

Beskrivning till berggrundskartan del av Värmdö kommun

Fanny Hartvig, Mehrdad Bastani, Claes
Mellqvist, Lena Persson & Malin Sträng



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7403-192-8

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Kraftigt skjuvade tidigorogena intrusivbergarter, tillhörande
den så kallade bandserien (6569242/1655341). Foto: Fanny Hartvig.

© Sveriges geologiska undersökning, 2013
Layout: Jeanette Bergman Weihed, SGU

INLEDNING

Värmdö kommun ligger i Stockholms län och har en total landyta på 438 km² samt består av 10 252 öar. Kartområdet täcker 235 km² av kommunens landyta. De öar som det inte finns bro till samt Djurö och Björnö ingick inte i kartläggningen. Den berggrundsgeologiska undersökningen inom den nykarterade delen av kartområdet utfördes somrarna 2003 till 2005. Som underlag vid berggrundskarteringen användes moderna fastighetskartor i skala 1:12 500 och hållbilden från jordartskarteringen i området (Möller & Stålhös 1964, 1969, Lindén 2001, 2002). Berggrundskartan del av Värmdö kommun ligger till grund för den bergkvalitetskarta som framställdes samtidigt (Hartvig m.fl. 2008). Platsangivelser i texten ges med ortsnamn samt Lantmäteriets kod för storruta och ekonomisk ruta (t.ex. Tranarö, 10J 5 a) eller med koordinater i rikets nät (RT 90).

Tidigare arbeten som berör kartområdet och dess bergarter är Nathorst (1881), Svedmark (1883), Sundius (1939), Möller & Stålhös (1964, 1969), Stålhös (1968, 1969) samt Persson m.fl. (2001).

Kartområdet är typiskt för landskapet i östra Svealand med sprickdalar med branta bergssidor, karg hållmarkstallskog, örtrik granskog och bäckraviner. Blottningsgraden (hållfrekvensen) är hög inom hela kartområdet och ligger på drygt 40 %.

Över hela området finns moderna flyggeofysiska data. De omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet inom VLF-området. Mätningarna är gjorda från flygplan på cirka 60 m höjd längs nord-sydliga linjer med 200 m avstånd och med cirka 17 m mellan mätpunkterna.

BERGGRUNDSGEOLOGISK UTVECKLING

Berggrunden inom kartområdet tillhör den svekokarelska orogenesen i den fennoskandiska (baltiska) urbergsskölden. Huvuddelen av bergarterna bildades i samband med den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildande process) för cirka 1960 till 1750 miljoner år sedan. Berggrunden utgör en liten del av den vidsträckt, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezonen. Denna bergskedjezon omfattar hela östra Sverige och delar av västra Finland (jfr Lundqvist 1979). De nedan använda begreppen ”tidig-”, ”syn-” eller ”senorogen” relaterar här till den svekokarelska orogenesens huvudfas (den huvudsakliga deformationen med veckning och regionalmetamorfos), som antas ha ägt rum för mellan 1880 och 1850 miljoner år sedan (jfr Stephens m.fl. 1997). De bergarter som omvandlades under den svekokarelska orogenesens huvudfas har prefixet ”meta-” framför sitt namn, t.ex. metagranit.

Kartområdet domineras ytmässigt av svekofenniska ytbergarter, som bildats ur sediment avsatta på jordytan, och tidigorogena intrusivbergarter, som är djupbergarter bildade i jordskorpan. De svekofenniska ytbergarterna består av metasedimentära bergarter (paragnejser), som har bildats av ursprungligen leriga och sandiga sediment för ca 1900 miljoner år sedan på ett underlag som idag inte är blottat (Lindström m.fl. 2000). Paragnejserna är vanligen granatförande och har genom förhöjda temperaturer och tryck ådergnejsomvandlats samt migmatitiserats, vilket innebär att granitiska och pegmatitiska ådror, körtlar och partier har bildats i bergarterna.

De tidigorogena intrusivbergarterna är ca 1900–1880 miljoner år gamla och består till övervägande delen av metagranitoider, men underordnat förekommer mafiska bergarter. Intrusivbergarterna bildades ur större magmakroppar som intruderade de befintliga ytbergarterna. Under kulminationen av den svekokarelska orogenesen fördes de ovannämnda bergarterna ner till stora djup i jordskorpan och utsattes där för höga tryck och temperaturer (metamorfos). Omvandlingen var lokalt så stark att bergarterna smälte upp och gav upphov till en ny generation av djup- och gångbergarter som kallas för senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Dessa yngre magmatiska bergarter består av cirka 1840–1770 miljoner år gamla graniter, dioriter, pegmatiter och apliter. I mellansverige benämns ofta den senorogena graniten Stockholmsgranit. En senorogen diorit är daterad till 1794±8 miljoner år (Sträng m.fl. 2005).

Beroende på bergarternas läge i det orogena bältet blev de till olika grad deformerade, veckade och metamorfoserade. Deformationen var, beroende på tryck- och temperaturförhållanden, plastisk eller spröd. Plastisk deformation innebär utdragning, ihoptryckning och veckning av bergartsmaterialet utan att det brister medan det vid spröd deformation bildas sprickor och förkastningar. Berggrunden har sedan bildningen dessutom eroderats ner och de bergarter som idag exponeras vid jordytan har bildats eller omvandlats på flera kilometers djup i jordskorpan.

BERGARTER

Bergartsbestämningarna av kartområdets bergarter bygger på den information som samlats in under berggrundsundersökningarna kombinerat med mikroskopering och geokemiska analyser av 23 prover.

