

Beskrivning till bergkvalitetskartan delar av Mjölby, Linköpings och Norrköpings kommuner

Dick Claeson, Maria Carlsäter,
Ildikó Antal Lundin & Sam Sukotjo



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-880-7

Omslagsbild: Vy över Östgötaslättens berggrund. Foto: Dick Claeson.

© Sveriges geologiska undersökning, 2009
Layout: Agneta Ek, SGU

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Det huvudsakliga ändamålet med kartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, som t.ex. ballast för väg, järnväg och betong. Kartor över delar av Stockholms- och Göteborgsregionerna är redan utgivna (Persson m.fl. 2002, Eliasson m.fl. 2003) och andra tätbefolkade områden planeras bli undersökta på ett liknande sätt. Bergkvalitetsundersökningen i Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet påbörjades år 2004 och omfattar 1 040 km². Arbetena slutfördes år 2005.

Följande berggrundskartor i skala 1:50 000 med beskrivningar täcker hela undersökningsområdet: 8F Linköping NO (Gorbatshev m.fl. 1976), 8F Linköping SO (Gorbatshev 1975), 8F Linköping SV (Persson m.fl. 1981) och 8G Norrköping NV (Kornfält & Lundström 1974, Kornfält 1975). Berggrunden består av prekambrika bergarter ursprungligen bildade för ca 2000 till 900 miljoner år sedan. I samband med provtagningen har även en revidering av berggrundskartorna utförts. Alla koordinater anges i rikets nät (RT90).

METODIK

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av berggrunden, geofysiska mätningar, tekniska analyser och petrografiska studier av de dominerande bergarterna. Bergartsproverna har i allmänhet tagits i sprängda vägskärningar där de ansetts vara representativa för bergarten och därmed för en större bergvolym. Provtagningen har skett med slägga och spett varvid 70–100 kg bergartsprov samlats in vid varje lokal. Totalt har 64 prover tagits. Dessutom har mätningar av sprickplanens orientering gjorts samt en bedömning av spricktätheten. Polerade tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. I de fall där berggrunden är heterogen (flera bergartsled i samma håll), har ett prov tagits för att representera bulkegenskaperna i materialet och inte ett specifikt bergartsled. Detta gäller speciellt för ådergnejser. Gammasspektromettermätningar har utförts vid alla provlokaler utom en.

Stereogrammen i kartmarginalen redovisar sprickriktningarna vid flera av provlokalerna. Den magnetiska anomalikartan har använts för tolkning av deformationszoner. VLF-data har använts för att lokalisera vattenförande svaghetszoner i berggrunden. Tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts med hjälp av Lantmäteriverkets höjddatabank. Det är viktigt att notera att lineamenten som är tolkade från höjddata inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor i flera riktningar.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnsarkiv och redovisas i tre klasser <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 1 088 brunnar från databasen. I 526 fall är jorddjupet ≥5 m.

ALLMÄN GEOLOGI

Berggrunden inom kartområdet ingår i den svekokarelska bergskedjan. De äldsta sedimentära och vulkaniska bergarterna veckades och intruderades av djupbergarter med granitisk till tonalitisk sammansättning. Bergarterna omvandlades kraftigt under högt tryck och hög temperatur med åderbildning och bildning av migmatitgranit som följd. De basiska bergarterna ombildades till amfiboliter. I samband med omvandlingen bildades aluminiumrika mineral, t.ex. sillimanit, andalusit, cordierit och granat. Perioden avslutades med intrusion av granitoider tillhörande Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Extension av berggrunden medförde sprickbildning och gångar av diabas intruderade över hela kartområdet, främst i nordvästlig riktning. En diabasgeneration som troligen är yngre än ovannämnda förekommer som nord–sydliga gångar i kartområdets västliga delar.

Deformationen och migmatitiseringen i delar av berggrunden på kartområdet är så kraftig att det ställvis har varit svårt att bedöma vilken den ursprungliga bergarten är. Detta gäller främst inom kartområdet 8G Norrköping NV.

De viktigaste bergartsenheter i undersökningsområdet anges nedan. Tekniska analyser finns ej av bergarter från följande grupper: marmor och omkristalliserad kalksten, ytbergartsgnejs av huvudsakligen sedimentärt ursprung, diabas, pegmatit och aplit samt kambrisk sandsten.

