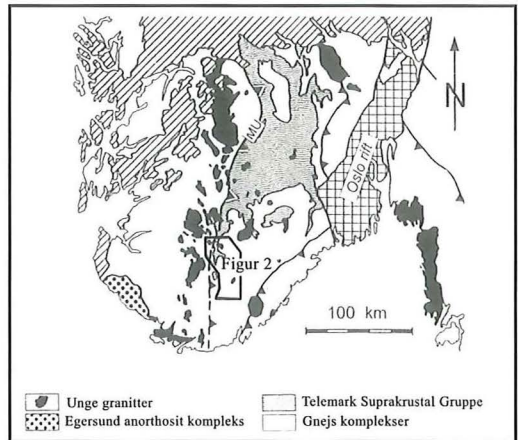


SENPRÆKAMBRISKE SUBVULKANSKE GANGSYSTEMER I SYDNORGE

Svend Pedersen

Under den geologiske kortlægning af Sydnorge i den sidste del af 1960'erne og begyndelsen af 70'erne blev der nord for Kristiansand i den sydlige del af den store nord-sydgående Setesdal observeret nogle senprækambriske bjergartstyper, der ikke tidligere havde været beskrevet. Det drejede sig om nogle mindre magmatiske legemer på 25-30 km², der består af to bjergartstyper, en granittisk type og en monzonittisk type med ledsagende gangsystemer (figur 2).



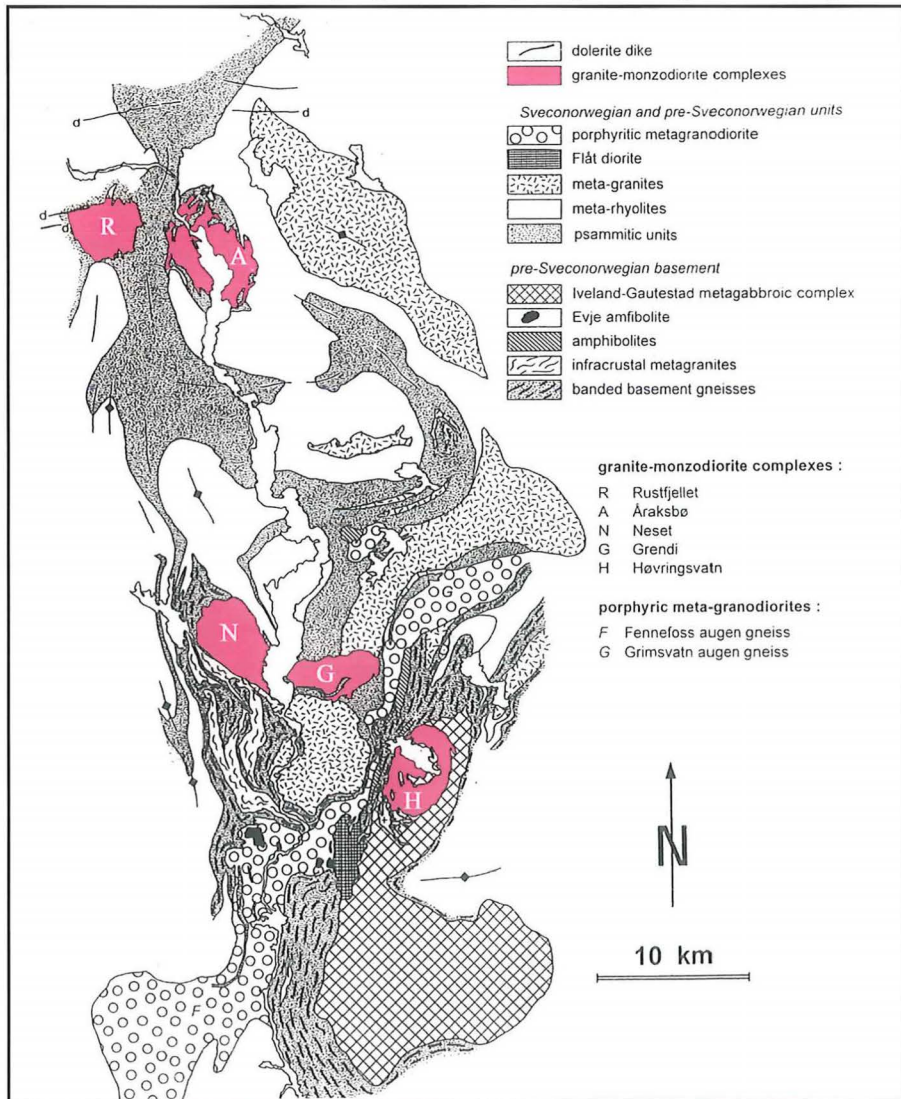
Figur 1. Skitsekort over det sydnorske grundfjeld med placeringen (figur 2) af Setesdalsområdet.

