



NATUREN

ILLUSTRERT MÅNEDSSKRIFT FOR
POPULÆR NATURVIDENSKAP

utgitt av Bergens Museum,

redigert av prof. dr. phil. Torbjørn Gaarder

med bistand av prof. dr. phil. Aug. Brinkmann, prof. dr. phil. Oscar Hagem,
prof. dr. phil. Bjørn Helland-Hansen og prof. dr. phil. Carl Fred. Kolderup

JOHN GRIEGS FORLAG - BERGEN

Nr. 2

56de årgang - 1932

Februar

INNHold

STEINAR FOSLIE: Geologiske undersøkelser omkring våre malmbforekomster	33
OLAF DEVIK: Islegging av sjøer og elver	43
SMASTYKKER: Leif R. Natvig: Insekter som fortærer metall. — Edv. J. Havnø: Kvæfjordkull. — T. G.: Carl Bosch og Friedrich Bergius	60

Pris 10 kr. pr. år fritt tilsendt

Kommisjonær
John Grieg
Bergen

Pris 10 kr. pr. år fritt tilsendt

Kommisjonær
P. Haase & Søn
Kjøbenhavn



NATUREN

begynte med januar 1932 sin 56de årgang (6te rekkes 6te årgang) og har således nådd en alder som intet annet populært naturvidenskapelig tidsskrift i de nordiske land.

NATUREN

bringer hver måned et *rikt og allsidig lesestoff*, hentet fra alle naturvidenskapens fagområder. De fleste artikler er rikt illustrert. Tidsskriftet vil til enhver tid søke å holde sin lesekrets underrettet om *naturvidenskapenes viktigste fremskritt* og vil dessuten efter evne bidra til å utbre en større kunnskap om og en bedre forståelse av *vårt fedrelands rike og avvekslende natur*.

NATUREN

har til fremme av sin opgave sikret sig bistand av *tallrike ansatte medarbeidere* i de forskjellige deler av landet og bringer dessuten jevnlig oversettelser og bearbeidelser efter de beste utenlandske kilder.

NATUREN

har i en rekke av år, som en anerkjennelse av sitt almennyttige formål, mottatt et årlig statsbidrag som for dette budgettår er bevilget med kr. 1000.

NATUREN

burde kunne få en ennu langt større utbredelse, enn det hittil har hatt. Der kreves *ingen særlige naturvidenskapelige forkunnskaper* for å kunne lese dets artikler med fullt utbytte. *Statsunderstøttede folkebiblioteker og skoleboksamlinger får tidsskriftet for under halv pris (kr. 4.00 årlig, fritt tilsendt)*. Ethvert bibliotek, selv det minste, burde kunne avse dette beløp til naturvidenskapelig lesestoff.

NATUREN

utgis av *Bergens Museum* og utkommer i kommisjon på *John Griegs forlag*; det redigeres av prof. dr. *Torbjørn Gaarder*, under medvirkning av en redaksjonskomité, bestående av: prof. dr. *A. Brinkmann*, prof. dr. *Oscar Hagem*, prof. dr. *B. Helland-Hansen* og prof. dr. *Carl Fred. Kolderup*.

Geologiske undersøkelser omkring våre malmforekomster.

Av statsgeolog Steinar Foslie.

Der er enkelte, som med en viss forakt taler om våre fjellers og malmers fattigdom. Så helt dårlig er det nu imidlertid ikke. Vi må huske på, at det i stadig større utstrekning er nettopp fattige malmer, som bærer verdens metallproduksjon. Det er mer og mer forbi med de tider, da man kunde øse ferdiglavete rikdommer ut av fjellet.

Som eksempel kan nevnes at størstedelen av verdens gullproduksjon nu leveres av malmer med under 10 gram gull pr. tonn, og tallet har en stadig synkende tendens. Det meste kobber kommer fra malmer med under 2 pct. kobber, tildels betydelig under. På den annen side er tidens løsen mer enn før å utnytte alle brukbare biprodukter.

Når våre grubeprodukter ikke spiller en ennå betydelig større nasjonaløkonomisk rolle for oss, enn de gjør idag, så er en av hovedgrunnene den, at det meste i forholdenes medfør har måttet eksporteres i mer eller mindre uforedlet tilstand.

Norges Geologiske Undersøkelse har som en av sine hovedoppgaver en systematisk undersøkelse av våre fjellers mineralske råstoffer, et overordentlig vidtstrakt og omfattende arbeidsfelt med både praktiske og videnskapelige oppgaver. En kort oversikt over dette arbeides mål og midler er hensikten med denne fremstilling.

Når geologer drar på feltarbeide blir det av folk ofte oppfattet derhen, at de skal ut for å lete etter »gull«, — etter metaller.

Nei, — de skal ikke ut for å lete. De skal ut for å utrede landets geologiske bygning og for å skille mellom godt og dårlig, nyttig og unyttig. De skal klarlegge hvad vi *har*, og legge et grunnlag for med fordel å kunne søke hvad vi trenger.

»Letning« og geologisk utredning krever i virkeligheten to forskjelligartede arbeidsmetoder. Skal man spesielt lete etter malm nutildags må man benytte sig av den nyere tids spesielle hjelpemidler, magnetiske, elektriske og andre metoder, samt disponere adskillig arbeidskraft til manuelt arbeide. Dette er alt ting, som krever såvidt meget tid, og koster såvidt mange penger, at man ikke kan bruke dem på måfå. Dette vil ennu bedre innsees ved et par tankeeksperimenter.

Tenker De Dem en god malmbforekomst med en mektighet av 10 m — en strålende mektighet for de fleste forekomster —, vil den avsatt på et vanlig rektangelkart få en bredde av $\frac{1}{10}$ mm, altså næsten usynlig. De fleste forekomster blir ennu adskillig mindre. Arealmessig utgjør altså malmen en overordentlig liten procent.

Tenk så videre på, at vi her i landet har 3800 km jernbane og 36000 km veier, hvorav en ikke liten del går i fjellskjæringer. Allikevel er der ved alle disse arbeider ikke funnet en eneste brukbar malmbforekomst. Med meget få undtagelser gjelder det samme i utlandet.

Tilfeldighetene er altså nokså lite å stole på. Det er derfor nødvendig, at man på forhånd mest mulig har avgrenset de mindre områder, som har praktisk interesse og muligheter, fra de større, som ingen sådan har.

Det er en av de ting vi i praktisk henseende skal opna ved våre geologiske karter.

Ved store institutter kan man gjennomføre en arbeidsdeling, så hver arbeider med sin spesialitet, noen med de praktiske oppgaver, noen med kartlegningen og noen med spesielle teoretiske oppgaver. Med et så stort landområde i forhold til arbeidskraften, som hos oss, lar dette sig ikke gjennomføre i større utstrekning. For å gjøre de nødvendige fremskritt må hovedvekten legges på den geologiske kartlegning, som er fundamentet for det hele. Denne utføres derfor

nu systematisk distrikt for distrikt, og sån at *samtidig* undersøkes alle malmer og nyttige mineraler innen området. Metoden har den store fordel, at geologen får et ganske anderledes inngående og omfattende kjennskap til sitt distrikts geologiske bygning, enn om han f. eks. skulde befare bare malmforekomstene for sig, og et sådant kjennskap er nødvendig for de fleste videregående slutninger, også i praktiske spørsmål.

Man må nemlig være opmerksom på, at et geologisk kart — i motsetning til et topografisk — er et videnskapelig arbeide. Av begge kreves der en viss grad av nøiaktighet i utførelsen for at de skal være brukbare. Men for det geologiske kart er dette ikke *nok*.

Der kreves det også, at geologens subjektive opfatning av den geologiske bygning, av inndelingen, av utviklingsprosessen er riktig — ialfall i store trekk —, for at man skal kunne trekke slutninger av noen verdi. Der kreves derfor av ham en stadig kontakt med tidens fremskritt og andres erfaringer, ikke minst fra fremmede land.

Erfaringen viser, at den minste målestokk som må kreves av et geologisk kart, som også skal kunne tjene praktiske formål er 1/100000. Dette er da også vårt hovedkartverk, som skal gjennomføres for hele landet, det er det viktigste arbeide vi har, også fra et praktisk synspunkt.

Da de fleste vel har nokså lite kjennskap til omfanget av dette arbeide, er en liten orientering nødvendig.

Den geologiske kartlegning og undersøkelse av et rektangelblad, som har 1500 km² areal, vil i middel kreve 3 somres feltarbeide av en geolog, hver sommer på 2½ à 3 måneder. Han må på en sommer gå på sine ben omtrent 1000 km, altså for hele kartbladet ca. 3000 km.

Dette er et tall som kanskje ikke imponerer så meget i bilenes tidsalder, men det må huskes, at det aller meste av dette er utenfor alle veier, over de høieste topper og ned i de dypeste daler, og ofte nettop i det mest ulendte terreng, som gir de beste blotninger. Kilometeren er derfor ganske drøi.

Når nu et geologisk kart i denne målestokk foreligger ferdig (her tales bare om nyere, detaljert utarbeidede karter),

vil det for alle som kan bruke det, gi et langt allsidigere bilde av distriktets natur, enn det topografiske kart alene formår å gi.

Man vil oftest finne et vidunderlig samspill mellom overflatens former, som vi alle ser, og den indre geologiske bygning, fordi de første mer eller mindre er en funksjon av den siste.

Man ser i ett blick utbredelsen av de løse avleiringer og deres natur, og med kjennskap til de forskjellige bergarters jorddannende evne og deres innhold av næringsgivende bestanddeler får man et generelt overblikk over terrengets muligheter for jordbruk og skogdrift.

Kartets viktigste praktiske formål gjelder imidlertid de mineralske råstoffer.

