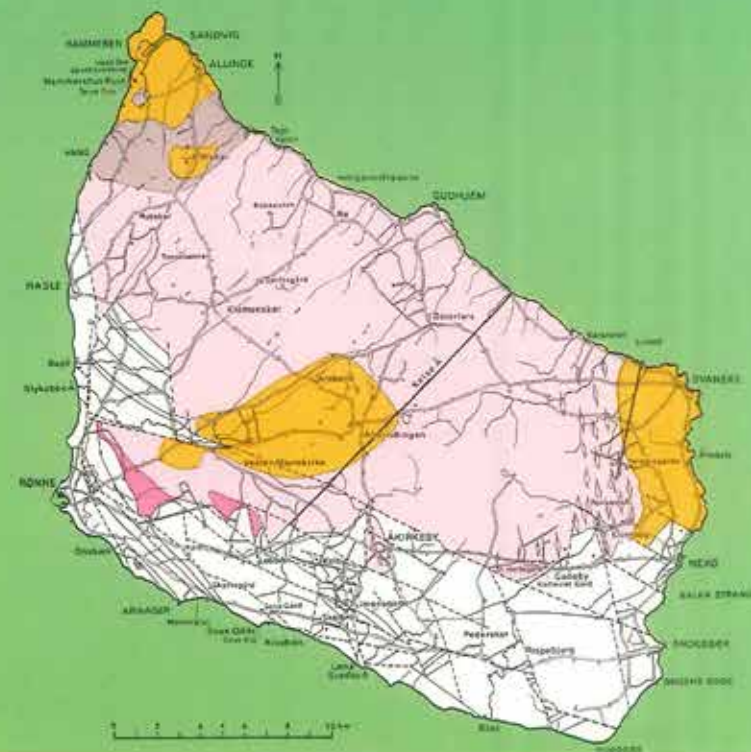




Almindelige mineraler fra de bornholmske brundfjeldsbjergarter.

1-4: FELDSPATER. 1-2 er hvide og grå plagioklasfeldspater (Ca-Na-feldspat), mens 3-4 er alkali-feldspater (K-Na-feldspater). Alle feldspater karakteriseres ved at være hårde (kan ikke ridses med en kniv) og ved at gå i stykker i oftest to veldefinerede retninger (spalteflader), der er vinkelrette på hinanden. Spaltefladerne er stærkt skinnende i lyset. 5-6: KVARTS. Den almindeligst forekommende kvarts er hvid til farveløs, men kvarts kan have mange andre farver. Kvarts er hårdt (kan ridse i feldspat) og går i stykker på en tilfældig måde (muslet brud ligesom glas). 7-8: PYROXEN og AMFIBOL. De to mørke mineraler hører til hver sin store mineralgruppe. De er begge hårde (kan ikke ridses med kniv), men de kan adskilles efter den måde, de spalter. Pyroxen spalter efter rette vinkler, mens amfibol spalter med vinkler på 56° og 124° mellem fladerne. 9-10: GLIMMER. Glimmermineralerne er bløde (kan /kan næsten ridses med en negl) og går i stykker i en retning (som sider i en bog). Mørk glimmer (9) kaldes biotit og lys glimmer (10) muskovit. Foto: Ole Bang Berthelsen.

BORNHOLMS GEOLOGI III GRUNDFJELDET



Med dette udvidede nummer om Bornholms Geologi følger beskrivelsen af en række udvalgte grundfjeldslokalteter. En del af lokaliteterne er aktive stenbrud, og her er det en absolut forudsætning, at man indhenter tilladelse til besøg, før man begiver sig ind i bruddene. Færdsel her er farlig! Oplysninger om adgangsforhold er anført ved de enkelte lokaliteter.

Der findes mange nedlagte stenbrud på Bornholm. Brydningen er nu koncentreret til færre og større brud. Ved et besøg på lokalitet G-2 (Rønne Granitværk a/s) fås et godt indtryk af, hvor effektiv moderne brydningsteknik er. Vil man vide noget om, hvordan brydningen foregik i gamle dage, anbefales det at besøge Moseløkken stenbrud og museum. Besøg (med større grupper) aftales forud, telefon: 53 98 00 01.

Efter 25 års tro tjeneste har professor Valdemar Poulsen ønsket at trække sig tilbage fra 'stillingen' som ansvarshavende redaktør. De tilbageblevne takker mange gange for udført dåd og håber, at de er i stand til at følge den afsatte kurs. Også på svensk side er der sket et skift, nyt redaktionsmedlem er her Vivianne Berg Madsen. Endelig er redaktionen udvidet med Lena Madsen, der fremover vil varetage VARVs PR-virksomhed.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 33 11 22 32

Kontoret har ikke fast åbningstid i den kommende sommerperiode, men skriftlige henvendelser bliver besvaret og ekspederet. Telefoniske forespørgsler og bestillinger kan ske til redaktionens medlemmer på ovenstående telefonnummer.

Redaktion: Svend Pedersen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Lena Madsen, Steen Sjørring og Vivianne Berg Madsen (Sverige).

Renskrift: Gitte Sjørring

Montage: Steen Sjørring

Repro: Vest-Scan a/s, Esbjerg

Tryk: Johnsen + Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 75 kr i abonnement i 1989.

Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, giro 9 06 88 80, eller 70 SKr til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Adresseændringer bedes meddelt Postvæsenet.

© 1989 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

Bylund, G. og Pesonen, L. J. 1987: Paleomagnetism of mafic dykes of the Fennoscandian Shield. In: H.C. Halls og W.F. Fahrig (eds): Mafic Dyke Swarms. *Geol. Ass. of Canada, Spec. Paper 34*, side 201-218.

Callisen, K. 1934: Das Grundgebirge von Bornholm. *Danm. geol. Unders., II Række, nr. 50*. 266 sider, 6 tavler og 1 kort.

Callisen, K. 1956: Fragmenter og spor efter bjergarter ældre end graniten på Bornholm. *Meddr. dansk geol. Foren., Bd. 13*, side 158-173.

Callisen, K. 1957: Hornblende with pyroxene core in the Rønne granite. *Meddr. dansk geol. Foren., Bd. 13*, side 236-237.

Holm, P.M. 1985: Bornholmske bjergarters temperaturer gennem tiden. K & Ar i mineraler. *Varv 1985-4*, side 117-125.

Jensen, Aa. 1989: The Bjergbakke dyke - a kullaite from Bornholm. *Bull. geol. Soc. Denmark, vol. 34*, (under trykning).

Johansson, Å. og Larsen, O. 1989: Radiometric age determinations and Precambrian geochronology of Blekinge, southern Sweden. *Geol. Fören. Stockholm Förhandl., vol. 111, pt. 1*, side 35-50.

Larsen, O. 1971: K/Ar age determinations from the Precambrian of Denmark. *Danm. geol. Unders., II Række nr. 97*, 37 sider.

Larsen, O. 1980: Geologisk aldersbestemmelse ved isotopmålinger. *Dansk Natur-Dansk Skole, Årsskrift for 1980*. side 89-106.

Micheelsen, H.I. 1961a: Leucogranites in the Pre-Cambrian of Bornholm, Denmark. *Meddr. dansk geol. Foren., Bd. 14*, side 297-307.

Micheelsen, H.I. 1961b: Bornholms grundfjæld. *Meddr. dansk geol. Foren., Bd. 14*, side 308-347.

Münther, V. 1973: Sprækkedale og diabasintrusioner på Bornholm. *Meddr. dansk geol. Foren., Bd. 10*, side 641-645.

Münther, V. 1973: Dominerende forkastningszoner på Bornholm. Baseret på anomalierne af den vertikale magnetiske intensitet. *Danm. geol. Unders., II Række, nr. 85*, 161 sider og 25 tavler.

Pedersen, S.A.S. 1983: Geologi & Industri: Kører du på Rønne granit? *Varv 1983-2*, side 40-49.

Pedersen, S.A.S. 1985: En labradoriserende smykkesten fra Bornholm. *Varv 1985-4*, side 111-115.

Platau, S.W. 1970: The Svaneke granite complex and the gneisses of east Bornholm. *Bull. geol. Soc. Denmark, vol. 20*, side 93-133.

Platau, S.W. 1971: Om grundfjeldet på Bornholm. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1970*, side 54-63.

Den bredeste gang er 1.5 m, den tyndeste ca. 10 cm i tværmål. Gangenes retninger er mellem N-S og NNØ-SSV. Deres forløb er noget slingrende, og de kan forgrene sig.

Da diabaserne har mere tætliggende sprækker end gnejsen og pegmatitterne, har bølgeslaget og brændingen plukket hårdest i diabasgangene. Nogle steder er de næsten fjernet, så der kun ses lidt mørk diabas langs kanten/kanterne af små, smalle vige. Den lille gangsværm på denne lokalitet hører egentlig med til en større NNØ-SSV-gående gangsværm, der faktisk er Bornholms største og tætteste gangsværm. Der er ved Tejn opmålt i alt ca. 30 m diabas langs en 150 m lang kyststrækning.



Figur 32. Kystklipperne med en lille gangsværm umiddelbart sydøst for Tejn Havn.

I kystklipperne nord for St. Sandkås (og nord for Sandkås Hotel) ses m-brede diabaser med NV-SØ-lige retninger. De tilhører muligvis en anden generation af diabasgange, og er måske jævnaldrende med en NV-SØ-forløbende gangsværm af Karbon-Perm alder i Skåne.

Benyttet litteratur om Bornholms grundfjeld

Abrahamsen, N. 1977: Paleomagnetism of 4 dolerite dikes around Listed, Bornholm (Denmark). *Bull. geol. Soc. Denmark*, vol. 26, side 245-264.

BORNHOLMS GRUNDFJELD

af Asger Berthelsen

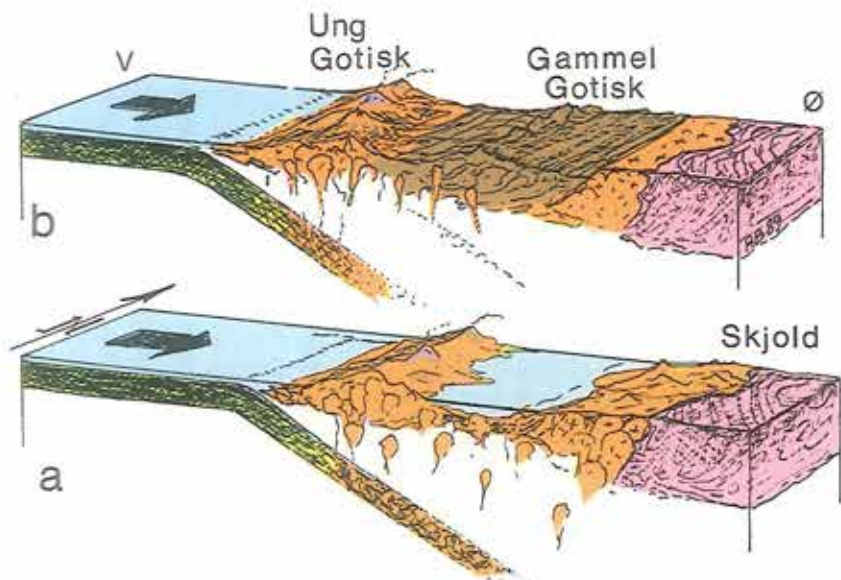
Det tog næsten 1 milliard år at få dannet Bornholms grundfjeld, men de forskellige bjergartsgrupper – gnejsen og den ældre granit, de yngre graniter og diabasgangene – blev dog hver for sig dannet i løbet af relativt korte perioder inden for dette lange tidsrum.

