

LANDET BLIR TIL

Norges geologi

**Illustrasjonen som finnes
i den trykte utgaven er
fjernet her av
opphavsrettslige grunner.**

Ivar B. Ramberg Inge Bryhni Arvid Nøttvedt Kristin Rangnes (red.)

2. utgave

LANDET BLIR TIL

Norges geologi

2. utgave



Ivar B. Ramberg Inge Bryhni Arvid Nøttvedt Kristin Rangnes (red.)

Første opplag 2006.
Annet opplag, med rettelser 2007.
2. utgave 2013.

ISBN 978-82-92-39483-0

Rettinghaver: © Norsk Geologisk Forening (NGF)

Redaktører: Ivar B. Ramberg, Inge Bryhni, Arvid Nøttvedt og Kristin Rangnes.

Redaksjonsstab 1. utgave: Kristin Rangnes og Kristen Mørk.
Styringskomité 1. utgave: Inger Strass, Gunn Mangerud, Anthony Spencer, Leif Lømo.
Johan Petter Nystuen og Bjørn Tore Larsen takkes spesielt for viktige bidrag og diskusjoner.

Grafisk utforming: Bjørg Inger Svendgård (NGU) og Unni Fjærestad (07 Media).
Ombrekking: Bjørg Inger Svendgård (NGU), Lara Rolseth (Plenti Design)
og Unni Fjærestad (07 Media).

Forsidefoto: Per Eide, Edelpix.
Trænstaven er et kjent landemerke på norskekysten. Berggrunnen på Træna er den vestlige fortsettelsen av grunnfjellsområdet i Sjøna. Markante topper av motstandsdyktige gneiser stikker opp fra strandflaten, som er en svært godt utviklet landform i Nordland.

Trykk: 07 Media – 07.no

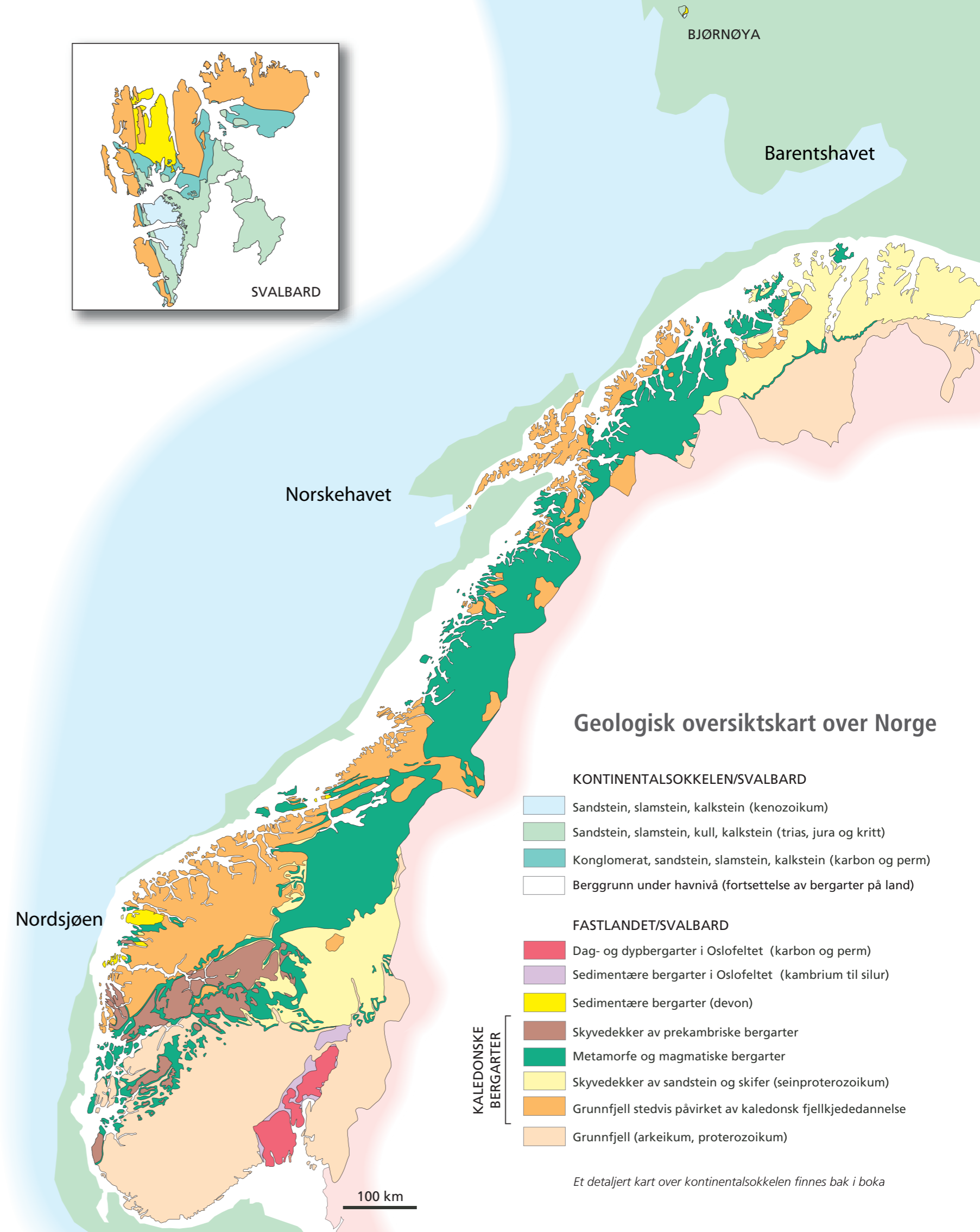
UTGIVER:
Norsk Geologisk Forening (NGF)
c/o NGU, 7491 Trondheim
Tlf.: +47 73904468, Fax: +47 73921620

Det må ikke kopieres fra denne boken i strid med åndsverksloven eller i strid med avtaler om kopiering inngått med Kopinor, interesseorgan for rettighetshaveret til åndsverk. Copyright for tekst og illustrasjoner ligger hos NGF og forfatterne.