Der er først en rekke bergarter, som direkte kan anvendes for tekniske formål, som kalksten, dolomitt, kvartsitt, klebersten, takskeer o. s. v., foruten de som kan benyttes til bygningstekniske og stenindustrielle formål.

For disse bergarter skal kartet uten videre kunne gi anvisning på hvor de fins og hvilken utbredelse de har, mens kvaliteten i hvert enkelt tilfelle naturligvis ikke kan fremstilles på disse karter.

Nu er det ganske visst så, at den lokale befolkning i mange tilfeller har ganske god greie på disse nyttige bergarters forekomst, men dette kjennskap er svært varierende. Tar vi f. eks. for oss en så almindelig utbredt, og så allsidig anvendt bergart som kalksten (marmor), vil gårdbrukerne i de distrikter hvor den danner en av hovedbergartene, som i store deler av Nordland, ha meget god greie på dens forekomst. I andre strøk hvor den optrer sparsommere, er det ganske almindelig at gårdbrukeren, selv om han selv har behov for den til kalkning av jorden, ikke kjenner den av utseende, og ikke engang kjenner til dens forekomst på sin egen eiendom.

Dernæst har vi den store mangfoldighet av nyttige malmer og mineraler, hvis opptreden i større og mindre grad er underkastet lover og regler, men som selv er for små til å kunne utgjøre en del av kartbilledet. Her skal kartet ved

særskilte tegn angi de steder, hvor sådanne forekomster på forhånd er kjent. Videre må man så trekke sine slutninger på grunnlag av erfaringer om de forskjellige forekomsters optreden.

Lettest er dette for de sedimentære forekomster, som er bundet til visse lag. Hvor disse lag — særlig i yngre formasjoner — er noenlunde uforstyrret, eller foldet og forkastet etter definerbare regler, er saken forholdsvis enkel. Vi kan f. eks. tenke på andre landes kull- og fosfatleier, jern- og manganmalmleier, hvor de geologiske karter kan anvendes rent konstruktivt for å følge og finne forekomstene. I vårt gamle og av tidenes geologiske krefter høist omkalfatrede land, kan det ikke bli så enkelt. Men for de viktigste sedimentære forekomster hos oss, nemlig de nordlandske jernmalmsfelter, kan der allikevel ut fra disse karter trekkes nokså vidtgående slutninger.

De fleste forekomster hos oss står på en eller annen måte i forbindelse med den eruptive virksomhet.

Enklest å opfatte er de forekomsttyper, hvor metallforbindelsen er forblitt i sin moderbergart og utfelt der. Vi har da de gamle kjente regler, at krom følger olivinstener, nikkel oftest følger noriter o. s. v.

I de fleste tilfeller vil metallforbindelsene imidlertid avspaltes fra moderbergarten og begi sig på vandring ut i omgivelsene, det være sig i smeltet tilstand, som gasser eller som vandige oppløsninger. De vandrer da så langt til de møter forhold som tillater en utfelling, ofte forskjellig for de forskjellige metaller. Vi får langt flere faktorer å ta hensyn til, både med hensyn til »avsenderen« og »mottageren«.

»Avsenderen« (eruptiven) kan alt etter sin natur ha et ytterst forskjellig metallinnhold, og dette kan bli mere eller mindre samlet, alt etter de fysikalske forhold som hersker, trykket (dybden), temperaturen o. s. v.

»Mottageren«s (de omgivende eldre bergarters) forhold bestemmer, hvor metallene endelig utfelles og malmen finner sin plass. Veien kan være kort, som ved de såkalte kontaktforekomster, hvor utfellingen skjer like ved eruptivgrensen, særlig mot kalkstener. Den kan også være temmelig lang.

Bestemmende for vandring og utfelling er da glideflater, porøsitet, spaltesystemer, foldningsmulder og -sadler, bergarternes og oppløsningenes kjemiske natur, og først og sist temperaturforholdene. De faktorer som bestemmer disse siste er særlig det absolutte dyp, hvorpå det hele foregår, og den sonevise temperaturstigning som fremkalles av eruptiven. Der er altså mange faktorer som spiller inn, når man skal bedømme mulighetene for malmenes optreden, og dertil kommer at de fleste regler som bekjent har sine undtagelser. Undertiden treffes der således forekomster, som er helt overraskende i sin optreden, og som man vanskelig kan forklare ut fra kjente holdepunkter. Men naturens mangfoldighet gjør bare studiet av disse ting dobbelt interessant, og for den almindelige skjærper er det nettop overraskelsesmomentet som er den sterkeste drivfjær.

Man vil av ovenstående forstå, at man med et geologisk kart i hånden naturligvis kan trekke adskillige slutninger. Som regel vil disse imidlertid ikke bestå deri, at man kan peke på bestemte *punkter*, hvor der antagelig vil kunne finnes malm, men der vil kunne pekes på de *områder*, som bør vies særskilt oppmerksomhet. Allerede dette er ikke så lite, fordi de områder som ingen muligheter har, som regel er uten sammenligning de største.

Mest utbytte av kartet vil man som regel ha ved at benytte den såkalte indirekte metode. Den består deri, at man i et bestemt distrikt går ut fra de forekomster, som allerede på forhånd er kjent, og opsøker de steder som har lignende geologisk posisjon for å finne eventuelle nye forekomster av samme slag.

Har vi nu et rikt »mineralisert« distrikt for oss, — et virkelig ertsdistrikt —, vil det være klart at karter i 1/100000 har en alt for liten målestokk til å kunne danne grunnlag for en nærmere undersøkelse av dette.

Vi må da ty til en annen gruppe av geologiske karter, de såkalte *spesialkarter* i målestokk 1/5000 til 1/25000. Disse krever i forhold til arealet et så vidt stort arbeide, at det som regel bare blir tale om å utføre dem for praktiske formål og over sterkt begrensede områder.

Hensikten med dem er å skaffe et så vidt detaljert innblikk i den geologiske bygning på stedet, at man så vidt mulig kan finne lovene for »mineraliseringen« og forbindelsen mellom de enkelte forekomster, samt påpeke de punkter, hvor videre undersøkelser bør gjøres.

Tilslutt må jeg nevne, hvad vi kaller geologiske detaljkarter, i målestokken 1/800 til 1/2000. De angår en bestemt forekomst og har til hensikt å rettledde opfaringen eller driften av denne ved å klarlegge alle de uregelmessigheter, som kan virke forstyrrende, i form av forkastninger, foldninger, utkilinger o. s. v. og i det hele gi et bilde av malmens op treden på forekomsten. De knytter sig så nøie til den økonomiske utnyttelse av feltet, at de i de fleste tilfeller besør ges utført av vedkommende grubeselskap selv.

Så har vi et par grupper av feltarbeider av mere spesiell karakter. *Magnetometriske* målinger og karter er av stor interesse for våre jernmalmsforekomster. Man må bare ikke begå den feil å tro, at magnetiseringens styrke er et direkte mål for malmens mengde og kvalitet. Der er mange faktorer som bestemmer den, bl. a. forekomstens orientering i forhold til den magnetiske meridian. En steilstående forekomst med strøkretning i meridianen vil få den sterkeste magnetisering, mens en flattliggende forekomst med fallet loddrett på stedets inklina sjon teoretisk sett skulde forbli omtrent umagnetisk.

Vi finner da også, at f. eks. fattige nordlandske jernmalmsleier med bare 20—25 pct. jern, men med den riktige orientering, kan gi et magnetometrisk kartbillede med meget sterke og fremforalt regelmessige drag. Et helt annet bilde viste f. eks. en forekomst som vi undersøkte for få år siden, og som hadde mektig og rik malm i dagen. Også her var draget meget sterkt, men med en påfallende hyppig veksl ing mellom nord- og sydpolsdrag, og med en dårlig overensstem melse mellom de magnetiske maksima og den synlige malm i dagen. Den slutning som blev trukket herav var, at det visstnok måtte dreie sig om en flattliggende forekomst i overflaten, som ikke gikk på dypet. Senere diamantboringer bekreftet, at på 20—30 m dyp var der intet igjen av den mektige malm.

Elektriske skjærpningsmetoder og kartlegning har i de senere år med utrolig fart innarbeidet sig over det meste av verden, men hos oss har de ennu bare vært lite anvendt, delvis på grunn av omkostningene. De er særlig påkrevet i overdekket terreng. Skjønt vårt land kanskje har mere blottet fjell enn de fleste andre, har de fleste malmbforekomster en utpreget tendens til å optre nettop under de overdekkede partier. For disse karter gjelder det forresten, at det som regel kreves større kunst og erfaring å tyde dem riktig, enn å opta dem. Etterat der nu på Bergingeniørforeningens initiativ har vært en stipendiat i Amerika for å studere metodene, vil forhåpentlig også denne sak komme i en bedre gjenge hos oss.

Bearbeidelsen. Jeg har nu talt om våre feltarbeider, men de er på langt nær ikke den eneste oppgave.

De hjelpemidler man har til en videre bearbeidelse av stoffet, som foregår i Oslo, er først og fremst de analytiske og de mikroskopiske.

Kjemiske analyser er dessverre forholdsvis kostbare, så de må begrenses mere enn godt er.

Det vil kanskje forbause når jeg sier det, men for studiet av våre malmbforekomsters optreden og dannelse, er analyser av bergartene viktigere enn analyser av malmen selv.

Betegner vi malmdannelsen som målet, så belyser bergartene veien til dette mål.

Når en skjærper kommer til oss med et funn, og han skal ha det riktig forsiggjort, hender det at han har plukket ut nogen biter av f. eks. ren kobberkis som prøve, med det resultat at vi bare kan si: Dette er kobberkis — punktum.

Han vet ikke at i mineralriket gjelder mere enn annetsteds det gamle ord: Si mig hvem du omgæes, og jeg skal si dig hvem du er.

Nu — en moderne bergartsanalyse er en ganske vidtløftig prosess og krever bestemmelsen av 15—16 forskjellige elementer.