Monzonitter er bjergarter med mindre end 20% kvarts (totalt af de lyse mineraler) og nogenlunde lige store mængder af plagioklas og alkalifeldspat (om klassifikation af magmatiske bjergarter se VARV 2002,4 og artikel på side 28). Bjergarterne er dannet sent under den yngste prækambriske bjergkædedannelse i Skandinavien - den sveconorvegiske, der er omkring 1 milliard år gammel.

Det der gjorde bjergarterne spændende ved et første øjekast, var de overordnede strukturer kortlægningen afslørede i form af subvulkanske gangsystemer, der er knyttet til enkelte af bjergartskomplekserne, dels de strukturer man så i gangene først og fremmest i form af ptygmatiske folder i lyse skærende granittiske bånd.

De magmatiske legemer repræsenterer således magmakamre, der ikke har ligget særligt dybt. De gangsystemer, der er tale om, er 1) keglegange (cone sheets) dvs. kræmmerhusformede sprækker, hvor spidsen peger ind mod magmakammerets centrum, 2) radierende sprækker, dvs sprækker, der radierer ud fra magmakammerets centrum og 3) samt klokkestrukturer (bell jar) der er udviklet i forbindelse med en indsynkning af området over magmakammeret. Keglegangene og de radierende sprækker er dannet i forbindelse med udløs-

ningen af et overtryk i magmakammeret og efterfølgende udpresning af smelte i sprækkerne. Tilsvarende sprækker dannes, når et tykt vindue revner f.eks. i forbindelse med et stenslag (figur 3). Klokkestrukturerne finder man som ganske få forholdsvis tynde horisontale gange af stor udbredelse. Der er kun ganske få radierende sprækker, så de dominerende strukturer er keglegangene (figur 4). Herudover findes et utal af gangformede og uregelmæssige mindre legemer,



Figur 2. Geologisk kort over Setesdal med de mindre magmatiske legemer lagt ind. Granit-monzonit legemerne er fremhævet med røde farve

som tilsyneladende afspejler en hel serie af afsnøringer af smelte fra større underliggende magmakamre. Gangbjergarter er iøjnefaldende, når man går rundt i området, da de som oftest indeholder en række spændende strukturer.

Efterhånden, som de monzonittiske bjergarter er blevet undersøgt, har det vist sig, at de på en lang række områder ikke ligner samtidige magmatiske bjergarter andre steder i Sydvestskandinavien. Udover strukturerne er det først og fremmest kemien i bjergarterne der er speciel, med høje koncentrationer af grundstofferne kalium, fosfor, titan, lanthan, strontium, barium og zirkonium.

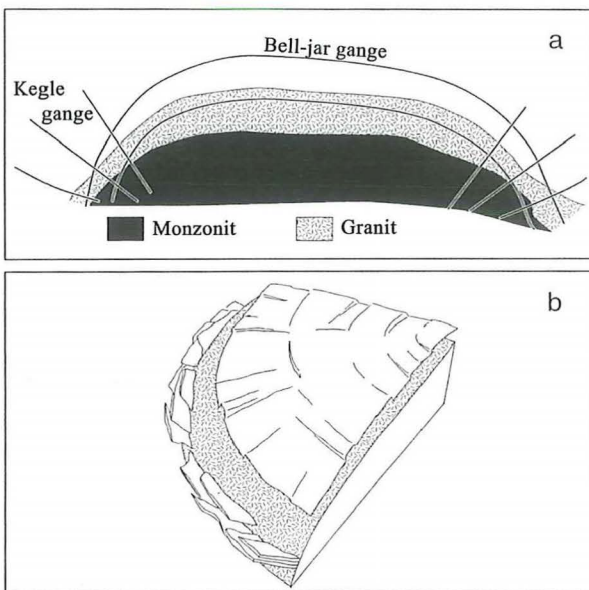
De magmatiske legemer udmærker sig ved hvert deres kendetegn, men er alle opbygget omkring en mellemkornet homogen oftest strukturløs monzonit og en generelt svagt porfyrisk granit. Alderen på bjergarterne er ca. 950 millioner år.

I gangene er der tit også de to bjergartstyper, granit og monzonit. Begge typer er finkornede, men især de monzonittiske bjergarter varierer i udseende. Helt generelt har de monzonittiske bjergarter en udtalt foliation og/eller lineation.

