

# Trekk fra virksomheten ved Statens Råstofflaboratorium/ Norges Geologiske Undersøkelse, kjemisk avdeling

*Direktør Aslak Kvalheim*

Aslak Kvalheim er direktør ved Norges geologiske undersøkelse (NGU), Kjemisk avdeling.

*Etter foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene i Oslo, 19. februar 1970.*

Når en skal berette om virksomheten ved Statens råstofflaboratorium, eller som det heter fra 1962, Kjemisk avdeling av NGU, så er det vanskelig å gjøre dette uten å omtale den person som satte det hele i gang, og som formet et program som stort sett gjelder også i dag. Denne person var professor Victor Moritz Goldschmidt, som startet Råstofflaboratoriet i 1918 og var dets sjef til han døde i 1947.

La meg forsøke å plassere ham i bildet med noen få ord.

For over 50 år siden, i november 1917, mens den første verdenskrig fremdeles var i gang og Norge hadde store vanskeligheter med å få tilførsler utenfra, ble det av den norske regjering oppnevnt en komité med navnet Statens råstoffkomité. Denne komiteen skulle være «en konsultativ komité til bistand for Industriforsyningsdepartementet til opplysning om landets naturlige ressurser av malmer og bergarter samt deres nyttiggjørelse på de områder hvor dette trengtes». Formann i denne komiteen ble den unge geolog og mineralog professor V. M. Goldschmidt, en usedvanlig begavelse som på få år ble verdensberømt.

13 år gammel var han i 1901 kommet til Norge sammen med sin far som var blitt professor i kjemi ved universitetet. Fra den tid var og ble han nordmann. Han fikk sin skolegang i Oslo, og 23 år gammel tok han sin doktorgrad på sin berømte avhandling «Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet». 26 år gammel ble han professor, og i 1917 ble altså denne usedvanlig begavede universitetsprofessor formann i Statens råstoffkomité.

Dette var en komité som hadde den verdifulle egenskap at den arbeidet raskt. Goldschmidt var full av energi og ideer, og det er utrolig hva denne komiteen utrettet bare det første året. De geologiske feltundersøkelsene begynte straks med befarung av fosfatforekomster, og de kjemiske undersøkelsene kom i gang allerede i januar 1918 i laboratorier som Råstoffkomiteen innredet i Geologisk museums bygning i Oslo. Etter hvert ble laboratoriarbeidet utvidet til malmoppredning, metallurgi, leireundersøkelser, ildfaste materialer osv.

Disse laboratoriene var begynnelsen til det som siden gikk under navnet Statens råstofflaboratorium, og som i dag heter Kjemisk avdeling av NGU. Og arbeidsområdene er til dels de samme den dag i dag. Bl. a. utgjør leireundersøkelser og forskning over ildfaste materialer den dag

i dag en del av avdelingens virksomhet.

Etter å ha virket i flere år ble Råstoffkomiteen oppløst, men komiteens laboratorium i Geologisk museum fortsatte virksomheten med midler fra Råstofffondet, i forståelse og samarbeid med departementet, og med Goldschmidt som sjef.

De prekære tilstander som hadde vært årsaken til Råstofflaboratoriets opprettelse hadde bedret seg etter hvert da krigen var slutt, og arbeidet kunne i de følgende år delvis flyttes fra kortsiktige krisebetonte oppgaver og over til bredere anlagt forskning, og til mer vitenskapelige arbeidsområder med større perspektiv og av grunnleggende betydning for den videre råstoffforskning.

De praktiske oppgavene ble ikke forsumt. Det er nok å nevne det store arbeidet som gjaldt fremstilling av ildfaste materialer av norske råstoffer, et arbeid som ble intensivert og som bl. a. førte til utnyttelse av olivinstein til en ny type ildfast stein, og senere til anvendelse av olivinsand til formesand i støperier, og endelig, i 1948, til opprettelse av en betydelig industribedrift i en Sunnmørsbygd, en bedrift som i dag har et lønnsbudsjet på 4—5 millioner kroner og som eksporterer storparten av sine produkter av sand og ildfast stein.