Men når man har den, kjenner man ikke alene bergartens totalsammensetning, men kan med tilhjelp av mikroskopiske undersøkelser og beregninger også finne mengdefor-

holdet mellem de enkelte mineraler som opbygger den, og tildels også den kjemiske sammensetning av hvert enkelt av disse mineraler.

Når jeg taler om analyser må jeg nevne en ny metode for edelmetallanalyser, utarbeidet og utøvet ved Råstoffkomiteens laboratorium på Tøien, hvor vi har fått gjort en rekke bestemmelser. Metoden er basert på, at vekten av den edelmetallkule man får ut avtar proporsjonalt med 3dje potens av diameteren. Ved å måle kulen istedenfor å veie den, kan man klare sig med meget små kuler, usynlige for det blotte øie.

Mens man før trengte $\frac{1}{2}$ kg stoff til analysen klarer man sig nu med $\frac{1}{2}$ gram og mindre. Den viktigste fordel er derfor, at man nu kan utplukke de enkelte ertsmineraler av en malmprøve, og analysere dem hver for sig, hvad der åpenbarer mange interessante ting.

Ved analyser f. eks. av en svovelkismalm fra en av våre gruber viste det sig, at svovlkisen var så godt som sølvfri, magnetkisen og sinkblendens holdt noen få gram pr. tonn, kobberkisen ca. 30 gram pr. tonn, men blyglansen — som selv optrer i meget små mengder, holdt over 1 kg sølv pr. tonn, altså en voldsom konsentrasjon av det forhåndenværende sølv i dette ene mineral.

På samme måte finner man, at gull særlig følger arsenkis og svovelkis, platinametallene undertiden jernnikkelkisen.

Struktur og mineralsammensetning av bergarter og malmer hører til våre viktigste studier.

Allerede ved å polere en prøve av malmen får man dette ganske godt frem.

Men vårt viktigste hjelpemiddel er det vidunderlige instrument som kalles et polarisasjonsmikroskop.

Av en hvilken som helst bergart kan man slipe et snitt, som er så tynt, at den blir helt gjennemsiktig. Den vanlige tykkelse av disse snitt er ca. $\frac{1}{50}$ mm, men sammenhengen mellem mineralene bibeholdes allikevel, så man kan studere strukturen i de fineste detaljer.

Ved måling av de optiske egenskaper kan man bestemme mineralene med stor sikkerhet, for en stor del også deres kjemiske sammensetning, alderfølge og senere forandringer.

Men der er en gruppe av mineraler som forblir ugjennemsiktige selv i de tynneste snitt, og det er nettop de fleste ertsmineraler. De forblir derfor sorte i et sådant mikroskop, og kan ikke nærmere bestemmes der.

For studiet av disse har der i de siste 20 år utviklet sig en ny metode, som vi kan kalle refleksjonsmikroskopi. Ertsprøven blir polert til høipolitur, og lyset reflektert fra overflaten. Forholdet mellem de to slags præparater kan De forestille Dem som forholdet mellem en gjennemsiktig glassrute og en blankpusset kaffekjel.

Bergartsmineralene, som før var gjennemsiktige, reflekterer ikke lyset, og viser sig nu sorte, mens de fleste ertsmineraler reflekterer godt, og viser sig lyse, med sine karakteristiske farver og strukturer.

Metoden har hatt stor betydning for studiet av malmforekomstene, og har også direkte teknisk betydning ved studiet av gangen i anrikningsprosessene, som spiller en så stor rolle nutildags for av råmalmen å fremstille salgbare produkter.

Kornprøvene fra anrikningen kan nemlig monteres i skjellakk, poleres og studeres på samme måte.

Som eksempel kan jeg nevne en undersøkelse vi foretok for et norsk anrikningsverk for titanjern. Rent titanjern holder ca. 53 pct. titansyre, mens man ved anrikningen ikke kom høyere enn til 44 pct., og var i tvil om hvorvidt der var en feil i prosessen. Det mikroskopiske bilde viste, at der i ilmeniten optrådte en sverm av jernglanslameller, utskilt av fast oppløsning. Da hver lamell bare er ca. 1/1000 mm tykk er de utenfor rekkevidden av enhver mekanisk anrikning.

Jeg håper ved denne korte fremstilling å ha gitt et lite innblikk i opgavens mangfoldighet. Men så er også de hjelpemidler man nutildags har til disposisjon adskillig flere enn for en menneskealder siden, og de er fremdeles under rask utvikling.

Islegging av sjøer og elver.

Av Olaf Devik.

1. *Innledende oversikt.* Isleggingen av våre sjøer og i særlig grad av våre elver er interessante eksempler på samspill mellom en rekke fysikalske prosesser som gjensidig virker på hverandre, så en virkelig forståelse må bygge på en kvantitativ undersøkelse av dem. I denne artikkel vil hovedresultatene bli gitt av et sådant arbeide som forf. har utført.¹⁾

Det blir en analyse av isdannelsen ut fra fysikalske lover vi kommer til å behandle, derimot ikke en statistisk behandling av isforholdene i våre sjøer og elver. For innsjøernes vedkommende har A. Holmsen i et omfattende arbeide²⁾ samlet opplysninger om isleggingen i de fleste av våre større innsjøer og har utført en statistisk undersøkelse av sammenhengen med de meteorologiske forhold. I samme arbeide er også behandlet de da (1901) foreliggende målinger av temperaturen i forskjellige dybder for noen sjøers vedkommende. For våre elver fins det ingen sådan samlet klimatologisk undersøkelse.

Som innledning vil vi minne om forskjellige former for isdannelse og tar da først isleggingen av *sjøer*, hvor forholdene er enklest. Ferskvann har som bekjent den egenskap at det er tyngst ved 4° C. Man skulde derfor vente at når overflatevannet får en temperatur av ca. 4° C så synker det til bunns og blir liggende der. Våre dypeste innsjøer har

¹⁾ Thermische und dynamische Bedingungen der Eisbildung in Wasserläufen. Geofysiske Publikasjoner, Bd. IX, No. 1, 1931. — Arbeidet blev utført som ledd i en undersøkelse som blev foretatt av en studiekommisjon, som efter oppdrag av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen skulde søke å klarlegge årsakene til isganger i Glomma. Kommisjonen bestod av overingeniør N. Saxegård, overingeniør Axel Ekwall (Sverige), dosent Olaf Devik med avdelingsingeniør O. B. Solem som sekretær. Kommisjonens beretning er trykt i „Meddelelser fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen“, V. 2, 1929.

²⁾ A. Holmsen: Isforholdene ved de norske innsjøer, Videnskabselskabets skr., Mat.-naturv. kl. 1901, No. 4.

også ganske riktig en bunntemperatur som ligger i nærheten av 4° C med små forandringer i årets løp. Men målingene viser at man må være forsiktig med å trekke slutninger om temperaturforholdene i en sjø ut fra vannets temperatur og egenvekt i overflatelagene, hvor det egentlige varmetilskudd eller varmetap finner sted. Det foregår nemlig på grunn av vind og bølger en omrøring som er mer effektiv enn den som den ubetydelig vekslende egenvekt kan gi anledning til, og denne omrøring virker til å utjevne temperaturene. Det kan merkes ned til store dyp, og mest får det å si for sjøer med stor overflate, hvor vinden får tid til å virke.

En større innsjø med liten dybde f. eks. tyve-tredve meter, vil derfor om høsten avkjøles i hele sin dybde, og når isleggingen begynner ha en temmelig ensartet temperatur på 1—2 varmegrader, bortsett fra det allerøverste vannlag, hvor varmetapet finner sted.

Som vi senere skal påvise, vil det allerøverste tynne vannlag bli underkjølet når kulden setter inn, og i dette underkjølte lag vokser iskrystallene ut fra faste krystallisasjonskjerner på stranden eller i vannflaten selv. Hvis det da er stille vær og kald klar luft, så avkjølingen er stor, kan man ofte direkte se hvordan iskrystallene skyter sig frem over vannflaten som brede, men i begynnelsen meget tynne krystallgrener. På en forbausende kort tid kan da det første tynne isdekke bli dannet. Når det er vind innledes isdannelsen på lignende måte som i en elv; under særlige forhold kan det sogar bli dannet bunnis ved innsjøens bredder; men det normale er at når det er blitt tykt av isnåler i vannskorpen (issørpe) så fryser de lett sammen, og da foregår den videre vekst som for et annet fast isdekke.

I *rinnende* vann foregår isdannelsen i hovedsaken på samme måte som i en innsjø, hvis vannhastigheten er så liten at vannets bevegelse i det vesentlige er uten hvirvler. Den is som dannes først avsettes på elvebreddene som rand-is eller den vokser ut fra stener eller andre faste gjenstander som stikker op gjennom vannflaten. Mange steder i våre daler får man istand kjørbar is over en elv ved å legge busker utover i vannet så isen kan vokse fortere. Dels virker da

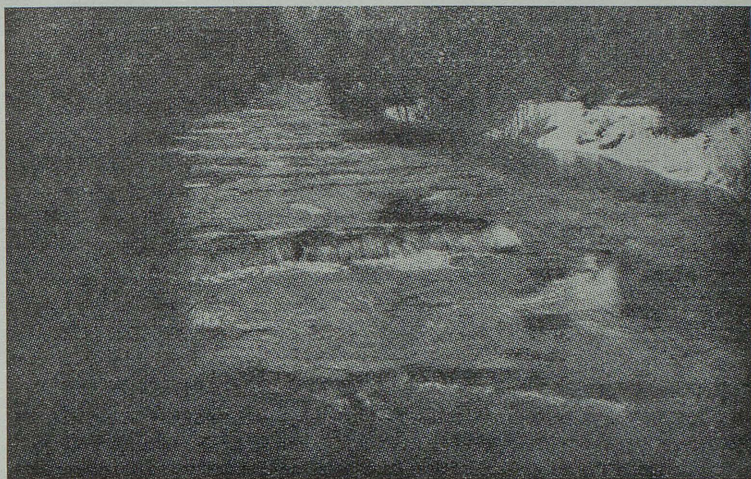
buskene som krystallisasjonscentrer, dels fanger de op drivende isnåler, og på den måte kan det gå fort å få dannet en isbro over elven. Den forsterkes så ved isens videre vekst, og virker dessuten som fanglense for drivende isnåler og isstykker fra elven ovenfor. Disse fryser sammen, og på den vis vil isdekket vokse raskt oover elven. På samme måte kan man legge ut tømmerlenser tvers over elven og påskyne isleggingen (se f. eks. Medd. fra Norges Vassdr. og Elektr. vesen, V. 2, 1929).

