Engvik, A.K., Mezger, K., Wortelkamp, S., Bast, R., Corfu, F., Kornelisussen, A., Ihlen, P., Bingen,

- B. & Austrheim, H., 2011. Metasomatism of gabbro-mineral replacement and element mobilization during the Sveconorwegian metamorphic event. *Journal of Metamorphic Geology* 29:399-423.
- Engvik, A.K., Golla-Schindler, U., Berndt, J., Austrheim, H. & Putnis, A., 2009. Intragranular replacement of chlorapatite by hydroxy-fluor-apatite during metasomatism. *Lithos* 112:236-246.
- Fløystad, I., 2007. Barbu jernverk. *Fortuna* 3:26-39.
- Gammon, J.B., 1966. Fahlbands in the Precambrian of southern Norway. *Economic Geology* 61:174-188.
- Gea Norvegica, 2011. Dypedals mine. Beschikbaar op: <http://geanor.no/eng/Geosites/Krageroe/Dupedals-Mine> (bezocht 2011-02-09).
- Grønhaug, A., 2004. Klondyke i Kragerø. Da thoritt-feberen raste. In: *Historieglimt, Årsskrift for Kragerø og Skåtøy historielag*, 93-108.
- Harlov, D.E., Förster, H.J. & Nijland, T.G., 2002. Fluid-induced nucleation of (Y + REE)-phosphate minerals within apatite: Nature and experiment. Part I. Chlorapatite. *American Mineralogist* 87 :245-261.
- Hausmann, J.F.L., 1812. *Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807*. Deel 2, 380 pp.
- Haüy, R.J., 1801. *Traité de minéralogie*. Conseil des Mines / Chez Louis, Parijs, 4 delen, 1601 pp.
- Hein, J., 1990. Frederik III's kroning og regalier. *Historisk Tidsskrift*, 15^e reeks 5:64-82.
- Hushovd Messel, S., 2009. Fra Kobberverk til badeplass. Beschikbaar op: http://www.digitaltfortalt.no/show_single.aspx?art_id=113599 (bezocht 2011-02-10)
- Jars, G., 1774. *Voyages métallurgiques*. Deel I. Gabriel Regnault, Lyon, 416 pp.
- Jerpseth, S., 1979. En geologisk undersøkelse av området rundt Meikjær og Stoltz nikkelgruver. Niet gepubliceerde MSc thesis, Universiteit van Oslo, Oslo, 99 pp.
- Johansen, N.V., 2007a. Christian IV's gullgruver ved Arendal. *Fortuna* 3:40-55.
- Johansen, N.V., 2007b. Gull- og sølvgruvedrift på Hisøy. *Hisøy Historielag*, Hisøy, 180 pp.
- Kjerulf, T. & Dahll, T., 1861. Om jernertsener forekomst ved Arendal, Næs og Kragerø. *Nyt Magazine for Naturvidenskaberne* 11:293-359.
- Kjerulf, T. & Dahll, T., 1866. Mémoire sur les gîtes de fer de la côte sud-ouest de la Norvège, Arendal - Naes - Kragerö. *Annales des Mines* 9:269-300.
- Korneliussen, A., 1995. Rutile associated with eclogites in western Norway and scapolitised gabbros in southern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* 427:112-115.
- Korneliussen, A. & Furuhaug, L., 1993. Ødegården rutilforekomst: En rutilførende skapolittomvandlet gabbro ved Ødegårdens Verk, Bamble. *Norges Geologiske Undersøkelse Rapport* 93.078, 46 pp.
- Krefting, J., s.a. Herman Krefting. In: *Norsk Biografisk Leksikon*, beschikbaar op: http://www.snl.no/nbl_biografi/Herman_Krefting (bezocht 2010-11-26).
- Kvile, T., 1964. Da thorittfeberen raste i Kragerø. Et tidsbilde fra 1890-årene. *Kragerø Blads sommernummer* 1964.
- Lauridsen, J.T., 1987. Marseliskonsortiet. En studie over forholdet mellem handelskapital og kongemagt i 1600-tallets Danmark. *Jydsk Selskab for Historie*, Århus, 266 pp.
- Lieftink, D.J., Nijland, T.G. & Maijer, C., 1993. Cl-rich scapolite from Ødegårdens Verk, Bamble, Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 73:55-57.