Den geologiske historie begyndte sandsynligvis med en bjergkædedannelse, den Gotiske bjergkædedannelse, i den sydvestlige del af det Baltiske Skjold. Plade-tektoniske bevægelser førte til dannelsen af en indsynkningszone vest for skjoldet, hvor en oceanbundsplade sank skråt ned i kappen – i retning mod skjoldet. Jo dybere oceanbundsskorpen sank ned, jo mere varmedes den op, og til sidst begyndte den at smelte, men den smeltede kun delvist. De smeltede dele samledes til granitiske smeltmasser, der steg op mod jordoverfladen. Nogle smeltmasser nåede helt frem til jordoverfladen og størknede her som vulkanske bjergarter. Andre smeltmasser blev 'stikkende' nede i skorpen og størknede her som en krystallinsk-kornet dybbjergart: granit. Jo mere oceanbund, der sank ned, des flere smeltmasser steg der op. Efterhånden opstod der en vulkansk øbue med nydannet kontinentalskorpe mellem indsynkningszonen og skjoldet.

De følgende, modgående pladebevægelser førte til foldning af den nye kontinentalskorpe og de aflejringer af sedimenter, der afsattes omkring øbuen, og der dannedes en bjergkæde, den Gammel-Gotiske bjergkæde. Under denne foldning blev graniterne omdannet til gnejser, og sedimenterne og de vulkanske bjergarter til krystallinske skifre.

De smeltmasser, som steg op fra den del af den indsynkende oceanplade, der strakte sig helt ind under det Baltiske Skjold, størknede i skjoldets ældre skorpe og dannede her udstrakte granit massiver. Da disse massiver lå langt fra indsynkningszonen, blev de ikke påvirket af den Gammel-Gotiske foldning. Disse bjergarter findes i dag i den centrale del af Sydsverige.

Senere under den Gotiske bjergkædedannelse blev indsynkningszonen flyttet længere mod vest (ud i oceanet), og der opbyggedes her nye øbuer og aflejringsbassiner. De blev med tiden presset sammen (Ung-Gotisk) og kom til at ligge klods op ad de Gammel-Gotiske gnejser og krystallinske skifre og det endnu ældre Baltiske Skjold. På denne måde dannedes der for 1780-1500 mill. år siden et bredt Gotisk foldebælte med ny kontinentalskorpe i den sydvestlige del af det Baltiske Skjold. Skorpebjergarterne i den østligste del af det Gotiske foldebælte er således Gammel-Gotisk (1780-1650 mill. år), mens de i den vestlige del er Ung-Gotisk (ca. 1600-1500 mill. år), se fig. 1.



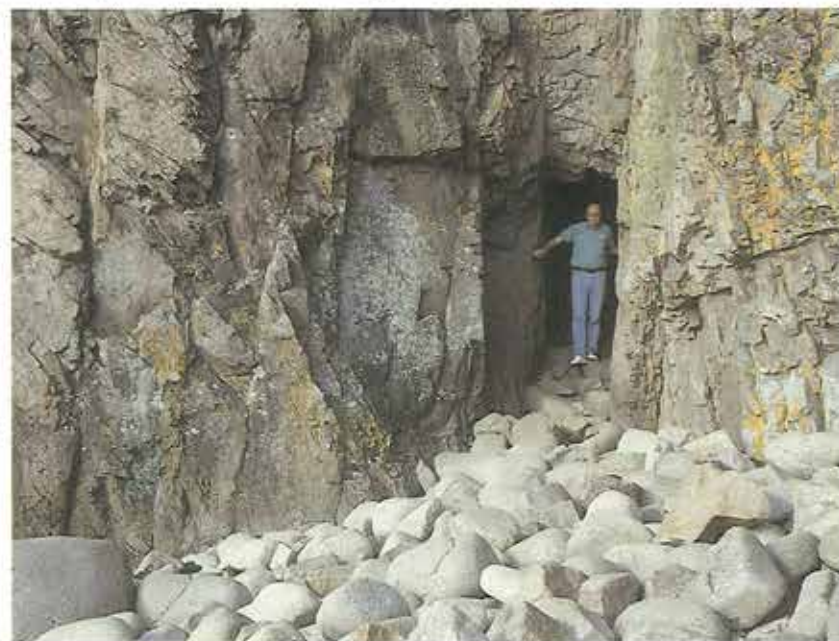
Figur 1. Den Gotiske foldekædes tilblivelse (1780 - 1500 mill. år siden). I den nederste tegning (a) ses situationen for ca. 1700 mill. år siden. Over en indsynkningszone anlagt i oceanet vest for skjoldet er der dannet en øbue, og randen af skjoldet er gennemsat af granitmassiver. Den Gammel-Gotiske foldning, som nu snart kulminerer, presser øbuen op mod skjoldet og forgnejsr også den vestligste del af det unge granitbælte i skjoldet.

I den øverste tegning (b) ses situationen for ca. 1550 mill. år siden. Det Gammel-Gotiske foldestrøg er nu under nedbrydning, og en Ung-Gotisk øbue er under udvikling over en ny indsynkningszone. Denne yngre øbue blev 'svejsset' sammen med det Gammel-Gotiske foldestrøg under den efterfølgende Ung-Gotiske foldning.

Det meste af det Gotiske foldebælte blev for 1100-950 mill. år siden påvirket og omformet af en yngre bjergkædefoldning, den Svekonorvegiske. Kun nogle mindre områder af det Gotiske foldebæltes østligste del blev bevaret upåvirket af Svekonorvegiske deformation. Det drejer sig om områderne i det sydøstligste Skåne, Syd-Blekinge og Bornholm, hvor både bjergarterne og foldestrukturen er af Gammel-Gotisk alder (1780-1650 mill. år).

Disse områder blev bevaret, fordi de – før den Svekonorvegiske foldning – var blevet flyttet østpå. Det skete ved sideværts bevægelser langs dybtgående Ø-V brudzoner. At der har været tale om dybtgående brudzoner vises af seismiske undersøgelser. Under en af brudzonerne er der påvist et spring på 12 km i

der står vinkelret på kysten, er udfyldt af diabasgange. Det ses i den fritstående klippe ud for den lille cement-dæmning, der fører ud fra stranden. Lokalitetens navn angives at stamme fra en hellig kilde, der sprang her i fordums dage.



Figur 31. Ovn ved Jons Kapel.

Lokalitet G-17: KYSTEN SYDØST FOR TEJN HAVN

Diabas-gangsværm i pegmatit-gennemsat gnejs

Kør fra hovedvejen af Østvej ned mod kysten og parker på parkeringspladsen ved sejlklubben. Gå ud til kystklipperne, hvor en ca. 45 m lang betonsti fører ud på et næs.

Denne lokalitet illustrerer, hvordan bjergarters indbyrdes aldersforhold kan aflæses ved hjælp af skærende kontakter. Gnejsen og dens foliation skæres af pegmatitgange, og pegmatitgangene skæres af diabas.

Gnejsen er gennemsat af et netværk af pegmatitgange. De ses som m-brede lodrette gange med retning ca. Ø-V, og de sender fladtliggende cm/dm-tynde gange ud til siderne. Pegmatiternes kraftige røde farve skyldes et stort indhold af kalifeldspat (mikroklinperthit). De indeholder også kvarts, plagioklas, lidt biotit og magnetit.

På lokaliteten omkring cementstien ses i alt 6 diabasgange, som danner en lille gangsværm. Diabaserne er mørkegrå til sorte, tætte til finkornede bjergarter.

Den fritstående, 22 m høje klippe, som hæver sig fra stranden ved trappens fod, har tilnavnet Jons Kapel (Jonstjærkan). Nederst i klippen har bølgeslaget dannet en mands høj hule eller 'ovn', der kan opfattes som indgangsdør til 'kapellet'. Øverst i klippen er der en afsats, som efter sagnet er den prædikestol, hvorfra en strandet missionær Jon forsøgte at omvende egnens hedenske fiskerbefolkning. Nord for Jons Kapel hæver kystskrænten sig med en 41 m høj klippewæg i Hvidkløv/Hvidekleven.

Et andet sagn går ud på, at der fra Jons Kapel går en underjordisk gang til Helligdomsklipperne på nordøstsiden af øen. Dette er nok tvivlsomt, og diabasgangen ved Jons Kapel har heller ikke forbindelse med diabaserne ved Helligdomsklipperne.



Figur 30. Helligdomsklipperne ved Rø.

Lokalitet G-16: HELLIGDOMSKLIPPERNE VED RØ Kystlandskab i diabas-gennemsat gnejs

Parker ved hotellet Helligdommen og gå ad markvejen ned mod kysten, hvor en stejl trappe fører gennem slugten ned til stranden.

Lokaliteten er et eksempel på de forrevne klippeformationer, der dannes ved havets erosion, når vanddybden er stor (20-30 m) tæt inde ved land.

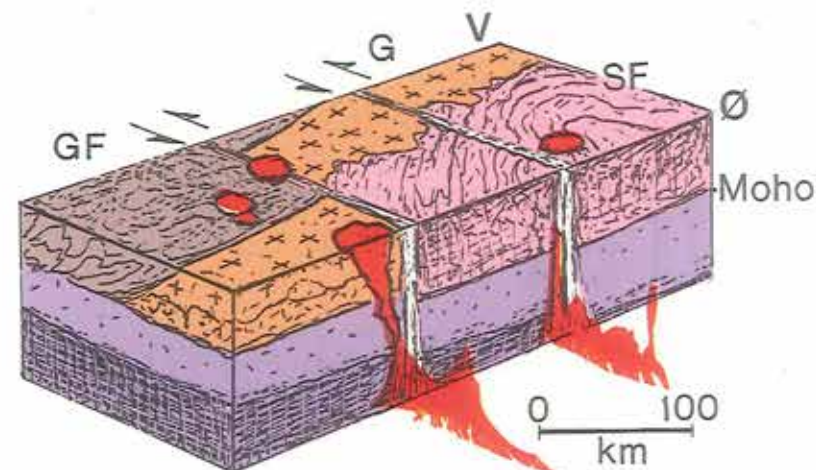
Gnejsen er her gennemsat af tre fremherskende sprækkesystemer. To stejle/lodrette, der går henholdsvis parallelt med og vinkelret på kystretningen, og et fladtliggende system, som hælder svagt ud mod havet. Nogle af de sprækker,

jordskorpens nedre grænse mod kappen (Moho). Omkring Ø-V brudzonerne i den sydøstlige del af skjoldet optræder der flere massiver af 'yngre granit'.

De dannedes for ca. 1400 mill. år siden og skærer i SØ-Skåne, Syd-Blekinge og på Bornholm de Gammel Gotiske foldestrukturer. En af de yngre graniter i Blekinge skærer Ø-V brudzonen nord for Blekinges Gotiske område. I denne egn er forskydningen mod øst derfor sket før granitens fremtrængning for 1400 mill. år siden, men nok ikke særlig længe før. Det kan nemlig have været bevægelserne i de dybtgående brudzoner, der startede de processer, som førte til dannelsen af de 'yngre graniter', fig. 2.