Ytbergartsgnejs, fin- till medelkornig, huvudsakligen vulkaniskt ursprung

De äldsta bergarterna i undersökningsområdet utgörs av röd till grå, fin- till medelkornig, homogen till bandad, folierad och ådrad ytbergartsgnejs av huvudsakligen vulkaniskt ursprung. Den är generellt sett kraftigt förgnejsad, veckad och ådrad (migmatitiserad). Sammansättningen varierar från ryolitisk till dacitisk. Glimmerhalten är vanligen 0 till 10 volymprocent. Gnejsen innehåller ofta små mängder metamorfa, aluminiumrika mineral såsom granat. Större områden inom kartområdet 8G Norrköping NV har här omtolkats till att tillhöra denna enhet snarare än den tidigare klassning som sedimentära bergarter som gjorts på den äldre kartan (Kornfält & Lundström 1974, Kornfält 1975). En mindre mängd marmor förekommer associerad med dessa bergarter, främst i området kring Gistad.

Ytbergartsgnejs, fin- till medelkornig, huvudsakligen sedimentärt ursprung

Bergarterna i gruppen ytbergartsgnejs, fin- till medelkornig, huvudsakligen sedimentärt ursprung är troligen likåldriga med ovanstående bergarter. Den större mängden av glimmer tolkas som att protoliten har haft ett större innehåll av argillitiskt (lerigt) material. Bergarterna innehåller vanligen betydande mängder metamorfa, aluminiumrika mineral såsom sillimanit, andalusit, cordierit och granat. Bergarterna är grå till gråroda, fin- till medelkorniga, heterogena och bandade, kraftigt förgnejsade, veckade och ådrade (migmatitiserade).

Felsisk metavulkanit

I bättre bevarade områden är det vulkaniska ursprunget mycket tydligt. Sammansättningen varierar mellan ryolit och dacit. Metavulkaniterna är grå till röda och vanligen mycket finkorniga till finkorniga. Ställvis finns det horisonter med magnetit och sulfidmineraliseringar samt hydrotermala omvandlingszoner.

Amfibolit, metagabbroid, metadioritoid

Amfiboliter är kraftigt omvandlade basiska bergarter, vilka kan vara omvandlade metavulkaniter eller gabbroider, men i de flesta fall är ursprunget okänt. De är mörkt grå till svarta och fin- till medelkorniga. Metagabbroiderna och metadioritoiderna är vanligen massformiga, fin- till medelkorniga, mörkt grå, svarta till svart-vitspräckliga och hornbländeförande. De har ställvis subofitisk till ofitisk textur.

Tidigorogena granitoider, vanligen muskovitförande och ställvis porfyriska

De tidigorogena granitoiderna är grå till gråroda, fint medelkorniga till grovkorniga, med sammansättningar varierande från monzogranit och granodiorit till tonalit (fig. 1). Dessa är som regel folierade och har ställvis ögon av kalifältspat. Ett fåtal är gnejsiga och veckade (fig. 2). Där de är kraftigt deformerade ses en kornstorleksminskning och finkorniga varianter förekommer (fig. 3).

Senorogena granitoider

De senorogena granitoiderna har syeno- och monzogranitisk till granodioritisk sammansättning, med undantagsvis kvartsmonzonitiska led. De är röda till grå och fin- till grovkorniga (fig. 4). De senorogena granitoiderna varierar mycket i utseende, beroende på stora inslag av mer eller mindre välbevarade rester



Fig. 1. Tidigorogen monzogranit, småporfyrisk. Bergkvalitetsklass 1 (väg). DCL041001 (6490326/1515176).
Foto: Dick Claeson.

