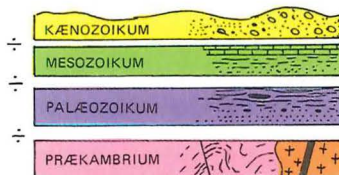


# BORNHOLMS FJELD

af Asger Berthelsen



## BORNHOLM - MELLEM NORDEN OG 'EUROPA'

Bornholm udgør med sine 581 km<sup>2</sup> kun 1,3 % af Danmarks areal, men intet sted i landet er geologien så righoldig som på Bornholm. Her er blottet bjergarter af vidt forskellig alder, og her kan der samles både mineraler og forsteninger. På øens nordlige del kan man tilmed gå og stå direkte på den krystalline jordskorpe, det Prækambriske grundfjeld. Det er i de andre egne af Danmark gemt godt væk under 1-10 km tykke sedimentlag.

Bornholm danner den sydligste udløber af grundfjeldet i det Baltiske Skjold, der ellers omfatter største delen af Sydnorge, Sverige og NØ-Norge samt Finland, Kola halvøen og Sovjetisk Karelen. De første kapitler af Bornholms geologiske historie er derfor en del af beretningen om det Baltiske Skjolds tilblivelse, se side 42 - 43.

Senere blev Bornholms geologiske historie imidlertid præget af begivenhederne i Mellem- og Syd-Europa, hvor der både i slutningen af Prækambrisk tid, og i Jordens oldtid (Palæozoikum), middelalder (Mesozoikum) og nyere tid (Kænozoikum) var livlig pladetektonisk aktivitet. Indflydelsen sydfra skyldtes, at der umiddelbart op mod Bornholm udvikledes et system af dybtgående brudzoner i jordskorpen. Dette brudsystem kan følges fra Sorte Havet i sydøst til Nordsøen i nordvest. Den første brudzone udvikledes hen mod slutningen af Prækambrisk tid, og den - samt flere nye - var aktive med både sideværts- og op-ned bevægelser gentagne gange - helt ind i Kvartærtiden.

Denne store brudzone, som adskiller Gammel-Europa fra Ung-Europa er velafgrænset fra Sorte Havet til Polen, hvor den er 50 - 90 km bred. Men hvor den forlader Polen, deler den sig op i et bundt af større og mindre brudzoner, som vifteformet spreder sig ind over det danske område og det nordligste Tyskland. Den nordligste gren i denne vifte rører ved Bornholm og kaldes sammen med zonen gennem Polen til Sorte Havet for **Tornquist Zonen**. Den sydligste gren, som er den ældste, kaldes den **Trans-Europæiske Brudzone**. Den passerer syd om Danmark og Østersøen og gemmer sig fra Polen og videre mod sydøst i Tornquist Zonen.

Dette komplicerede system af brudzoner har fungeret som en art stødpude mellem det pladetektoniske aktive Mellem- og Syd-Europa og det stabile Baltiske Skjold. Pladebevægelserne sydpå blev afledt ved bevægelser i brudzonerne, men Bornholm lå alligevel så tæt op ad bevægelsezonerne, at de store begivenheder sydpå kom til at afspejle sig tydeligt i den lagserie, der overlejrer det bornholmske grundfjeld. Begivenhederne markeres af store huller i lagserien, såkaldte **lakuner**, og ved at lagene under lakunerne viser lagforstyrrelser, der ikke findes i lagene over lakunerne. (Se vignetten øverst på denne side).

## DE STORE LAKUNER

Den ældste store lakune i lagfølgen på Syd-Bornholm findes mellem det nedero-derede grundfjeld og de ældste Kambriske lag. Denne lakune spænder over ca. 300 mill. år, og tidsrummet (870 - 570 mill. år) svarer til opbrydningen af Gam-mel-Europa syd for den Trans-Europæiske Brudzone og den efterfølgende Sen-Prækambriske (Cadomiske) pladetektoniske udvikling, som var af stor betyd-ning ved dannelsen af fundamentet i Ung-Europas jordskorpe.

Den mellemste store lakune i den bornholmske lagserie optræder mellem de yngste Silure skifre og de ældste Triassiske sedimenter. Den første del af denne lakune svarer til den afsluttende fase i den **Kaledoniske foldning** mod slutning- en af Silur, hvor de Kaledoniske foldebjerger i Skandinavien og de Nordtyske - Polske Kaledonider blev dannet. Foldefronten for de Nordtyske - Polske Kale- donider er skjult under det sydligste Sønderjylland og i Østersøen, hvor den lø- ber mellem Bornholm og Rügen, se side 43.