Det er meget anvendt ved kraftstasjoners vanninntak, fordi man derved ikke bare hindrer drivende is fra å legge sig på varegrindene i vanninntaket, men også kan hindre eller ialfall minske bunnisdannelse (se nedenfor).

En langsom rinnende elv vil således normalt efterhvert overtrekkes med et isdekke, som så vokser på undersiden.

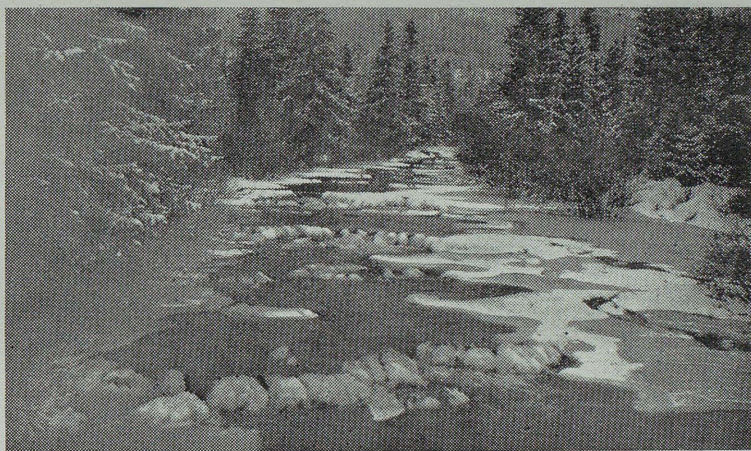
Betydelig anderledes blir hele isleggingsprosessen når elvens fall er så stort, at der inntrer *hvirveldannelse*. Det behøver ikke å være så sterkt fall at elven går i stryk, men der er det mest iøinefallende. Vi skal senere gå nøiere inn på de fysikalske betingelser, men vil her nevne, at i hvirvlende vann vil isen dels kunne krystallisere ut på bunnen av elven som *bunnis* («botsarr»), dels vil den dannes som svevende og drivende isnåler («sarr»), som lett klumper sig sammen og føres videre med vannet eller demmes op. Bunnisen kan se temmelig forskjellig ut, noe som hovedsakelig beror på hvor fort avkjølingen foregår. Dannelsen av bunnis og sarr fører til en eiendommelig stabilisering av vassdragets varmeutveksling med luften, og den forekommer regelmessig både i Norge og Sverige i de strøk hvor vinterkulden er streng, og for elver hvor fallet er så vidt stort (mer enn 2 m/km) at et jevnt sammenhengende isdekke ikke kan dannes.

Også i en slik elv med stor vannhastighet vil det ganske visst vokse ut rand-is fra breddene, men produksjonen av bunnis og sarr vil hurtig forandre billedet. På elvens bunn vil der krystallisere ut en krystallmasse, som ikke er kompakt, men mer eller mindre gjennemtregelig som et filter. Hvis kulden varer lenge, kan bunnisen vokse til et tykt lag



a

(Foto: O. B. Solem).



b

(Foto: O. B. Solem).

Fig. 1 *a* og *b*. Bunnis og isdammer i *Trya* (en bielv til Glomma) har hevet elveleiet 1—2 m.

over hele elvens bunn, med grønnlig farve. Derved løftes vannet og oversvømmer rand-isen¹⁾ som så vokser på oversiden (her dannes også bunnis), og hurtig forsterkes. Samtidig dannes stadig svømmende isnáler, sarr, som har lett for å kitte sig sammen til større drivende isklumper. De har lett for å sette sig fast på grunne steder og er det først blitt en liten begynnelse til en opdemning, så kan det lett vokse videre og bli en virkelig isdam som er bygget op fra bunnis-

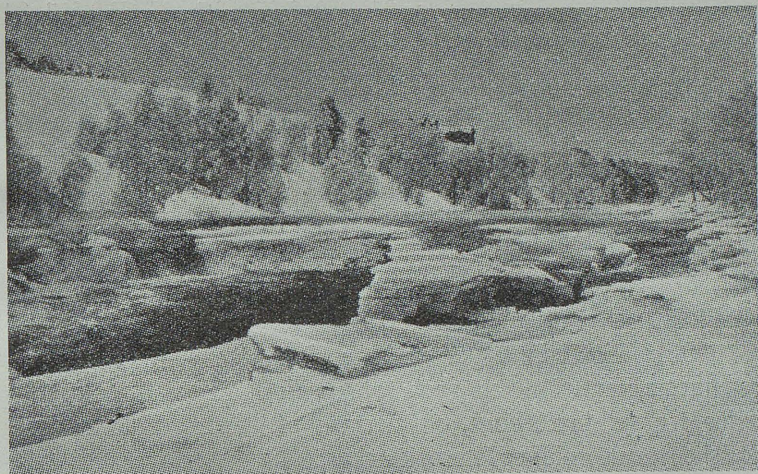


Fig. 2. Isdam ved Tollfossen i Tolga (Glomma). Tilhøre restene av en isdam, hvor isgangen $\frac{6}{1}$ —1929 begynte. Tilvenstre i bakgrunnen en ny isdam av 2 m.s høide. (Foto: O. B. Solem).

laget av. Disse isdammer kan forekomme i de forskjelligste størrelser, og selv om de ikke er kompakte, kan de være virksomme nok allikevel: De kan bli et par meter høie og demme op store vannmengder, hvis elven er bred ovenfor dammen. På den måten omdannes vassdragets profil, det blir trappeformig og fallet samles på korte strekninger med mellemliggende roligere partier, således som fig. 1 og 2 viser. På disse roligere partier vokser så isdekket fra breddene mot midten, varmetapet nedsettes derved sterkt, og varmetilførselen gjør sig mere gjeldende.

1) Elven »stevler«.

Når isdekket dannes ophører også samtidig bunnisdannelsen, og hvis utviklingen får foregå uforstyrret, vil vannet samle sig i et hovedløp, som smelter sig ned gjennom bunnisen og isdammens overløp. Vannet vil på den måten få et dypere og smalere løp enn før, kanskje helt skjult under de beskyttende ismasser. I Østerdalen sier man da at vannet har »skåret sig ned«.

I et sådant tilfelle er dermed varmelikevekt oppnådd, varmetap og varmetilførsel er like store og isdannelsen er ophørt, elvens isdekke er stabilisert.

Men i andre tilfeller kan denne prosess bli avbrutt plutselig av en *isgang*. De kan opptre på strekninger hvor fallet er stort nok til at en flombølge kan forplantes ned over elven, og det kan hende at hele ismassen i elven rives løs og føres nedover til strekninger med mindre fall, hvor isgangen stanser op. Denslags vinter-isganger kan bli av stort omfang og gjøre stor skade (se den foran nevnte kommisjonsberetning).

Slike vinter-isganger er som vi senere skal se, på det nærmeste knyttet til en rask forskyvning av strålingsforhold eller temperaturforhold, og dermed vil deres viktigste fysiske forutsetninger være klarlagt.

2. *Oversikt over varmetilførsel og varmetap.* Når vi skal behandle isdannelsen i et vassdrag mere inngående så vil de resultater vi får også omfatte isdekkets vekst i stille vann som spesialtilfelle. De varmeprosesser av almindelig karakter vi får å regne med i et vassdrag er følgende:

1. Innstråling og utstråling.
2. Fordunstning og varmeutveksling med luften (konveksjon).
3. Varmeledning fra bunnens materiale.
4. Opvarming av vannet ved omsetning av fallenergien.

Når vi skal angi dem i tall, bruker vi som enhet den tilsvarende varmestrøm som passerer 1 cm² flate i løpet av en time (gramkalorier pr. cm² pr. time eller kal/cm² time).

De fire varmeprosesser spiller en høist forskjellig rolle, og isens vekst vil ovenikjøpet forandre det innbyrdes forhold, slik at forskjellen mellom utgående og inngående varmestrøm stadig avtar. I enkelte tilfeller kan fullstendig likevekt bli oppnådd og isen opphører å vokse. Før vi kan diskutere betingelsene for det må vi undersøke hver varme-prosess for sig.

3. *Arten av innstråling og utstråling.* Om dagen betyr ikke bare det direkte sollys en varmetilførsel til jordens overflate, men også det spredte sollys fra luft og skyer, det såkalte diffuse himmellys. At den siste stråling spiller en stor rolle vil man se av tabell 1, hvor summen av sollys og spredt sollys (= total innstråling) er angitt for *Stockholm* for siste halvår 1927 etter registrering med A. Å n g s t r ö m s pyranometer:

Tab. 1. *Stockholm 1927.*

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Året
Total innstråling ..	12 466	10 509	6 426	2 854	(1570)	421	73 701
Avvikelse fra beregnet normalverdi .	+ 266	+ 978	+ 158	- 546	(+ 169)	- 260	- 3114
Maximum under 1 døgn	676	567	376	173	—	36	712
Minimum under 1 døgn	145	103	45	23	—	1	1
Diffus stråling i procent av den totale	33	38	34	48	(80)	76	41
Solskinntid i pct. av den størst mulige	47	47	49	34	20	15	36.5

Tallene i de to første linjer angir varmetilførselen i gramkalorier pr. cm² horisontal flate i løpet av en måned, i tredje og fjerde linje i løpet av et døgn.