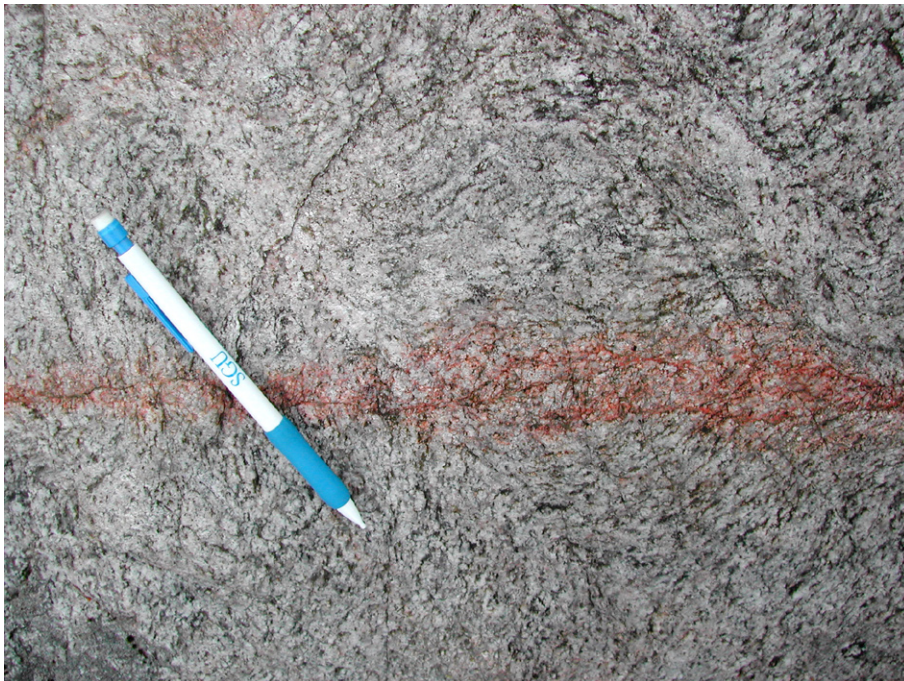


Fig. 2. Tidigorogen granodiorit, gnejsig, veckad. Bergkvalitetsklass 1 (väg). SAS041192 (6468642/1499947).
Foto: Maria Carlsäter.

av äldre bergarter. Dessa rester ses som slöjlika, flera meter långa inhomogeniteter, vanligen mörkare än den senorogena granitoiden på grund av det rikliga innehållet av mörka mineral. Ställvis finns grova kalifältspatögon.

Större delar av kartområdet 8G Norrköping NV som tidigare tolkats som metadacit har omtolkats till att tillhöra en mer inhomogen del av senorogen magmatism.



Fig. 3. Kraftigt deformerad tidigorogen monzogranit. Bergkvalitetsklass 1 (väg). DCL041085 (6484373/1503911). Foto: Dick Claeson.



Fig. 4. Senorogen monzogranit. Bergkvalitetsklass 1 (väg). DCL041083 (6481564/1503124). Foto: Dick Claeson.

Granitoider tillhörande TMB

Granitoider tillhörande TMB är röda till grå, fin- till grovkorniga med en variation i sammansättning mellan syenogranit, monzogranit, granodiorit, kvartsmonzonit och kvartsmonzodiorit (fig. 5). Dessa granitoider är homogena och har ställvis välformade strökorn av kalifältspat samt saknar vanligtvis tecken på deformation, men en parallellstruktur har observerats på några lokaler. Nykilsgraniten har påverkats av deformation och metamorfos och ger ställvis ett gnejsigt intryck.



Fig. 5. Monzogranit tillhörande TMB, ojämnkornig, röd Växjötyp. Bergkvalitetsklass 1 (väg). SAS041036 (6465725/1458703). Foto: Maria Carlsäter.



Fig. 6. Granit tillhörande TMB, grovkornig, grovporfyrisk med en foliation eller parallellstruktur. Bergkvalitetsklass 2 (väg). DCL041064 (6486410/1509076). Foto: Dick Claeson.

Granitoider tillhörande TMB, grovporfyrisk

De kalifältspatporfyriska granitoider som tillhör TMB är gråröda till grå, medel- till grovkorniga och ställvis hornbländeförande (fig. 6). Sammansättningen varierar mellan monzogranit, granodiorit, kvartsmonzonit och kvartsmonzodiorit (fig. 7).

De flesta bergartskropparna är massformiga, men har ställvis en parallellstruktur som bl.a. strökornen uppvisar genom att vara parallellt orienterade.