Svekofenniska ytbergarter

De genomgående ådergnejsomvandlade och i varierande grad migmatitomvandlade paragnejserna täcker drygt hälften av kartområdet. Paragnejserna utgörs huvudsakligen av glimmerrika och kvarts- och fältspatrika led som vanligtvis växlar i centimeterskala men ställvis även i decimeterskala. De glimmerrika leden kan sammansättningsmässigt betecknas som metaargilliter och de kvarts- och fältspatrika leden som metagråvackor. I paragnejserna finns det band eller linser av mafiska bergarter som huvudsakligen ligger parallellt med foliationen. Om dessa band eller linser har ett intrusivt eller extrusivt ursprung är svårt att avgöra. I paragnejserna ingår också partier av gnejsiga metagranitoider. Framför allt i kontakten mot de tidigorogena metagranitoiderna är det ställvis svårt att särskilja dessa bergarter som tenderar att vara blandade. De ådergnejsomvandlade paragnejserna består av ljusa kvarts- och fältspatdominerade band i millimeter- till centimeterskala omväxlande med mörkare, glimmerrika band. Migmatitiseringen representeras av ljusa kvarts- och fältspatdominerade oregelbundna partier (neosom eller leukosom) av granitisk sammansättning.

Paragnejserna domineras av kvarts, sericitiserad till saussuritiserad plagioklas, biotit och, i mindre mängd, kalifältspat. På grund av inhomogeniteten i paragnejserna är det svårt att utifrån ett 20 × 25 mm stort tunnslip göra en korrekt bedömning av mineralsammansättningen.

Paragnejserna innehåller nästan genomgående röd-brun-violett granat. Ställvis förekommer det områden med större mängd granat såsom på Tranarö (10J 5 a). Granaterna är vanligtvis ett par millimeter till en centimeter stora men det förekommer även korn som är upp till ett par centimeter stora. Cordierit och sillimanit förekommer i mindre mängd. På ett ställe, strax sydost om Nora (10J 6 b), har en mindre mängd grafit observerats. Den mikroskopiska undersökningen visar att cordieriten ställvis är pinnit-omvandlad. Övriga mineral som förekommer är muskovit, klorit, prehnit, kalcit, epidot, allanit, titanit, zirkon och opakmineral.

Över hela kartområdet finns centimeter- till decimeterbredda biotit- och pyritrika rostzoner, som tolkas som oxiderade sulfidhorisonter, i paragnejserna. Rostzonerna verkar följa en ursprunglig lagring eller krosszoner. I vägs kärningarna längs med väg 222 vid Våmfjärden (10J 5 b) kan rostfärgade partier med kraftigt vittrad paragnejs observeras.

Tidigorogena intrusivbergarter

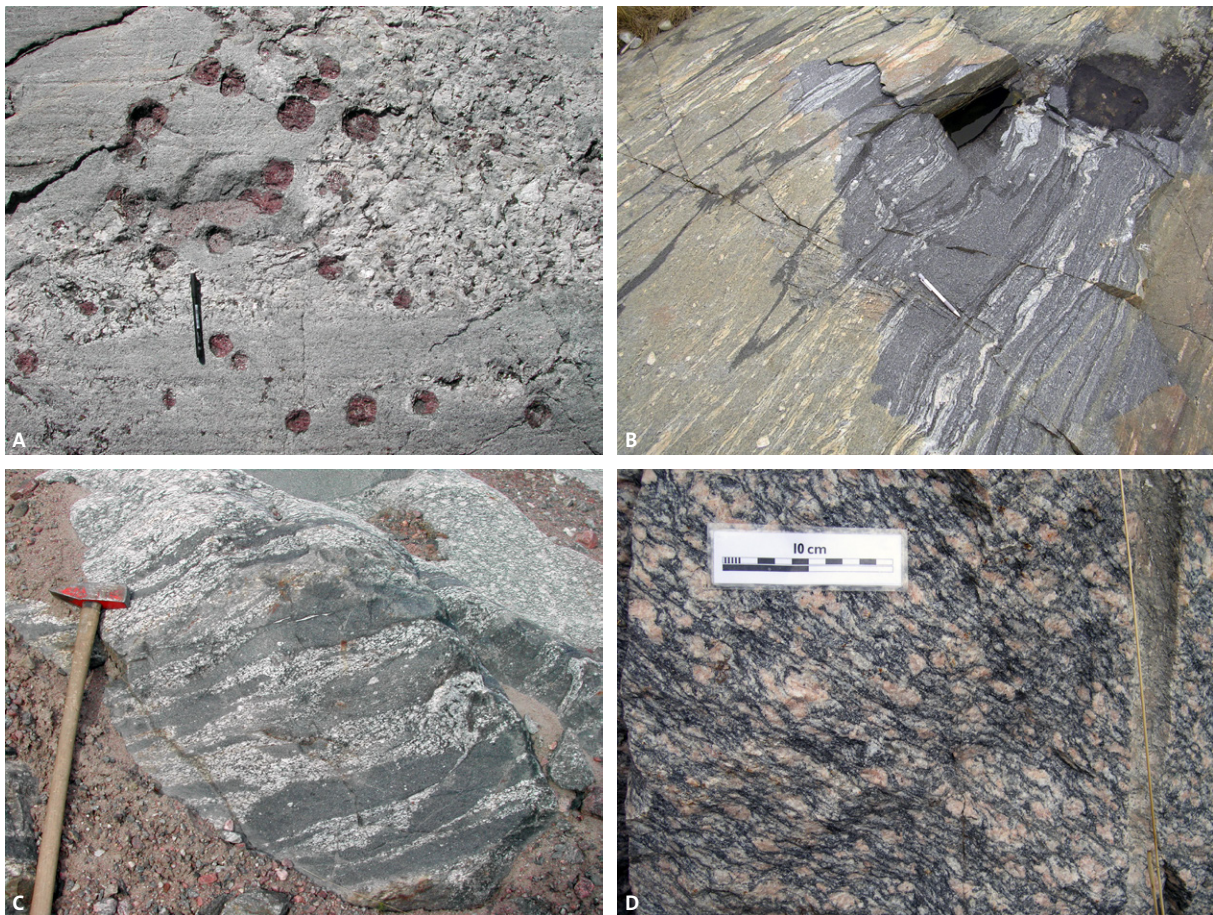
De tidigorogena intrusivbergarterna täcker knappt hälften av kartområdets yta och består av felsiska metagraniter, metagranodioriter och metatonaliter och mafiska metakvartsdioriter, metadioriter och metagabbror. Metagranodiorit och metatonalit dominerar dock.