Sitering av boken: Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangnes, K. (red), 2013. Landet blir til – Norges geologi. 2. utg. Trondheim. Norsk Geologisk Forening, 656 s.
Enkeltkapitler: Nystuen, J.P. 2013. Jorda skifter ansikt – geologiske prosesser. I: Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangnes, K. (red). Landet blir til – Norges geologi. 2. utg. Trondheim. Norsk Geologisk Forening, 608 s.

Boken foreligger også i engelsk utgave: Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. and Rangnes, K. (eds), 2008. The Making of a Land – Geology of Norway. Trondheim. Norsk Geologisk Forening, 624 p.

SPONSORER:
Norsk Geologisk Forening retter en stor takk til våre tretten sponsorer som gjennom viktige bidrag har muliggjort utgivelsen av denne boken.



Geologisk oversiktskart over Norge

KONTINENTALSOKKELEN/SVALBARD

- Sandstein, slamstein, kalkstein (kenozoikum)
- Sandstein, slamstein, kull, kalkstein (trias, jura og kritt)
- Konglomerat, sandstein, slamstein, kalkstein (karbon og perm)
- Berggrunn under havnivå (fortsettelse av bergarter på land)

FASTLANDET/SVALBARD

- Dag- og dypbergarter i Oslofeltet (karbon og perm)
- Sedimentære bergarter i Oslofeltet (kambrium til silur)
- Sedimentære bergarter (devon)
- Skyvedekker av prekambriske bergarter
- Metamorfe og magmatiske bergarter
- Skyvedekker av sandstein og skifer (seinproterozoikum)
- Grunnfjell stedvis påvirket av kaledonsk fjellkjededannelse
- Grunnfjell (arkeikum, proterozoikum)

KALEDONISKE
BERGARTER

100 km

Et detaljert kart over kontinentalsokkelen finnes bak i boka

LANDET BLIR TIL

Norges geologi

Illustrasjonen som finnes
i den trykte utgaven er
fjernet her av
opphavsrettslige grunner.

Ivar B. Ramberg Inge Bryhni Arvid Nøttvedt Kristin Rangnes (red.)

2. utgave

Isbre ved Kongsfjorden, Svalbard. (Foto: O. Mathismoen)

Breen sliter huden av berggrunnen, åpner fjellene. Isens retning ripet inn i landskapet. År flyter sammen, er månens vandring i vannspeilet.

I steinene er elvestrender, pulsslags, istider.

Fra diktsamlingen Delta av Marte Huke, Tiden Norsk Forlag, 2002

Forord

Det er i disse dager hundre år siden Norge ble sjøsatt som selvstendig nasjon. Langt lenger er det siden Norge oppsto som land. Det er den spennende historien om utviklingen av landet vårt, som startet lenge før mennesket satte fot på Jorda, som "*Landet blir til – Norges geologi*" forteller om. Fortellingen beskriver geologien både på land og til havs, og sikter på en bredere lesekrets enn bare fagmiljøene.

Det er nå nesten et halvt århundre siden det forrige samleverk om norsk geologi så dagens lys. Boka fyller derfor et viktig behov, først og fremst for fagfolk ved landets læresteder, i industri og forvaltning, men også blant dem som rett og slett er litt nysgjerrige på naturens underverk som omgir oss. Boka gir en oversikt over landets mer enn tre milliarder år lange geologiske historie – om fjellenes, fjordenes, flatbygdenes og kontinentalsokkelens dannelse – om olje, gass, vann og andre mineralressurser – om geofarer og praktisk anvendelse av geologisk viten.

Samtidig som Norge jubilerer i 2005, var det flere viktige institusjoner som også rundet sine første hundre år, blant dem Norsk Geologisk Forening (NGF). Hundreårsmarkeringen har vært en inspirasjon, og utgivelsen av "*Landet blir til – Norges geologi*" er et ledd i feiringen av hundreårsjubileet. Boka er også et bidrag til en av Regjeringens hovedmålsetninger for hundreårsmarkeringen, å sette fokus på "landets forhold til naturen og dets ressurser".

Boka er et resultat av dugnadsinnsats. En rekke av landets ledende geologer har bidratt som fagredaktører og medforfattere til de nærmere tjue kapitlene, til faktarammer og illustrasjoner. I tillegg har en lang rekke enkeltpersoner, faginstitutioner og selskaper bidratt med betydelig faglig, teknisk og finansiell bistand. Sentrale sponsorer har vært Hydro, Shell, Statoil, DNO, Norges geologisk undersøkelse (NGU) og Oljedirektoratet (OD). Til alle bidragsytere, fagfolk og institusjoner, rettes det en hjertelig takk for innsats og støtte.