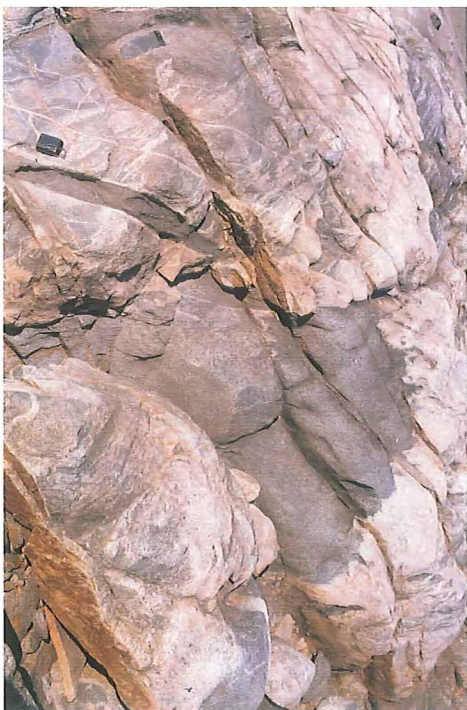
Denne artikel vil handle om strukturer, der er knyttet til gangsystemerne med relation til de sydligste af de magmatiske legemer. Der vil endvidere blive suppleret med informationer fra andre lignende gange, hvor tilknytningen til et magmatisk legeme ikke er åbenlyst.



Figur 3. Sprækkedannelser i rude udsat for stenkast. Bemærk de radierende og cirkulære til elliptiske sprækker. Sidstnævnte svarer til omtalte keglegange



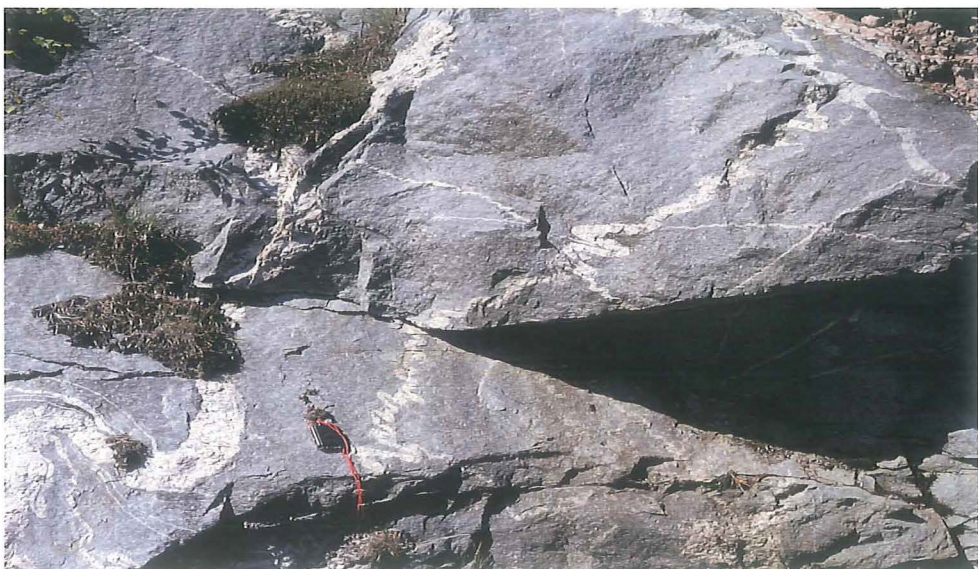
Figur 4 Simplificeret profil og blokdiagram der viser keglegangene og klokkeintrusionerne (bell-jar gange) ved det sydligste magmatiske legeme.



Figur 5. Mindre uregelmæssigt legeme af monzonit intruderet i en svaghedszone.

SÅDAN FOREKOMMER GANGENE

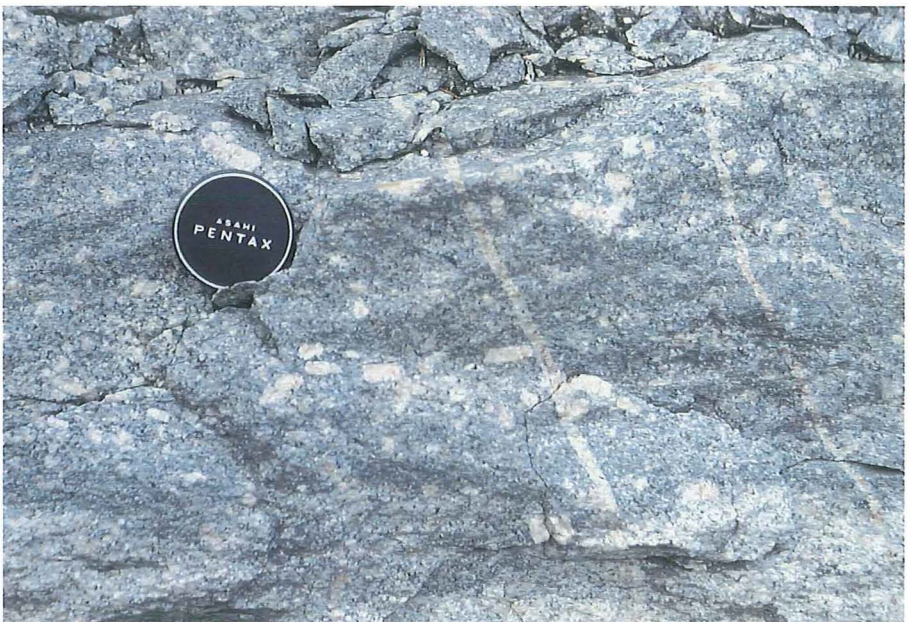
Gangene har alle monzonit som et dominerende element. De kan så indeholde granit i vekslende mængder. De fleste er udtalt deformerede, men ganske få har ikke umiddelbare tegn på deformation. Hyppigt bliver man opmærksom på gangene ved enten at se et mindre, ofte kraftigt folieret/linieret legeme, som er intruderet i små svaghedszoner (figur 5) eller en finkornet grå bjergart med ptygmattiske folder (VARV 1987,1 og figur 6). Kontakterne til sidestenen kan være uregelmæssige (figur 7), og undertiden kan der være udviklet hybridlignende bjergarter (figur 8). Hybridlignende vil her sige, at der på grænsen mellem visse monzonittiske gangtyper og de grovkornede granitter udvikles bjergarter, der er finkornede og lysegrå som monzonitterne, men som indeholder mere eller mindre opløste mineraler, som stammer fra granitten.