De felsiska intrusivbergarterna förekommer som större massiv i den södra och norra delen av kartområdet och som mindre massiv tillsammans med paragnejserna i den mellersta delen. De mafiska intrusivbergarterna förekommer som mindre massiv spritt över hela kartområdet, men med en viss kon-

centration i de mellersta och södra delarna. Metagraniterna och metagranodioriterna är grå till gråröda, metatonaliten mörkt grå och de mafiska leden mörkt grå till svarta.

De felsiska leden av de tidigorogena intrusivbergarterna domineras av kvarts, kalifältspat, sericitiserad till saussuritiserad plagioklas, biotit och hornblände. Hornblände förekommer främst i metatonaliten och i mindre mängd i metagranodioriterna och metagraniterna. Övriga mineral som förekommer är titanit, apatit, klorit, epidot, prehnit, muskovit, kalcit, allanit, zirkon och opakmineral. De mafiska bergarterna domineras av sericitiserad till saussuritiserad plagioklas, hornblände och biotit. Övriga mineral som förekommer är klorit, kvarts, apatit, zirkon, prehnit, kalcit, titanit, allanit, epidot och opakmineral. Ställvis förekommer även pyroxen (Stålhös 1969). Granat förekommer ställvis i de tidigorogena intrusivbergarterna. Vid t.ex. Björkviks brygga (10J 3 b) finns upp till decimeterstora poikiloblastiska granater (fig. 1a) i de kraftigast migmatitomvandlade partierna av en kraftigt skjuvad och veckad metagranodiorit.

Övergångarna mellan de olika varieteterna av de tidigorogena intrusivbergarterna är vanligen gradvisa och diffusa men det förekommer även skarpa gränser. Bergarterna är till övervägande delen ojämnkorniga och medel- till grovkorniga i den norra delen av kartområdet medan de är fin- till medelkorniga i den södra delen. De tidigorogena intrusivbergarterna är mer eller mindre kraftigt deformerade och omvandlade, och vanligtvis penetrativt folierade eller stängliga. Lokalt är de även ådergnejsomvandlade (fig. 1b) och migmatitiserade, främst i de nordöstra och sydöstra delarna av kartområdet. Ställvis förekommer enklaver (fig. 1c, magmablandningsstruktur) av mafiskt till tonalitiskt material.



Figur 1. **A.** Decimeterstora granater i en migmatitiserad metagranodiorit (6569804/1656107). Foto: Fanny Hartvig. **B.** Ådergnejsomvandlad metagranodiorit–metatonalit (6571761/1658141). Foto: Fanny Hartvig. **C.** Magmablandningsstrukturer med basiska enklaver i porfyrisk metagranit. Enklaverna innehåller strörkorn av fältspat. Strörkornens närvaro tolkas som att basisk magma intruderat en inte färdigkristalliserad granitisk magma och plockat upp enstaka fältspater tillhörande granitmagman (6585354/1658413). Foto: Claes Mellqvist. **D.** Grovporfyrisk metagranit (6588523/1653579). Foto: Claes Mellqvist.

Vissa av de tidigorogena granitoiderna, huvudsakligen de granitiska och granodioritiska varieteterna, är porfyrisk (fig. 1d). Strökornen består av kalifältspat i de granitiska och granodioritiska leden och av plagioklas i de tonalitiska och dioritiska leden. Strökornen är i allmänhet jämnt fördelade men även glest spridda strökorn förekommer. De porfyrisk partierna i det södra massivet uppvisar varierande storlek på strökornen (mindre än 20 mm respektive större än 20 mm), medan de porfyrisk partierna i det norra massivet är övervägande grovporfyrisk med strökorn som är större än 20 mm. I området kring Vaxholm benämns ofta de porfyrisk granitoiderna för Vaxholmsgranitoid (Sundius 1948, Stålhös 1969).

På sydöstra Ingarö (Klacknäset 10J 3 b, Eknäs 10J 4 b) har de tidigorogena intrusivbergarterna ett bandat uppträdande. De består av millimeter- till metertjocka band, som uppvisar stor mineralogisk och kemisk variation (Stålhös 1969). Banden är fin- till medelkorniga och ställvis kalifältspatströkornsförande. Färgen på banden varierar från vit, ljus grå och gråbrun till mörkt grå.