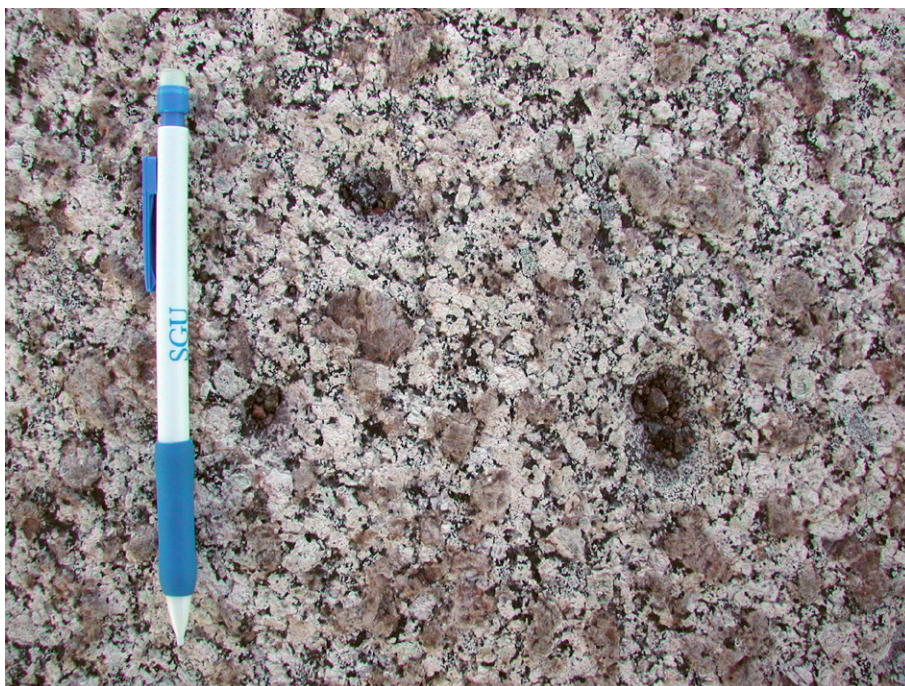


Fig. 7. Kvartsmonzodiorit tillhörande TMB, småporfyrisk. Bergkvalitetsklass 2 (väg). SAS041113 (6464802/1470655). Foto: Maria Carlsäter.

Pegmatit och aplit

Röd till gråröd, grovkornig, granitisk till alkalifätspatgranitisk pegmatit förekommer som mindre kroppar. Inom Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet förekommer även rikligt med gångar av pegmatit och aplit av olika åldrar.

Diabas

Diabas och metadiabas förekommer som gångar av olika åldrar. Diabasen är vanligen massformig och uppvisar ofitisk textur. Den är mörkt grå till svart och fin- till medelkornig. I Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet stryker de flesta gångarna i nordvästlig till nord–sydlig riktning.

ALLMÄN GEOFYSIK

De geofysiska flygmätningarna över Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningarna är utförda under åren 1964, 1974, 1976, 1979, 1999 och 2003 från flygplan på ca 30 eller 60 m höjd, längs linjer med 200 m avstånd och med ca 40 eller 16 m mellan mätpunkterna.

Hela Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet är täckt av magnetiska, elektromagnetiska (VLF) och radiometrisk flygmätningar. Mätningar av VLF-fältet från 1999 och 2003 över 8G Norrköping och de östra delarna av 8F Linköping har gjorts med två valda sändare. Det innebär att en signal som är oberoende av sändarens riktning erhålles. Utifrån VLF-data kan en karta över markens skenbara resistivitet framställas. VLF-data ger värdefull information om den elektriska ledningsförmågan i marken, huvudsakligen om de brantstående strukturerna. Vidare utgör VLF-data ett utmärkt underlag för identifiering av spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) samt uppföljning av grafit- och

magnetkisförande bergartsled. De kan med stor fördel användas även i hydrogeologiska sammanhang, vid byggnadsgeologiska arbeten och samhällsplanering.

Lokala variationer i magnetfältet beror framför allt på bergarternas varierande innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan ger information om vissa bergarters utbredning samt om strukturella drag i berggrunden. Gammastrålningskartorna ger en bild av hur de naturliga radioaktiva isotoperna uran, torium och kalium är fördelade i det översta, ca 3 dm tunna skiktet av jordtäcket eller i berggrunden. Mätningarna används främst för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden. De erhållna mätvärdena är också användbara vid berggrundskarteringen för att särskilja bergarter och för att spåra geokemiska variationer, till exempel sådana som är orsakade av hydrotermal omvandling.

Tyngdkraftsmätningar ger viktig information om regionala, strukturella drag i tre dimensioner. De utförs med markbundna instrument med ett ungefärligt mätpunktsavstånd som ligger mellan 1,5 och 3 km. Geofysiska flygmätningar tillsammans med tyngdkraftsmätningar ger en viktig översikt av berggrundens strukturella uppbyggnad, bergarternas tredimensionella utbredning samt förkastningar och sprickzoner i berggrunden.