Figur 6. Uregelmæssigt legeme af en lys grå monzonit med ptygmattiske folder.



Figur 7. Uregelmæssig kontakt mellem monzonittisk gangbjergart og grovkornet granit.



Figur 8. Hybridlignende bjergart dannet på grænsen mellem en grov granit og en gangformet monzonit.

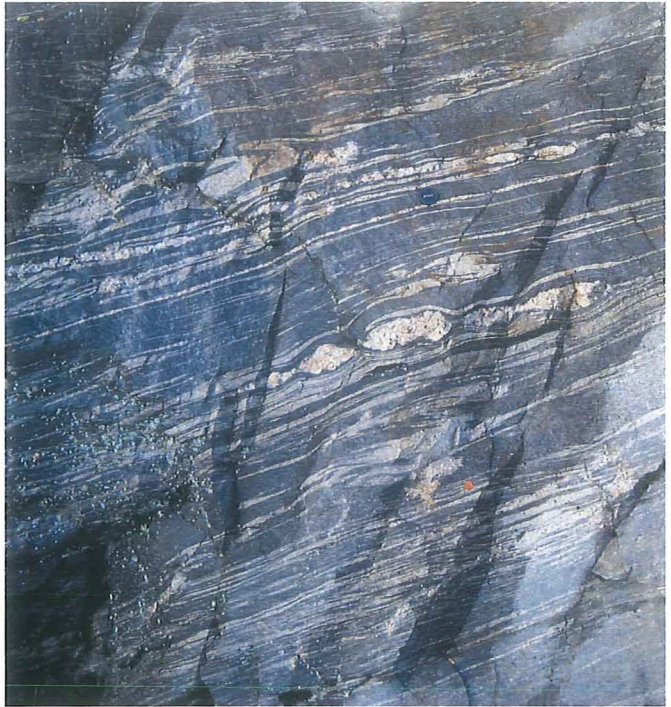
Gange uden tegn på deformation eller med svag deformation: Gange eller i dette tilfælde mere korrekt mindre legemer uden tegn på deformation eller med svag deformation er tit udviklet som en kombination af granit og monzonit. Her skal nævnes et eksempel fra det sydligste af de magmatiske legemer (figur 9), hvor man ser et lille legeme med en usystematisk blanding af en lysegrå bjergart (monzonit) og lys rødlig bjergart (granit). Den struktur man ser er resultat af en intrusion af to samtidige, men ublandbare smelter. En velkendt analogi har man i de forsøg, man gør, når man forsøger at blande olie og eddike ved fremstillingen af en salatdressing.