Syn- till senorogena intrusivbergarter

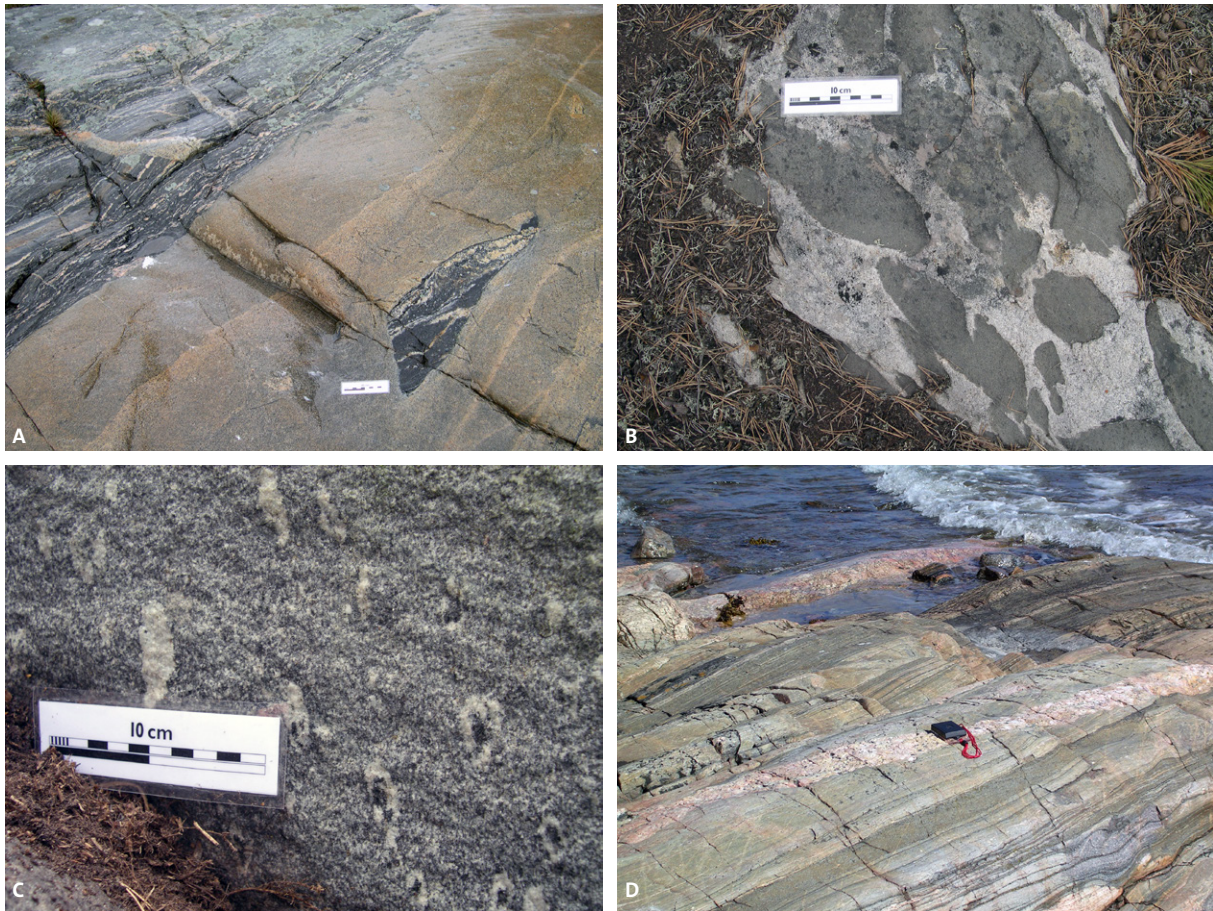
De syn- till senorogena intrusivbergarterna utgör områdets yngsta bergarter och klipper omgivande tektoniska strukturer. De har intruderat i de svekofenniska ytbergarterna och de tidigorogena intrusivbergarterna. Ställvis innehåller de xenoliter (brottstycken) av äldre bergarter (fig. 2a). De syn- till senorogena intrusivbergarterna bildar spridda, mindre massiv och gångar och består huvudsakligen av granit, granodiorit, pegmatit och aplit, och underordnat mafiska led med en dioritisk till gabbroid sammansättning. Graniterna kallas vanligen för Stockholmsgranit. Pegmatit är den vanligaste gångbergarten och lokalt övergår granit, pegmatit och aplit i varandra.

Graniterna och granodioriterna är vanligtvis finkorniga till fint medelkorniga, jämnkorniga och ljus grå till rödgrå. Pegmatiterna förekommer som gångar eller oregelbundna mindre massiv och är grovt medelkorniga till grovkorniga, ljus grå och röda till vita. Apliterna är finkorniga och ljus grå och röda till vita med så gott som total avsaknad av mörka mineral. De mafiska bergarterna är övervägande finkorniga till fint medelkorniga, jämnkorniga och mörkt grå till svarta. De felsiska syn- till senorogena intrusivbergarterna domineras av kvarts, kalifältspat, delvis sericitiserad till saussuritiserad plagioklas och biotit. Övriga mineral som förekommer är titanit, apatit, zirkon, opakmineral, muskovit, epidot, kalcit, klorit och granat. De mafiska leden domineras av hornblände, biotit och delvis sericitiserad till saussuritiserad plagioklas. Övriga mineral som förekommer är apatit, zirkon, opakmineral och kvarts.

I kartområdets norra del är graniter och granodioriter blandade med dioriter och gabbro. Tillsammans bildar dessa bergarter blandade gångar och sammansatta intrusioner. I en blandad gång med diorit–gabbro och granit vid Bolviksnäs (10J 7 b) har kvartsocelli observerats, vilka tolkas som tecken på magmablandning (Didier 1973). En U-Pb-datering gjord på zirkon från en diorit som minglar med en granit till granodiorit (fig. 2b) vid Sandviken (10J 6a), strax norr om Hemmesta, gav åldern 1794 ± 8 miljoner år (Sträng m.fl. 2005). Denna datering kan jämföras med en U-Pb-datering på zirkon från en granit vid Frescati (10I Stockholm NO) som gav åldern 1803 ± 23 miljoner år (Ivarsson & Johansson 1995).

De mindre massiven med granit, granodiorit, diorit eller gabbro är mestadels folierade men ställvis massformiga. På Ingarö uppvisar pegmatiterna lokalt en skriftgranitisk textur. En håll med granodiorit vid Hemmesta (10J 6a) uppvisar en fläckig textur (fig. 2c), bestående av några centimeter stora ljusa fläckar med en mörk kärna av huvudsakligen biotit och en mindre mängd titanit (Sträng m.fl. 2004). Fläckarna, som är utdragna i foliationsriktningen och bildar en form av lineation, tolkas som kemisk ojämvikt vid blandning av magmor med basisk och sur sammansättning. Liknande fläckgraniter finns i kartområdet 10I Stockholm NO och där har fläckarna tolkats som resultatet av en assimilation av en mer basisk bergart (Geijer 1908, 1913, Fromm 1943, Stålhös 1969, Persson m.fl. 2001).

Mindre massiv av slirig och heterogen yngre granit förekommer spridd över kartområdet. De har en antydning till bandning eller ådring som troligtvis är ärvd från paragnejserna och metaintrusivbergarterna. Graniterna tros ha bildats genom en mer eller mindre in situ-uppsmältning av den äldre berggrunden under kulminationen av den svekokarelska orogesen. Dessa mindre massiv av s.k. migmatitgranit



Figur 2. **A.** Kontakt mellan ådergnejsomvandlad paragnejs och slirig migmatitgranit. Migmatitgraniten innehåller xenoliter av ådergnejsen (6584975/1650850). Foto: Malin Sträng. **B.** Mörka, runda enklaer av finkornig till fint medelkornig diorit i en medelkornig mellanmassa av granit till granodiorit. Dateringslokal (6584615/1651215). Foto: Malin Sträng. **C.** Fläckgranit (6581300/1653295). Foto: Malin Sträng. **D.** Kraftigt skjuvade tidigorogena intrusivbergarter, tillhörande den så kallade bandserien (6569242/1655341). Foto: Fanny Hartvig.