- Lieftink, D.J., Nijland, T.G. & Maijer, C., 1994. The behavior of rare-earth elements in high-temperature Cl-bearing aqueous fluids: Results from the Ødegårdens Verk natural laboratory. *Canadian Mineralogist* 32:149-158.
- Lindahl, I., 1981. Høgåsen nikkelfelt ved Tvedestrand, Aust-Agder. NGU, Trondheim, NGU-rapport 1650/45A, 11 pp.
- Lundskov.dk, 2007. Marselis-slægten i Århus. Beschikbaar op <http://www.lundskov.dk> (bezocht 2007-12-24).
- Lykknes, A., Kragh, H. & Kvittingen, L., 2004. Ellen Gleditsch: Pioneer woman in radiochemistry. *Physics in Perspective* 6:126-15.

- Lykknes, A., Kvittingen, L. & Børresen, A.K., 2004. Appreciated abroad, depreciated at home. The career of a radiochemist in Norway: Ellen Gleditsch (1879-1968). *Isis* 95:576-609.
- Marselis.nl, 2007. Website op <http://www.marselis.nl/ftree1590.html> (bezocht 2007-12-24).
- Mathiesen C.O., 1977. Ang. nikkelforekomstene i Bamble. NGU, Trondheim, NGU-rapport 1430/6A, 14 pp.
- Molden, G., 2005. Grevenes gruver - Fritzøe jernverk, Larvik grevskap og gruvene ved Arendal. *Fortuna* 2:41-63.
- Moorbath, S. & Vokes, F.M., 1963. Lead isotope abundance studies on galena occurrences in Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 43:283-343.
- Nagel, A.H., s.a. Gabriel Marselis D.Y. In: *Norsk Biografisk Leksikon*, beschikbaar op: http://www.snl.no/nbl_biografi/Gabriel_Marselis_D_Y; Selius Marselis. In: *Norsk Biografisk Leksikon*, beschikbaar op http://snl.no/nbl_biografi/Selius_Marselis (bezocht resp. 2010-11-10 en 2010-12-07).
- Naik, M.S., 1975. Silver sulphosalts in galena from Espeland, Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 55:185-189.
- Naik, M.S., Griffin, W.L. & Cabri, L.J., 1976. (Co,Ni)SbS phases and argentian boulangerite in galena from Espeland, Norway. *Norcs Geologisk Tidsskrift* 56:449-454.
- Neumann, H., Jøsang, O. & Morton, R.D., 1960. Mineral occurrences in southern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* 212o, 18 pp.
- NGU, 2011. NGU Ore database. Items: Bamble Nikkelgruver & deposits 814-013 (Nystein), 814-015 (Vissestad nedre), 814-016 (Vissestad øvre), 814-018 (Meinkjær), 914-007 (Høgåsen). Beschikbaar op <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/Mineralressurser/> (bezocht op 2011-09-22).
- Nijland, T.G. & Maijer, C., 1991. Primary sedimentary structures and infiltration metamorphism in the Håvatn-Bårlindåsen-Tellaugstjern area, Froland. Abstract, 2nd SNF Excursion, Bamble, 3 pp.
- Nijland, T.G. & Maijer, C., 1993. The regional amphibolite to granulite facies transition at Arendal, Norway: Evidence for a thermal dome. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 165:191-221.
- Nijland, T.G., Maijer, C., Senior, A. & Verschure, R.H., 1993. Primary sedimentary structures and composition of the high-grade metamorphic Nidelva quartzite complex (Bamble, Norway), and the origin of nodular gneisses. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 96:217-232.
- Nijland, T.G. & Touret, J.L.R., 2001. Replacement of graphic pegmatite by graphic albite-actinolite-clinopyroxene intergrowths (Mjåvatn, southern Norway). *European Journal of Mineralogy* 13:41-50.
- Nijland, T.G., Zwaan, J.C. & Touret, L., 1998. Topographical mineralogy of the Bamble sector, south Norway. *Scripta Geologica* 118, 46 pp.
- Nordrum, F.S., Larsen, A.O., & Austrheim, H., 2000. Ni,Co-mineralizations in the Valberg quarry, Kragerø, south Norway: A progress report. *Norsk Bergverksmuseum Skrifter* 17:64-70.
- Norges Statistisk Centralbyrå, 1933-1962. *Norges offisielle statistikk. Norges bergverksdrift 1932-1962*. H. Aschehoug & Co., Oslo (Individuele overzichten per jaar, m.u.v. 1944; het jaartal in de referenties geeft jaartal aan waarover de statistieken gaan die een jaar later verschenen).