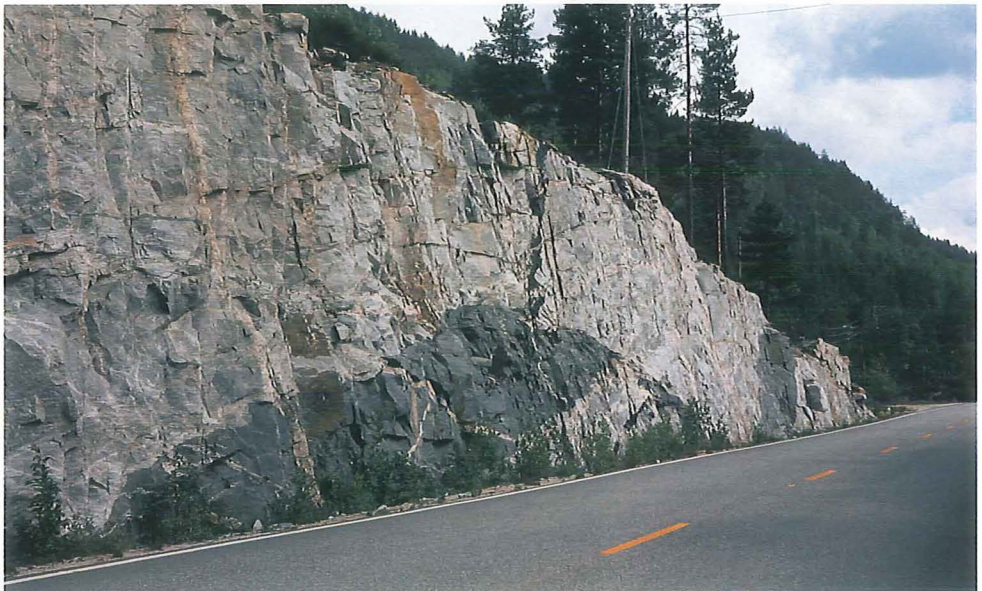
Figur 9. Mindre legeme der er opbygget af monzonit og granit. Sidestenen er mellem-grovkornet granit.

Monzonit/granit gange med deformationsstrukturer: Gange, hvor man ser granit og monzonit udtalt deformerede, er almindelige og ses eksempelvis i den sydøstlige del af det sydlige magmatiske legeme og flere steder langs vejene i Setesdal (figur 10). Da monzonitterne indeholder flere mørke mineraler ses deformationsstrukturerne (foliation/lineation) tydeligst i disse, hvorimod det granit-tiske materiale er foldet og boudineret (strækningsstrukturer, se VARV 1987,1).

Gange uden den finkornede granit er hyppigt forekommende. Er der en sådan komponent, er det granittiske materiale yngre end monzonitten. Et eksempel kunne være den smukke gang på figur 11, som vil blive behandlet senere. Ofte er gangene udviklet med en foliation, der danner en skæv vinkel med kontakten, hvilket er et tegn på bevægelser parallelt med gangkontakten, efter gangen er dannet (figur 12).



Figur10. Kraftigt deformert gangbjergart med en monzonittisk komponent (grå) og en granittisk komponent (meget lys grå til svagt rødlig). Foto: D.L. Rasmussen.



Figur 11. Gang, der udelukkende har en monzonittisk komponent. Det granittiske materiale, der ses i gangen kommer udefra. Midt i billedet anes en sort ultramafisk gang, (se tekst)



Figur 12. Tynd gang af monzonit i granit. Man ser en lille forsætning langs gangen. Bemærk de tynde årer; de viser forsætningen.