Men samtidig med dette og andre praktiske utviklingsarbeider, foregikk det viktig og rent vitenskapelig arbeid på et helt annet område.

Ved hjelp av Råstofflaboratoriet kunne professor Goldschmidt således ta fatt på det vitenskapelige arbeid som frem for alt gjorde ham verdensberømt, nemlig en grunnleggende utvikling av den vitenskapelige geokjemi og den dermed sammenhengende krystallkjemi. I løpet av få år

la han fram tabeller over de kjemiske elementers kvantitative opptreden i jordskorpen, dvs. i de bergarter og geologiske formasjoner som vi går på. Han formet krystallkjemiske lover og geokjemiske fordelingslover som forutsa hvordan de kjemiske elementer må fordele seg mellom de forskjellige mineraler i bergartene. Han forklarte hvordan og hvorfor elementene omplusseres under skiftende geologiske hendelser, og han demonstrerte forskjellige kjemiske elementers kretsløp i naturen.

Tilsynelatende var alt dette så akademisk og lite matnyttig, så lite råstoffmessig og tilsynelatende så fjernt fra de ting som vanlige mennesker vil forbinde med råstoffforskning. Og likevel, ingen som i dag arbeider seriøst med mineralsk råstoffforskning, med jordbunnforskning o. l., eller for så vidt også forurensningsproblemer, er vel i tvil om den avgjørende betydning som Goldschmidts banebrytende arbeid på geokjemien og krystallkjemiens område har hatt og har. I hans bøker og vitenskapelige avhandlinger er der et vell av opplysninger.

En viktig del av arbeidet var ved egne og andres analytiske data å få bestemt de kjemiske elementers prosentvise fordeling i jordskorpen. Goldschmidts analysemetoder var først røntgenspektrografi, og senere optisk spektrografi som han sammen med medarbeidere utviklet til å bli et overlegent redskap for geokjemien, og brukt i hans 5-årige opphold i Göttingen og deretter i Oslo, og den dag i dag en uunnværlig metode.

I Goldschmidts tabeller finner vi jordskorpens prosentvise innhold av så å si samtlige kjemiske elementer, først og fremst middelverdier, f. eks. det midlere innhold av kobber i granitter, i sedimentære bergarter osv., men også variasjons-

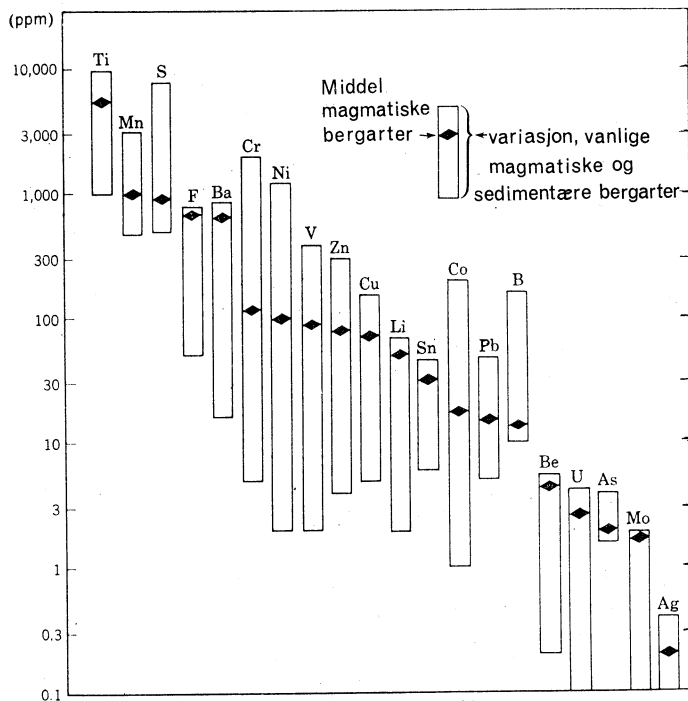


Fig. 1. Middelerverdi og variasjonsområder for innholdet av en del elementer i normale bergarter. Etter Hawkes og Webb (1962) med data fra Green (1959) og Vinogradov (1956).

grensene. Goldschmidts tall er senere kontrollert av andre, justeringer er til dels foretatt, men det er ganske interessant å se hvor lite det er økket ved Goldschmidts tall.