Vi bruker betegnelsen sol-lys på både den direkte og den spredte solstråling, selv om de begge også omfatter stråling som ikke er synlig.

Den spredte solstråling har i hovedsaken samme sammensetning som den direkte solstråling som når ned til jordoverflaten, så at det normale solspektrum kan regnes som typisk for begge sorter. Det omfatter stråling med bølge-

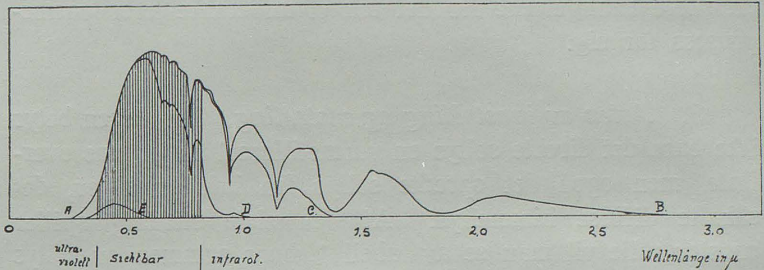


Fig. 3. A—B. Energiens fordeling i det normale solspektrum (etter Langley). — A—C. Efter at strålingen har passert 1 cm vann. — A—D. Efter at strålingen har passert 1 m vann. — A—E. Efter at strålingen har passert 100 m vann (etter Schmidt).

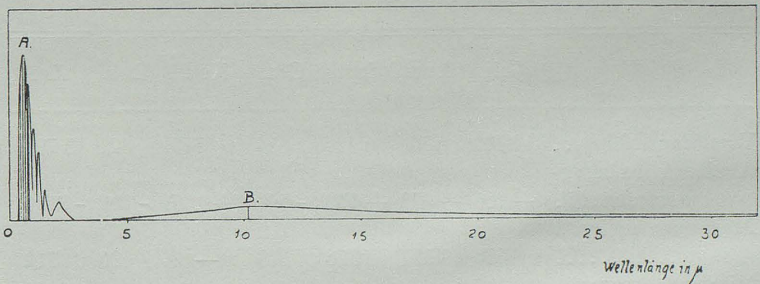


Fig. 4. Energifordelingen i solstrålingen (A) og i temperaturstråling (B) av 0° C, ved samme totale energi.

lengde fra 0.2 μ —3 μ ,¹⁾ og energien er fordelt på den måte som fig. 3 viser. Den meste energi føres av stråling med ca. 0.6 μ bølgelengde.

Denne innstråling ophører når dagslyset forsvinner. Men både dag og natt mottar jordens overflate en annen stråling, varmestrålingen fra atmosfæren, som vanlig kalles

¹⁾ 1 μ = 0.001 mm. Den synlige del av spektret ligger mellom 0.4 μ . og 0.8 μ .

atmosfærens motstråling. Det er en stråling av samme art som *jordoverflatens egen utstråling*, som også pågår ustantelig, dag og natt. Begge har i hovedsaken samme sammensetning som den såkalte temperaturutstråling fra et (sort) legeme av jordoverflatens temperatur, med bølgelengder fra ca. 3.5μ til ca. 60μ .

I hvilken grad denne strålingstype skiller sig fra solstrålingen fremgår tydelig av fig. 4, hvor begge strålingstyper er inntegnet med samme totalenergi, d. v. s. så de gir samme varmetilførsel pr. cm^2 .

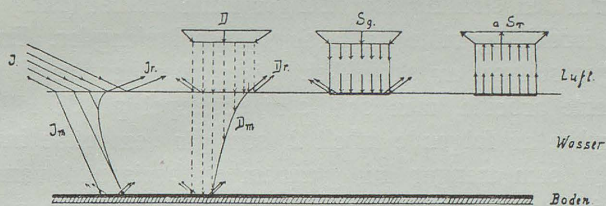


Fig. 5. Skjematisk fremstilling av innstråling og utstråling for en vannflate om dagen.

En meget viktig følge av denne forskjell er at vann eller is, som er gjennomsiktig for synlig lys, d. v. s. slipper meget lysstråling gjennom, d. v. s. slipper meget varmestråling. Atmosfærens motstråling blir fullstendig stan- set, absorbert, av et vannlag på et par hundredels millimeters tykkelse. Fra det samme tynne lag utsendes også den utgående varmestråling, utstrålingen.

For å feste denne forskjell i hukommelsen gir vi en skjematisk oversikt i fig. 5, som gir innstråling og utstråling for en vannflate (eller isflate) om dagen.

Av den *direkte solstråling* I blir en del, I_r , reflektert av overflaten, en annen del I_m trenger inn i vannet og fortset- ter, mens den etterhvert svekkes (absorberes), til bunnen, hvor resten for størstedelen absorberes. Likedan går det i hovedsaken den innfallende *diffuse lysstråling* D . Av *atmo- sjærens motstråling* S_g reflekteres en ubetydelig del, mens det allermeste absorberes i vannets ytterste overflatelag. Fra

det samme lag går *vannets utstråling* ($a \cdot S_T$) ut. Om natten forsvinner lysstrålingen og bare figurens høire halvdel gjelder.

4. *Beregning av innstrålingen.* Vi kommer så over til den oppgave å beregne hvor meget varme som ved stråling tilføres eller fjernes fra et vassdrag på en given årstid og under givne meteorologiske forhold. Vi skal da først behandle lysstrålingen, den *totale innstråling*. Det er en nokså omstendelig beregning som her er nødvendig, dels fordi det direkte sollys reflekteres mer og mer, jo lavere solen står, og dels fordi den stråling som trenger inn i vannet (isen) svekkes på forskjellig måte for forskjellige bølgelengder. Endelig avhenger sollyset av skydekket. Vi må her henviser til forf.s før citerte arbeide, men skal som eksempel på de tall som fåes trykke av følgende tabell 2, som gir den totale innstråling Q_m som trenger inn gjennom en horisontal vannflate (eller isflate) i *Østerdalen*. (61.8° n. br.). Disse tall vil kunne brukes for Syd-Norge.

Tab. 2. *Total innstråling Q_m i kal/cm² døgn i Østerdalen.*

Procent solskinn	100	80	60	40	20	0
Skydekke N.....	0	2	4	6	8	10
24. oktober (19. februar)	134	115	96	77	58	10
8. november (5. februar) ...	90	77	65	52	40	27
23. november (22. januar) ...	60	52	44	35	27	19
8. desember (8. januar)	44	38	32	25	19	13
23. desember	37	32	27	21	16	11

Videre kan man regne med, at denne stråling på sin vei ned gjennom vannet svekkes slik, at

i 0.01 meters dyp er der igjen 70 % av den inntrengende stråling (Q_m)

0.50	"	"	"	"	40	"	"	"	"	"	"
1.0	"	"	"	"	30	"	"	"	"	"	"
2.0	"	"	"	"	25	"	"	"	"	"	"
5.0	"	"	"	"	20	"	"	"	"	"	"

For is uten luftblærer vil de samme tall meget nær være gyldige, og for naturlig is, som alltid inneholder luft, vil svekkelsen i de øverste lag være større.

Da en varmetilførsel av 80 kal/cm^2 dag svarer til at et islag av 1 cm tykkelse smeltes i løpet av en dag, så vil man se, at innstrålingen om vinteren betyr lite sålenge som istilveksten er såpass stor som f. eks. 5—10 cm/døgn, og det forekommer jo lett ved liten istykkelse og måtelig streng vinterkulde. Men den får mer og mer å si jo langsommere veksten blir, d. e. jo større istykkelsen blir. Vi skal senere komme tilbake til det.

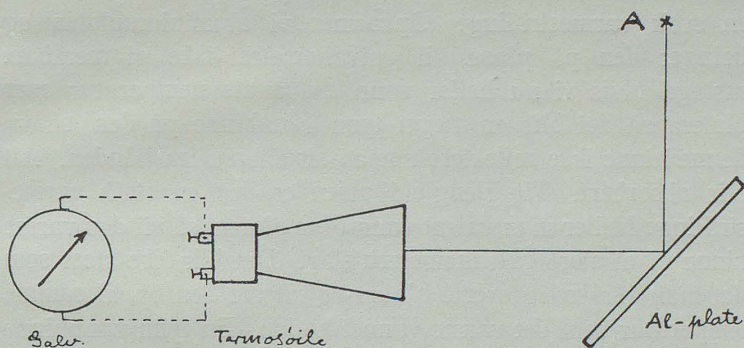


Fig. 6.

5. *Beregning av varmetap ved utstråling.* Vi går så over til varmestrålingen, som omfatter *utstrålingen* fra vannflaten (isflaten) og *atmosfærens motstråling*. Vi har alt nevnt at her kommer bare i betraktning det allerytterste tynne lag av vannet. Ingen av de foreliggende målinger tyder på at det fins noen som helst utstråling fra større dyp i vannet, noen avkjøling av den grunn av de dypere lag eller av bunnen må ansees som utelukket.

Et ganske instruktivt forsøk kan vi her omtale. Vi bruker til å måle strålingen en følsom termosøile som er forbundet med et fint galvanometer. (Fig. 6).