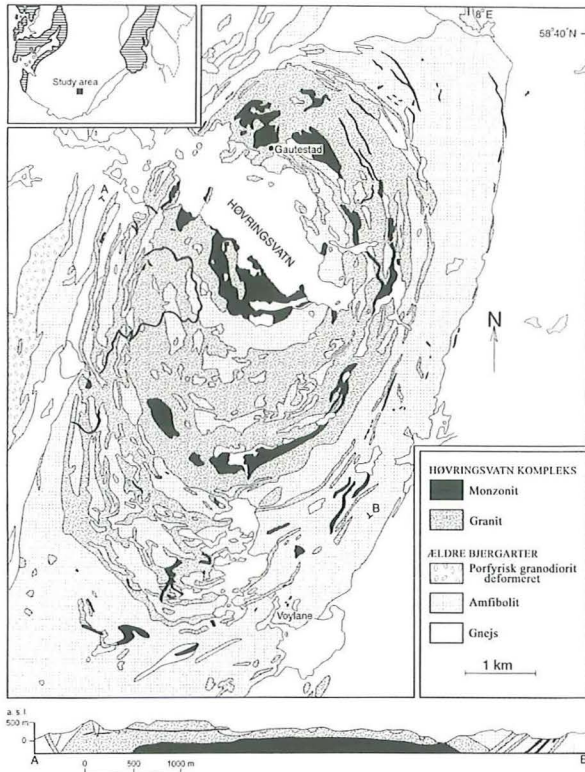
DE MAGMATISKE LEGEMER

Af de 5 legemer, der indtil nu er påvist i Setesdalen, er det sydligste studeret i størst detalje. Intrusionen er bygget op omkring to typer mellemkornede homogene monzonittiske bjergarter - en mørk og en lys type - og en granit, der varierer i kornstørrelse fra grovkornet til fin-mellemkornet. Kortbilledet (figur 13) viser et elliptisk legeme med en central del med monzonittiske og granittiske bjergarter samt et stort sammenhængende legeme af den metamorfe bjergart amfibolit. Dette er en ældre bjergart, som enten er sunket ned i smelterne, da de nåede til den nuværende position i jordskorpen, eller også repræsenterer den en del af taget over smelten, som i øvrigt så ikke har flyttet sig meget. Den nuværende topografi skærer rimeligvis toppen af legemet, således at kortbilledet viser et snit meget tæt på taget af intrusionen. I den marginale del af intrusionen eller lige udenfor finder man gange af granit og monzonit der er udviklet som keglegange og klokkeintrusioner (figur 2). Monzonitterne ligger i tre systemer, mens granitterne kun ses i de to yderste. Udover de tre hovedsystemer af monzonittiske keglegange, undertiden med granittiske gange i de samme systemer,

findes et utal af mindre legemer dannet ved at især monzonittiske smelte har kunnet trænge ind alle steder, hvor der var en svaghedszone.

I det følgende er tre lokaliteter beskrevet. Den første er en lokalitet med keglegange fra det yderste system, den anden en lokalitet fra det inderste system og endelig en lokalitet med en klokkeintrusion.

Det generelle mønster omkring den geologiske udvikling i gangbjergarterne er følgende: Smelterne trængte op i en varm og til dels plastisk jordskorpe. På et senere tidspunkt hvor skorpen var koldere og mere sprød, dannedes der granitiske og pegmatittiske gange i området. Disse gange skærer monzonitterne og de tilknyttede finkornede granitter, da de er yngre. Ved en sådan skæring vil man se de yngre gange deformeret i monzonitten, men ikke i sidestenen.



Figur 13. Geologisk kort over det sydligste magmatiske legeme.

GANGE KNYTTET TIL DE MAGMATISKE LEGEMER

På den første lokalitet ses en række monzonitgange, der tilhører det ydre keglegangsystem (figur 14). Gangene her er intruderet i en amfibolit, er få meter brede og kan normalt kun følges over korte afstande, maksimalt 100 meter. Gangene er mere glimmerrige end de fleste andre monzonitgange og med flade glimmeraggregater på op til 1 centimeters længde. De er yderligere karakteriseret ved at have et forholdsvist stort indhold af finkornet granittisk materiale. Det finkornede materiale er knyttet intimt til gangene. Udover finkornet granittisk materiale ses også pegmatittisk materiale i gangene. Dette kommer udefra, er materiale der har skåret gangene før den sidste deformationen fandt sted, idet de alle er deformeret. Denne deformation ses dog kun i gangen, i sidestenen er der ingen påvirkning. Deformationen af bjergarterne skyldes bevægelser i den sidesten gangene er intruderet i. Gangene har overordnet en



Figur 14. Et ældre billede af lokaliteten fra det ydre cone sheet system. I dag er der ikke så meget sand på lokaliteten. Helt yderst i øverste højre hjørne ses sidestenen (en amfibolit). Den skæres af en pegmatit, som ses boudineret i gangen. Bemærk de store mængder granitisk materiale i gangen.

NØ-SV- lig orientering og hælder mod nordvest. Sidestensblokken, der ligger over gangen, har bevæget sig mod ØNØ i en bevægelse der både er sideværts og opadrettet.

I det indre keglegangsystem optræder en serie af gange, der skærer såvel en homogen monzonit som en svagt porfyrisk udviklet granit. Gangene er for fleres vedkommende ganske tynde, og der ses ikke på lokaliteten noget finkornet granitisk materiale af den type, der sås i gangen i det første eksempel. Systemet af keglegange er et andet end det, der er beskrevet fra den første lokalitet - det ligger nærmere intrusionens centrum. To fænomener er af interesse her: dels relationerne til den mellem-grovkornede granit og dels strukturerne i keglegangene versus strukturerne i den monzonit, de skærer.

Relationerne til den ældre granit er komplicerede og et resultat af, at monzonnitten er trængt ind i en varm sidesten. Relationerne til den monzonit, der udgør sidestenen viser en strukturløs bjergart (sidestenen) og bjergarter med en kraftigt udviklet struktur.

I det magmatiske legeme er det også muligt at studere en anden type gang.

Det drejer sig om en klokkeintrusion, som er næsten vandret og gennemsat af en mængde foldede granittiske årer.

Strukturerne kan her forklares - ligesom på den første lokalitet - som et resultat af, at sidestensblokkene på hver side af gangen har bevæget sig i forhold til hinanden. Her har den øverste blok flyttet sig mod NNV.