Data erhållna från flygmätningar och från tyngdkraftsmätningar verifieras genom uppföljning på marken med handburna instrument samt genom provtagning, i syfte att mäta bergarternas fysikaliska egenskaper såsom susceptibilitet, remanent magnetisering och densitet. Markmätningarnas huvudsakliga syfte är emellertid att följa upp anomalorsaker, dvs. att knyta en anomali till ett visst bergartsled samt att ge detaljbilder av anomalier för exempelvis beräkningar av tredimensionella geologiska modeller.

Vid tolkning av sprickighet och strukturella drag i berggrunden har förutom den magnetiska anomalibilden även digitala höjddata använts.

Geofysisk översikt över Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet

Ytbergartsgnejserna av vulkaniskt ursprung, tillsammans med de tidigorogena bergarterna i norra delen av kartområdet 8G Norrköping NV, ger upphov till ett högmagnetiskt, oregelbundet anomalimönster. Ytbergartsgnejsernas susceptibilitet varierar kraftigt i olika band, från 10 upp till $1\,500 \times 10^{-5}$ SI-enheter, medan de tidigorogena graniterna har högre susceptibilitet, mellan 415 och $1\,930 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Tidigorogena graniter förekommer även i nordvästra delen av kartområdet 8F Linköping NO och har varierande, övervägande låg susceptibilitet (mellan 5 och 480×10^{-5} SI-enheter, medelvärde 80×10^{-5} SI-enheter). De senorogena graniterna som förekommer huvudsakligen söder och öster om Roxen har liksom ytbergartsgnejserna mycket varierande susceptibilitet, mellan 0 och $15\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde 600×10^{-5} SI-enheter). De ger upphov till ett oregelbundet mönster på den magnetiska anomalikartan.

I västra delarna av 8G Norrköping NV samt inom kartområdet 8F Linköping NO framträder en intrusion av grovporfyrisk granit tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 8), på grund av sin i regel höga magnetiserbarhet (susceptibilitetsmedelvärde $1\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Intrusionen framträder tydligt även på den ternära gammastrålningskartan (fig. 9), då den skiljer sig från de omgivande bergarterna genom lägre uran- och toriumhalter (grön färgnyans).

Större delen av området mellan Linköping och Mjölby upptas av granitoider tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB), vilka har olika geofysiska egenskaper. De s.k. Växjö- och Nykilsganiterna som förekommer söder om Vikingstad, 13 km väster om Linköping, ger upphov till en rund, lågmagnetisk anomali (fig. 8). Medelvärdet för densiteten är $2\,634 \text{ kg/m}^3$ och utbredningen av graniterna sammanfaller med en negativ tyngdkraftsanomali. Susceptibiliteten är låg och varierar mellan 28 och 60×10^{-5} SI-enheter.

Öster om den lågmagnetiska graniten av röd Växjötyp förekommer en grovporfyrisk, högmagnetisk granit (medelvärde susceptibilitet 900×10^{-5} SI-enheter). I graniterna förekommer monzogranitiska och kvartsmonzonitiska led som skiljer sig från de övriga graniterna genom högre densitet (kvartsmonzonit $2\,778 \text{ kg/m}^3$, monzogranit $2\,724 \text{ kg/m}^3$) samt lägre kalium- och toriumhalter (fig. 9).