Ivar B. Ramberg
Juni, 2006

Forord, 1. utgave, 2. opplag

Målsetningen med utgivelsen av "*Landet blir til – Norges geologi*" har vært å skape interesse for og kunnskap om geofag hos en bredere lesekrets enn hos bare de "faglærde". Det har derfor vært med stor glede vi har registrert at første opplag (7000 eksemplarer) ble utsolgt på litt over to måneder. Opplag nr. 2 er i all hovedsak et opptrykk av førsteutgivelsen, men hvor trykkfeil og en del skjønnhetspletter er fjernet, samt noen illustrasjoner og figurtekster forbedret eller skiftet ut. Redaksjonen vil takke alle som har bidratt med innspill og gode forslag til forbedringer.

Ivar B. Ramberg
Mars 2007

Forord, 2. utgave

Første utgave av *Landet blir til – Norges geologi* (LBT), tilsammen 14 000 eksemplarer, er utsolgt. Den nye utgaven av LBT er en oppgradert versjon, med en rekke større og mindre endringer, bl.a. et nytt kapittel om "Attraksjoner fra naturens verksted", et dypdykk i Norges ukjente underverden, en utvidet stikkordliste og en bibliografi over viktige bøker og publikasjoner, knyttet opp mot de enkelte kapitlene. Det er også tatt med flere nye rammer og illustrasjoner, foruten ajourføring av aktuelle fakta og kartvedlegg. Videre er boken oppdatert i forhold til den nye geologiske tidsskalaen (GTS 2013), se tabell siste side. Redaksjonen ønsker leserne – studenter, geologer, lærere, amatører og naturelskere – fortsatt mange geologiske gledesstunder; nå med den ferske utgaven av *Landet blir til*.

Ivar B. Ramberg
September 2013

Innhold

| | | | | | |
|----------------|---|----------|----------------|---|----------|
| Kap. 1: | Innledning Norges geologi fra urtid til nåtid <i>Ivar B. Ramberg, Inge Bryhni, Arvid Nøttvedt og Kristin Rangnes</i> | Side 10 | Kap.12: | Grunnlaget for Norges oljerikdom Seinjura, et øyhav vokser fram; 164–145 Ma <i>Arvid Nøttvedt og Erik P. Johannessen</i> | Side 386 |
| Kap. 2: | Jorda skifter ansikt Geologiske prosesser <i>Johan Petter Nystuen</i> | Side 20 | Kap.13: | Høyt hav og lave horisonter Kritt, jordas drivhustid; 145–66 Ma <i>Harald Brekke og Snorre Olaussen</i> | Side 422 |
| Kap. 3: | De eldste bergartene dannes Jordas urtid; 4600–850 Ma(*) <i>Øystein Nordgulen og Arild Andresen</i> | Side 62 | Kap.14: | Av hav stiger landet Paleogen og neogen, kontinentene av i dag formes; 66–2,6 Ma <i>Ole J. Martinsen, Arvid Nøttvedt og Rolf-Birger Pedersen</i> | Side 448 |
| Kap. 4: | Urtidskontinentet brytes opp Seinprekambrium, fra urtid til oldtid; 850–541 Ma <i>Johan Petter Nystuen</i> | Side 120 | Kap.15: | Istider kommer og går Pleistocen; 2,6 Ma til 11 700 år <i>Tore O. Vorren og Jan Mangerud</i> | Side 494 |
| Kap. 5: | Havet oversvømmer landet Kambrium, ordovicium, silur – et yrende liv i havet; 541–419 Ma <i>Hans Arne Nakrem og David Worsley</i> | Side 148 | Kap.16: | Norge trer fram De siste 11 700 år – Holocen <i>Tore O. Vorren, Jan Mangerud, Lars H. Blikra, Atle Nesje og Harald Sveian</i> | Side 548 |
| Kap. 6: | En fjellkjede blir til Oppbygningen av kaledonidene; ca. 500–405 Ma <i>Haakon Fossen, Rolf-Birger Pedersen, Steffen Bergh og Arild Andresen</i> | Side 180 | Kap.17: | Hva vil fremtiden bringe? Geofarer, klimaendringer, landheving og kontinentforflytning <i>Ivar B. Ramberg, Eysteim Jansen, Odleiv Olesen og Trond H. Torsvik</i> | Side 576 |
| Kap. 7: | Fjellkjeden går til grunne Kaledonidene brytes ned; ca. 405–359 Ma <i>Haakon Fossen, Winfried Dallmann og Torgeir B. Andersen</i> | Side 234 | Kap.18: | Attraksjoner fra naturens verksted Geologiske perler skapt gjennom milliarder av år <i>Halfdan Carstens</i> | Side 608 |
| Kap. 8: | Vidstrakte sletter, kull og salt Karbon og perm i nord; 359–252 Ma <i>Arvid Nøttvedt og David Worsley</i> | Side 262 | | Diverse geologiske kart | Side 624 |
| Kap. 9: | Vulkaner, forkastninger og ørkenklima Osloriften og Nordsjøen i karbon og perm; 359–252 Ma <i>Bjørn T. Larsen, Snorre Olaussen, Bjørn Sundvoll og Michel Heeremans</i> | Side 288 | | Bibliografi <i>Kristin Rangnes</i> | Side 630 |
| Kap.10: | Fra ørken til elveslette – fra land til hav Trias; 252–201 Ma <i>Johan Petter Nystuen, Atle Mørk, Reidar Müller og Arvid Nøttvedt</i> | Side 332 | | Stikkordegister <i>Kristin Rangnes</i> | Side 646 |
| Kap.11: | Norge omkranses av kystsletter og deltaer Tidlig- og mellomjura; 201–164 Ma <i>Erik P. Johannessen og Arvid Nøttvedt</i> | Side 358 | | Takk til bidragsytere | Side 654 |
| | | | | Geologisk tidsskala (GTS 2013) | Side 656 |
| | | | | Geologisk Norgeskart (1: 2 000 000) er vedlagt boka <i>Arne Solli og Øystein Nordgulen</i> | |

* Forkortelsen Ma betyr "Mega-annum" eller "Millioner år"

KAPITTEL 1

IVAR B. RAMBERG
INGE BRYHNI
ARVID NØTTVEDT
KRISTIN RANGNES

Innledning

NORGES GEOLOGI FRA URTID TIL NÅTID



Norges fjellheim har tjent som inspirasjonskilde

ikke bare for tidlige vandrerpionerer, kunstnere, fjellklatrere og turister,

men også for naturforskere som har villet avlure fjellene deres hemmeligheter.