Gange uden synlig tilknytning til de magmatiske legemer

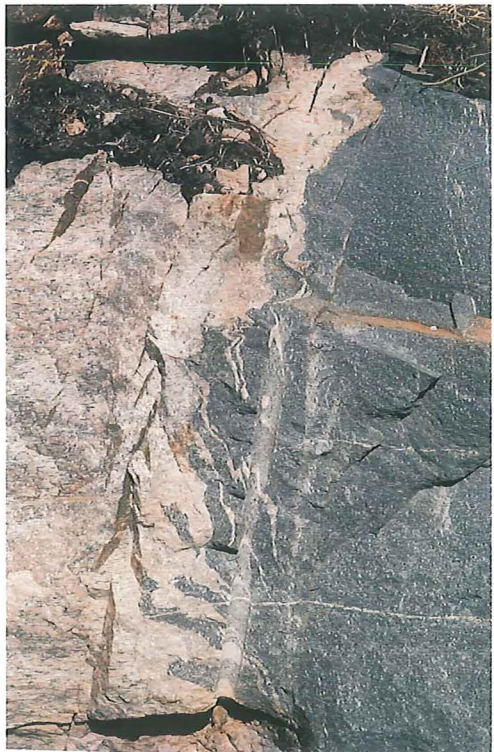
Langs hovedvejen gennem Setesdalen ses mange forskellige gangtyper og interessante relationer til sidestenen. Her skal nævnes to eksempler:

Den første lokalitet er en lang vejskæring i en rød mellem-grovkornet granitisk gnejs. Her ses to tætliggende forekomster af monzonittisk materiale: Den sydligste forekomst udgøres af uregelmæssige partier i den røde gnejs, mens den nordligste er en ca. 4 meter bred regulær gang.

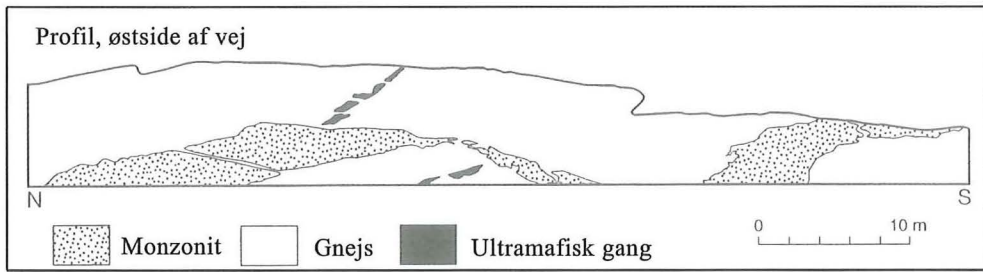
Den sydligste udviser veldefinerede kontakter mellem monzonit og gnejs på trods af det uregelmæssige forløb, hvilket betyder, at den monzonittiske smelte er trængt ind i en varm sidesten, der har været så plastisk, at den har afsnøret smeltepartier. At sidestenen har været varm ses også ved kontakten til den nordlige monzonit. Her optræder den grå monzonittiske gang med grå tungeformede legemer ud i sidestenen, som til gengæld sender tunger den modsatte vej.

Sidestenen er nu ikke længere gnejs, men granit. Gnejsen ses ca. 8-10 centimeter fra gangkontakten (figur 15). Det fænomen der illustreret ved denne kontakt er begrebet 'back veining'. Back veining dannes, når en smelte opsmelter den sidebjergart, den trænger ind i.

Dette resulterer i to samtidige smelter, som ikke nødvendigvis blandes. Den ene trænger ind i den anden og omvendt. På figuren ses fra venstre gnejs, opsmeltet gnejs i form af granit og monzonit. Gnejsen har været meget tæt på smeltepunktet og er smeltet op,

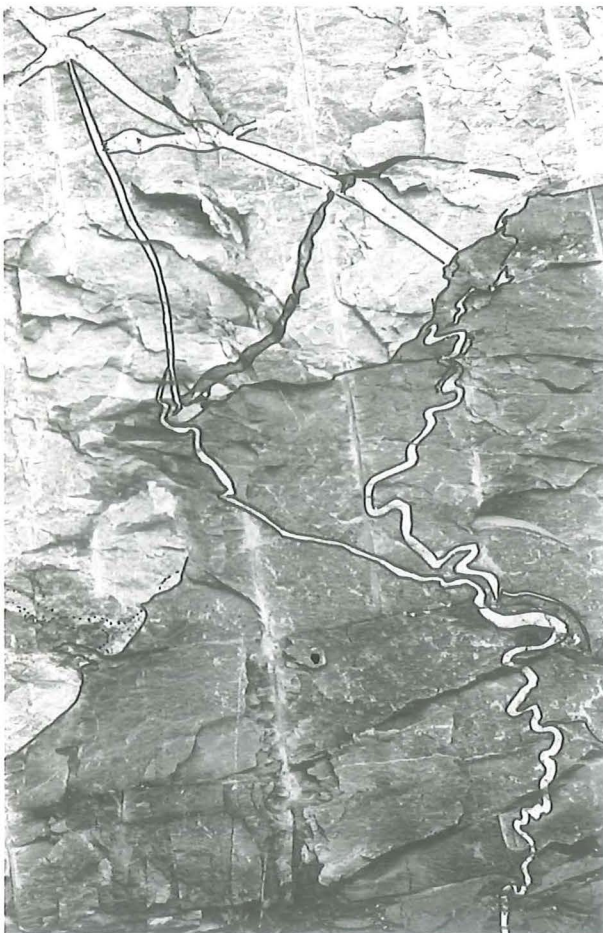


Figur 15. Kontakt mellem den nordligste monzonit og gnejsen. Der ses tydeligt 'back veining'.