Figur 1 er et eksempel på en tabell fra de senere år. Tabellen er fra Hawkes og Webb (1962) og bygger på data fra Green (1959) og Vinogradov (1956) som igjen har data fra Goldschmidt.

I tabellen finner vi f. eks. Goldschmidts middelerverdi for bly på 16 ppm, dvs. 16 g bly per tonn. Men innholdet kan variere mellom 50 og 5 g per tonn. Men

i jordskorpen finnes det dessuten hist og her lokale anrikninger av bly med langt høyere tall. Dette kan være malmforekomster. En økonomisk drivverdig blyforekomst vil f. eks. ha et bly-innhold som er et par tusen ganger høyere enn denne bakgrunnsverdi på 16 g per tonn.

En slik malmforekomst, f. eks. en slik høy konsentrasjon av bly, må sette sitt preg på omgivelsene. Ved innlandsisens skuring gjennom istidene kan deler av en slik forekomst være oppklistret og ført bort slik at tydelige spor av den kan finnes igjen i de avsatte morener. Og for-

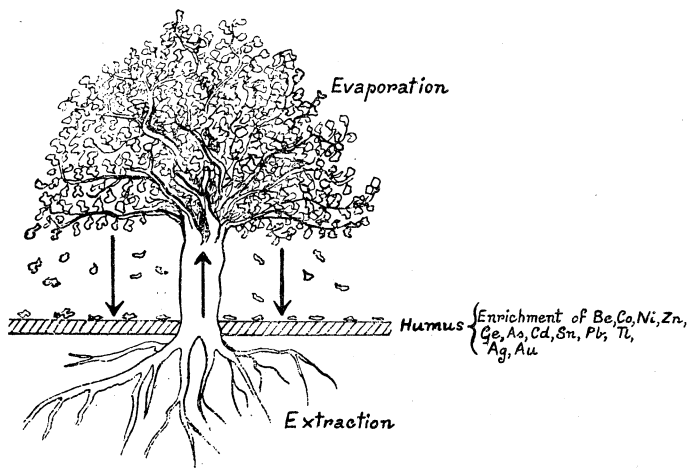


Fig. 2. Goldschmidt's biogeokjemiske anrikningsprinsipp. (Goldschmidt 1937).

vitring, bl. a. ved innvirkning av vann og luft, kan føre til at bly løses ut og transporteres bort med vannet, slik at det lokalt kan finnes igjen i bekker og elver. Og slik kan bly finnes igjen også i jordsmonnet, f. eks. i humuslaget, og i vegetasjon.

I nærheten av en malmforekomst som i dag er skjult under et tykt dekke av geologisk løsmateriale kan vi således i morenemateriale, i humus, i vegetasjon, eller i bekker og elver, ved analysering finne metallkonsentrasjoner som langt overstiger de normale bakgrunnsverdier.

På denne måten kan naturen forurense seg selv, uten menneskelig innblanding. Men samtidig er dette fenomen til glede for den som leter etter malm med geokjemiske metoder.

Denne malmletingsmetode, kalt geokjemisk prospektering, eller geokjemisk malmleting, er idag en anerkjent metode, og det interessante er at en godt kan si

at den startet først i de nordiske land. Og her støter vi også på professor Goldschmidt. En kan si at geokjemisk malmleting i Norden startet med Goldschmidts tre, eller som det heter, Goldschmidts biogeokjemiske anrikningsprinsipp som er vist i fig. 2.