- O.S. (Schjølberg, O.), 1895. Skjærpefeber paa Kragerøkanten. *Dagbladet*, 18 februari 1895.
- Petersen, I.E., 1979. En geologisk undersøkelse av området rundt Nystein, Vissestad og Hansås nikkelgruver, Bamble i Telemark. Niet gepubliceerde MSc thesis, Universiteit van Oslo, Oslo, 125 pp.
- Petersen, J.S., Koed, J.O. & Sundblad, K., 1995. Stratiform, sediment-hosted Zn-Pb mineralization at Espeland in the Proterozoic Bamble shear belt, southern Norway. In: Pašava, J., Kříbek, B. & Žák, K., red., *Mineral deposits: From their origin to their environmental impacts*. Balkema, Rotterdam, 307-312.

- Pontoppidan, E., 1752. Det første forsøg paa Norges naturlige historie. Kopenhagen.
- Rian, Ø., 2003. Maktens historie i dansketiden. Universiteit Oslo, Oslo, Makt- og demokratiutredningens rapportserie, rapport 68.
- Rui, I.J., 2011. Gloserheia. In: Store Norske Leksikon, beschikbaar op: <http://www.snl.no/Gloserheia> (bezocht 2011-02-10).
- Sandstad, J.S., Bjerkgård, T., Boyd, R., Ihlen, P., Korneliussen A., Nilsson, L.P., Often, M., Eilu, P. & Hallberg, A. 2012. Metallogenic areas in Norway. In: Eilu, P., red., Metallogeny of Fennoscandia. Geological Survey of Finland, Special Paper 53:35-138.
- Scheerer, T., 1843. Geognostische-mineralogische Skizzen, gesammelt auf einer Reise an der Süd-Küste Norwegens. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Geognosie und Petrefaktenkunde, 631-670.
- Sibelco Nordic, 2011. Lillesand plant. Op de website: <http://www.sibelconordic.com/locations/norway/lillesand> (bezocht 2011-09-25).
- Solås, E.M., 1990. Minner fra de gamle feltspatgruvene i Tvedestrand-området. In: Sørlandets Geologiforening 20 år, 52-56.
- Tørdal, K., 1990. Espeland sølvgruve. In: Sørlandets Geologiforening 20 år, 15-20.
- Touret, J.L.R., 1966. Sur l'origine supracrustale des gneiss rubanés de Selås (formation de Bamble, Norvège méridionale). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences à Paris 262:9-12.
- Touret, J.L.R., 1971. Le faciès granulite en Norvège méridionale. I Les associations minéralogiques. Lithos 4:239-249.
- Touret, J.L.R. & Nijland, T.G. 2013. Prograde, peak and retrograde metamorphic fluids and associated metasomatism in upper amphibolite to granulite facies transition zones. In: Harlov, D.E. & Austrheim H., red., Metasomatism and the chemical transformation of rocks. Lecture Notes in Earth System Sciences, Springer, Berlin, Heidelberg, 411-469.
- Vevstad, A., 2008. Egeland's jernverk - jernverket i skogbygda. Gjerstad Historielag, Gjerstad, 219 pp.
- Vogt, J.H.L., 1884. Sølvforekomsten paa Hisø pr. Arendal. Archiv for Mathematik og Naturvidenskab 9:289-294.
- Vogt, J.H.L., 1886. Hisø sølvgrube pr. Arendal, Norge. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 8:64-70.
- Vogt, J.H.L., 1893. Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationsprocesse in basischen Eruptivmagma II. 'Sulphidische' Ausscheidungen von Nickelsulphiderzen in basischen Eruptivgesteinen. Zeitschrift für praktische Geologie 1:125-143.
- Vogt, J.H.L., 1900. Norges bergverksdrift, et historisk tilbageblik og et udblik i fremtiden. II. Norges bergverksdrift 1814-1899. Statsøkonomisk Tidsskrift, 1-43.
- Vogt, J.H.L., 1908. De gamle Norske jernverk. Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin 46, 83 pp.
- Vries, J. de & Woude, A. van der 1997. The first modern economy. Success, failure, and perseverance of the Dutch economy, 1500-1815. Cambridge University Press, Cambridge, 791 pp.
- Watson, L.T., 1912. Krageroite, a rutile-bearing rock from Kragerö, Norway. American Journal of Science 24:509-514.