Termosøilens svertete forside antar snart en sådan temperatur, at dens utstråling er lik varmestrålingen fra værelsets vegger, men såsnart strålingen kommer fra et

varmere legeme, vil termosøilens forside oppvarmes og det sendes en strøm gjennom galvanometret. Utslaget som dette gjør blir da et mål for strålingens styrke, eller for den varmestrom den svarer til. Foran termosøilen setter vi først en blankpusset aluminiumplate på skrå, så luftstrømmer langs platen ledes vekk fra termosøilens åpning, hvor de ellers vilde forstyrre målingen. Holder man hånden over platen, ved A, så kommer bare den reflekterte varmestråling fra hånden inn mot termosøilen, og galvanometret gjør et betydelig utslag. Aluminium har m. a. o. en stor refleksjonsevne for varmestråler. Til gjengjeld vil metallet — overensstemmende med Kirchhoffs lov for stråling — selv sende ut bare en svak varmestråling: Opvarmer vi aluminiumplaten og bringer den på plass, vil galvanometret ikke gi merkbart utslag. Hvis vi nu heller vann av værelsestemperatur over platen, så det blir en meget tynn vannhinne på den, så vil denne hinne ikke reflektere noe av strålingen fra hånden. Alt blir absorbert. Til gjengjeld utsender den en sterk varmestråling: Heller man varmt vann over platen, så vil den varme hinne gi et stort galvanometerutslag. Det blir like stort som det man får ved å sverte platen og varme den op til samme temperatur som det varme vannet hadde. En tynn vannhinne er altså for varmestrålingen som en svart hinne.

Efter alt å dømme forholder vann og is sig på samme måte overfor varmestråling.

På grunnlag av A. Å n g s t r ö m s omfattende undersøkelser og målinger kan man beregne *atmosfærens motstråling* når de meteorologiske forhold er kjent. Jordoverflatens egen *utstråling* kan man beregne av lovene for varmestrålingen (S t e f a n — B o l t z m a n n s lov). Forskjellen mellom ut- og innstråling blir *varmetapet ved utstråling*. Målingene viser, at et sådant varmetap *alltid* finnes, men selvfølgelig kan det bli mer enn ophevet av solstråling om dagen. Om natten derimot vil varmetapet ved utstråling uavkortet gjøre sig gjeldende. Imidlertid er det å merke — og det er jo noe alle kjenner til — at tapet ved utstråling er meget avhengig av skydekket og det viser sig også å være avhengig av hvor høit skyene ligger og hvor tette de er. Benytter vi

målinger som er foretatt av A. Ångström og Asklöf, så kan vi finne en formel, som gjengir de gjennomsnittlige forhold. Vi tar så videre hensyn til at vassdragets overflate i almindelighet har en annen temperatur enn temperaturen vi måler i luften, og får tilslutt et enkelt uttrykk for overflatens varmetap ved utstråling.¹⁾ I tabellform gir formelen følgende tall:

Tab. 3. *Varmetap ved utstråling i gramkalorier pr. cm² pr. time.*

Skydekke (0—10)	Elvens overflate- temp. °C	Lufttemperatur °C				
		0	— 10	— 20	— 30	
0	0	10.8	14.6	18.4	22.2	} Åpen elv
5		5.9	9.7	13.5	17.3	
10		1.1	4.9	8.7	12.5	
0	— 10	—	10.8	14.6	18.4	} Islagt elv (eller is + sne)
5		—	5.9	9.7	13.5	
10		—	1.1	4.9	8.7	
0	— 20	—	—	10.8	14.6	
5		—	—	5.9	9.7	
10		—	—	1.1	4.9	

Av tabellen ser vi f. eks. at ved en lufttemperatur av — 10° C vil en åpen elv med null graders vann i overflaten ha en varmestråling ved klar himmel ($N = 0$) på 14.6 kal/cm² time. Det svarer til 350 kal/cm² døgn, hvilket er næsten like meget som den totale innstråling fra sol og himmel for hele desember måned i tabell 1.

Varmeutstrålingen kan således bety et meget stort varmetap.

¹⁾ Formlen lyder i den enkleste form:

$$S_N = 10.8 (1 - 0.09 \cdot N) + 0.38 (t_v - t_l) \text{ kal/cm}^2 \text{ time,}$$

hvor N er skydekket (0—10), t_v er vannets og t_l er luftens temperatur. Denne formel gjelder også for en isflate eller en sneflate av temp. t_v .

6. *Varmetap ved fordunstning og luftveksling (konvek-sjon)*. Både vann og is (og sne) fordamper i luften, hvis denne på forhånd ikke er mettet med vanddamp. Det er betydelige varmemengder som derved bindes, for det skal 600 gramkalorier til for å fordampe 1 g vann av 0° C, og 680 for å fordampe 1 g is av 0° C. Den måte hvorpå vandedampen fjernes fra den fordampende overflate står i den allernærmeste sammenheng med luftvekslingen i luftlaget umiddelbart over. Under almindelige forhold kan man ikke direkte iaktta hvordan det foregår, men under særlige betingelser kan det lykkes. En sådan iakttagelse kan det derfor være av interesse å beskrive.

Den 10. mars 1928, kl. 9 fm., stod jeg ved kanalen i Trondheim. Den er ca. 100 m bred og den var da for størstedelen åpen, med noen drivende isflak her og der. Tvers på kanalen blåste en tørr landvind fra syd (styrke 1—3 Beauport), ved en lufttemperatur av ca. — 12° C. Det »røk« av vannet, i grenselaget var det altså en livlig tåkedannelse, og da solstrålene falt næsten streifende inn over kanalen, blev tåkedråpene lett synlige på den mørke bakgrunn av vannet, og enkelthetene i bevegelsen kunde tydelig skjelnes. Nærmest vannflaten selv var det en tynn »tåkehinne« av et par millimeters tykkelse. Dette tynne lag blev feiet bortover vannflaten av vindstøtene, i likhet med drivende finkornet sne, og tydelige sammenstrømningslinjer tegnet sig ofte. Vindstøtene viste hvor ujevn vinden i virkeligheten er (»vinduroen«), og dessuten kunde man se at vindhastigheten også tiltok med høiden, for det blev stadig ført tåkedotter til vær. Så man nøiere efter, kunde man tydelig se hvordan tåken blev revet istykker av den hvirvlende luft, ført bort og derved hurtig opløst.

Mest iøinefallende var imidlertid alle de »mikrocyclo-ner«, som blev dannet, især langs de før nevnte sammenstrømningslinjer. En slik hvirvel suget frosttåken inn ved foten i ganske tynt lag (noen få millimeter) og den opstigende strøm beveget sig som en roterende cylinder eller slange fremover med vinden, de øvre partier raskere enn de lavere. Disse hvirvler forekom i ytterst forskjellige størrelser, fra

neppe synlige til roterende slanger på 7—8 cm tverrsnitt og optil et par meters høide, som kunde iakttas i 10—20 sekunder før de forsvant ved kanalens bredd. I alle tilfeller fikk de samme skjebne: Den hvirvlende (turbulente) vind slynget den roterende del hit og dit, rotasjonen blev derved nedsatt efterhvert, og især ved hvirvelens øvre ende kunde man ofte se hvordan rotasjonen gikk over i turbulent bevegelse. Derved blev tåkedråpene hurtig oppløst, og den videre bevegelse kunde ikke iakttas. Disse mikrocykloner er ganske visst å betrakte som et bifenomen, men i dette tilfelle gav de en utmerket anledning til å følge luftbevegelsen, fordi de førte tåkedråper med sig til relativt stor høide over den tåkehinne, hvor dampningen og den efterfølgende fortetning foregikk.

Denne iakttagelse som er beskrevet her stemmer med de resultater man er kommet til ved detaljerte målinger i luftlaget kloss nedtil jordoverflaten. Varmeovergangen fra vann til luft ved for dunstning og luftveksling er således fordelt på to vesentlig forskjellige prosesser: Før det første er det et *grenselag*, som er ganske tynt, og i dette lag er luftstrømmingen parallell med vannflaten. Gjennom dette grenselaget vil vanddampen diffundere, og varmen vil transporteres ved almindelig varmeledning (overføring av molekylenes regeløse bevegelse).

For det annet er der over grenselaget et område hvor luften er i omrøring, et turbulent område. Omrøringen vil i høi grad befordre transporten både av varme og av vanddamp, og følgen er at f. eks. temperaturgradienten (d. e. temperaturfall pr. cm) blir meget mindre i dette laget enn i grenselaget.

Denne korte skissen av forholdene i luftlaget like over en vannflate viser oss, at varmeovergangen ved for dunstning og luftveksling (konveksjon) er en sammensatt prosess, og når vi skal søke å beregne varmeovergangen ut fra de vanlige meteorologiske observasjoner, så er det klart at en ganske vidtgående forenkling er både nødvendig og tillatelig.

For for dunstningens vedkommende er det vesentlig to ting som avgjør dens størrelse: Først hvor tørr luften er, d. e. hvor stor forskjell det er mellom vanddamptrykket like

ved vannflaten (f_0) og vanndamptrykket i luften (f) i vanlig observasjonshøide (1.5 m over terrenget); dernæst er vindhastigheten (v) av stor betydning. (For diskussjonen henvises til forf.s før citerte avhandling).

For varmeovergangen ved luftveksling blir det på lignende vis først og fremst forskjellen mellem lufttemperatur (t) og overflatetemperatur som blir den avgjørende, og dernæst vindhastigheten.

I begge de uttrykk man på den måte får, blir det en tallfaktor som må bestemmes ved forsøk, man må m. a. o. bestemme varmetapet ved fordamstning og luftveksling for en elv under givne forhold. En slik bestemmelse har jeg utført ved hjelp av et observasjonsmateriale fra *Nidelven*. Her har Trondheims Elektrisitetsverk to kraftstasjoner, *Hyttefossen* og *Øvre Lerfoss*, som ligger i en avstand av 15 km fra hverandre, og på begge disse steder måles vannets og luftens temperatur daglig. Når da vannføringen og elvens overflateareal er kjent, så kan man av vanntemperaturene regne ut hvor meget varme som er gått tapt pr. cm^2 overflate under vannets passasje fra *Hyttefossen* til *Øvre Lerfoss*. En del av dette varmetap skyldes utstråling som vi kan beregne (avsnitt 5); dessuten kommer det til innstråling, varmetilførsel fra elvebunnen og varmetutvikling på grunn av fallenergien, og disse tilskudd kan også beregnes. (Se avsnitt 4, 7, 8). Det som da blir tilbake av det hele varmetap skyldes fordamstning og luftveksling. På den måte får man beregnet den ukjente tallfaktor i formlene.