Goldschmidt har vist (Goldschmidt, 1934, 1937; Goldschmidt og Peters, 1933) at når planter tar opp sine næringsoppløsninger fra jordbunnen, følger det med mange elementer som blir avleiret i plantene. Når vegetasjonen visner og faller til jorden og de lettøselige bestanddelene føres bort, vil en rekke tungtløselige forbindelser bli anrikt i det øverste jordlag. Derfor vil f. eks. både lauv av tre og humuslaget under treet gjenspeile metallinnholdet i dypere jordlag.

To svensker, N. H. Brundin og S. Palmqvist hadde studert hos Goldschmidt i dennes Göttingen-tid, og i 1937 begynte de å prøve hans biogeokjemiske anrik-

ningsprinsipp i Sverige på mineraliseringer av kobber, bly, molybden og nikkel. De tok prøver av vegetasjon og analyserte asken spektrografisk for å kunne peile seg inn på metallkonsentrasjoner i undergrunnen. Størst suksess hadde de i Cornwall og Wales i Storbritannia, hvor de oppdaget nye forekomster av tinn og wolfram med denne metode.

I Finland prøvet Rankama i 1939-40 Goldschmidts prinsipp ved spektrografisk analyse av asken av bjørkelauv, og kunne vise sammenheng mellom nikkel-innholdet i bjørkeasken og nikkelmineralisering under et 3—4 meter tykt jorddekke.

I Norge gjorde professor Thorolf Vogt og medarbeidere mange geokjemiske eksperimenter i Røros-traktene i årene 1939-44. Han studerte f. eks. utbredelsen av den røde blomsten *Viscaria Alpina*, Fjellbjærebloss, i relasjon til metallinnhold og surhetsgrad i jordsmonnet. I vannprøver fikk han bestemt innholdet av kobber og sulfationer, og jordprøver ble analysert på kobber, bly og sink. Det ble gjort røntgenspektrografiske analyser av planteaske, og kjemisk undersøkelse av myrmalm. Medarbeidere i disse første norske geokjemiske malmletingsforsøkene var bl. a. J. A. W. Bugge, A. M. Rosenqvist, H. Berg og O. Braadlie.

Det er trolig riktig å si at alle disse første forsøkene på geokjemisk malmleting, for så vidt de første i verden, var inspirert av Goldschmidts vitenskapelege geokjemiske resultater.

Disse første forsøk på geokjemisk malmleting var interessante, men videre fremgang var på denne tid vanskelig, og grunnen var først og fremst en mangel på hurtige analysemetoder med stor følsomhet. Spektrografiske metoder var følsomme, men det krevdes mer.

Begynnelsen av 1950-årene betydde i denne forbindelse et omslag, og dette skyldtes nye impulser utenfra. Det viste seg at etter siste krig hadde andre land begynt å interessere seg for geokjemisk prospektering, bl. a. USA, Canada og Storbritannia. Og fra disse land kom det kjemiske analysemetoder, kolorimetriske metoder som riktignok ikke var særskilt selektive, men som var både følsomme og hurtige. Og en ting til, det hadde vist seg at en fikk interessante resultater ved å bestemme det lettløselige metallinnholdet i stedet for, eller i tillegg til, totalinnholdet, f. eks. i bekkesedimenter.

For bekkesedimenter betydde dette at en ved analyseringen fikk bestemt de metaller som hadde vært oppløst i vannet og som siden var blitt utfelt eller adsorbent på dette finkornete sandmaterialet i bekkefarene. Med andre ord, bekkesedimentenes lettløselige metallinnhold gjenspeilet vannets metallinnhold, og i konsentrasjoner som lettere kunne nås med analyser.

De første geokjemiske malmletere i USA mente de hadde begynt på et helt nytt felt, og det ble stor forbauselse da de etter å ha holdt på en stund oppdaget i litteraturen at dette var noe som de nordiske land hadde arbeidet med mange år tidligere. De fant bl. a. professor Vogt's publikasjon (se litteraturlisten), og dette førte til kontakter med norske geokjemikere.