Der er derfor to slags graniter på Bornholm. Dels de vidt udbredte granitiske bjergarter (den bornholmske gnejs og ældre granit), der er Gotisk foldede, og dels de gennemsættende 'yngre graniter'. De sidste er ikke knyttet til en bjergkædefoldning, men synes at være dannet som en slags sikkerhedsventiler i forbindelse med aktiviteten i de dybtgående brudzoner.

Efter den Gotiske bjergkædedannelse er det bornholmske grundfjeld blevet hævet mindst 10 km. Dengang de yngre graniter størknede for ca. 1400 mill. år siden, lå Bornholm endnu lunt og dybt begravet i jordskorpen. Men hen mod slutningen af prækambrisk tid (700-600 mill. år siden) var Bornholms grundfjeld stort set slidt ned til det niveau, vi ser i dag.



Figur 2. Blokdiagram af den formodede sammenhæng mellem forskydninger i dybtgående brudzoner og dannelsen af de ca. 1400 mill. år gamle 'yngre graniter' i Syd-Sverige og på Bornholm. Tegningen viser situationen for ca. 1350 mill. år siden, hvor forskydningerne er indtruffet (se pilene), og hvor mindre granitmassiver er trængt op i og omkring brudzonerne. Fra vest mod øst er vist: det Gammel-Gotiske foldebælte (GF), det ikke-foldede granitbælte (G) i randen af det 'gamle skjold', som opbygges af det Svekofenniske foldebælte (SF).

Hævningen af grundfjeldet gik ikke helt stille af. Det slog revner og sprækker, og smeltemasser trængte fra kappen op i skorpen og størkede som diabasgange. På Bornholm er diabasgange trængt frem i N-S til NØ-SV gående sprækker og sprækkezoner. Aldersbestemmelser af lignende gange i Sydsverige viser, at gangdannelserne er sket i flere omgange. Nogle trængte frem for 1250-1180 mill. år siden, andre for ca. 930 mill. år siden, og endnu andre for ca. 825 mill. år siden.

Det er dog ikke sikkert, at alle diabasgange på Bornholm er prækambriske. Nordligst (ved Hammeren-Sandkås) optræder der Ø-V til NV-SØ gående diabasgange. De er måske trængt frem samtidig med den Permo-Karbone dolerit-(diabas)-gangsværm i Skåne. Mere centralt på Bornholm er der nu også fundet en NV-SØ gående gang med en speciel sammensætning, der svarer til de Kul-lait-gange (syenit-gange), som ledsager de Permo-Karbone doleritgange i Skåne.

Bornholms sprækkedal-landskab afspejler klart øens sprække- og gangsystemer. Men er det overhovedet muligt på de spredte grundfjeldslokalteter at se noget til de store Gotiske strukturer og den ældste strukturelle udvikling? Det er desværre ikke let. Selv med det geologiske kort ved hånden er det svært at danne sig et billede af de større foldestrukturer. For at få et overblik må resultaterne fra geofysiske undersøgelser inddrages. Her er ikke mindst kortlægningen af variationerne i det lokale magnetfelts styrke af stor betydning.

Forskellige bjergartstyper har oftest forskelligt indhold af det magnetiske mineral magnetit, og magnetiten kan i nogle bjergarter tilmed have en medfødt 'selvstændig magnetisering' (remanent magnetisme). Disse forhold er med til at bestemme styrken af det lokale magnetfelt. Ved at kortlægge variationerne i det lokale magnetfelt er det muligt, at fastslå udbredelsen af grundfjeldets magnetisk-forskellige bjergarter, selv hvor disse er skjult under yngre sedimenter. Samtidig kan større forkastninger eller brudzoner spores. Magnetfeltets styrke er lille over Rønne graniten, men mærkbart forøget over den gnejs, der ligger nærmest op til Rønne graniten. Udbredelsen af disse svagt og stærkt magnetiske bjergarter er vist i fig. 3. Sammenholdt med de geologiske observationer tolkes dette udbredelsesmønster derhen, at Rønne graniten optræder i kernen af en langstrakt fold, hvis flanker udgøres af den stærkt magnetiserede gnejs. Folden er langstrakt i NV-SØ-lig retning. Den sydvestlige flanke er meget stejl, den nordøstlige hælder mere fladt — bort fra Rønne graniten i kernen.

I fig. 3 ses den langstrakte fold mod øst at være blevet genfoldet til en sammensat foldestruktur, den såkaldte Østbornholmske Fold. Paradisbakke migmatiten er kraftigt påvirket af denne yngre foldestruktur.

I fig. 4 er i blokdiagrammer vist, hvordan de enkelte stadier i denne udvikling kan tænkes at have efterfulgt hinanden. Dannelsen af den langstrakte fold henføres til en ældre foldefase, og genfoldningen og dannelsen af den Østbornholmske Fold til en yngre foldefase af den 'Gammel-Gotiske' bjergkædedannel-

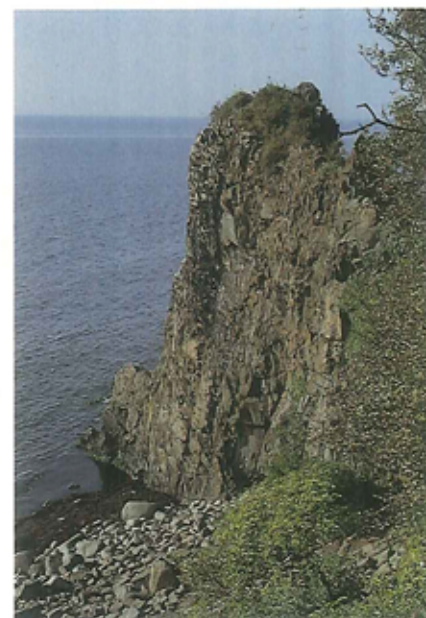
Kodalen er, lige som de øvrige bornholmske sprækkedale, opstået ved at isen har slidt og plukket særlig kraftigt i sprækkezoner i grundfjeldet og i sprækkelige diabaser.

Ca. 400 m syd for Kodalstiens udspring krydser stien igen Kodalen, og hvor den svinger forbi en blotning umiddelbart over dalens vestside, ses en ca. 25 cm bred, mørk diabasgang i grovkornet pegmatit. Kort efter ender stien i en skovvej, som følges omkring 150 m videre sydpå, til en afmærket sidevej fører vestpå til rokkestenen. Denne store blok er efterladt af isen, som har hentet den fra den slirede gnejs nord for Paradisbakkerne. Rokkestenen lader sig ikke mere røkke. Tilbageturen sker hurtigst, hvis skovvejen vest for Kodal følges nordpå frem til skovvejen til parkeringspladsen.

Lokalitet G-15: JONS KAPEL Omdannet diabas

Der er afvisning til lokaliteten ved hovedvejen, og bivejen fører frem til hotellet, hvor der er parkeringsplads. Herfra følges en markvej vestpå til skoven langs den stejle kystskrænt. Gå ad skovvejen lidt mod nord, så dukker stien til trapperne ned til Jons Kapel op. Der er 108 trin ned og 108 trin op igen.

Stien ned til stranden går gennem en snæver kløft med stejle vægge. Denne kløft er dannet ved, at erosionen har gravet særlig dybt i en omdannet diabasgang med tætliggende sprækker og tynde kvartsårer. Rester af den omdannede diabas kan ses under trappen. Diabasen er mat, grønlig grå. Omdannelsen har medført, at olivin-strøkornene er blevet erstattet af det bløde mineral serpentin, mens de øvrige mørke mineraler er blevet til klorit. Hvornår denne omdannelse fandt sted, vides ikke.



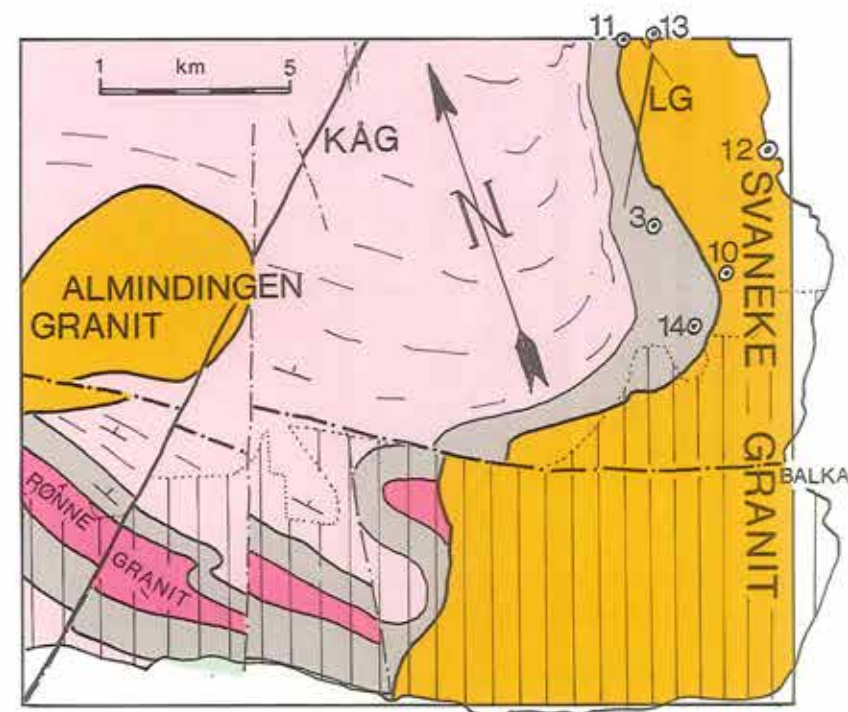
Figur 29. De stejle kystklipper ved Jons Kapel.



Figur 27. Kodalen: en sprækkedal, hvor indlandsisen har fjernet en stærkt opsprækket diabasgang.



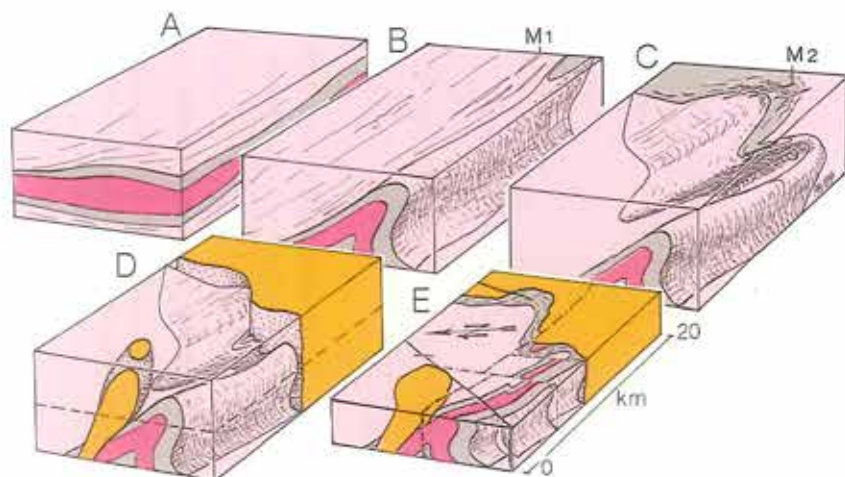
Figur 28. Rokkestenen i Paradisbakkerne.