*Fjellheimen – og dalførene mellom – er ikke bare vakker og vill, men også grunnleggende for
vår sivilisasjon, som fundament for bosetningen, ressursene og det biologiske mangfoldet.*

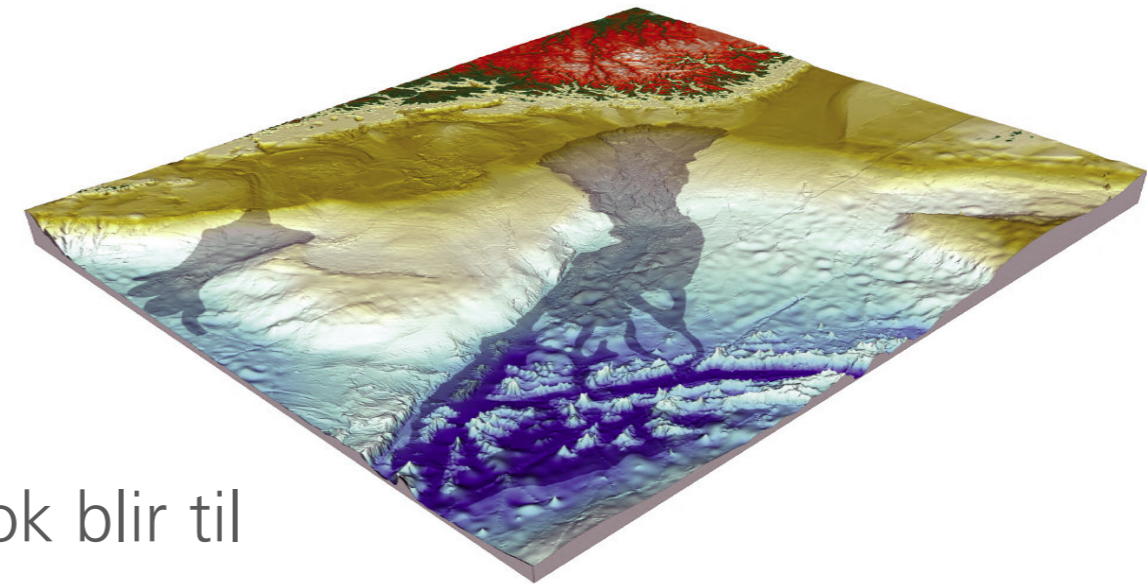
LANDET BLIR TIL

Norges geologi

Illustrasjonen som finnes i den trykte utgaven er fjernet her av opphavsrettslige grunner.

Ivar B. Ramberg Inge Bryhni Arvid Nøttvedt Kristin Rangnes (red.)

2. utgave



Storeggaskredet. Skredmateriale (vist i grått og blått sentralt i bildet) ble fraktet flere hundre kilometer nedover kontinentalskråningen og ut på dyphavet. Fastlands-Norge ses (i rødt) i bakgrunnen. (Illustrasjon: Hydro)

Ei bok blir til

"Landet blir til" beskriver Norges geologi, på land og på sokkelen, fra den spede begynnelse i fjern prekambrisk tid til prosessene som fortsatt foregår og former land og jord. Geologi er læren om Jordas oppbygning og historie, et spennende fagfelt og nøkkelen til vårt lands rikdommer.

De geologiske ressurser er grunnlaget for vår velferd. I boka fortelles det om de geologiske prosesser og produkter, med vekt på den historiske utvikling. Boka gir en beskrivelse av Norge og den kloden vi bor på, og lever av. Geologisk kunnskap inngår i mange ulike sammenhenger. Den hjelper oss til bedre å forstå det samfunnet vi er en del av, som for eksempel petroleums- og steinindustriens betydning for økonomi og dagligliv, vannets kretsløp og betydning for alt liv, og – ikke minst – hvorledes naturen påvirker oss på en lang rekke områder, i fritid og arbeid.

"*Landet blir til – Norges geologi*" er også tenkt som et tilbud til alle som er interessert i geologi eller som bare er nysgjerrige på hvordan naturen rundt oss fungerer. Boka representerer et supplement til den omfattende og detaljerte faglitteraturen som finnes om landet vårt. Forfatterne har dessuten påtatt seg den ambisiøse oppgaven å gi en samlet oversikt over Norges geologi, fra den øverste, kneisende fjelltopp i vår fagre fjellheim til den dypeste og dunkle skredgrop på sokkelen utenfor. Norge er en geologisk skattkiste som i denne boken åpnes for alle interesserte.