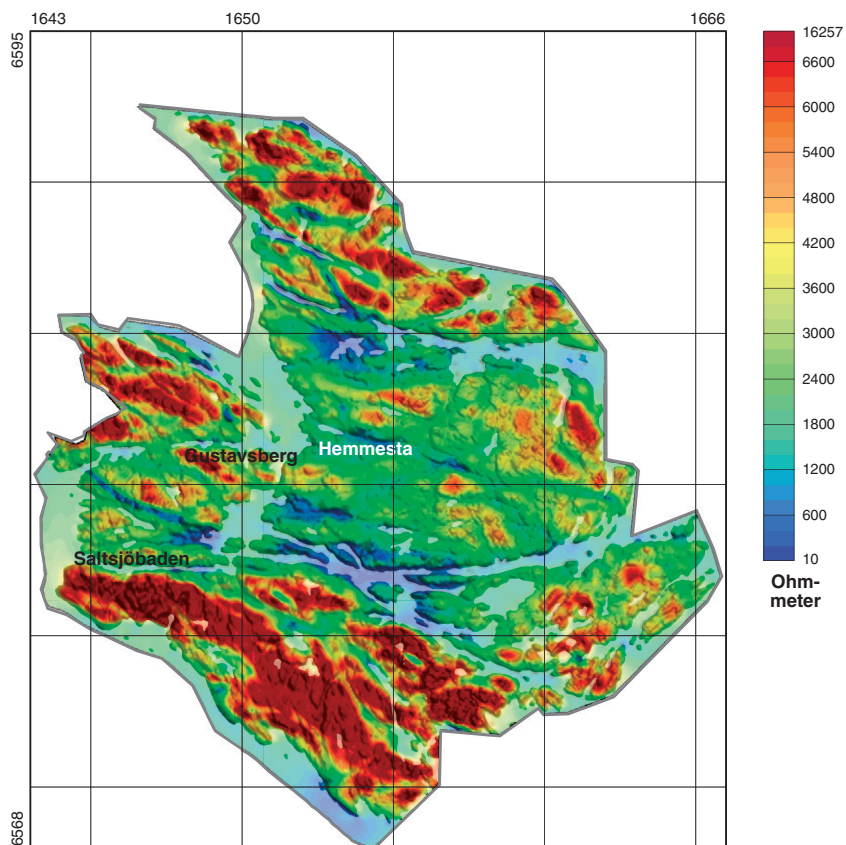
särskiljs på berggrundskartan från den traditionella Stockholmsgraniten och granodioriten med hjälp av tecken för glimmerstrimmighet och delvis resorberad paleosom. Migmatitgraniterna är vanligtvis ojämnkorniga, fin- till medelkorniga, ställvis pegmatitiska och vita till ljus grå och gråroda.

ALLMÄN GEOFYSIK

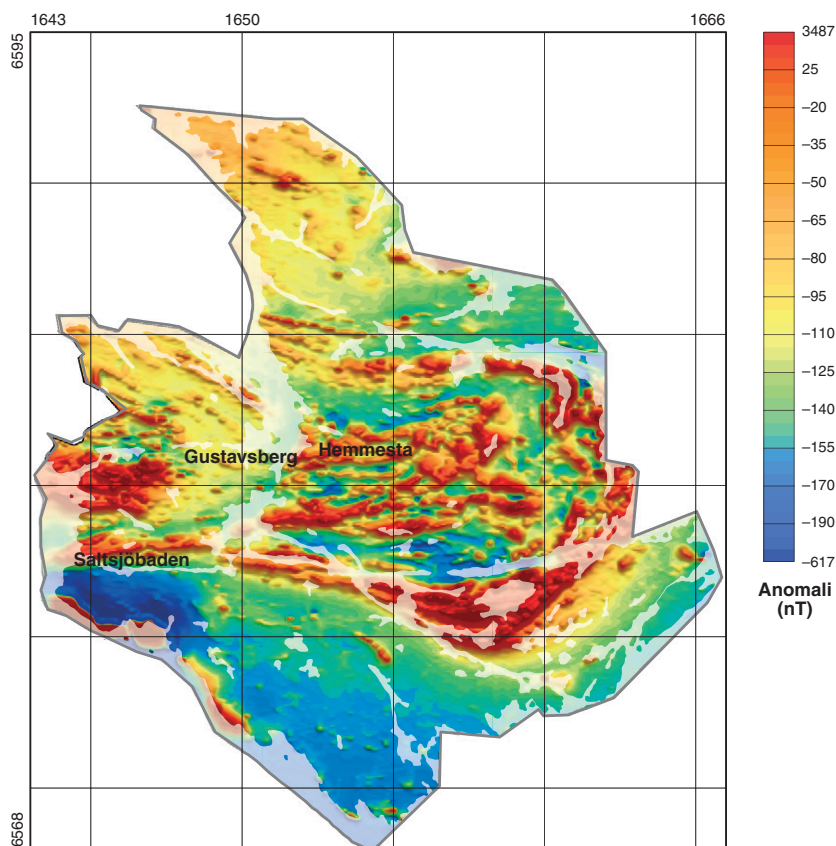
Elektromagnetiska VLF-data ligger till grund för kartan över markens resistivitet (fig. 3) som visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Information om markens ledningsförmåga används i första hand som underlag för tolkning av spröd tektonik. Långsträckta anomalier med låg resistivitet på resistivitetskartan indikerar förekomst av vattenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden. Även grafit- och magnetkisförande bergarter kan identifieras på resistivitetskartan.

Variationer i magnetfältet beror framför allt på bergarternas innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan (fig. 4) kan därför ge information om vissa bergarters utbredning och om strukturella drag i berggrunden.