For en *vannflate* og en *glatt isflate* blir beregningen den samme, kun med den forskjell som kommer av at isens fordamningsvarme er 680 kal/g, mens vannets er 600. For en *sneflate* vil luftvekslingen gi et større varmetap enn for en *glatt isflate*; ved å benytte målinger av temperatursfordeling i et snedekke har jeg beregnet den tilsvarende endring av formelen.¹⁾

¹⁾ Man kan regne at varmetapet ved fordamstning (s_1) og ved luftveksling (s_2) tilsammen blir:

For en vannflate av temperaturen t_v :

$$s_1 + s_2 = 1.09 \sqrt{v + 0.3 (f_0 - f)} + 0.5 \sqrt{v + 0.3 (t_v - t)} \text{ kal/cm}^2 \text{ time.}$$

(Se neste side).

Tab. 4. *Varmetap fra et vassdrags overflate ved forunstning og luftveksling (konveksjon). (Gramkcalorier pr. cm² pr. time). (Relativ fuktighet 85 %).*

Overflatens temperatur		Lufttemperatur ° C											
		0 °			— 10 °			— 20 °			— 30 °		
		Vindhastighet m/sek.			Vindhastighet m/sek.			Vindhastighet m/sek.			Vindhastighet m/sek.		
		1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
0 °	Åpent vann	0.9	1.4	1.7	9.4	14.5	19.0	16.0	26.0	33.0	23.0	34	45
	Islagt	1.0	1.5	2.0	9.8	15.1	20.0	17.0	27.0	54.0	25.0	39	50
	Snedekket ..	3.9	6.2	7.9	40.0	62.0	80.0	—	—	—	—	—	—
— 10 °	Islagt	—	—	—	0.4	0.7	0.8	7.5	12.0	15.0	14.0	22	28
	Snedekket ..	—	—	—	1.7	2.6	3.4	30.0	48.0	61.0	—	—	—
— 20 °	Islagt	—	—	—	—	—	—	0.1	0.2	0.3	6.4	10	13
	Snedekket ..	—	—	—	—	—	—	0.6	1.0	1.3	26.0	41	52

For en isflate av temperaturen t_s :

$$s_1 + s_2 = 1.23 \sqrt{v + 0.3 (t_0 - t)} + 0.5 \sqrt{v + 0.3 (t_e - t)} \text{ kal/cm}^2 \text{ time.}$$

Og for en sneflate av temperaturen t_s :

$$s_1 + s_2 = 5.0 \sqrt{v + 0.3 (t_0 - t)} + 0.2 \sqrt{v + 0.3 (t_s - t)} \text{ kal/cm}^2 \text{ time.}$$

For å se hvilke tall det dreier sig om har vi for tabell 4 regnet ut varmetapet under typiske vinterforhold. For å begrense tabellens størrelse har vi regnet med en relativ fuktighet på 85 pct. hos luften.

I tabellen er for enkelhets skyld bare tatt med det tilfelle at overflaten har samme temperatur som luften eller at den er varmere. Det kan imidlertid meget vel inntreffe, at varmetapet ved utstråling bringer temperaturen under lufttemperaturen, særlig inntreffer det lett for en sneflate. Da vil konveksjonen bety en *varmetilførsel* fra luften og istedetfor en fordunstning inntrer en kondensasjon (tåkedråper, rim) såsnart overflatens temperatur er sunket under duggpunktet; dette betyr også en varmetilførsel. Disse forhold kommer vi senere tilbake til.

Ser vi litt på tabellens tall, vil vi se at varmetapet f. eks. fra null-graders vann kan bli meget stort når lufttemperaturen er lav og det samtidig er vind (en så liten vindhastighet som 1 m/sek er praktisk talt å regne for stille vær).

(Fortsettes).

Småstykker.

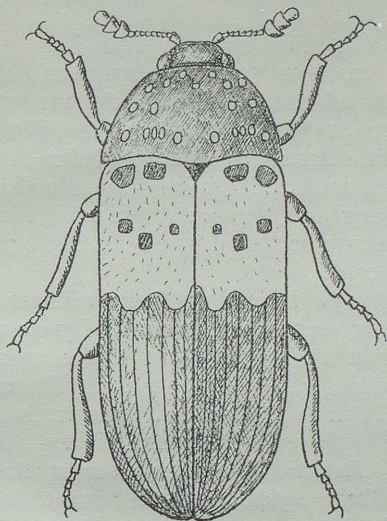
Insekter som fortærer metall. Ved Kaiser-Wilhelm-Institut for metallforskning har nylig professorene Bauer og Vollebuck gjort noen iakttagelser som har adskillig praktisk betydning.

Man har lenge hatt en mistanke om at visse lettere beskadigelser på bestemte metaller har vært forårsaket av insekter, og de plutselige og tilsynelatende uforklarlige lekkasjer på f. eks. blyrør har man henført til disse insekters virksomhet. Det har lenge vært kjent at de vedborende larver av de store trehvepser leilighetsvis kunde forårsake slik skade, men det er helt ukjent at også biller kan spise sig gjennom metall.

Den direkte foranledning til disse undersøkelser av de to berliner-forskere var følgende. Ved forskjellige arbeider på beskadigede underjordiske vannrør av bly fant arbeiderne i rørenes filtisolerlag noen små sorte biller som blev oversendt til undersøkelse. De viste sig å tilhøre slekten *Dermestes*, noen biller

som på norsk kalles for *Klannere*, og hvorav flere arter optrer skadelig i våre huser. I den prøve som var innsendt fant man både den almindelige *Fleskeklanner* og en nærstående syd-amerikansk art.

For å få saken helt videnskapelig fastslått foretok man nu i laboratoriet en rekke forsøk med disse insekter. Av begge arter tok man en rekke eksemplarer som blev puttet på reagensrør tillukket med en blyplombe, og kun en bille i hvert rør. Dessuten blev flere biller innelukket i små esker av bly, hvis vegger hadde en omtrentlig tykkelse av 0.2 mm. Allerede efter kort tid begynte insektene å bearbeide blyet, og man kunde iaktta hvorledes



fint blystøv falt ned på bunnen av glassene. Allerede efter fire timer var blyplombene gjennemboret. En rekke nye forsøk viste at billene også kunde gjennempise kapsler av tinn, men hertil brukte de hele 36 timer, bare aluminium, sink og messing synes å motstå insektenes angrep.

Ved disse forsøk i Kaiser-Wilhelm-Institutet er nu en av årsakene til så mange mystiske lekkasjer på vann- og gassrør fastslått, og særlig later det til at rørdninger av bly er særlig utsatt for billenes skadelige virksomhet.

Fleskeklanneren (*Dermestes lardarius*) angriper ellers, både som larve og som utviklet insekt, både skinn, pelsverk, utstoppede dyr og forskjellige matvarer, og da den formerer sig sterkt, kan den gjøre stor skade. Billen som bare er 7—8 mm lang er langstrakt oval og lett kjennelig derved at den på de mørke

dekkvinger har et grått tverrbånd med små sorte prikker. En næsten kulerund liten art av samme familie, *Museumsbillen*, (*Anthrenus museorum*), er særlig beryktet for de ødeleggelser dens larver kan gjøre på samlinger av preparerte planter eller dyr. Disse insekter hører til museenes verste fiender. Da deres egglegning foregår til forskjellige tider og dessuten eggene kan ligge lenge uten å klekkes, er det ofte vanskelig å bli kvitt dem når de først er kommet inn. Det er allerede tidligere iaktatt at de sterkt hårede larver har angrepet endog så harde stoffer som horn og skilpadde.

Leif R. Natvig.

Kvæfjordkull. For noen år siden blev jeg på Sør-Åkvik i Rødøy forevist en „sten“ som finneren sa mig at jeg ikke hadde sett maken til. Jeg tok stenen i hånden, den var kun et par tommer stor, og sa: „Flyter den“? „Flyter den, er du gal“, sa mannen, men ved vannprøve viste det sig at „stenen“ heller ikke sank. Jeg bestemte gjenstanden derefter ifølge hr. statsgeolog Holmsens artikkel i en tidligere årgang av „Naturen“, som et stykke av det sjeldne Kvæfjordkull. Det var sortbrunt inne i massen og med en lyst gul-brun forvitringsskorpe.

Senere har jeg på Bøsanden i Steigen funnet et lignende men mindre stykke, dog uten forvittringshud, i flyvesand, og i sommer blev jeg forevist et tredje og større stykke av samme stoff, på Myklebostad i Leiranger, Steigen prestegj. Finneren fortalte mig å ha funnet en „sten“ som kunde brenne med en svak flamme. Også nu spurte jeg om den kunde flyte i vann, hvilket besvartes tvilende. Det viste sig dog atter at tingen heller ikke sank ordentlig. Dette stykke er ca. 5 tommer langt, med brun-gul patina på de tre sider, men synes å være brutt løs fra en større masse, hvad finneren også tror var tilfellet dengang han optok det fra en grøftebunn på gården. Det lykkedes ved noen tålmodighet å få det antendt så det flammert ganske svakt.

Efter dette har jeg altså i min besiddelse 3 stykker av dette forholdsvis sjeldne stoff og vil nevne det for »Naturen«s lesere, om det skulde ha videre interesse. Det er jo fornemmelig i de nordligste landsdeler, at Kvæfjordkullet hittil er funnet.