De nye impulsene utenfra førte med seg at Råstofflaboratoriet i 1951 begynte å forberede et nytt norsk fremstøt i geokjemisk malmleting. Goldschmidt var nå borte. I 1952 flyttet Råstofflaboratoriet til Trondheim til nye lokaler. I 1953 deltok folk fra Råstofflaboratoriet i et geokjemisk prospekteringskurs i London, og

deretter kom lederne av kurset, J. S. Webb og H. W. Lakin, til Oslo sammen med en annen kjent geokjemiker, H. E. Hawkes. Her holdt de møte med geokjemisk interesserte fra de nordiske land. Og så begynte ting å skje. Den daværende Norges geologiske undersøkelse gjorde geokjemiske vannundersøkelser ved Grua. Råstofflaboratoriet gjorde geokjemiske vannundersøkelser i Reisadalen i Troms, og humusundersøkelser over sink- og bly-mineraliseringer i Vefsn.

I Trondheim gikk Råstofflaboratoriet i gang med å organisere en geokjemisk seksjon som kunne ofre seg utelukkende for geokjemi. Først ble bergingeniør Anders Heltzen leder for denne gruppe, og etter ham kjemiingeniør Bjørn Bølviken.

Etter hvert har denne virksomheten fått ganske store dimensjoner, og Bølviken har satt det hele i system. Ved feltarbeidet samles det inn flere tusen prøver pr. år. Så skal disse forbehandles, deretter analyseres på flere elementer og på forskjellig vis. Analyseresultatene skal bearbeides og plottes inn på kart, og så skal det totale resultat over store områder vurderes.

Mesteparten av prøvepunktene vil vise bakgrunnsverdier, men noen prøvepunkter viser høye tall som forteller at her er bekker eller vassdrag eller jordsmonnet forurenset med kjemiske elementer som normalt ikke skulle være der. Geokjemikeren har funnet det han leter etter, nemlig en geokjemisk anomali som kanskje kan føre til at en verdifull malmsforekomst blir oppdaget i nærheten. For andre kan en slik anomali være rett og slett en uønsket forurensning.

Men naturen selv har laget både anomalier og bakgrunnsverdiene. Og skal man vurdere hva som er det mest verdi-

fulle produkt av regionale geokjemiske undersøkelser, anomalier eller kunnskapen om bakgrunnsstoffene, ja, da kommer det helt an på interessene.

Det sier seg selv at geokjemisk arbeid av de dimensjoner det her er tale om er helt avhengig av en tilstrekkelig analysekapasitet. Her er det tale om å bestemme lave konsentrasjoner av mange elementer i mange tusen prøver pr. år. De kolorimetriske analysemetodene som ble innført fra utlandet var hurtige og løste med et slag et stort problem. Analyseringen ble satt i rutine av Bølviken og medarbeidere, og snart produserte Råstofflaboratoriet store mengder data. Tallmengden ble så stor at statistisk behandling og elektronisk databehandling ble meget ønskelig, og samtidig ble det aktuelt å få nøyaktigere analyser og å bestemme flere elementer.

Dette nye analytiske problem ble løst ved anskaffelse av et instrument for atomabsorpsjon. Fordi dette instrument arbeider med oppløsninger kunne det lett innpasses i den tidligere rutine, og de kolorimetriske analysene er nå i bruk praktisk talt bare til testing i felt. Fordelene ved overgang til atomabsorpsjon er flere. For det første blir bestemmelsene nøyaktigere, for det andre kan mange flere kjemiske elementer bestemmes i en og samme oppløsning av prøvene, mot tidligere vesentlig kobber, sink og bly, og for det tredje er analysekapasiteten langt større enn tidligere. Antall geokjemiske enkeltbestemmelser var i 1967 og 1968 ca. 30 000 og 25 000, mens tallet i 1969 etter innføringen av atomabsorpsjon, var ca. 110 000 enkeltbestemmelser.