Målsetningen for boka er gjennom tekst og bilder å formidle kunnskap om fastlandets og kontinentalsokkelens geologi, primært til studenter og faggeologer, men kanskje også til et bredere publikum. Selv om boka ikke alltid er spesielt lettlest, og geologi og geologisk fagterminologi er "ukjent terreng" for de fleste, vil både lærere, industrifolk, folk i forvaltningen og landets mange amatørgeologer kunne ha utbytte og glede av utvalgte deler av boka. I tillegg har det vært et ønske å illustrere hvorledes de geologiske prosessene og produktene har formet og skapt ikke bare landet vi bor i, men også lagt grunnlaget for de naturressurser vi lever av i dag og skal leve av i fremtiden. Boka bygger på mange kunnskapskilder, og er forsøkt skrevet på en noe mer "populærvitenskapelig" måte enn i faglitteraturen, uten referanser og altfor mange faguttrykk. Vi håper de mange urefererte bidragsytere vil tilgi oss dette, og at leserne har forståelse for at man noen ganger ikke kommer utenom en del fagterminologi. Hensikten har vært at framstillingen skal være tilgjengelig for flere, også utenom fagmiljøene.

Mange har ventet lenge og med utålmodighet på et moderne verk som tar for seg hele Norges geologi, inklusive kontinentalsokkelen. Det er nå et halvt århundre siden de siste store samleverk utkom, som Olaf Holtedahls populærvitenskapelige bestselger fra 1951, hans vitenskapelige samleverk fra 1953 og, ikke minst "Geology of



"Geologer i arbeid", med utsikt mot Hurungene. Gleden over naturopplevelsen forsterkes av kunnskapen om at man her står oppå et opptil 20 kilometer tykt skyvedekke (Jotundekket) som er skjøvet flere hundre kilometer sørøstover over yngre bergarter under dannelsen av den kaledonske fjellkjeden. Maleriet er av Johannes Flintoe, kopiert etter en tidligere akvarell av geologen B.M. Keilhau. Gjengis med tillatelse fra Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design. (Foto: J. Lathion)

Norway" (1960), som han redigerte og fikk utgitt i forbindelse med den 21. geologiske verdenskonferanse i Norden samme år. Fremheves bør også Christoffer Oftedahls oversiktsverk fra 1974 og 1980, samt Steinar Skjeseths A-Magasin-artikler som seinere ble samlet i bokformat (1974) og ble en publikumsuksess med en rekke opplag på til sammen nærmere 100 000 eksemplarer.

Men mye vann har rent i havet siden den gang, og mye ny kunnskap om norsk geologi, både til lands og til havs, er samlet inn. Ikke minst har bevisstheten om geologiens nytteverdi for samfunnet økt betydelig. I denne boka har vi lagt mindre vekt på vitenskapshistorisk stoff – som kunne fortjene sin egen fylldige framstilling – og i stedet konsentrert oss om de nyere landevinningene i kunnskapen om landets geologi. For femti år siden var kontinentalsokkelen og "offshore" nærmest ukjente begreper i geologisk og daglig terminologi. Det samme gjaldt ord som platetektonikk, miljøgeologi, paleoklimatologi, geomedisin, for å nevne noen av de siste års viktige nyskapingner. Vitenskapen har rykket fram på bred front. Og selv om kunnskapsbehovet fortsatt er stort, har samfunnet etter hvert fått økt forståelse for noen av de mange anvendelsesområdene for geovitenskapene. Det dreier seg om malm, stein, grus, sjeldne mineraler og de nærmere 90 grunnstoffene som det moderne samfunn skritt for skritt har gjort seg avhengig av. Det dreier seg også om (rent) vann, olje og gass, som er selve fundamentet for Norges vekst og velstandsutvikling. Hvordan vi forvalter våre ressurser på en økonomisk og miljømessig forsvarlig måte, til glede for oss selv og kommende generasjoner, er blitt et kardinalspørsmål for forskere, politikere og den brede allmenheten.

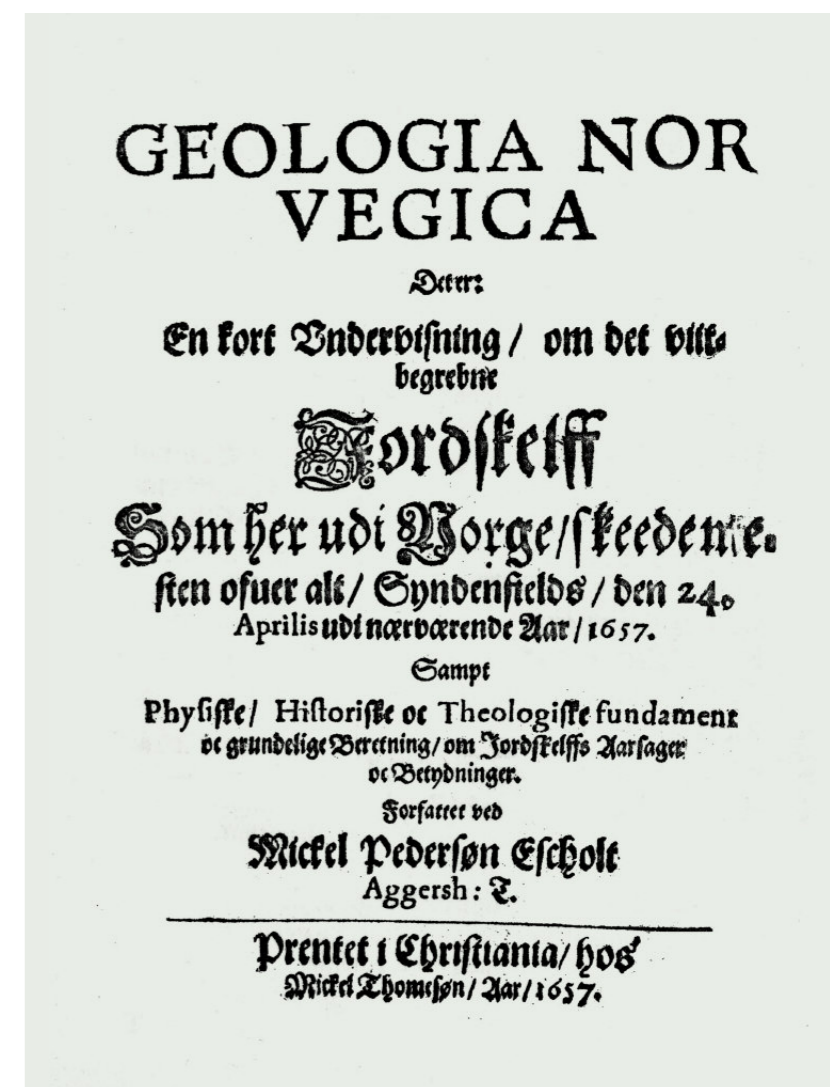
Det dreier seg også om by- og regionalplanlegging, om hvordan vi lagrer avfallsproduktene våre, som radioaktive stoffer, på en trygg og langsiktig måte. Det handler om hvorledes vi trygger og varsler befolkningen mot ras, skred og andre naturkatastrofer. Det dreier seg om helseforbedringer gjennom bedre kunnskap om geomedisin,