Men den mellemste lakune omfatter også den efterfølgende Hercyniske plade- tektoniske udvikling med dannelsen af Mellem-Europas **Hercyniske foldebjerger** og den begyndende opbrydning af Gondwana-kontinentet. Det var den Hercyn- iske udvikling, der førte til dannelsen af Tornquist Zonens nordvestlige del, der som den nordlige viftegren i det store brudsystem strækker sig fra Bornholms sydvestkyst over Skåne til Kattegat og Nordjylland. Det kan godt være, at der i dele af den mellemste lakunes tidsrum blev aflejret sedimenter på Bornholm, men så er de blevet fjernet igen ved erosion, inden de ældste Trias-lag blev afsat.

Den yngste store lakune i Bornholms lagserie optræder mellem undergrundens yngste Kridttids lag og istidslagene fra Kvartærtiden. I tid svarer den yngste store lakune til den Alpine pladekollision, hvorved de **Alpine foldebjerger** i Syd-Eu-ropa og Middelhavsområdet dannedes, og den efterfølgende sammenpresning af Europa og Afrika. Inden for Tornquist Zonen førte de Alpine spændinger, der forplantede sig nordpå gennem den Europæiske plade, til en skæv sammenpres- ning og opfoldning af lagene langs Bornholms sydvestlige kyst.

Foruden disse tre store lakuner, optræder der talrige mere kortvarige 'huller' i den bornholmske lagserie. De beretter om mange interessante detaljer i det o- verordnede pladetektoniske udviklingsbillede.

## BORNHOLMS GRUNDFJELD:

## PRÆKAMBRIUM

Groft set kan Bornholms grundfjeld beskrives som én brudbegrænset granit- horst, der rager op gennem de omgivende sedimenter, men i virkeligheden er denne 'store granitblok' ikke så ensartet. De yngste dannelser, de gennemskær- ende **diabasgange**, som er dannet ved at basisk magma er trængt op og størknet i sprækker, skiller sig klarest ud fra omgivelserne, men selv ude i omgivelserne

kan der ses forskelle. Selv om næsten alle grundfjeldets bjergarter (diabaserne undtaget) består af feldspat, kvarts og mørke mineraler, ligesom granit, og deres kemiske sammensætning ligner - eller svarer til en granits, kan man (efter struktur, forekomstmåde og kontaktf forhold) direkte i felten adskille to hovedgrupper af 'granitiske bjergarter', der hver for sig kan inddeles yderligere, se kortet side 56 - 57. Bornholms grundfjeld omfatter i alt tre hovedgrupper: 1) Den bornholmske gnejs og ældre granit, 2) De yngre graniter, og 3) Diabasgangene.

## BORNHOLMSK GNEJS OG ÆLDRE GRANIT

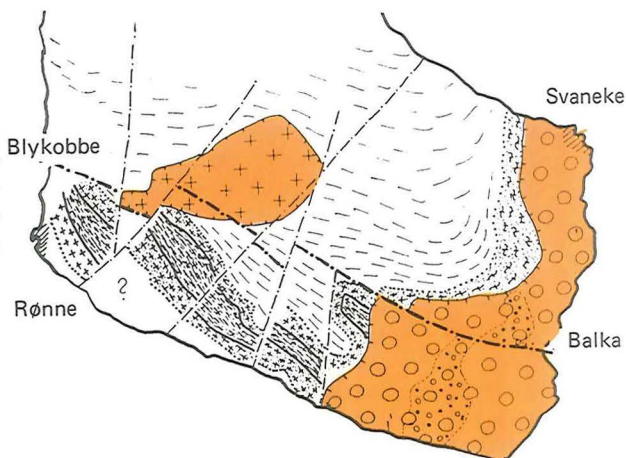
**Den bornholmske gnejs** adskiller sig først og fremmest fra det, der på undergrundskortet er angivet som granit, ved at de mørke mineraler er parallelt orienteret (linie- eller lagvist). Denne gnejs-struktur kaldes en **liniation** ved linievist parallelstruktur og **foliation** ved lagvis/planar parallelstruktur. Den giver gnejsen et stribet eller svagt båndet udseende i klippeoverfladen. Stribningen/båndingen ses her undertiden at bølge svagt eller være bøjet i fleksurer, der stedvis afbrydes af mindre, uregelmæssigt afgrænsede partier af lyst, strukturløst materiale. Disse partier er sandsynligvis blevet dannet ved delvis opsmeltning i gnejsen. Undertiden kan der ses en 'svederand' hvor ikke-opsmeltede mørke mineraler er blevet koncentreret uden omkring det udsondrede, oprindelig opsmeltede parti.