Ved NGU's geokjemiske arbeid blir det på denne måten produsert geokjemiske kart som dekker større og større områder av vårt land, og som med en mengde

analysedata gir viktige opplysninger om kjemien i det miljø som omgir oss. Vel er det så at det egentlige formål da dette arbeid startet var å finne malmforekomster. Men i de senere år har også skogbruksinteresser meldt seg, som har resultert i et samarbeid med professor Låg som tidlig så mulighetene. Men de opplysningene som kommer fram ved disse geokjemiske undersøkelserne bør komme flere interesser til gode. De føyer seg inn som et ledd i det arbeid som institusjonen NGU gjør for å øke kjennskapet til den jord vi går på, til det miljø vi lever i.

Råstofflaboratoriet kom til å etablere seg relativt fort på området geokjemisk prospektering, eller geokjemisk kartlegging, da det begynte på dette felt i 1950-årene. Når dette kunne skje såpass hurtig skyldtes det i høy grad Industridepartementets forståelse og medvirkning. Det kom også av at institusjonen fikk de rette personene og viktige kontakter. Men det kom dessuten av at institusjonen hadde en lang tradisjon i behandling av geologisk og mineralogisk materiale, og en legning i analytisk retning som passet for formålet, et resultat av Goldschmidts fremsynte forarbeid og inspirerende ide-rikdom.

For Goldschmidt var f. eks. en høy analytisk beredskap viktig, og denne er holdt vedlike og utviklet videre. En ting er de rutinemessige masseanalysene som den geokjemiske malmletingsseksjon stort sett selv tar hånd om. Men NGU's kjemiske avdeling har *annen* betydelig analytisk virksomhet som også bør nevnes.

Optisk spektrografi f. eks., har helt fra 1936 vært en uunnværlig analysemetode ved institusjonen, først og fremst for sporelementanalyse av mineraler og bergarter, men utviklet videre til å omfatte

også kvantitativ bestemmelse av hovedbestanddelene. For å møte de krav som stilles, har den spektrografiske seksjon i dag til sin rådighet både spektrografer, et kvantometer med stor analysekapasitet, og utstyr for røntgenspektroskopi. Og i det siste er analysekapasiteten øket ytterligere ved anskaffelse av et atomabsorpsjonsinstrument i tillegg til det som den geokjemiske seksjon legger fullt beslag på. Og en kjemisk analytisk seksjon gjør kjemiske analyser av liknende geologisk materiale.

Alt dette analytiske arbeidet, både det spektrografiske og det kjemiske, gjøres dels som rutiner omfattende store serier, dels som spesialanalyser, og dels som supplerende analyser for det geokjemiske kartleggingsprogram.

Gjennom årene har dette analysearbeidet tjent mange interesser. Det har tjent geokjemisk grunnforskning og NGU's geokjemiske og geologiske kartlegging av vårt land. Det har tjent avdelingens egen forskning på kjemisk-tekniske områder, og som ikke skal omtales nærmere her fordi det har mindre interesse innenfor rammen for dette møtet. Analysearbeidet har også tjent bergverkene og annen industri, og forskningsprosjekter utenfor NGU.

Og det materialet som har fått sin analytiske behandling ved institusjonen har variert fra prøver av fjell og stein, sand og jord, til tre og kvist, bar og blom, og vann.

Jeg vil gjerne slutte som jeg begynte, med professor Goldschmidt. I sine siste leveår nevnte han flere ganger et stort arbeid som burde komme i gang i Norge, nemlig en organisert kartlegging av innholdet av sporelementer i jordsmonnet i Norges jord- og skogområder. Dette ville

være geokjemien i landbrukets tjeneste. Han var velkjent med spormetallenes betydning for dyrs og planters trivsel og vantrivsel, forgiftning og helbredelse. Goldschmidt døde før noe kom i gang.

Men omtrent på den tid fikk vi forskningsrådene, med de muligheter disse har til å organisere eller støtte slike prosjekter. Og betydningen av slikt arbeid skulle være åpenbar.