om hvorledes vi mennesker skal unngå selv å utløse eller utfordre naturkatastrofer (geofarer) og om grundigere forståelse av sammenhengen mellom klima, menneskelig aktivitet og naturlig forekommende klimavariasjoner. Sist, men ikke minst: på samme måte som vår iboende nysgjerrighet og kunnskapstørst frambringer interesse for menneskenes egen, kortvarige historie på jorda, så er det viktig for oss å vite noe om Jordas utviklingshistorie. Den er minst like spennende som vår egen historie, men spenner over umåtelig større tidsrom. Og det er nettopp en reise gjennom Norges geologiske historie, fra urtid til nåtid, leseren inviteres med på her.

Jorda er som en kjempeball av stein. Det er hele 6371 kilometer inn til kjernens sentrum, og biologien, som vi selv er en del av, utgjør bare et tynt skall ytterst på ballen, som skurv på et eple. Avhengigheten mellom skurv og eple, menneske og steinballen vi klorer oss fast på, er stor, men ikke alltid like åpenbar. Vi blir tydeligst minnet om dette når jorda rystes av jordskjelv, eller når det går et større stein- eller leirskred (som f.eks. Verdalskredet i 1893 eller Rissaskredet i 1978). Da opplever vi på kroppen at de geologiske prosessene pågår rundt oss, at jorda er dynamisk, og at det påvirker våre liv og vår livskvalitet.

Mest dramatisk og visuelt ser vi dette demonstrert f.eks. ved flodbølger (*tsunamier*) og vulkanutbrudd. Selv om disse fenomenene i dag mest foregår i andre land, har de vært viktige for utformingen av landet vårt. De *langsomme* geologiske prosessene, som kanskje forandrer landet vårt mer enn noe annet, er derimot for langdryge til at vi mennesker helt klarer å registrere dem. Livet er for kort til det. Men et eksempel kan illustrere: La oss se for oss en steinaldermann som drog båten sin på land innerst i en Vestlandsfjord etter en dag med fangst på fjorden for ca. 7000 år siden. Skulle han, eller etterkommerne hans, ha hentet båten i dag, måtte de ha lett et godt stykke opp i lia. For landet har løftet mye på seg siden den gang, og ikke bare på Vestlandet, men alle steder som lå dekket av isbre under den siste istiden. Og landhevingen pågår fortsatt, vi legger bare ikke merke til det. Ikke før vi begynner å finlese tegnene i naturen, i grus, sand og torv og i strandlinjer og terrasser i den faste berggrunnen.

Den første vi vet om som startet systematisk registrering av naturens fenomener, og som også benyttet ordet *geologi* i sin nåværende betydning, var presten Michel Pedersøn Escholt. I 1657 publiserte han "Geologia Norvegica", en beretning om jordskjelv, dets fysiske, historiske og teologiske fundament. En faksimile av forsiden er vist her. For dem som kan lese gotisk skrift, er det en spennende og tankevekkende beretning, men definitivt mer teologi enn geologi – som praksis var den gang. Vi håper den *moderne* beretningen om Norges geologiske historie og de geologiske prosesser og produkter vil vise seg å være minst like fengende!



Faksimile av Michel Pedersøn Escholts 'Geologia Norvegica', Christiania 1657



For mange mennesker representerer naturens mangfold av mineraler – med til sammen over 4000 forskjellige typer – i ulike farger og former, selve inngangsporten til interessen for geologi. Bildet viser skolesitt, et zeolittmineral, fra Sulitjelma. (Foto: P. Aas)

Bokas oppbygning

Som seg hør og bør for alle som vil fortelle en historie, presenterer vi i denne boka fortellingen om hvordan "Landet blir til – Norges geologi" i kronologisk orden, og starter med det vi kaller urtiden.