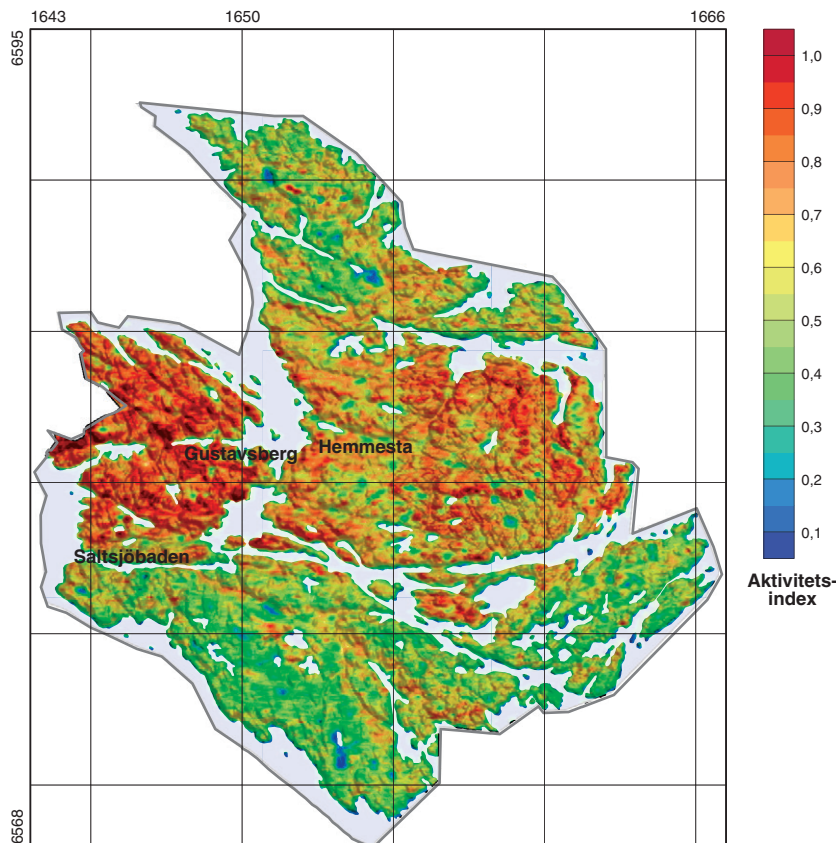
Mätning av markens gammastrålning ger en bild av hur naturligt förekommande radioaktiva isotoper av uran, torium och kalium är fördelade i det översta, cirka 3 dm tunna skiktet av jordtäcket eller bergytan. Mätresultaten används vid tolkningen av berggrundskartan, men framför allt för att identifiera bergarter med förhöjd gammastrålning samt områden med risk för förhöjda radonvärden.



Figur 3. Kartan visar den skenbara resistiviteten beräknad från elektromagnetiska VLF-data över en del av Värmdö kommun. Kartan baseras på flygburna mätningar utförda år 1995 på 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning. En höjdreliëfkarta, baserad på Lantmäteriets höjddatabank, har använts som underlag till bilden.



Figur 4. Magnetisk anomalikarta över en del av Värmdö kommun. Magnetiska data är reducerade till epok 1965.o. Kartan visar totalfältets avvikelser från DGRF 1965.o. Den baseras på flygburna mätningar utförda 1995 på 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning.



Figur 5. Karta över markens naturliga gammastrålning över en del av Värmdö kommun. Kartan visar aktivitetsindex beräknat från flygmätta data. Aktivitetsindex är ett mått på den totala gammastrålningen som avges från ett material. Kartan baseras på flygburna mätningar på 60 m flyghöjd med ett linjeavstånd på 200 m och en nord-sydlig flygriktning. Mätningarna utfördes 1995. En höjddata, baserad på Lantmäteriets höjddatabank, har använts som underlag till bilden.

Tyngdkraftsmätningar redovisar densitetsvariationen i bergarter och ger viktig information om strukturella drag i tre dimensioner. Mätningarna görs med markbundna instrument med ett ungefärligt mätavstånd på mellan 1 och 2 km.

Data från flygmätningarna verifieras genom markmätningar i fält. De senares huvudsakliga syfte är att följa upp eventuella anomalier, dvs. att försöka knyta anomalin till en viss bergart och att ge detaljbilder av anomalier för exempelvis geofysisk modellering som ett stöd till geologisk 3D-modellering.

GEOFYSISK ÖVERSIKT

Den magnetiska anomalikartan (fig. 4) över kartområdet visar varierande magnetiseringsnivåer. I de centrala delarna av paragnejsen på Värmdölandet uppträder ett tydligt bandat mönster med en storskalig veckstruktur på den magnetiska anomalikartan. De högmagnetiska anomalierna, som huvudsakligen stryker i öst-västlig riktning, kan kopplas till sulfidförande bergartsled inom paragnejsen. På några lokaler har en hög magnetisk remanens uppmätts vilket tyder på förekomst av magnetkis. De lågmagnetiska delarna av paragnejsen kan kopplas till områden med kraftig migmatitisering.

Den magnetiska susceptibiliteten som är mätt på berghällar korrelerar väl med de magnetiska anomalierna på kartan. Paragnejserna har generellt låg susceptibilitet. Över hälften av alla uppmätta värden ligger i intervallet $10\text{--}30 \times 10^{-5}$ SI-enheter. De starkt migmatitiserade partierna av paragnejsen har ännu lägre susceptibilitet, omkring $0\text{--}10 \times 10^{-5}$ SI-enheter. De sulfidförande bergartsleden har en susceptibilitet som huvudsakligen varierar mellan 100 och 500×10^{-5} SI-enheter men även värden upp till $6\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter har uppmätts.

I de norra och södra delarna av kartområdet visar den magnetiska anomalikartan (fig. 4) låga magnetiseringsnivåer med liten variation. Dessa områden sammanfaller med utbredningen av tidigorogena intru-

sivbergarter, främst metagranodioriter och metatonaliter med inslag av mafiska led. Susceptibiliteten för dessa metagranodioriter och metatonaliter ligger huvudsakligen mellan 20 och 60×10^{-5} SI-enheter. De flesta av områdets mafiska bergarter har en magnetisk susceptibilitet mellan 30 och 100×10^{-5} SI-enheter vilket tyder på att magnetiseringen huvudsakligen orsakas av paramagnetiska mineral (t.ex. amfibol och pyroxen). Endast på ett fåtal hållar har en magnetisk susceptibilitet över 1000×10^{-5} SI-enheter uppmätts. En så hög susceptibilitet indikerar att magnetiseringen huvudsakligen orsakas av ferrimagnetiska mineral (främst magnetit). En metakvartsdiorit vid Säby (10J 4 a) har en magnetisk susceptibilitet på ca 2000×10^{-5} SI-enheter och framträder även på den magnetiska kartan som en högmagnetisk anomali.