Figur 3. Strukturer i Sydøstbornholms grundfjeld tolket ud fra DGUs magnetiske opmåling (V. Münther, 1973). Den åbent skraverede sydlige del af området er dækket af sedimenter. Rønne graniten (kraftig rosa), dens overgangsbjergart mod gnejsen samt Paradisbakke migmatiten (grå) og gnejsen (lys rosa) er Gamme-Gotisk foldede. Disse strukturer skæres af de yngre graniter (orange). Senere Ungprækambriske forkastninger (streg - prik - streg) deler grundfjeldet op i indbyrdes forskudte blokke, der gennemsættes af diabasgange (tyk sort streg). KAG = Kelse Å gangen, LG = Listed gangen.

se (? 1780 - 1650 mill. år). Omkring 1400 mill. år før nu trænger så Almindingen graniten og Svaneke graniten frem som 'yngre graniter', der skærer de ældre Gotiske strukturer over. Ikke mindst Svaneke granitens vestlige kontakt aftegner sig tydeligt i det magnetiske kort. I det sidste blokdiagram er området skåret af forkastninger og diabasgange, samt hævet og nederoderet til det nutidige niveau.

Den her skitserede udvikling danner baggrund for de tolkninger, der præsenteres i forbindelse med de efterfølgende lokalitetsbeskrivelser.



Figur 4. Blokdiagrammer af hovedstadierne i udviklingen af SØ-Bornholms grundfjeld. Blok A, B og C viser den Gammel-Gotiske bjergkædefoldning. Bemærk, at blokkene dækker samme område som kortet i figur 3.

A: Rønne graniten er trængt frem som en tyk skive i en lidt ældre, noget fornejset granit.

B: Der dannes en langstrakt fold med Rønne granit i kernen. Langs foldens flanker udvikles migmatitiske slirer (M 1).

C: Den 'langstrakte fold' genfoldes til den sammensatte Østbornholmske fold. De tidligere dannede slirer (M 1) foldes og skæres af nye migmatitiske slirer (M 2) i Paradisbakke migmatiten.

D: De yngre graniter gennemsætter de Gammel-Gotiske strukturer.

E: Situationen ved Prækambriums afslutning, hvor grundfjeldet er delt op i forkastningsblokke og er gennemsat af diabasgange. Overfladen i blok E er eroderet frem fra det niveau, der er angivet med stiplet linie i blok D.

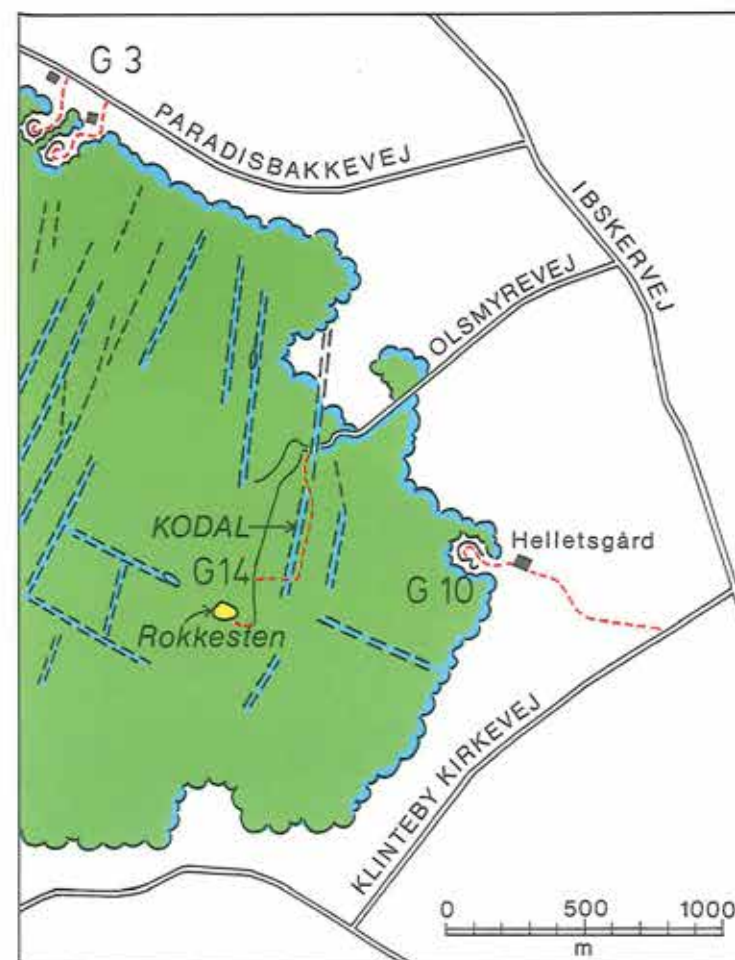
Ved den Gammel-Gotiske foldning og omkrystallisation blev Bornholms ældste graniter fornejset og fik et stribet udseende. De mørke mineraler blev orienteret parallelt, så de flade korn danner en foliation og de langstrakte en lineation, se fig. 5 c og d. Kun Rønne graniten, der lå godt beskyttet i en foldekern, undgik denne skæbne. De 'yngre graniter' er oftest strukturløse, se fig. 5 b, men de kan dog nogle steder være 'stribede'. Det kan skyldes, at de mørke mineraler blev parallelt orienterede allerede under selve størkningen, se fig. 5 a.

Gnejsen og graniterne er normalt ret enskornede, fig. 6 a, men der optræder lokalt porfyriske typer med 'forvoksede' individer med tilnærmet krystalform, se fig. 6 b. I zonare plagioklaskorn er der fra kernen og udefter et trinvist skifte fra en ret calcium-holdig til en mere natrium-holdig plagioklas, se fig. 6 c.

Lokalitet G-14: PARADISBAKKERNE

Sprækkedal med diabas og rokkesten

Kør fra Ibskervej ad Oksemyrevej (mod vest) ind i skoven til offentlig parkeringsplads ved Paradisbakkernes naturpark. Følg vejen videre ind i naturparken og vælg stien, der fører sydpå, umiddelbart vest for Kodalen. Denne sti krydser Kodalen skråt og følger derpå dens østside, hvor der ses blotninger af Paradisbakke migmatit med lyse slirer af pegmatit.



Figur 26. Kortskitse med beliggenheden af lokaliteterne 3, 10 og 14. Større sprækkedale er vist med blå. For enden af Oksemyrevej er der en offentlig parkeringsplads.

Der er fundet enkelte stumper af den omgivende granit i sandstenen og desuden nogle mindre afrundede brudstykker af kvartssandsten og glaukonitisk siltsten. Sediment-brudstykkerne formodes at stamme fra både Balka Sandstenen og de ældste lag af de 'Grønne Skifre'. Sandet i sprækkerne tænkes derfor aflejret samtidig med de yngste lag af de 'Grønne Skifre'.

På lokaliteten Gule Hald ses flere sprækkefyldninger. De er 1-25 cm brede og har alle VNV-ØØ-lig retning. Sprækkefyldningerne har kunnet følges til vest for Listed havn. 'Sandstengange' optræder endvidere i Paradisbakke migmatitten (Præstebo bruddet). Også fra Sydsverige kendes mange eksempler på sprækkefyldninger med ældre kambrisk sandsten.



Figur 24. 'Fremmede' korn af plagioklas i Listed gangen. Midt i billedet ses en 'sandstengang'. Foto: Ole Graversen.

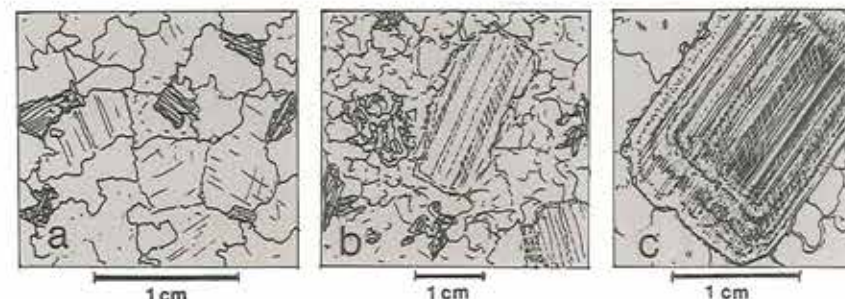
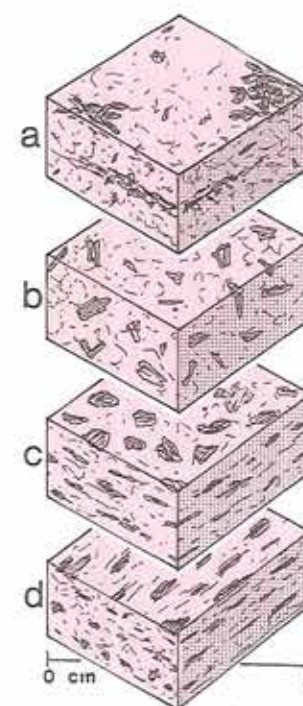


Figur 25. Sandstengang i Svaneke granit umiddelbart ved siden af Listed gangen. Foto: Ole Graversen.

Figur 5. Granit, sribet granit og gnejs. I kasse b, hvor de mørke mineraler er tilfældigt orienteret, ses en 'normal' og strukturløs granit.

Graniten i a er noget sribet, fordi dens mørke mineraler er samlet i flade hobe, der blev dannet ved selve størkningen.

Gnejsen i kasserne c og d er sribet, fordi dens mørke mineraler er parallelt orienterede, så de danner en foliation (i c), eller en lineation (i d). Stribningen bliver tydeligere, hvis parallel-orienteringen i c og d kombineres.



Figur 6. a. Enskornet granit, hvor kornene er vokset 'ligeværdigt', og korngrænserne er uregelmæssige. b. Porfyriske plagioklaskorn med tilnærmet kryсталform ses centralt og nederst til højre. Deres vækst var begyndt, før de omgivende mindre korn dannedes. c. Et porfyrisk plagioklaskorn er her zonart udviklet. Plagioklasens calcium-indhold aftager trinvis, og dens natrium-indhold tiltager tilsvarende fra kernen mod randen. Den zonare opbygning afspejler tid- og trinvis ændringer i vækstmiljøet under bjergartens størkning og eventuelle senere omdannelse.

100 ÅRS TEORIER OM DANNELSEN AF BORNHOLMS GRANITER

I 1989 er det 100 år siden, at professor Johnstrup skrev den første geologiske ekskursionsfører for Bornholm. Den blev skrevet i anledning af det Tyske Geologiske Selskabs ekskursion til øen. Året før var Johnstrups assistent, N.V. Ussing, vendt hjem efter i to år i udlandet at have studeret den nye *petrografiske* videnskab, hvor undersøgelser af bjergarter og mineraler ved hjælp af polarisations-mikroskopet spillede en vigtig rolle. Nu kunne udforskningen af Bornholms granit-fjeld for alvor begynde. I sin 'almenfættelige' Danmarks Geologi (1899) beskrev Ussing, der i 1895 havde overtaget Johnstrups lærestol, de vigtigste granit-typers udbredelse og mineralsammensætning. Undersøgelserne blev videreført af petrografen Karen Callisen, hvis vægtige disputats blev publiceret i 1934. Dengang var graniter rigtige Graniter, der stavedes med stort, og som var dannet ved størkning af granitiske smeltmasser (magma). Det granitiske magma opfattedes som afledt fra et mere dybtliggende og udbredt stammagma af 'basaltisk' sammensætning. Processen, der splittede stammagmaet op i smelter af bl.a. granitisk sammensætning, kaldes for magmatisk differentiation.