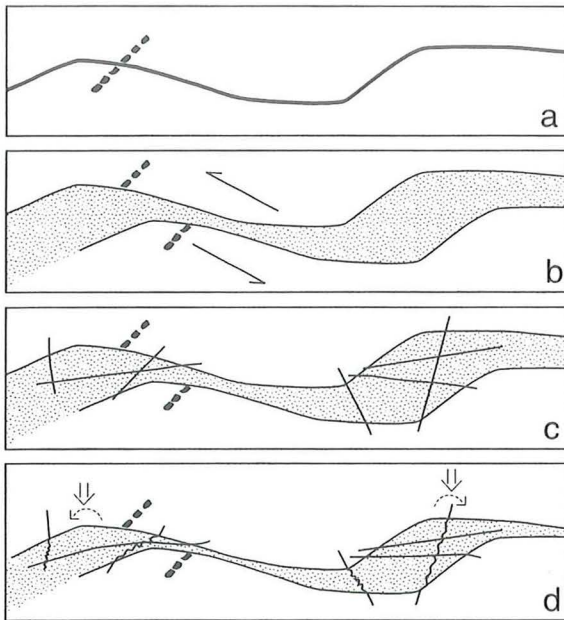
Figur 16. Østsidens i en 35 år gammel vejskæring. Sammenlign med figur 11.

da den varme monzonittiske smelte trængte ind i gnejsen. Monzonitten udgjorde ganske vist ikke noget stort legeme, men smelten har tilsyneladende kunnet yde et tilstrækkeligt varmetilskud til opsmeltning.



Den næste lokalitet er en mere end 35 år gammel vejskæring i en grå gnejs (figur 11 og 16). I gnejsen ses en uregelmæssig ultramafisk gang, der skæres og forsættes af en grå monzonittisk gang. I den monzonittiske gang ses mange eksempler på pygmattiske folder og nogle enkle eksempler på boudinage. Iøjnefaldende er det forhold at gangene skærer retlinede - tilsyneladende udeformerede - pegmatittiske og aplitiske årer i gnejsen, mens andre der skærer monzonitten er udeformerede i gnejsen og deformerede i monzonitten. Udløbere af monzonit er tilsyneladende også upåvirkede (figur 17).

Figur 17. Detaljer fra monzonitgang. Samme lokalitet som figur 16



De komplicerede strukturer kan forklares på følgende måde (figur 18): Den monzonittiske smelte er trængt ind i en uregelmæssig sprække, der har åbnet sig med en sideværts bevægelse. Dette giver det uregelmæssige forløb, der ses på lokaliteten.

Dernæst skæres gangen af lyse granittiske årer og synker derefter lodret ned. Dette giver ptygmatiske folder i granittiske årer, der er lodrette og boudiner i årer, som er vandrette.

Figur 18. Tolkning af den geologiske udvikling, der førte til dannelsen af strukturerne i gangen i vejprofilet på forrige side..

Sammenfattes de observationer på monzonitgange, der er beskrevet i denne artikel, er der en række gennemgående træk:

De monzonitiske smelter er intruderet i en varm sidesten. Dette giver sig udtryk ved gangformede legemer ofte af en begrænset længde og med uregelmæssige kontakter.

De iøjnefaldende strukturer oftest i form af ptygmatiske folder, som ses i næste alle gange, skyldes at stive blokke af sidesten har bevæget sig langs de bløde gange efter dannelsen af mange af de lyse årer.

Tilstedeværelsen af gangbjergarter i varierende mængde udenfor de magmatiske legemer viser efter alt at dømme, at der i dybet er andre tilsvarende legemer.

Endelig - så er subvulkanske strukturer som beskrevet her ikke så almindelige i det skandinaviske Prækambrium.

Man finder gangene næsten overalt, og får man øjnene op for, at disse grå, småplettede bjergarter med et lidt kedeligt udseende kan indeholde mange spændende strukturer og relationer, tror jeg på, at læseren af denne artikel vil finde ud at han/hun er i godt selskab med de monzonittiske bjergarter i Setesdalen.

Varv udgav i øvrigt for nogle år siden en guide for Setesdal.