På den magnetiska anomalikartan framträder även ett antal dislokationer i det magnetiska mönstret som tyder på förkastningar. Den tydligaste dislokationen går i nord-sydlig riktning mellan Farstalandet och Värmdölandet.

Kartan över markens naturliga gammastrålning (fig. 5) visar en förhöjd gammastrålning speciellt över de områden som består av paragnejs. Uppföljning med gammastrålningsmätningar på berghällar visar att det är de migmatitomvandlade partierna som har kraftigt förhöjda toriumhalter. Toriumhalterna för dessa bergarter varierar huvudsakligen mellan 40 och 60 ppm men halter upp till 144 ppm har uppmätts. De mer opåverkade och glimmerrika partierna av paragnejs uppvisar en betydligt lägre gammastrålning med toriumhalter som huvudsakligen varierar mellan 5 och 20 ppm. De tidigorogena intrusivbergarterna i den norra och södra delen av området uppvisar en låg gammastrålning. Områden med yngre granit (Stockholmsgranit) och pegmatit har generellt en hög gammastrålning. På kartan över markens naturliga gammastrålning finns en anomali på den norra delen av Värmdö som orsakas av en yngre granit med förhöjda toriumhalter på 42 – 44 ppm. Yngre granit och pegmatit har ofta förhöjda uranhalter. På sju lokaler har uranhalter över 16 ppm uppmätts vilket motsvarar radiumindex större än $1,0$. Det högsta värdet på 125 ppm uran, vilket motsvarar ett radiumindex på $7,7$, har uppmätts på en pegmatit på sydvästra Ingarö. För metagranitoiderna varierar kaliumhalten mellan $1,0$ och $4,3$ % vilket återspeglar metagranitoidernas sammansättning från metatonalit till metagranit. De mafiska leden (metakvartsdioriter, metadioriter och metagabbrior) har lägst gammastrålning.

Hällfrekvensen är hög inom hela kartområdet varför resistivitetskartan (fig. 3) även visar skillnader i berggrundens resistivitet. De ådergnejs- och migmatitomvandlade paragnejserna på Värmdölandet har en betydligt lägre resistivitet i jämförelse med metagranitoiderna i den norra och södra delen av kartområdet.

METAMORFOS

De svekofenniska ytbergarterna och de tidigorogena intrusivbergarterna har utsatts för höga tryck och temperaturer och har därmed i olika hög grad ådergnejsomvandlats eller migmatitiserats på grund av att bergarterna, eller djupare belägna motsvarigheter, delvis smält upp till granitiska smältor. Graden av migmatitisering har en tendens att öka mot öster inom kartområdet. Den metamorfa graden är inte utvärderad i detalj, men borde generellt ligga i övre amfibolitfacies. Förekomsten av mineralkombinationer som biotit, muskovit, granat, cordierit, sillimanit och mikroklin talar för att omvandlingen har skett vid omkring 700 °C och vid 4 kilobars tryck (Stålhös 1969), vilket motsvarar ungefär 15 km djup i jordskorpan. De granitiska ådrorna är finkorniga till grovkorniga och på många ställen associerade med pegmatiter. Ställvis är omvandlingen så stark att granitmaterialet dominerar och det äldre bergartsmaterialet ligger kvar som rester. Berggrunden i kartområdet kan därför betraktas som heterogen med förekomst av t.ex. ådror, gångbergarter och inneslutningar. Områdena med tidigorogena intrusivbergarter är generellt sett mer homogena jämfört med områdena med svekofenniska ytbergarter.

STRUKTURGEOLOGI

Berggrunden i kartområdet har varit utsatt för plastisk och spröd deformation. Den plastiska deformationen har resulterat i en penetrativ foliation och en gnejsighet samt veckning av lagrade eller bandade

bergarter. Den spröda deformationen har resulterat i sprickor och förkastningar. Strukturgeologiskt är området och dess omgivning komplex och har blivit utsatt för flera olika deformationsfaser (Sundius 1939, Möller & Stålhös 1964, Stålhös 1969, 1976, 1981, 1991, Persson 2002) som antas ha ägt rum för mellan 1 880 och 1 850 miljoner år sedan (Stephens m.fl. 1997). De storskaliga strukturerna över kartområdet domineras av två veck vars veckaxlar stupar mot öster, dels Värmdölandetantiformen, dels Ingarösynformen (Persson 2002). Dessa två veck har bildats genom en förkortning av jordskorpan (kompression) i nord-sydlig riktning (Stephens & Wahlgren 1996, Stephens & Ahl 2001, Persson 2002) för 1 870 till 1 800 miljoner år sedan.

Berggrundens foliation i kartområdet har huvudsakligen en västnordvästlig till västsydvästlig riktning och stupar generellt sett brant (50–90°). Veckaxlar och stängligheter stupar huvudsakligen flackt till medelbrant (15–50°) mot ostenordost till ostsydost. De strukturella formlinjerna för plastisk deformation i kartbilden är baserade på foliationsmätningar.

På sydöstra Ingarö (Klacknäset 10J 3 b, Eknäs, 10J 4 b) är de tidigorogena intrusivbergarterna kraftigt skjuvade (fig. 2d) och ställvis närmast mylonitiserade. Dessa kraftigt skjuvade partier tillhör den så kallade bandserien (Sundius 1939, Stålhös 1969) som består av en jämn och uthållig bandning med en stark kemisk och mineralogisk variation i bandens sammansättning. Bandserien sträcker sig minst 80 km från nordost till sydväst längs med kusten från Ålö söder om kartområdet till Skarprunmarn norr om kartområdet (Sundius 1939) och har tolkats tillhöra en deformationsfas som föregått bildandet av Värmdölandetantiformen och Ingarösynformen. Vid sydöstra Ingarö har banden generellt sett en västnordvästlig till västsydvästlig riktning och stupar mellan 40° och 70° mot nordost. Vid Klacknäset (10J 3 b) har en svag mineralstänglighet som stupar 45° mot nordväst observerats på foliationsytorna.