Umiddelbart efter 2. Verdenskrig vandt en ny teori frem. Efter den var der graniter og graniter. Den ene slags var af magmatisk oprindelse som de gamle graniter med stort G. Den anden slags, hvortil grundfjeldets graniter og gnejser henregnedes, ansås nu for at være blevet dannet ved granitisering, en proces med omfattende kemisk stofvandring i km-skala i jordskorpens dybere dele. Granitiseringen mentes at foregå *uden* smeltning af bjergarterne. Den kemiske stofvandring var efter denne teori årsag til, at et bestemt niveau i jordskorpen har fået granitisk sammensætning og er omkrystalliseret til granit og gnejs, mens et underliggende niveau er blevet forarmet på granitiske bestanddele. Man mente, at granitiseringen indtraf, når sedimenter og lava, afsat i en geosynklinal, ved en efterfølgende bjergkædefoldning blev ført dybt ned i jordskorpen. Interessante eksempler fra denne epoke er H. Micheelsen's (1961a og 1961b) afhandlinger om pegmatiter, leukograniter og graniter med forskellig grad af granitisering. Det var også Micheelsen, der opstillede teorien om den 'Østbornholmske Fold'!

Granitiserings-teorien havde dog en svaghed. Den forudsatte, at stoftransport kunne ske i faste bjergarter, men trods ihærdige forsøg lykkedes det aldrig i laboratoriet at påvise, at dette indtraf. Inden længe blev vejen banet for en ny teori om graniters opståen, da de fortsatte laboratorieforsøg viste, at smeltning af jordskorpemateriale begynder med *delvis* opsmeltning. Når prøver, som blandt andet indeholder granitens materialer, udsættes for de tryk og temperaturer, der hersker i skorpen under en bjergkædefoldning, og der er vand med opløste salte til stede, er det, der først smelter, altid af *granitisk* sammensætning - også selv om prøvens totalsammensætning ikke er det. Nu havde man forklaringen på, at den ene granit ligner den anden. T. Jørgarts afsnit om de bornholmske graniter og gnejser i VARVs ekskursionsfører nr. 1 (1. oplag 1969, 2.



Figur 23. Listed gangen (til venstre) i kontakt med Svaneke graniten (til højre) ved Gule Hald.

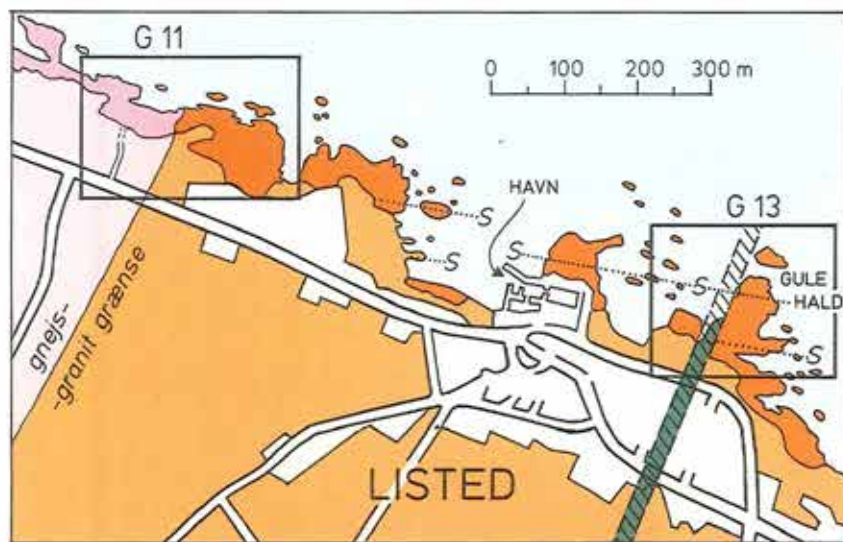
i Svaneke graniten er af kalifeldspat, kan plagioklasen i diabasen ikke være hentet fra den nærmeste sidesten. Sydpå, hvor den samme diabasgang skærer gennem Paradisbakke migmatiten, ses også afrundede plagioklas- og kvartskorn. Det kunne tyde på, at smeltmassen, der trængte op i gangen, optog disse fremmede elementer fra en ukendt sidesten på en større dybde.

Diabasgangen ved Listed er undersøgt magnetisk. Hullerne efter de udborede prøvepropper kan ses i diabasklippen. Idet diabasens magnetiske magnetitkorn har registreret magnetfeltets orientering, da gangen afkøledes og størknede, viser undersøgelserne, at Bornholm dengang befandt sig syd for Ækvator på den sydlige halvkugle. Sammenholdt med andre magnetiske resultater fra prøver med kendt størkningsalder, tyder det på, at Listed gangen er mellem 800 og 1000 mill. år gammel.

At Listed gangen er prækambrisk, kan imidlertid også aflæses ud fra et helt andet geologisk fænomen på lokaliteten. Det er de såkaldte 'sandstensgange', der gennemsetter Listed gangen. De blev dannet i ældre kambrisk tid som sprækkefyldninger, hvor fyldmaterialet var sand. Sandet må være kommet fra løse, uherdne sandlag aflejret ovenpå det dybt nederoderede grundfjeld. Den kambriske havbund kan ikke have ligget særlig højt over den nutidige overfalde. Med tiden blev sandet sammenkittet og hærnet, og ses nu som grønlig-grå sandsten i sprækkerne. Sandskornene består mest af kvarts samt lidt feldspat og glaukonit. Kitmidlet er klorit, som giver sprækkefyldningerne en særegen grøn farve.

I strandklipperne rager graniten (med et pegmatitisk parti) flere meter højere op end diabasgangen, fordi diabas forvitrer lettere end granit. Op mod graniten viser diabasen en tydelig afkølingskontakt med finere til helt tæt kornstørrelse. Her er der ikke olivin i diabasen, men der kan ses enkelte 1-2 mm lange, sorte pyroxenkorn.

Gangens centrale del, hvor diabasen er afkølet langsomt, er mellem- til grovkornet. På forvitrede overflader ses mineralerne i diabasen at danne et karakteristisk mønster. Plagioklasen er udviklet som op til 3-4 mm lange lister, der er fordelt, som de var strøet tilfældigt ud. Plagioklaslisterne er omgivet af pyroxen og olivin, der ligesom fylder de kantede mellemrum mellem listerne ud. Denne struktur kaldes doleritisk. Den ses lettest, hvor klippen er forvitret, da plagioklaslisterne så bliver lysere og mere iøjnefaldende.



Figur 22. Skitsekort visende beliggenheden af lokaliteterne 11 og 13. Svaneke graniten er orange, og gnejsen er lyserød. Farverne er kraftigst, hvor bjergarterne er blottede. Listed gangen er grøn. S.....S er 'sandstensgange'.

I en 3-4 meter bred zone langs kontakten indeholder diabasen afrundede plagioklas- og kvartskorn. Plagioklaskornene er 2 cm store og indeholder ganske små korn af mørke mineraler. Ligesom de afrundede kvartskorn opfattes plagioklaskornene som fremmedelementer i diabasen, men da de store feldspat-individer

oplag 1977) blev skrevet i lys af denne nye teori, der benævntes anatexis-teorien efter fagudtrykket for delvis opsmeltning i skorpen.

Siden da er der sket nye fremskridt inden for granit-forskningen. De klassiske petrografiske undersøgelser, laboratorieeksperimenterne, og moderne isotop-geologiske og geokemiske metoder gør det nu sammen med pladetektoniken muligt at skelne mellem graniter, graniter og graniter på Bornholm. Der er magmatiske graniter med stort G, dannet ved delvis opsmeltning af oceanskorpe, der er sunket ned i kappen, eller ved differentiation af 'basaltiske' magma'er opstået i kappen ved delvis opsmeltning af kappemateriale. Disse kappe-afledte Graniter er knyttet til aktive pladerande med bjergkædefoldning. Den bornholmske gnejs og Rønne graniten hører sandsynligvis hertil.

Den anden granit-type dannes også under bjergkædefoldning, men opstår ved delvis opsmeltning af materiale fra selve skorpen (anatexis). Hertil regnes de leukogranitiske slirer i gnejsen og slirerne i Paradisbakke migmatiten. Den tredje granit-type, som optræder på Bornholm, er de 'Yngre graniter'. De er ikke knyttet til en bjergkædefoldning, men er dannet i og omkring dybtgående forskydningszoner i en ellers stabil kontinentplade. Varme, gas og væske afgivet fra kappen har sammen med 'gnidningsvarmen' i selve zonerne ført til delvis opsmeltning i den nedre skorpe og opstigning af lokale ansamlinger af granit-magma, som er størket højere oppe i jordskorpen.

Da forfatteren til dette er gammel nok til selv at have oplevet de hede diskussioner mellem magmatiske Granit-forskere, 'granitisører', 'anatektikere' og modstandere og tilhængere af pladetektonik-teorien, vil han ikke udelukke, at der i fremtiden bliver fremsat nye og bedre teorier om graniters dannelse. Men som denne oversigt viser, bygger de fleste nye teorier i vid udstrækning på de 'gamle'.

Selv da geologi hed geognosi interesserede 'geologer' sig for Bornholm. Således skrev professor Forchhammer i 1835 i værket 'Danmarks Geognostiske Forhold':

Hoved-Steenmassen, ja næsten den eneste, som forekommer i denne Strækning er, som sagt, Granit-Gneus med rød bladig Feldspath i overveiende Mængde, grønligfort Glimmer og hvid Quartz. Iffun paa saa Steder (Kjeldsaagen i Øster-Larslev Sogn) er Stenen ret udmærket Gneus, hvor den ogsaa indeholder Granater; i den største Deel af det plutoniske Terrain er Gneus-Characteren derimod langt fra ikke saa skarpt udtrokket, vel ligger Glimmeren for det meste lagvis, men dog ikke med den Regelmæssighed, som den udmærkede Gneus viser. I mange Lag er den aldeles forspunden og det er sand Granit, der da er saa Feldspathrig, at de tvende andre Bestanddele næsten forsvinde. Gange af den Art som man har kaldet samtidige, og som bestaae iffun af en mere grovkornet Granit, og ikke skarpt ere adskilte fra Hovedstienen, gennemkrydse den i alle Retninger.

Lokalitet G-1: KLIPPELØKKE STENBRUD

Rønne granit med zonare pegmatitgange

Stenbruddet ligger ca. 1 km VNV for Knudskirke. Drej fra Almindingevej ad bi-vej nordpå og ca. 500 m fra landevejen kan der parkeres ved indkørslen til bruddet.

Anmod om tilladelse til besøg i bruddet på tlf.: 53 95 28 11.

Rønne graniten i dette brud er meget frisk og bliver blandt andet brudt i store blokke, der anvendes til forarbejdning af større emner og til udsavning.

Granitens mørke farve taget i betragtning, skulle man tro, at indholdet af mørke mineraler er særlig højt, men det er dog ikke tilfældet. De mørke mineraler, hornblende og biotit, udgør knapt 20 %, resten består af feldspat (ca. 60 %) og kvarts (ca. 20 %). Der er to slags feldspat: kalifeldspat og plagioklas, og der er noget mere plagioklas end kalifeldspat. De mørke mineraler er delvis samlet i 'løse bundter' eller hobe, hvor hornblende dominerer over biotit.

Graniten er mellemkornet og helt strukturløs, d.v.s. uden stribning eller nogen form for foretrukken mineralorientering. På friske brudflader virker den meget enskornet, men på forvitrede flader kan den fremtræde svagt porfyrisk med enkelte større zonare plagioklaskorn. Her og der findes i graniten op til 10-15 cm store rødlig kalifeldspatindivider, de såkaldte 'admiraler'. Finkornede, nødde-til nævestore indeslutninger af en finkornet, mere hornblenderig granittype træffes endvidere spredt i granitbruddet.