I begynnelsen av urtiden var Norge som land knapt skapt, atmosfæren manglet i lange tider oksygen, og livet bestod gjennom milliarder av år utelukkende av enkle, éncellele skapninger. Store deler av det geologene kaller *grunnfjellet*, Norges egentlig fundament, oppstod i løpet av *urtiden* (*prekambrium*), jordas lengste hovedperiode (kapittel 3 og 4). I den etterfølgende æraen, *oldtiden* (også kalt *paleozoikum*), skjedde det mye (kapittel 5 til 9). Dyre- og plantelivet i havet utviklet seg med tidvis nesten "eksplosiv" kraft, for deretter å erobre landjorda som til da hadde bestått av bare nakent fjell og grus. I Norge hevet en mektig fjellkjede seg, *kaledonidene*, mot de store høyder, kanskje like stor og flott som Himalaya i dag, men gikk etter hvert til grunne som resultat av erosjon og indre krefters påvirkning. Mot slutten av oldtiden, i *karbon-* og *permtiden*, befant "Norge" seg nær ekvator. Tropiske skoger og ørkenklima satte sitt preg på landet og bergartene. I denne perioden ble *Oslo riften* utviklet, med et fyrverkeri av vulkanisme som varte i nærmere sytti millioner år. En fjerdedel av Norges befolkning bor i et landskap formet av den permiske vulkanismen og oppsprekningen av jordskorpa.

Yngre bergarter, som forteller historien om *mesozoikum*, jordas mellomalder (kapittel 10 til 14), finner vi i dag mest på kontinentalsokkelen. Mesozoiske bergarter fra *trias-*, *jura-* og *krittperiodene* befant seg også en gang på det som nå er Norges fastland. I dag er de fullstendig slitt bort, bortsett fra noen få steder, som på Andøya. På Svalbard er de derimot rikelig representert, og gir oss verdifull innsikt i geologien som ellers er skjult under Barentshavet og havområdene lenger sør. Mesozoikum var også tiden da dinosaurerne trampet på Norges jord, og fotspor fra disse gigantene kan fortsatt gjenfinnes som fossile avtrykk i bergarter på Svalbard. Og store nye fossilfunn er gjort i den senere tid. Mesozoikum er også historien om utviklingen av Norges viktigste ressurser, olje og gass. Utforskningen av Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet ville aldri kunnet skje uten oljeselskapenes innsats og utviklingen av moderne kartleggingsteknologi.

De yngste bergartene representerer de siste 66 millioner års historie. De inndeles i periodene *paleogen* og *neogen* (kapittel 14) – tidligere betegnet tertiær – og *kvartær* (kapittel 15 og 16). På slutten, særlig i kvartær, oppstod de landskaps- og kystformer som vi alle er kjent med og som kjennetegner Norge av i dag. Mennesket (menneskeslekten *Homo*) oppstod en gang i løpet av de siste par-tre millioner år, og har altså bare vært med på den siste knappe halve promillen av jordas totale levetid. I et 24 timers perspektiv svarer det til mindre enn ett minutt før midnatt. I lang tid var nok forgjengerne til mennesket av i dag relativt primitive, med sine steinøkser og klubber, og hadde nok å gjøre med å forsvare seg mot en utfordrende natur og rovdyr som ikke lenger eksisterer. I dag har det moderne mennesket (*Homo sapiens*) utviklet seg til en tallrik flokk. Vår eksistens griper inn i mange av de naturgitte prosesser på jordas overflate, som erosjon, landskapsutforming og klima. Med slike muligheter til inngripen i naturens orden er det også viktig at vi besitter kunnskaper om jorda, og forvalter innsikten så godt som mulig.

I kapittel 17 anvender vi oppsamlet geologisk kunnskap og beregningsmetoder for å skue inn i krystallkulen, for å spå litt om framtiden, om klimautvikling, istider og kontinentaldrift i kommende årtusener og årmillioner.



Isen former landet vårt. Bildet viser Nigardsbreen i Jostedalen. Malt av J. C. Dahl og gjengitt med tillatelse av Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design. (Foto: J. Lathion)

Da J. C. Dahl malte dette bildet i 1844, hadde Nigardsbreen trukket seg tilbake siden 1748. Og breen fortsatte å trekke seg tilbake. I 1937 dukket det opp en innsjø oppe i dalen, og i 1990 hadde isfronten trukket seg hele fire kilometer vekk fra den ytterste endemorenen nederst i dalen. Nigardsbreen er en av de mange dalbreer som løper ut fra Jostedalsbreen, og er et godt eksempel på endringene som skjer med breene når klimaet forandrer seg. Jostedalsplatået var trolig helt isfritt under den varme perioden for 8000–6000 år siden, men da klimaet ble våtere og kjøligere for mindre enn 6000 år siden, begynte isbreen å vokse. I vikingtiden var Jostedalsbreen mindre enn i dag, men på 1300-tallet begynte den å legge på seg igjen, og dette fortsatte den med under Den lille istid fram til 1748 da isbreen nådde sin maksimale utbredelse. Slik representerer isbreenes utbredelse en følsom målestokk for klimaendringene, i fortid og fremtid.

De geologiske prosessene stopper jo ikke opp, men vil fortsette å slite og dra i landet vårt. Nye landskapsformer, bergarter og livsformer vil oppstå, og bare den som lever får se. I det litt kortere perspektivet tar boka opp problemstillinger rundt det vi har kalt "Geologi og samfunn", og som er behandlet i flere rammeartikler gjennom hele boka. Vi setter søkelyset på hvorledes samfunnet vil forvalte den geologiske kunnskapen framover. For vi lever ikke bare *på*, men også *av* denne steinballen som vi kaller jorda. Vi må håndtere den med vett! I kapittel 18 tar vi derfor opp ulike sider av vår geologiske nasjonal arv.