Østligst i gnejsområdet, i et nord-syd gående bælte ved Paradisbakkerne vest for den yngre Svaneke granit, optræder en ret mørk gnejs med flammeagtige slirer. Her har den delvise opsmeltning været så kraftig, at bjergarten med god ret kan kaldes **migmatitisk**, det vil sige en blandingsbjergart af gammelt og nyt materiale. De flammeagtige slirer er tilnærmelsesvist parallelt orienteret og de tegner en fladtrykt linsestruktur i gnejsen.

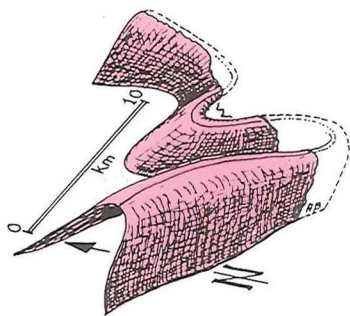
Stribningen/båndingen i den bornholmske gnejs er ikke altid lige fremtrædende. Der er overgangstyper til 'rigtig' granit, og der er flere mindre forekomster med strukturløs granit inden for gnejsområdet. Af de graniter, der her regnes som ældre graniter, er kun Rønne graniten afmærket på undergrundskortet længst mod sydvest, op mod det sydlige sedimentområde. Der er også en overgangszon mellem Rønne graniten og gnejsen nord for den. Når Rønne graniten og de magnetisk-forskellige granittyper, som er sporet nord for og under sedimentområdet, her er behandlet som ældre graniter i hovedgruppe med den bornholmske gnejs, skyldes det, at disse graniter føjer sig konformt sammen med gnejsen i en og samme overordnede struktur. Det tyder på, at disse bjergarter sammen har været udsat for deformation i stor skala.

**Rønne graniten** er en blålig-grå, mørk granit. Den mørke farve skyldes, at feldspaten er så klar og gennemsigtig, at et indhold på ca. 15 % mørke mineraler kommer til at dominere. Foruden de mørke mineraler hornblende og biotit er der i Rønne graniten fundet rester af pyroxen-korn. Det tyder på, at Rønne graniten oprindelig udkrystalliserede fra et ret tørt magma. Graniten omkrystalliserede dog senere, nok samtidigt med hoveddeformationen af gnejsen og anlæget af de store strukturer, som den ældre hovedgruppes bjergarter udviser.

Figur 1. Strukturskitse, der viser den formodede udbredelse af den bornholmske gnejs og de ældre magmatisk-forskellige graniter (ufarvet). Yngre graniter er orange.



Hvis tolkningen af det magnetiske anomali-kort over det sydlige Bornholm er rigtig, betyder det, at Rønne graniten - sammen med de skjulte graniter og den bornholmske gnejs - danner en kompliceret dobbeltfoldet struktur, som fylder det meste af Bornholm. I en sådan struktur kommer Rønne graniten og de skjulte graniter til at lukke (antiformt) i sig selv omkring en næsten vandret nordvest-sydøst foldeakse, og denne fold bliver - sammen med gnejsen - i den øvre flanke tvunget ind i en noget ændret udgave af den 'østbornholmske fold'.



Men det må ikke glemmes, at der er usikkerheder ved denne tolkning, der dels bygger på andres tolkninger, og dels kan strukturer dannet af fremtrængende magma-bjergarter, hvis form før deformationen ikke kendes, let overfortolkes.

Figur 2. Hypotetisk dobbeltfold i gnejs og ældre granit, der afskæres mod øst af den yngre Svaneke granit.

Et vigtigt spørgsmål står tilbage. Hvad var den bornholmske gnejs' udgangsbjergarter, før de blev deformerede og under omkrystallisation udsattes for delvis opsmeltning her og der? Der kan have været tale om en sekvens af sure lavaer, porfyre og underordnede indslag af sedimenter, og der kan være trængt graniter ind i sekvensen, altså hovedsagelig sure bjergarter af magmatisk oprindelse. Selv om der er fundet rester af omdannede sedimenter (kvartsit, glimmerskifer og kalk-silikat) på flere lokaliteter, optræder disse bjergarter i helt underordnet mængde. Det samme gælder amfibolit, der er dannet ved omdannelse af basiske magmabjergarter.