Figur 7. Zonare pegmatitgange i Rønne granit, Klippeløkke granitbrud.



Figur 21. Forvittringsbetinget kugleafskalning i Svaneke granit.

Nedsivende regnvand, der reagerer surt, opløser jernet, så biotiten til sidst falder hen som lyse skæl. Herved mister bjergarten yderligere sin sammenhængskraft.

I de faststående granitklipper, som rager op gennem gruset, kan ses fremerode-rede pegmatitgange og indeslutninger af mørk gnejs.

Lokalitet G-13: GULE HALD, ØST FOR LISTED HAVN

Diabasgang i Svaneke granit skåret af sandstensfyldte sprækker

Parker ved Listed havn og gå ca. 300 m mod øst til den lille halvø Gule Hald

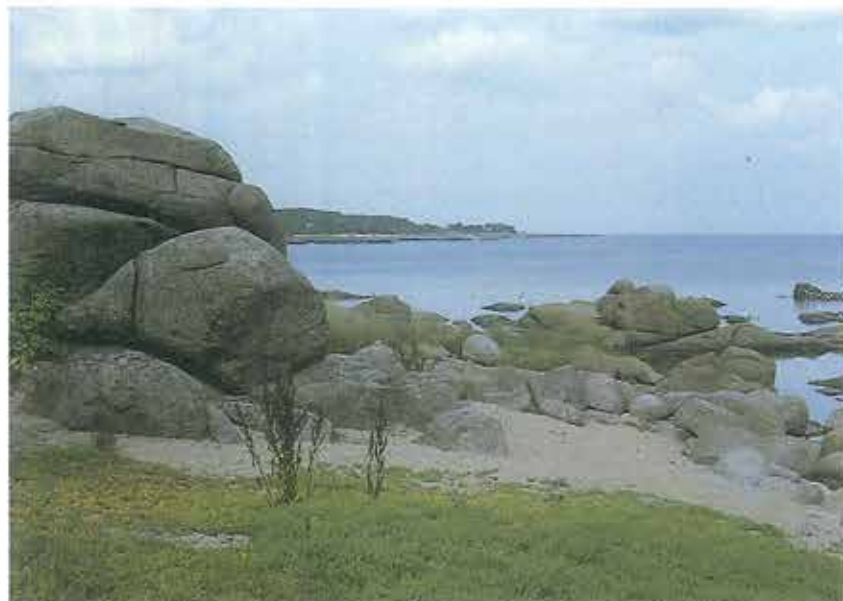
Den gullig-røde Svaneke granit, som danner kystklipperne, gennemsættes ved den lille halvø Gule Hald af en 30 m bred gang af mørkegrå olivin-basalt, den såkaldte Listed gang, som er Bornholms trediestørste diabasgang. Listed gangens retning er her ved kysten NNØ-SSV. Gangen er sporet godt 5 km sydpå til Tamperdal i Paradisbakkerne, hvor den gennemsætter Paradisbakke migmatiten. Under vejs, ca. 500 m syd for kysten, skæres gangen af en NV-SØ gående forkastning, som forskyder gangens sydlige del ca. 200 m mod sydøst.

Lokalitet G-12: KYSTEN NORD FOR ÅRSDALE

Svaneke granit og Årsdale grus

Parker ved den gamle vej fra Årsdale by til Svaneke, hvor den lidt nord for Årsdale slutter sig til den nye omfartsvej.

Vest for Neksø-Svaneke landevejen hæver granit-terrænet sig som en gammel kystskrænt op over en terrasse-flade med strandaflejringer fra den Baltiske Issø. Strandaflejringerne består af Årsdale grus. Langs den nutidige kyst er Svaneke graniten, som danner underlaget for disse aflejringer, blottet. Her i de lave kystklipper kan dannelsen af Årsdale grus ud fra Svaneke granit ved vejrsmuldring og bølgeslagets indvirkning iagttages i så at sige alle udviklingsstadier.



Figur 20. Forvitring af Svaneke graniten foregår langs revner og sprækker i graniten. Herved dannes afrundede granit'kugler' og grus - Årsdale grus.

Graniten er gennemsat af sprækker, der deler den op i m-høje og m-brede 'kasser'. Kanterne og hjørnerne på granit-kasserne smuldrer, og der opstår koncentrisk afskalning omkring en kugleformet kerne i 'kassen'. Til sidst ligger en stor granitkugle tilbage, omgivet af groft granit-grus.

Granitens tilbøjelighed til at smuldre til groft grus hænger ikke mindst sammen med, at dens kvarts- og feldspatkorn har ret jævne og glatte korngrænser. De er ikke nær så takkede og lappede som i andre bornholmske graniter. Det gør det lettere for det nedsivende vand at skaffe sig adgang. Et andet forhold, der bidrager til Svaneke granitens 'sprødhed' er, at dens jern-rige biotit let forvitrer.

I væggen over vejen, der fører ned i bruddets nordvestlige del, gennemskærer flere svagt hældende zonare pegmatitgange (0,5 - 1,5 m) den mørke Rønne granit. Andre store pegmatitgange ses i nord- og østvæggen. De synes alle at tilhøre et system af sydvest-hældende pegmatitgange. Rundt om i bruddet ses desuden adskillige andre, mindre pegmatitgange. Foruden de lyse mineraler (kvarts og feldspat) indeholder pegmatitgangene biotit som mørkt mineral. De kan også indeholde lidt (radioaktivt) allanit, fluspat, svovlkis, molybdænglans og blyglans.

I nordvæggen og den høje, stejle sydvæg ses en lodretstående diabasgang. Den går i NØ-SV-lig retning og er knapt 1 m bred. Den er stærkt opsprækket, ligesom den nærmeste granit. Diabasen er grålig i frisk brud som følge af omdannelse og begyndende kaolinisering, som også har påvirket den nærliggende granit i sprækkezonen.

Lokalitet G-2: RØNNE GRANITVÆRK a/s VED STUBBEGARD

Åbent brud og skærveværk i Rønne granit

Kør fra Rønne ad Almindingevej - Snorebakken til ca. 1 km vest for Knudskirke. Her er der afvisning til bruddet syd for vejen.

Tilladelse til besøg i bruddet er nødvendig. Forhåndstilladelse kan opnås på telefon: 53 95 28 11, ellers henvendelse til driftskontoret efter veje-huset. Der sprænges kraftigt to gange om dagen - spørg for besøg!



Figur 8. Sprækker og diabasgange i Rønne graniten. Rønne Granitværk a/s.



Figur 9. Brydning i flere niveauer i Rønne graniten. Rønne Granitværk a/s.

Lokaliteten tjener først og fremmest som et eksempel på åben minedrift. Bruddets vægge er meget stejle, og da graniten mange steder er gennemsat af revner og er rustforvitret, er det farligt at gå tæt på væggene. Det, der falder ned, slår hårdt! Rønne graniten og pegmatit kan studeres i fritliggende blokke, og på behørig afstand kan diabasgange erkendes i væggene.

Bruddet er nu 100 m dybt, og brydningen er nu begyndt i et allernederste 4. galleri. Der brydes og knuses skærver, der blandt andet anvendes af DSB som svelleunderlag.

Sammenfattende tolkning: Rønne graniten tolkes her som en oprindelig pyroxen-førende granit (dybbjergart), der størknede ud fra en 'tør' (= vand-fattig) smeltmasse. Efter størkningen udsattes den for omkrystallisation i et mere 'våd' miljø. Det førte til næsten total nedbrydning af de 'tørre' pyroxen-mineraler og vækst af de vandholdige mineraler hornblende og biotit. Både størkning og omkrystallisation skete sandsynligvis under den Gammel-Gotiske bjergkædedannelse for ca. 1780 - 1650 mill. år siden. Som vist i fig. 4 tænkes Rønne granitens omkrystallisation at være sket i forbindelse med dannelsen af den 'langstrakte fold'.

De store gennemskærende zonare pegmatitgange er yngre end de Gotiske foldninger. Måske dannedes disse pegmatiter først umiddelbart efter at Bornholms 'yngre graniter' var trængt frem for ca. 1400 mill. år siden.

Aldersbestemmelser af hornblende og biotit fra Rønne graniten, der giver 1285 og 1330 mill. år, viser, hvornår den omkrystalliserede og pegmatit-gennemsatte granit var kølet ned til 500-300°C som følge af erosion og hævnning mod jordoverfladen.

Lokalitet G-3: BERTELEGÅRD STENBRUD/PRÆSTEBØGÅRD STENBRUD Migmatitisk gnejs i Paradisbakkerne (Paradisbakke migmatit)

Kør fra Ibskervej ad Paradisbakkevejen forbi Paradisgårde til Bertelegård (med navnesten i vejsiden) eller til Præstebogård 100 m længere mod vest. Parker ved den offentlige vej. Ved hver gård fører en privat grusvej ind i skoven til et stenbrud. Det vestligste, Præstebo bruddet, der var i drift i efteråret 1988, er en klassisk lokalitet, men Bertelegårdens brud er for tiden det mest instruktive. Beskrivelsen af dette brud dækker i princippet også Præstebo bruddet.

Paradisbakke migmatiten i Bertelegårdens brud er ved brydning blottet i et langt SSV-NNØ gående profil. Migmatiten - en blandingsbjergart - er opbygget af en mørk grundbestanddel (ca. 80 %) og af et lyst sliremateriale (ca. 20 %).

Den mørke grundbestanddel er en blågrå, relativt finkornet gnejs med spredte større korn af grønlig, zonar plagioklas og prismatisk hornblende. Mineralogisk set er sammensætningen af den mørke grundbestanddel ikke meget forskellig fra Rønne granitens.

granit. Men studeres de flader, som hælder stejlt mod SSV, ses grænsen at være skarp. Den står meget nær lodret og bliver skåret af de yngre skifrighedsplaner.

Gnejsen vest for Svaneke graniten viser på denne lokalitet en ret varieret udvikling. Der er meget ensartede granitiske gnejser, kraftigt folierede gnejser og tydeligt slirede gnejser, som er kraftigt deformerede og småfoldede. Ca. 50 m vest for granit-gnejs kontakten ses således småfoldet gnejs.



Figur 19. Foldet gnejs i kystklipperne vest for Listed.

I gnejsen ses enkelte 'lag', der overvejende består af kvarts, og opbrudte 'lag' af en granat-epidot-holdig bjergart. De er blevet tolket som henholdsvis kvartsit og omdannet kalkholdigt sediment. 'Lagene' kunne dog også være dannet ud fra granitiske bjergarter ved særlig kraftig og ujævnt fordelt deformation (mylonitisering). Den yngre skifrighed, som gennem sætter Svaneke graniten, er i gnejsen orienteret næsten/helt parallelt med foldeakserne i de ældre folder, og ligesom i Svaneke graniten, lader den større og mindre linser upåvirkede.

Tolkning: Svaneke graniten anses for at være trængt frem i smeltet form. Det skete ca. 150 mill. år efter afslutningen af den Gammel-Gotiske bjergkædefoldning, som skabte gnejsens store foldestrukturer. Årsagen til anlægget af den yngre skifrighed er ukendt.

Lokalitet G-11: KYSTKLIPPERNE VEST FOR LISTED
Grænse mellem Svaneke granit og gnejs

Det tilrådes at parkere biler ved Listed havn og gå langs stranden til lokaliteten. Der er dog også adgang til kystblotningen ad en sidevej fra hovedvejen, lige øst for byzone-skiltet.