Edv. J. Havnø.

Carl Bosch og Friedrich Bergius. (Nobelprisen i kjemi 1931). Svenske Vetenskapsakademien tildelte de to tyske kjemikere professor Carl Bosch og doktor Friedrich Bergius Nobelprisen i kjemi for 1931, for deres innsats ved utviklingen av de kjemiske høitrykkmetoder. Kjemiprisen gikk således denne gang til menn

som har omsatt videnskapelig utarbeidede metoder til teknisk gjennomførbare prosesser av allerstørste betydning for menneskene og verdenshusholdningen: Bosch har særlig gjort sig fortjent ved bindingen og utnyttelsen av luftens kvelstoff, Bergius ved utnyttelsen av mindre verdifulle og høitkokende jordoljer samt ved overføringen av fast kull (sten- eller brunkull) til „flytende kull“ eller forbrenningsoljer av benzintypen (se „Naturen“ 1928, s. 261).

Den viktigste metode man i nutiden har for binding av luftens kvelstoff (for overføring i kvelstoffgjødning) er den såkalte ammoniakksyntese efter Haber—Bosch. Professor Fritz Haber klargjorde teoretisk og eksperimentelt hvorledes ammoniakk dannes av kvelstoff og vannstoff ved høi temperatur og høit trykk og professor Bosch har som leder av Badische Anilin- und Soda-fabrik gjennomført denne ammoniakksyntese i teknikken. I 1919 fikk Haber Nobelprisen for sin viktige innsats og nu har altså Bosch fått den.

Efter Haber må kvelstoff og vannstoff forenes ved en temperatur på ca. 550° under 200 atmosfærens trykk. Herunder benyttes visse katalysatorer. Å muliggjøre denne prosess i teknisk målestokk støter imidlertid på overmåte store vanskeligheter. De sammentrykkete og opvarmete gasser skal ledes over katalysatormassen (i almindelighet en blanding av jern- og aluminiumoksyder), men å finne et apparat-materiale som motstår gassblandingen ved den høie temperatur og det høie trykk var den store vanskelighet. Bosch løste vanskeligheten ved å gjøre apparatet dobbeltvegget: Det ytre rør blev laget av almindelig stål og hadde kun til opgave å tåle den store trykkforskjell, det indre rør var av kromstål og hadde kun til opgave å tåle temperaturen. Samtidig blev rummet mellom de to rør benyttet for gjennomledning av gassene efter motstrømprinsippet. Når gassblandingen derefter passerer over katalysatormassen i det indre rør får den et ammoniakkinnhold på ca. 5 procent. Ammoniakken bindes (og fjernes) derved at gassblandingen ved uforandret trykk ledes gjennom vann, hvorpå den resterende gassblanding underkastes en fornyet behandling over katalysatormassen: Ved hjelp av pumpe og tilførsel av nye gasser opprettholdes således en stadig sirkulasjonsprosess samtidig som de påny dannede 5 % ammoniakk atter fjernes.

For å opnå en helt tilfredsstillende katalysatormasse måtte Bosch fjerne en rekke meget vanskelige hindringer, likesom han måtte søke å skaffe en tilgang på kvelstoff og vannstoff så billig som mulig. For endelig å få gjødningsstoffet ammoniumsulfat benyttet Bosch ikke svovlsyre men billigere utgangsprodukter, som f. eks. gips (kalcium-sulfat). Når ammoniakk og kullsyre innvirker på gips dannes så ammoniumsulfat og kalk (kalciumkarbonat). Også for den tekniske

oksydering av ammoniakk til salpetersyre har Bosch nedlagt et meget betydningsfullt arbeide. Herunder benytter han også katalysatormasser (jernoksyd og bestemte vismutforbindelser).

Som følge av de seneste tiders veldige utvikling innen motorindustrien har benzinproduksjonen ikke vært istand til å klare den rent eventyrlig stigende efterspørsel etter benzin. Overalt hvor mineral- og jordoljene inneholder mindre verdifulle, høit kokende oljer søker man derfor å utnytte også disse for benzinframstilling: Man spalter dem i mere lavmolekulære benzinlignende produkter gjennom destillasjon, „cracking“. Mest benyttes Dubbprosessen: Under ca. 12 atmf. trykk strømmer olje av 465° inn i en kjel, her blir den nogen tid og spaltes da i oljer av lavere kokepkt. og i stoffer av ennu høiere kokepkt. enn oprinnelig (de siste brukes for fyring). På den vis fåes 40—50 % av oljen overført i en slags benzin, men denne har den store ulempe å inneholde adskillig av „umettede“ kullvannstoffer. Her har Bergius fjernet vanskelighetene ved at ophete jordoljen under 100—200 atmf. vannstofftrykk til 400—500°. Derved fåes en lett olje — en benzin — som omtrent utelukkende består av lavtkokende mettede kullvannstoffer.

Et ennu viktigere problem løste Bergius ved teknisk å overføre stenkull eller brunkull i benzin. Jordens kullforråd er nemlig langt rikere enn dens jordoljeforråd, og hvis derfor jordoljen en gang i fremtiden skulde slippe op, så har man fremdeles de mektige kulleier i reserve. Bergius' fremgangsmåte består i at han finpulveriserer kullene og opslemmer pulveret i en mineralolje, hvorefter blandingen ophetes under 100—200 atmf. vannstofftrykk til ca. 400°. På det vis blir kullpulveret overført i „flytende kull“. Av stor viktighet er det at de mindre verdifulle brunkull i særskilt grad egner sig for denne prosess („Berginprosessen“). Av 1 tonn kull fikk således Bergius ca. 210 kg. brennbare gasser, ca. 150 kg. olje (kpkt. 50°—250°) brukbar for motordrift og ca. 350 kg. olje brukbare i dieselmotorer og som smøreoljer. Denne Bergius' metode er blitt utviklet videre av I. G. Farbenindustrie, som også har benyttet katalysatorer for å overføre stenkull og brunkull i „flytende kull“. Metoden er derved blitt muligjort for teknisk drift i stor stil.

T. G.

Nye bøker og avhandlinger.

Til redaksjonen er innsendt:

- P. A. Øyen: Jordbunnehistoriske betraktninger. (Særtrykk av Norsk Geol. Tidsskrift. B. XII, s. 583—590, 1931).
41. Årsberetning om Norges Landbrukshøiskoles åkervekstforsøk ved forsøksleder og professor Knut Vik. 87 s. Oslo, 1931. (Johansen & Nielsens Boktrykkeri).
- Science Progress. A quarterly review of scientific thought, work & affairs. No. 103. January 1932. Vol. XXVI, s. 377—564. London, 1932. (John Murray).
- Paul Rosenius: Sveriges Fåglar och Fågelbon. 149^E—170^E häftena. Lund. (C. W. K. Gleerups Förlag).
- Victor Hansen: Biller IX. Vandkærer. 163 s. (Danmarks Fauna. Nr. 36. Haandbøger over den danske Dyreverden udgivet av Dansk Naturhistorisk Forening). København, 1931. (G. E. C. Gads Forlag).
- Axel Holst og Olav Notevarp: Om frysning av fisk og fiskefilet. En oversikt. 68 sider. (Årsberetning vedkommende Norges Fiskerier 1931 — nr. IV). Bergen, 1932. (A/S John Griegs Boktrykkeri).
- Die Wirbeltierfundstellen im Geiseltal. Herausgegeben von Emil Abderhalden. Redigiert von Johannes Weigelt. 96 S. Mit 15 Tafeln und 4 Abbildungen. — Nova Acta, Neue Folge. Bd 1. Heft 1. 1932. Halle a. S.
- Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. Einundsiebzigster Jahresbericht. Vereinsjahr 1930/31. 137 S. Wien 1931 (Kommissionsverlag: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig).
-

DANMARKS FAUNA

Illustrerte håndbøger over Den danske dyreverden.

Utgitt av Dansk naturhistorisk forening.

Den kjente zoolog magister *J. O. Bøving-Petersen* skriver:

„Danmarks Fauna, et standardverk, skrevet av våre ypperste spesialister, — hvert enkelt bind kan kjøpes for sig, og tilsammen vil hele rekken utgjøre den mest fullkomne håndbok over noget lands dyreverden, der ennå har sett dagens lys. — Frankrig har efter verdenskrigen påbegynt en *Fauna de France*, nettop med „Danmarks Fauna“ som mønster, ti overalt i utlandet nyter dette verk anseelse som et hittil uopnådd forbillede, et unikum.“

I en anmeldelse av det nyeste bind (Tusindben) skriver lektor, cand. mag. frøken *Sophie Petersen* bl. a.:

„Derfor bør et sådant arbeide likesom alle de øvrige bind av Danmarks Fauna finnes på de steder, hvor man skal ha adgang til populære naturhistoriske verker: Skolebiblioteker, folkebiblioteker, museer og lignende steder.“

Fortegnelse over de hittil utkomne bind tilsendes på forlangende.

G. E. C. Gads Forlag — Kjøbenhavn.

Dansk Kennelklub.

Aarskontingent 12 Kr. med Organ *Tidsskriftet Hunden* frit tilsendt.

Tidsskriftet Hunden.

Abonnem. alene 6 Kr. aarl.; Kundgjørelser opt. til billig Takst. Prøvehefte frit.

Dansk Hundestambog. Aarlig Udstilling.

Stormgade 25. Aaben fra 10—2. Tlf. Byen 3475. København B.

Dansk ornithologisk Forenings Tidsskrift,

redigeret af Docent ved Københavns Universitet R. H. Stamm (Hovmarksvej 26, Charlottenlund), udkommer aarligt med 4 illustrerede Hefter. Tidsskriftet koster pr. Aargang 8 Kr. + Porto og faas ved Henvendelse til Fuldmægtig J. Späth, Niels Hemmingsens Gade 24, København, K.