## DE YNGRE GRANITER

Til de yngre graniter regnes **Vang granit**, **Hammer granit**, **Almindingen granit** og **Svaneke granit**. På undergrundskortet (side 56 - 57) og på strukturskitsen ses de yngre graniter at afskære de store strukturer, som tegnes af gnejsen og de ældre graniter. Det er derfor rimeligt at antage, at de yngre graniter er trængt frem efter den bjergkædefoldning, der dannede de store strukturer. Medvirkende til, at de yngre graniter nu forklares som magmatisk fremtrængte er, at deres Strontium-isotopforhold ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) tyder på, at de er dannet ud fra magmaer i kappen snarere end de er dannet ved opsmeltning inden for skorpen. Dette isotioforhold er fremkommet sammen med en Rubidium-Strontium (Rb-Sr) isokron alder for Hammer -, Svaneke - og Vang graniterne på  $1400 \pm 60$  mill. år. Dette betyder, at de yngre graniter tilhører en og samme generation af graniter, men dog ikke, at de er intruderet på nøjagtig samme tid. Vang graniten kunne godt have nået at størkne, før den lysere rødlige Hammer granit trængte frem.

De yngre graniter kan være både linierede og folierede. Der synes at være overensstemmelse mellem strukturerne i gnejsen og i f.eks. Hammer graniten, men gnejsagtige strukturer kan dog også udvikles i en magmatisk dannet granit i forbindelse med dens størkning. Det kan ikke udelukkes, at nogle af de gnejsagtige strukturer i de yngre graniter er dannet på denne måde.

På det geologiske kort (side 56 - 57) synes det som om, at Hammer graniten er trængt op i Vang graniten. Den lille forekomst af Vang granit inden for Hammer graniten, ville da være en rest af Hammer granitens 'tag', og graniten ved Olsker ville være en opragende sydlig udløber af Hammer graniten. Selv Almindingen graniten, der ligner Hammer graniten en del, ville kunne forklares som en endnu mere sydlig udløber, der stikker op gennem gnejsen.

**Almindingen graniten** viser en gradvis overgang til gnejsen og kan være folieret. Det kan skyldes, at graniten i sin yderste del var trængt frem som en gangsværm med gnejskiver imellem granitgangene. Varmepåvirkningen fra graniten kunne da - hvis temperaturen i forvejen var relativ stor - blive høj nok til en delvis opsmeltning af gnejskiverne.

At de yngre graniter blev intruderet i relativ stor dybde i jordskorpen i et 'lunt' miljø, fremgår af, at de først for 1350 - 1250 mill. år siden blev kølet ned til omkring  $300^{\circ}$ , hvilket ses af Kalium-Argon (K-Ar) aldre for biotiter fra de yngre graniter, og for 950 - 800 mill. år siden til  $200 - 100^{\circ}\text{C}$  (Ar-Ar - spektrum).

**Svaneke graniten**, der er den mest grovkornede af de yngre graniter, afskærer tydeligt strukturerne i de ældre graniter på det sydlige Bornholm, og Svaneke graniten selv ses at være 'klippet' af Blykobbe-Balka forkastningen, så den nordlige del er forskudt mod øst i forhold til den sydlige, se fig. 1. Denne store forkastning blev sandsynligvis dannet før 1250 mill. år, måske i forbindelse med en begyndende ophævnings og nederosion af det bornholmske grundfjeld.

## DIABASGANGENE

**Diabasgangene** udgør den yngste hovedgruppe af bjergarter i det bornholmske grundfjeld. De er dannet ved at basisk magma er trængt op som sprækkefyldninger i graniterne og i gnejsen. En mere moderne betegnelse for diabas er dolerit, som f.eks. anvendes om lignende basiske gange i Sydsverige.

Ved en kortlægning af de bornholmske basiske gange blev der opmålt 200 gange med en samlet bredde på 400 m i et kystprofil på 30 km's længde. Det svarer til at ca. 1,3 % af grundfjeldets areal udgøres af diabas.

De bornholmske diabaser har næsten alle N-S, NNØ-SSV eller NØ-SV-retninger. Det vil sige, at de er parallelle med de bornholmske spaltedale, der er uderode-rede sprækkezoner, og diabaserne optræder ofte i selve sprække-dalene. Gangenes bredde variere fra cm-tykkelse til m-brede, og enkelte når et tital af metre.