Den grovkornede Svaneke granit med 1-2 cm store feldspatkorn fremtræder i kystklipperne med et groft nubret udseende, fordi de kantede feldspater står frem. Helt mod øst, op til en lille vig, ses en meget ensartet og strukturløs udgave af graniten. Ellers er Svaneke graniten her mere eller mindre stribet og forskifret. Biotiten, det mest almindelige mørke mineral, er grupperet i flade ansamlinger, og bjergarten sprækker op parallelt med foliationen, som stryger VNV-ØSØ og hælder mellem 10 og 30° mod NNØ. Skifriheden bugter og bøjer dog en del, så den nogle steder smyger sig uden om op til metertykke linser af homogen granit.

Her langs nordkysten er skifriheden udviklet både i graniten og i dens sidesten, gnejsen. Da skifriheden skærer kontakten mellem gnejs og Svaneke granit, må den være anlagt efter Svaneke granitens fremtrængning og størkning. Betragtes de klippeflader, der hælder svagt ud mod havet, kan skifrihedens optræden i begge bjergartstyper give indtryk af, at der er en gradvis overgang fra gnejs til



Figur 18. Kontakten (under personen) mellem gnejs (til venstre) og Svaneke granit (til højre), Listed.



Figur 10. Paradisbakke migmatit med gennemskærende pegmatitgang. De lyse lodrette 'striber' er spor efter boringer til sprængninger. Bertelegård Stenbrud.

De lyse slirer består af ca. 50 % kalifeldspat, 30-40 % kvarts og 10-20 % plagioklas, og indeholder kun få mørke mineraler. Slirerne menes dannet ved delvis opsmeltning af gnejsen. Ved begyndende opsmeltning er det nemlig de lyse mineraler, der først smelter. Op mod randen af de lyse slirer ser man ofte en større koncentration af mørke mineraler, idet de 'manglende' lyse mineraler indgår i slirerne.

Det er de lyse slirer, der giver Paradisbakke migmatiten dens karakteristiske flammede udseende. De er mm-cm tykke og optræder indbyrdes parallelle i dm-afstand. De hælder gennemgående stejlt (ca. 60°) mod øst, men da de er foldede, optræder der også lodrette og vest-hældende slirer. De foldede slirer kan ses i bruddets sydlige del. De ses lettest, hvis man står ret tæt ved væggen og ser mod nord, skråt ind i brudvæggen. Så vil det også kunne ses, at der faktisk er to slags slirer. Dels det netop beskrevne, foldede system af tætliggende slirer, og dels et yngre system af ikke foldede, grovere - pegmatitiske - slirer, der optræder mere spredt, se fig. 10 og 11. De yngre slirer hælder ca. 45° mod øst, kan blive op til over 10 cm tykke, og kan have centrale kvartskerner. De ældre og yngre slirer giver Paradisbakke migmatiten et skiftende udseende i forskelligt orienterede snit i brudvæggene.

Omtrent midt i den SSV-NNØ orienterede brudvæg gennem sættes den migmatitiske gnejs af en 1/2-1 m bred zonar pegmatitgang. Nærmest den skarpe kon-

takt til pegmatiten ses kvarts-feldspat-sammenvoksninger, hvor de langstrakte krystaller er orienteret vinkelret på kontakten. I de mere centrale dele optræder større og mindre krystaller af rødlig kalifeldspat, enkelte 'labradoriserende' feldspatkorn med lyseblåt genskin, foruden røgfarget kvarts. Af mørke mineraler ses biotit samt magnetit, der under bevarelse af krystalformen kan være omdannet til hæmatit (martit). Der er endvidere set op til 2-3 cm store sorte (radioaktive) allanit krystaller omgivet af udstrålende rødfarvede revner. I Præstebo kan der lejlighedsvis ses 'sandstensgange' (se under lokalitet G-13).



Figur 11. Paradisbakke migmatit med ældre (foldede) og yngre (gennemsættende) lyse slirer. Bertelegård Stenbrud.

Sammenfattende tolkning: Paradisbakke migmatit menes dannet ud fra en granitisk udgangsbjergart, der har lignet Rønne granit. Gnejsdannelsen med omkrystallisation og bevægelse blev fulgt op af delvis opsmeltning med sliredannelse. Det ældre system med tætliggende slirer tænkes udviklet samtidig med dannelsen af den 'langstrakte fold' tidligt under den Gammel-Gotiske foldning, se fig. 4. Foldningen af de ældre slirer og dannelsen af de yngre slirer kunne da være knyttet til den genfoldning, der skabte den Østbornholmske Fold.

Foruden i Bertelegården og Præstebo stenbrud er de syd-hældende, gennemskærende og tydeligt zonare pegmatiter også iagttaget i Svaneke graniten (se lok. 10), som tilhører Bornholms yngre graniter. Dannelsen af disse store pegmatitgange knytter sig muligvis - som en sen fase - til de 1400 mill. år gamle 'yngre graniter'.

Sammenfattende tolkning: Almindingen graniten, som minder meget om Hammer graniten, anses ofte for at være en opragende sydlig udløber af Hammer granit. Denne antagelse om de to graniters slægtskab bygger først og fremmest på deres mineralogiske lighed. Der er i et andet stenbrud i Almindingen graniten (Hvide Enge) set meter-store folder i granitens foliation. Den geologiske historie er derfor sikkert mere kompliceret end ved selve Hammer graniten.

Lokalitet G-10: HELLETSGÅRD STENBRUD

Svaneke granit

Parker ved Klinteby Kirkevej. Det er ikke tilladt at køre ad den private vej til Hellestgård. Der er ca. 700 m at gå forbi gården til stenbruddet inde i skoven ret vest for gården. Det henstilles til ledere af større grupper at indhente tilladelse til besøg forud hos gårdens ejer: J.O. Dam-Larsen, tlf.: 53 99 40 64.

Svaneke graniten danner et ca. 3 x 15 km stort massiv i Bornholms undergrund, hvor den sydligste del af massivet er sedimentdækket. I Hellestgård stenbrud er Svaneke graniten grovkornet med 1-2 cm store feldspatkrystaller af rød kalifeldspat og hvidlig plagioklas. Den røgfargede kvarts danner mindre korn, som sammen med biotit er samlet i hobe imellem de store feldspatkorn. Foruden kalifeldspat (36 %), plagioklas (26 %), kvarts (25 %) og biotit (7 %), optræder hornblende (2 %) og titanit (ca. 1 %). Desuden kan grønlig eller violet flusspat optræde, undertiden synlig for det blotte øje.

Svaneke graniten er oftest uden strukturer, men kan lokalt udvise en svagt udviklet stribning. I bruddets østlige del ses nogle svagt hældende, 1/2-1 meter tykke pegmatitgange, som stedvis er zonart opbyggede.

Tolkning: Svaneke graniten hører ligesom Hammer graniten til de yngre graniter, der er ca. 1400 mill. år gamle.



Figur 17. Nærbillede af den grovkornede Svaneke granit med en indeslutning af en grålig bjergart.

I Stejlebjerg bruddet er Hammer graniten meget ensartet, men på en mindre, lav afsats for enden af søen kan der ses antydning af en 'lagdeling', der fremhæves af et større indhold af mørke mineraler i visse 'lag', fremkommet ved rytmisk udfældning af krystaller fra en smelte. 'Lagdelingen' på afsatsen kan kun ses tydeligt under gunstige lysforhold.

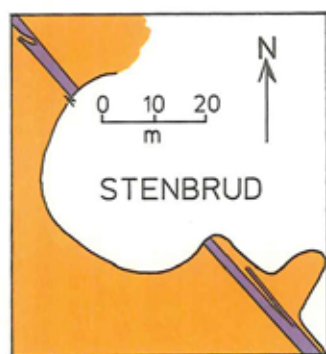
Tolkning: Hammer graniten opfattes som en dybbjergart dannet ved størkning af en fremtrængt smeltemasse. En aldersbestemmelse viser, at Hammer graniten størknede for ca. 1400 mill. år siden.

Lokalitet G-9: BJERGBAKKE STENBRUD

Almindingen granit

Mindre biler kan køre helt ind i bruddet ad grusvej, der går til højre, hvor Bjergbakkevej danner et skarpt sving nord for den større Almindingevej.

Bruddet er ret langt og bredt og delvis opfyldt af en sø. Almindingen graniten er her mellemkornet med op til 1 cm store feldspatkorn. Ligesom i Hammer graniten er de lyse mineraler noget rødspængte på grund af fine revne-udfyldninger af rød-violette jernforbindelser. Biotit er det dominerende mørke mineral. Det kan danne små ansamlinger, som gør bjergarten lettere folieret/stribet. Der er fundet enkelte, lidt større biotit-rige linser. Den svagt udviklede foliation kan lokalt 'snævre sammen' i forbindelse med optræden af mindre lyse granitiske slirer. På frilagte sprækker kan en beklædning af det grønne mineral epidot ses.



Figur 16. Kortskitse af den vestlige del af Bjergbakke stenbrud med angivelse af kullait-gangens beliggenhed.

Kullait består væsentligst af plagioklas, kalifeldspat, klorit, biotit og en del titanjern. Kullait-gange er tidligere beskrevet fra Skåne.

Almindingen graniten gennemses af en 2-3 m bred gang med retningen NV-SØ. Gangen, som er grå, er blottet to steder i den vestlige brudvæg (Fig. 16). Den er ikke en diabasgang, dens sammensætning er nærmest trakytisk/syenitisk med et højt indhold af alkalifeldspat og ret særegne, mørke mineraler. De sidstnævnte er dog mest erstattet af det grønne forvitningsmineral klorit. Gangbjergarten benævnes kullait - efter Kullen, hvorfra denne bjergartstype først er beskrevet.

Lokalitet G-4: KNARREGÅRD STENBRUD

Lys gnejs

Kør fra ad bivejen til Knarregård. Biler parkeres ved bivejen ved skilt med 'sti', hvorfra markvej/sti mod nord fører frem til bruddet inde i skoven.

Denne lokalitet giver mulighed for at se gnejsen i frisk, næsten uforvitret udgave. Gnejsens farve er her lys grålig, mens den andre steder er rødlig. Selv om det er flere år siden brydningen ophørte, er bruddets vægge endnu rene nok til, at gnejsens karaktertræk kan studeres, tilmed i forskellige snit. Strukturerne i gnejsen, foliationen og lineationen, tegnes af bjergartens indhold af mørk glimmer, biotit, der giver bjergarten et stribet udseende i brudvæggene.

Ved første blik virker gnejsen ensartet både med hensyn til mineralsammensætning og struktur, men ved nærmere studium ses dog undtagelser fra denne overordnede regelmæssighed:

1) her og der ses dm-store indeslutninger af en mørkere bjergart. Disse indeslutninger er sandsynligvis (tidligere størknede) dybbjergarter, der er ført med op i forbindelse med fremtrængningen af den granitiske udgangsbjergart, der senere blev til gnejsen.

2) Gnejsens stribning kan lokalt ændre retning. Den bøjer og snævrer sig sammen, og der ses her slirer eller uregelmæssige partier af lyst granitisk materiale. Dette kan tænkes dannet ved begyndende opsmeltning og lokal ansamling af det opsmeltede materiale.