For å hjelpe leseren til mest mulig glede av boka gir kapittel 2 en mer utfyllende introduksjon til faget geologi, om geologiske prosesser, metoder og verktøy. Med andre ord en liten "lærebok" til hjelp for den videre lesingen. Bak i boka er det gitt et utførlig stikkordsregister og en bibliografi som er ordnet kapittelvis. Et geologisk kart over fastlands-Norge, utarbeidet av Norges geologiske undersøkelse, er vedlagt for de mer faglig interesserte.

Et dugnadsarbeid

Boka er blitt til ved innsats fra mange medarbeidere som sammen spenner over et rikt register av fagfelt og interesser, og arbeidet har strukket seg over flere år. De forskjellige kapitlene representerer bidrag fra en rekke forfattergrupper. Framstillingen er derfor naturlig nok preget av hva hver enkelt oppfatter som viktig og riktig. Geologi bygger mye på empirisk kunnskap. Det finnes derfor ulike tolkninger og teorier for mange av de geologiske strukturene og fenomenene man observerer i naturen eller laboratoriet. Vi nevner for eksempel: tolkninger av aldersbestemmelser fra berggrunn som har gjennomgått flere faser av omdanning; hva som er skjøvet som store skyvedekker i den norske fjellkjeden, hvor langt og kanskje også i hvilken retning; trykk- og temperaturforholdene ved dannelsen av visse bergarter; i hvilken grad deler av jordas mantel inngår i jordskorpen her i landet; om klimaendringene i dag er naturens verk alene eller i betydelig grad menneskeskapte, osv. I dette ligger det også en styrke – geologifaget er under stadig utvikling, nye resultater kommer til, og ulike oppfatninger brytes mot hverandre og gir grunnlag for stadig bedre erkjennelse.

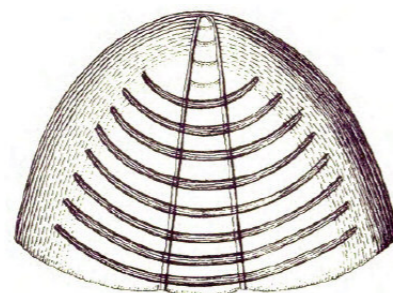
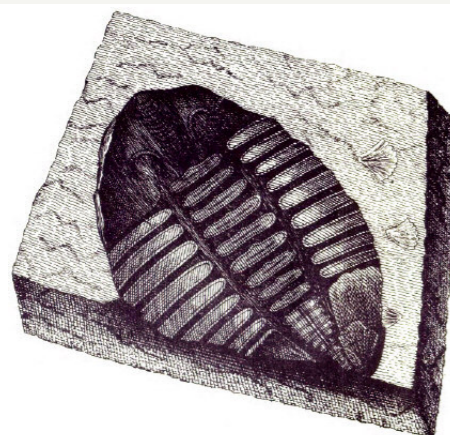
Det gjenstår å ønske leseren mye glede, samt takke de mange forfatterne for innsatsen, som i sin helhet har vært dugnadsarbeid. Stor takk rettes også til våre sponsorer og til de mange øvrige bidragsytere; en liste over disse er gjengitt bak i boka.

FAKTABOKSER – RAMMER

Boka er tilrettelagt med tekst, illustrasjoner og faktabokser (eller rammer). De siste er ment som hjelp til den litt mer vitebegjærlige leseren som vil gå noe mer i dybden. Rammene er av tre typer:

- **RAMMER MED BEIGE BAKGRUNN:** Faktarammer med litt tall, faglige forklaringer og fordypninger
- **RAMMER MED BLÅ BAKGRUNN:** Historiske hendelser og historier, vitenskapshistorie og biografier
- **RAMMER MED GRØNN BAKGRUNN:** "Geologi og samfunn", ressurser, miljø og praktiske anvendelser

For dem som vil grave enda litt dypere i den geologiske skattkisten, er det gitt en bibliografi bak i boka, med oversikt over en del relevant geologisk litteratur, både av faglig og populærvitenskapelig karakter. Dessuten er det inkludert en del nyttige nettsadresser.



Fossiler er forsteinede rester av tidlige tiders dyr og planter. Fossilenes betydning for forståelsen av den geologiske og biologiske utviklingshistorien ble først for alvor forstått utover i det 17. århundre. Bildene her viser en av de første dokumenterte fossiler i Norge. Tegningene er laget av presten Hans Strøm. I sin beskrivelse av Eiker prestegjeld i 1784 hadde Strøm disse tegningene av det som vi i dag kan se var en trilobitt.



Helleren i Jøssingfjorden. Her ligger bebyggelsen under den overhengende berghammeren. (Foto: J. Dolven)

UNDER BERGFALLET

*Du bur under bergfäll
og du veit det
Men du sår din åker
og tror trygt ditt tun
og lèt dine born leika
og legg deg
som inkje var.*

*Det hender,
når du stør deg til ljåen
ein sumarkveld,
at augo sviv som snarast
over bergsida
der dei segjer
sprekken
skal vera,
og det hender
du vert liggjande vaken
og lyda etter
steinsprang
ei natt.*

*Og kjem raset,
kjem det ikkje uventa.
Men du tek til å rydja
den grøne boti
under berget
– um du då har livet.*

Fra *Dikt i samling*, Olav H. Hauge, 1994, Det norske samlaget