Den bredeste er Kelse Å-gangen, den er 60 m bred. Kelse Å-gangen er fulgt ved hjælp af magnetisk kortlægning fra nordkysten og i sydøstlig retning helt frem til kanten af sedimentområdet på det sydlige Bornholm. Den skærer uforsat BlykobbeBalka brudzonen i gnejsen og graniten, og Kelse Å-gangen anses for at tilhøre den Jotniske dolerit/diabas generation. Den er i Sverige dateret til ca. 1250 mill. år.

I det nordlige gnejs terræn skæres Kelse Å-gangen imidlertid (under en spids vinkel) af yngre brud, men forsætningerne er så små, at de ikke ses på kortet. Brud med samme retning forsætter Blykobbe-Bagå forkastningen, og her kan deres sen-Prækambriske alder vises, da de ikke påvirker overliggende Kambriske sedimenter. Andre af de bornholmske diabasgange har sikkert samme alder som Blekinge-Dalarne gangsværmen i Sydsverige, hvor de er dateret til at være trængt frem for 970 - 870 mill. år siden. Dette er i overensstemmelse med de seneste palæomagnetiske undersøgelser af de basiske gange i det Baltiske Skjold.

Alle bornholmske diabasgange, der kan følges ind til det sydlige sedimentområde, har været ældre end sedimenterne, det vil sige, at diabasgangene er af Prækambrisk alder. Efter dannelsen af diabasgangene og før aflejringen af de ældste sedimenter (Nexø Sandstenen) er der en stor lakune i den bornholmske lagserie.

I Skåne blev der på overgangen Karbon - Perm intruderet en veludviklet doleritgangsværm, hvor talrige af gangene har retninger, der falder mere eller mindre sammen med Tornquist Zonens retning. Det har fra svensk side været fremhævet, at det er besynderligt, at gange med samme alder ikke optræder på Bornholm, der jo netop ligger i retningen af en eventuel fortsættelse af den svenske gangsværm. Imidlertid er der fra Bornholms nordkyst rapporteret nogle få meter brede diabasgange med Ø-V til NV-SØ-retninger, men der må nye undersøgelser til for at afgøre, om de nordbornholmske gange med afvigende retninger skulle være jævnaldrende med de skånske fra Karbon-Perm.

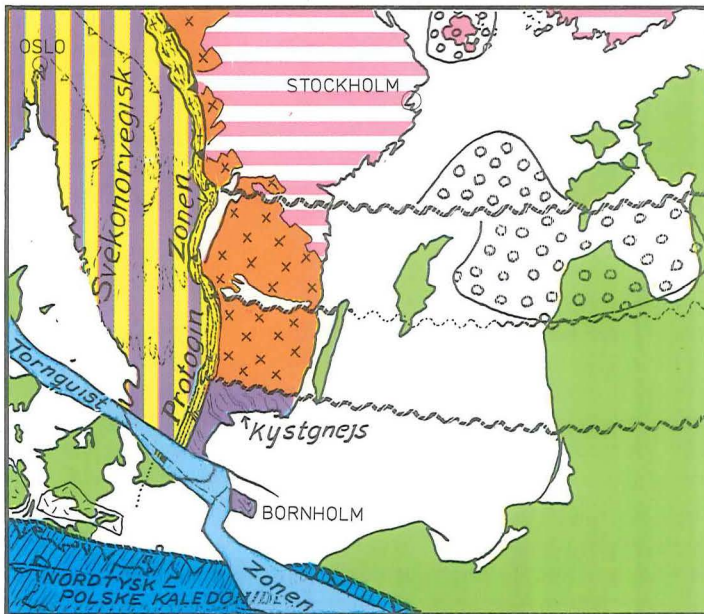
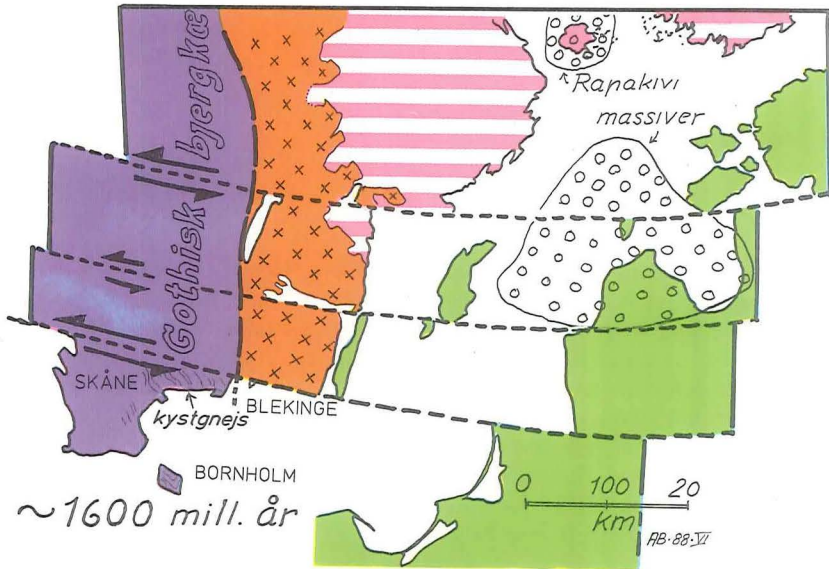
## SYDSVERIGE - BORNHOLM - EN SAMMENLIGNING