Men la oss håpe at NGU har gitt iall-

fall en liten skjerv til det arbeid som Goldschmidt her tenkte på, og at hans Råstofflaboratorium ikke har fjernet seg altfor langt fra den kurs han mente var den rette.

Og så, helt til slutt, som et apropos til rammen for dette møtet: «Kan naturen forgifte seg selv?» kan vi i en tabell fra Goldschmidts geokjemi se et eksempel på hvordan naturen også kan *rense* seg selv.

Tabell etter Goldschmidt (1954), p. 67

	A Mengde tilført sjøvannet mg per kg	B Mengde fremdeles til stede i sjøvann mg per kg	B som prosent av A
Cu .....	42	0.01	0.02
Zn .....	48	0.0005	0.001
Pb .....	9	0.004	0.03
As .....	3	0.015	0.5
Ag .....	0.01	0.0003	3.0

Denne tabellen viser de mengder av kobber, sink og bly etc. som ifølge Goldschmidts beregninger totalt er tilført verdenshavene ved forvitring av kontinentene fra tidenes morgen. Hvis disse mengdene hadde holdt seg i oppløsning i sjøvannet, ville sjøvann ikke kunne være et høvelig miljø for høyere organismer.

Men de giftige metallene er blitt fjernet fra sjøvannet, sannsynligvis ved ad-

sorpsjon på slam og på jernhydroksyder, finnes nå igjen på havbunnen. Sjøvann inneholder derfor bare de mengder som er vist under B, kobber f. eks. bare 0,01 mg pr. kg.

I dette tilfelle har naturen selv tatt affære og fjernet gifter fra et viktig miljø. La oss håpe at menneskene ikke vil foreta seg ting som *hindrer* naturen i å utføre sine egne renseprosesser.

#### LITTERATUR

*Generelle henvisninger.*

Goldschmidt, V. M. (1918): Om Raastofkomiteens arbeide og resultater. *Tidsskr. Kemi*, november 1918, no. 21.

Goldschmidt, V.M., og Goldschmidt og medarbeidere (1923—1938): *Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente I—IX. Videnskapselskapet skr. I. Mat.-naturv.*



- kl.*, 1923, No. 3; 1924, No. 4 og No. 5. *Skr. Norske vidensk.-akad. I. Mat.-naturv. kl.*, 1925, No. 5 og No. 7; 1926, No. 1 og No. 2; 1927, No. 8; 1938, No. 4.
- Goldschmidt, V. M. (1954): *Geochemistry*. Oxford: Clarendon Press.
- Kvalheim, A. (Editor) (1967): *Geochemical Prospecting in Fennoscandia*. New York: Interscience/John Wiley.
- Vogt, T., og Vogt og medarbeidere (1939—1948): Geokjemisk og geobotanisk malmleting I—X. *Kgl. Norske Videnskab. Selskabs Forh.*, 12, No. 23; 15, No. 2, No. 6, No. 7 og No. 24; 16, No. 14 og No. 15; 19, No. 21; 20, No. 26 og 27.

*Spesielle henvisninger.*

- Goldschmidt, V. M. (1934): Drei Vorträge über Geochemie. *Geol. Fören. Stockholm Förh.*, 56, 385.
- Goldschmidt, V. M. (1937): The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. *J. Chem. Soc.*, 1937, 655.
- Goldschmidt, V. M. og Peters, C. (1933): Über die Anreicherung seltener Elemente in Steinkohlen. *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Physik. Kl.* 1933, 371.
- Green, J. (1959): Geochemical table of the elements for 1959). *Geol. Soc. Ant. Bull.*, 70, 1127—1184.
- Hawkes, H. E. og Webb, J. S. (1962): *Geochemistry in Mineral Exploration*. New York: Harper & Row.
- Vinogradov, A. P. (1956): Regularity of distribution of chemical elements in the earths crust. *Geochemistry*, No. 1, 1—43.