Ett stort antal spröda deformationszoner förekommer i kartområdet och utbredningen av dessa är baserad på tolkning av geofysiskt och topografiskt underlag. Sprickorna utgör enligt Stålhös (1969) främst tre system, nämligen nordväst-sydost, nordost-sydväst och ost-väst. Spröda deformationszoner utgörs generellt sett av krossat berg vilket gör dem lättroderade. De mest framträdande sprickzonerna utgörs lerfyllda dalar och långsträckta sjöar.

NATURRESURSER

Strax öster om Gustavsberg (10I 5 j) finns en nedlagd bergtäkt i paragnejs där man producerat krossberg till ballast fram till 1999 (Wik m.fl. 2004).

Vid Baldersnäs (10J 4 a) på Ingarö finns ett nedlagt stenbrott i pegmatit som var i drift 1911–1916 (Wik m.fl. 2004). Brottet är ungefär 40 m långt i nordvästlig riktning och har en bredd på mellan 7 m längst i sydöst och 15–16 m i nordväst. Huvudsakligen bröts fältspat till Gustavbergs porslinsfabrik, men även kvarts bröts i underordnad mängd. Pegmatiten är väl sammanväxt med och gränsar till en grå till mörkt grå metagranodiorit till metatonalit. Pegmatiten har en nordlig strykning och stupar 45° mot öster och uppvisar lokalt en skriftgranitisk textur.

Vid Gruvudden (10I 8 j), nära strandkanten, finns det en ca 3 × 2 m stor och ca 2 m djup gammal försöksbrytning i pegmatit (Wik m.fl. 2004). Pegmatiten, som gränsar till en grå metagranit till metagranodiorit, består av fältspat och accessoriska mängder kvarts och muskovit.

BERGKVALITET

En bergkvalitetskarta har sammanställts över centrala Värmdö (Hartvig m.fl. 2008). Provtagning för tekniska analyser har utförts varvid omkring 50–70 kg bergmaterial provtagits. Ett flertal analyser har utförts, t.ex. kulkvarns- och Los Angelesanalys. För varje prov har en utvärdering av stenmaterialets användbarhet till betong, järnväg (banvall) och väg gjorts. En ytmässig kvalitetsklassificering i tre klasser (jfr Persson & Schouenborg 1995, 1996) gjordes också.

REFERENSER

- Didier, J., 1973: *Granites and their enclaves : the bearing of enclaves on the origin of granites*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, 393 s.
- Fromm, E., 1943: Två nya förekomster av fläckgranit väster om Stockholm. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 65, 306–308.
- Geijer, P., 1908: Ein Vorkommen von "Fleckengranit" ("granite tacheté", Lacroix) in Stockholm. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala* 8, 190–201.
- Geijer, P., 1913: Zur Petrographie des Stockholm-Granites. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 35, 123–150.
- Hartvig, F., Bastani, M., Persson L. & Sträng, M., 2008: Bergkvalitetskartan del av Värmdö kommun, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 123*.
- Ivarsson, C. & Johansson, Å., 1995: U-Pb zircon dating of Stockholm granite at Frescati. *GFF* 177, 67–68.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund, 491 s.
- Lindén, A.G., 2001: Jordartskartan 10J Värmdö NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 152*.
- Lindén, A.G., 2002: Jordartskartan 10J Värmdö SV / 9J Huvudskär NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 153*.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*, 87 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1964: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 1*, 148 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 3*, 122 s.
- Nathorst, A.G., 1881: Beskrivning till kartbladet Gustafsberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 73*, 34 s.
- Persson, K.S., 2002: Deformation zones in models and nature. *Acta Universitatis Upsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 788.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter, N Stockholm, del 2. SP Byggnadsteknik. *SP Rapport 1995:49*, 95 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1996: Quality classification of rock in Sweden. European aggregates. *Official Journal of UEPG, Union Européenne des Producteurs de Granulats*. 2–3/96, 32–37.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Stephens, M.B. & Ahl, M., 2001: Key igneous associations in the time-period 1.91–1.67 Ga (Fennoscandian Shield, eastern Sweden), relationship to deformation/metamorphism and a conceptual tectonic model (Abstract). *I K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red): TIB-2001, Workshop about and excursion to the Transscandinavian Igneous Belt 13–19.8 2001, Part 1 Workshop program and abstracts. Geocenter report nr. 18, Turku University/Åbo Akademi*.
- Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1996: Post-1.85 Ga tectonic evolution of the Svecokarelian orogen with special reference to central and SE Sweden (Abstract). *GFF* 118, A26–A27.
- Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P., 1997: Sweden. *I E.M. Moores & R.W. Fairbridge (red.): Encyclopedia of European and Asian regional geology*. Chapman & Hall, London.
- Sträng, M., Andersson, D., Bastani, M., Hartvig, F., Lundqvist, S., Mellqvist, C. & Persson, L., 2005: Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet. *I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 90–103.
- Sträng, M., Bastani, M., Hartvig, F. & Persson, L., 2004: Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet. *I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 97–104.

- Stålhös, G., 1968: Stockholmstraktens berggrund. Map of solid rocks of the Stockholm region. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*.
- Stålhös, G., 1969: Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*, 190 s.
- Stålhös, G., 1976: Aspect of the regional tectonics of eastern central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 98, 146–154.
- Stålhös, G., 1981: A tectonic model for the Svecokarelian folding in east central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 103, 33–49.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO med sammanfattande översikt av basiska gångar, metamorfos och tektonik i östra Mellansverige. *Sveriges geologiska undersökning Af* 161, 166, 169, 172, 249 s.
- Sundius, N., 1939: Berggrunden inom sydöstra delen av Stockholms skärgård. *Sveriges geologiska undersökning C* 419, 93 s.
- Sundius, N., 1948: Beskrivning till berggrundskartan över Stockholmstrakten. *Sveriges geologiska undersökning Ba* 13, 98 s.
- Svedmark, E., 1883: Beskrivning till kartbladet Vaxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa* 88, 62 s.
- Wik, N.-G., Stephens, M.B. & Sundberg, A., 2004: Malmer, industriella mineral och bergarter i Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 117, 144 s.