Fra Bornholm foreligger der kun en enkelt Rb-Sr alder (ca. 1400 mill. år) for tre yngre graniter og nogle K-Ar biotitaldre fra to af graniterne. Men der er i de seneste år blevet udført mange dateringer i det sydlige Sverige, bl.a. i Blekinge.

Blekinges kystgnejser og ældre graniter er nu dateret til at være dannet, omdannet og deformeret for 1780 til 1650 mill. år siden. Det er fristende at foreslå, at den bornholmske gnejs og ældre granit har samme alder.

Blekinges kystgnejser gennemses af massiver af yngre (ca. 1400 mill. år) graniter, der - ligesom Bornholms yngre graniter - både optræder grovkornede, mellemkornede og gnejsagtige typer. Grundfjeldet i det sydøstligste Skåne, det sydlige Blekinge og på Bornholm synes helt klart at tilhøre en og samme provins, der repræsenterer en 1780 - 1650 mill. år gammel bjergkæde. Denne blev gennemsat af yngre graniter for ca. 1400 mill. år siden og blev hævet og nedroderet for 1350 - 1200 mill. år siden.

Det mystiske er blot, at denne bjergkæde ender blindt mod en Ø-V gående brudzone i Blekinge. Nord for brudzonen er der graniter og porfyre, der er mindst lige så gamle som kystgnejserne, men de er ikke deformerede. Det sydlige Blekinges kystgnejser og ældre graniter har derfor næppe haft deres nuværende geografiske placering, dengang de blev dannet. Fig. 3 viser et forsøg på at løse dette mysterium. I skitsen øverst er Bornholm-Skåne-Blekinge grundfjeldets mulige placering i tiden kort efter den 1780 - 1650 mill. år gamle bjergkædefoldning angivet. Bornholm-Skåne-Blekinge dannede da sandsynligvis den sydlige del af en større foldekæde, den Gothiske foldekæde. Den Gothiske pladetektoniske udvikling (1780 - 1650 mill. år) var også ansvarlig for dannelsen af de ældste dybbjergarter i det sydvestsvenske gnejsområde. I rekonstruktionen ses de udeformerede graniter og porfyre at optræde øst for den Gothiske foldekæde, i dens uforstyrrede forland. Nederste skitse viser situationen efter afslutningen af den senere Svekonorvegiske foldning (1100 - 950 mill. år siden). Bornholm-Skåne-Blekinge-'blokken' var da blevet forskudt mod øst, så denne del af det Gothiske foldebælte undgik at blive inddraget i den Svekonorvegiske deformation. Forskydningen af Bornholm-Skåne-Blekinge-'blokken' mod øst skete langs den Ø-V gående brudzone nord for kystgnejserne, og den skete før de yngre graniters fremtrængning for ca. 1400 mill. år siden. Et massiv af yngre granit afskærer brudzonen. De yngre graniters dannelse hænger måske sammen med denne forskydning, da brudzonen sikkert nåede dybt ned i skorpen og kappen. Den nederste skitse viser også hvorledes Protogin zonen er blevet påvirket af denne og andre mere nordligt placerede Ø-V gående brudzoner i skjoldet. Protogin zonen nuværende komplicerede struktur skyldes også et delvist sammenfald mellem østgrænsen for den ældre Gothiske og den yngre Svekonorvegiske deformation. Vest for Protogin zonen har den Svekonorvegiske foldning og sammenpresning sløret og skjult den oprindelige fortsættelse af de Ø-V gående brudzoner ind i de ældste sydvestsvenske gnejser.



Figur 3. Udviklingen af grundfjeldets strukturer i Sydsverige og omkring Bornholm. Se teksten for forklaring.