3) Der ses også gennemsnættende pegmatitgange, som kan være småfoldede og helt sammenbucklede (ptygmatiske foldede). Nogle af pegmatitterne er zonart opbyggede, andre har udviklet flydestrukturer i form af en orientering af de mørke mineraler parallelt med kontakten. Det magnetiske mineral magnetit kan findes i pegmatiten.

Sammenfattende tolkning: En granitisk smeltemasse med brudstykker fra en underliggende dybbjergart størknede og udsattes for omkrystallisation og bevægelse (forgnejsning) under den Gammel-Gotiske foldning. Herved dannedes bjergartens nuværende mineralselskab og dens foliation og lineation. Ved fortsat deformation ændredes orienteringen af gnejsstrukturen lokalt, og stedvis opstod mindre ansamlinger af opsmeltet, lyst granitisk materiale. Pegmatitgange, som under den afsluttende deformation trængte ind i den endnu varme gnejs, småfoldedes og bukledes i 'ptygmatiske' strukturer.

Lokalitet G-5: MARKBLOTNING VED MAEGÅRD

Pyroxen-granit

Lokaliteten er en rundklippe, som syd for Rutsker ligger få skridt fra Kirkedalsvej lidt nord for Maegård. Der er sprængt i kanten af blotningen, så bjergarten kan studeres både på forvitret flade og i friskt brud.



Figur 12. Pyroxen-graniten i markblotning ved Mægård. H. Micheelsen fot.

Pyroxen-graniten er en mørk, meget hård bjergart. Den er mellem-finkornet, men indeholder enkelte større korn af zonar plagioklas og mørke mineraler. Den er ellers ganske strukturløs. Dens mineralogiske sammensætning afviger lidt fra Rønne granitens, idet den har et større indhold af mørke mineraler (25-30 % mod knapt 20 %). Pyroxen-mineralet hypersthen udgør ca. 3 % af de mørke mineraler, der i øvrigt omfatter hornblende (12 %) og biotit (7 %), samt ilmenit-magnetit (5 %).

Tolkning: Den mørke pyroxen-granit ved Mægård er tidligere beskrevet som nært beslægtet med Rønne graniten, og begge bjergartstyper har været opfattet som metamorfe bjergarter dannet under høje temperaturer i forbindelse med en bjergkædedannelse. I betragtning af Mægård-granitens yderst homogene udseende og dens lokale optræden kan intet sikkert dog siges om dens oprindelse og alder.

Lokalitet G-6: STENBRUD SYD FOR VANG HAVN OG RINGEBAKKER STENBRUD

Vang granit

Der kan køres fra Vang havn næsten helt til det forladte stenbrud i klippe-skrænten over forstranden. Stenbruddet/bruddene ved Ringebakker er i aktiv drift, og besøg kan kun ske med tilladelse fra Hasle Granit a/s, Storegade 77, 3790 Hasle (tlf.: 53 96 42 00). Fra vejen til Vang havn fører en bivej ind i Ringedalen op mod bruddene.

Tolkning: Profilet i dette stenbrud viser tydeligt, at Hammer granitens smelt-masse er trængt frem i, og er størknet under afkøling mod den noget ældre Vang granit. Der kan ses en svag kontakt-parallel orientering af de mørke mineraler i Hammer graniten og dens 'rand-aplit', men denne orientering skyldes sandsynligvis flydning i den størknende smeltmasse.

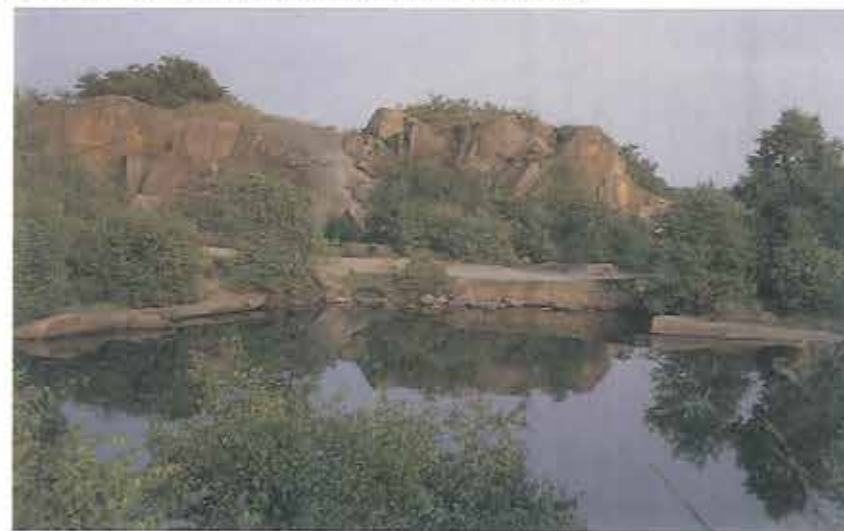
Lokalitet G-8: STEJLEBJERG STENBRUD

Hammer granit

Da det store Hammer granitbruds vægge udgøres af gamle sprækkeflader, der er stærkt anløbne, anbefales det at besøge det ældre, men friske stenbrud på toppen af Stejlebjerg, bakken nord for Hammerbruddet. Der kan køres til Hammer fyr (dog ikke med busser), og herfra går en sti gennem den lave skov til bruddet. Man kan også parkere på den store plads ved vestenden af Hammer Sø, hvorfra en sti fører over det store forladte stenbrud til Stejlebjerg bruddet.

Hammer graniten er Bornholms lyseste granit, den indeholder kun godt 5 % mørke mineraler. Farven er lys rødlig-grå, og den ujævnt mellemkornede bjerg-art har et karakteristisk rødsprængt udseende, fordi fine revner i de lyse mineraler er udfyldt med rød-violette jernforbindelser.

Hammer graniten består af godt 40 % kalifeldspat, knapt 20 % plagioklas, ca. 33 % kvarts og ca. 5 % biotit og ganske lidt hornblende.

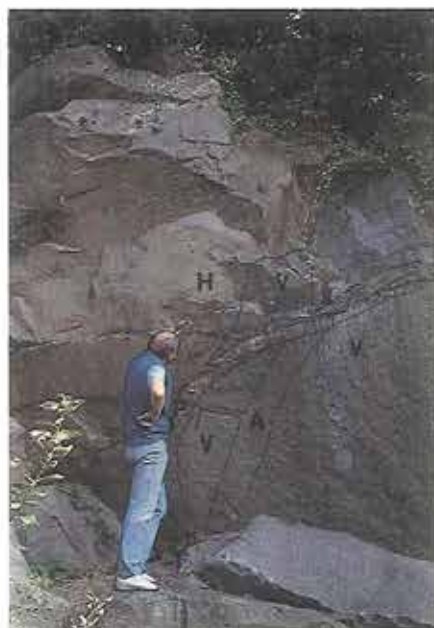


Figur 15. Blik ud over det gamle Stejlebjerg granitbrud med Krystalsøerne på toppen af Hammerknuden. Den magmatiske lagdeling kan studeres i graniten på 'hylden' for enden af søen.

Lokalitet G-7: SJÆLE MOSE STENBRUD
Hammer granit i kontakt med Vang granit

Sjæle Mose er omkranset af skov og kan ikke ses fra Olsker-Allinge landevejen. Mosen ligger knapt 2 km nord for vejkrydset i Olsker, vest for landevejen. Følg her en bivej ca. 50 m mod vest og parker ved denne. (Længere fremme fører bivejen til Ll. Hallegård og Sjælegård). Gå ad markvejen ca. 200 m sydpå. Sjæle Mose ses nu umiddelbart øst for markvejen, og inde i skoven ses først et lille, helt ubetydeligt stenbrud og så det egentlige stenbrud. Bunden er ret tilvokset, men krattet lader sig forcere frem til væggen, som er meget instruktiv. En klassisk lokalitet, der stadigvæk er et besøg værd.

Længst inde i bruddet ses i nordvestenden af et ca. 5 m højt NV-SØ gående profil en lys rødlig Hammer granit. Den viser en skarp og stejltstående kontakt op mod den sribede ældre Vang granit. Op mod kontakten er Hammer graniten finkornet (aplitisk), og det ses, at Hammer graniten nedfra er trængt skråt ind i Vang graniten som en apofyse (gangagtig udløber). Begge graniter og apofysen skæres af en svagt hældende pegmatitgang med 2-3 cm store feldspat- og kvarts-individer. Nærmere indgangen til bruddet ses Hammer granit også (nederst i profilet) at være trængt op i Vang granit.



Figur 14. Kontakt mellem Hammer granit (H) og Vang granit (V), Sjæle Mose stenbrud. Hammer graniten sender aplitiske apofyser (A) ind i Vang graniten, og en yngre pegmatitgang (P) skærer det hele.

Vang graniten er en rødlig granit med et karakteristisk svagt sribet 'grovspættet' udseende, fordi de mørke mineraler er koncentreret i aflange 1/2-1 cm store pletter. Vang graniten indtager, hvad mineralsammensætningen angår, stort set en mellemstilling mellem den mørkere Rønne granit og den lysere Hammer granit. Den indeholder ca. 33 % rødlig kalifeldspat, ca. 22 % plagioklas, ca. 27 % kvarts og omtrent lige dele hornblende og biotit (tilsammen ca. 11 %).

I stenbruddet syd for Vang havn træffes enkelte kantede indeslutninger af en mere finkornet, grålig granittypen i Vang graniten. Flere aplitgange af finkornet Hammer granit og nogle pegmatitgange skærer graniten, der også er gennemsat af nogle tynde og ofte stærkt omdannede forvitrede diabasgange.

Syd for stenbruddet ved Vang havn er der anlagt en mole til udskibning af granit fra Ringebakker bruddene. Molen består af friskbrudte blokke, hvor Vang granitens mineraler og dens lidt varierende struktur kan studeres.

Vang graniten går i den sydlige del af sit udbredelsesområde gradvist over i gnejs, idet bjergartens parallelstruktur tiltager og det grovspættede udseende forsvinder.

Tolkning: Vang graniten er her medregnet til Bornholms yngre graniter, fordi en isotopanalyse af en prøve antyder, at graniten har ca. samme alder som Hammer graniten og Svaneke graniten.



Figur 13. Den rødlig, spættede Vang granit.

BORNHOLMS GRUNDFJELD

Regions 1, 2, and 3 are shaded in pink. Regions 4 through 15 are shaded in yellow.

Place names include: HAMMEREN, SANDVIG, ALLINGE, VÅGE ØVN, Levehovederne, Hammershus Ruin, Terre Øvn, VANG, Olsker, Tejn Kåsen, Helligdomsklipperne, GUDHJEM, Rø, Rokkesten, Rutsker, Torøbakker, Spilsgård, Klemensker, Østerlars, Kelse Å, Belshavn, Listed, SVANEKE, Årsdale, Paradisgårde, Rokkesten, Klinteby, NEXØ, BALKÅ STRAND, SNOGEBÆK, BROENS ODDE, ØLEÅ, RISEBJERG, PEDERSKER, LÆSÅ GRØDDE, LØSÅ, SKELBRØ, LIMENSGÅDE, SOSE GÅRD, SOSE ODDE, SOSE VIG, RISEBÆK, MADSEGRÅV, ARNAGER, SKYTTEGÅRD, LØBBÆK, KALBY, ÅKIRKEBY, VESTER-MARIEKIRKE, ALMINDINGEN, ARSBALLE, HASLE, BAGÅ, BLYKOBBE Å, RØNNE, ØNSBÆK.

Scale: 0 2 4 6 8 10 km