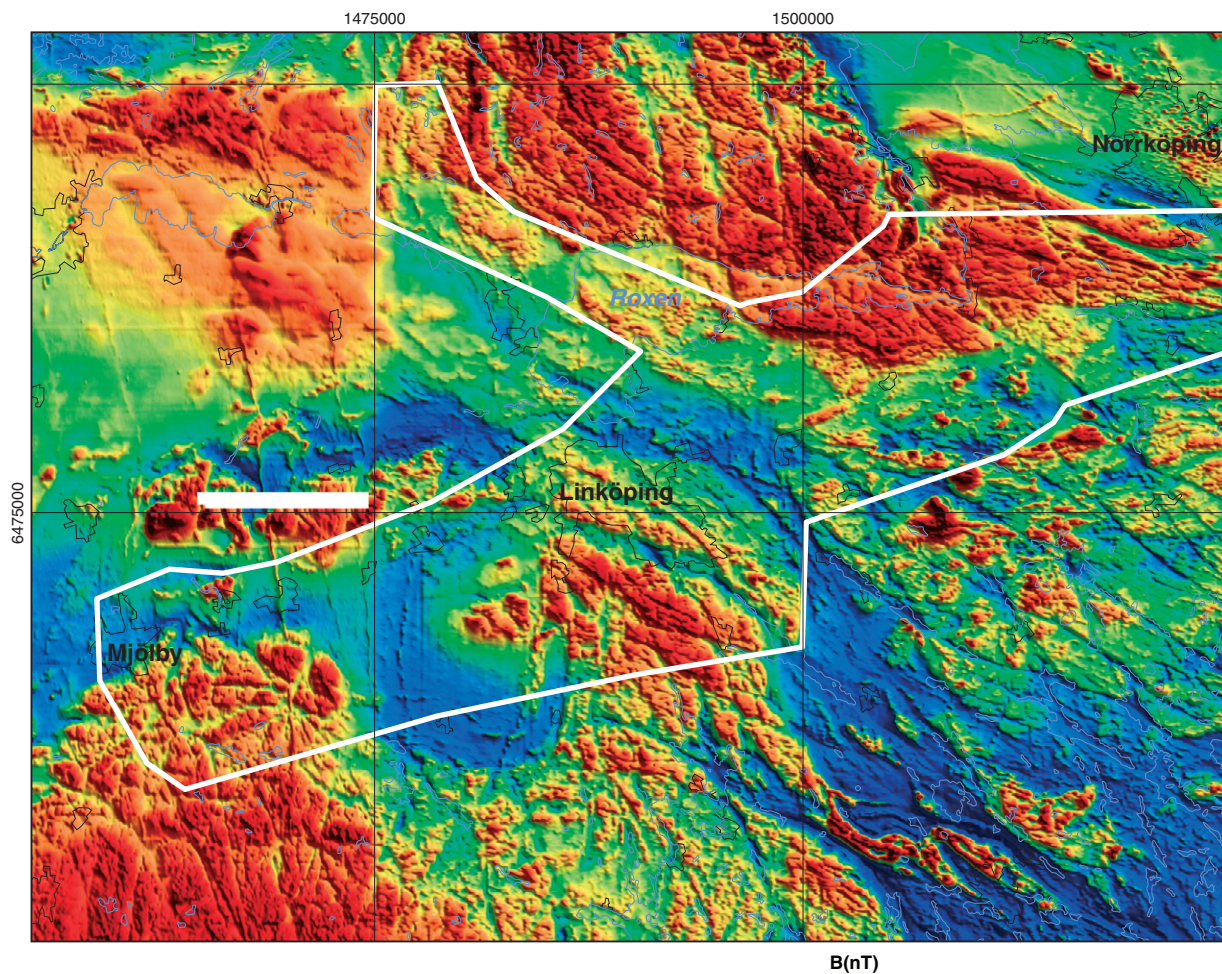
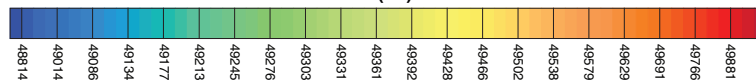


Fig. 8. Magnetisk anomalikarta över Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet med omgivning.



I sydvästra delen av kartområdet framträder ett högmagnetiskt anomalimönster som sammanfaller med utbredningen av granitoider av Filipstadstyp. Susceptibiliteten varierar mellan 8 och $4\,130 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde 792×10^{-5} SI-enheter). De lägre susceptibilitetsvärdena sammanfaller oftast med deformationszoner. Granitoiderna av Filipstadstyp har i regel lägre uran- och toriumhalter än Växjö- och Nykilsganiterna (fig. 9).

På den magnetiska anomalikartan framträder lågmagnetiska, nordvästligt eller nordnordvästligt strykande anomalier, knutna till i huvudsak spröda deformationzoner (fig. 8). Flertalet av dessa framträder även på resistivitetskartan (fig. 10), vilket indikerar ler- eller vattenfyllda zoner. I höjd med Linköping framträder Loftahammar–Linköpingdeformationszonen (LLDZ) som en bred lågmagnetisk anomali i nordvästlig riktning. En betydande förkastningsbrant löper huvudsakligen i öst–västlig riktning och följer Roxens norra strandlinje.

Några tunna, högmagnetiska anomalier i södra delen av kartområdet orsakas av diabasgångar som stryker huvudsakligen i nord–sydlig riktning.

Berggrundens strukturer, deformationszoner och sprickor

Berggrunden i Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet domineras av strukturer som stryker i nordvästlig riktning. Större delen av diabasgångarna och deformationszonerna i området följer denna riktning. En viktig deformationszon, Loftahammar–Linköpingdeformationszonen (LLDZ), har varit aktiv vid

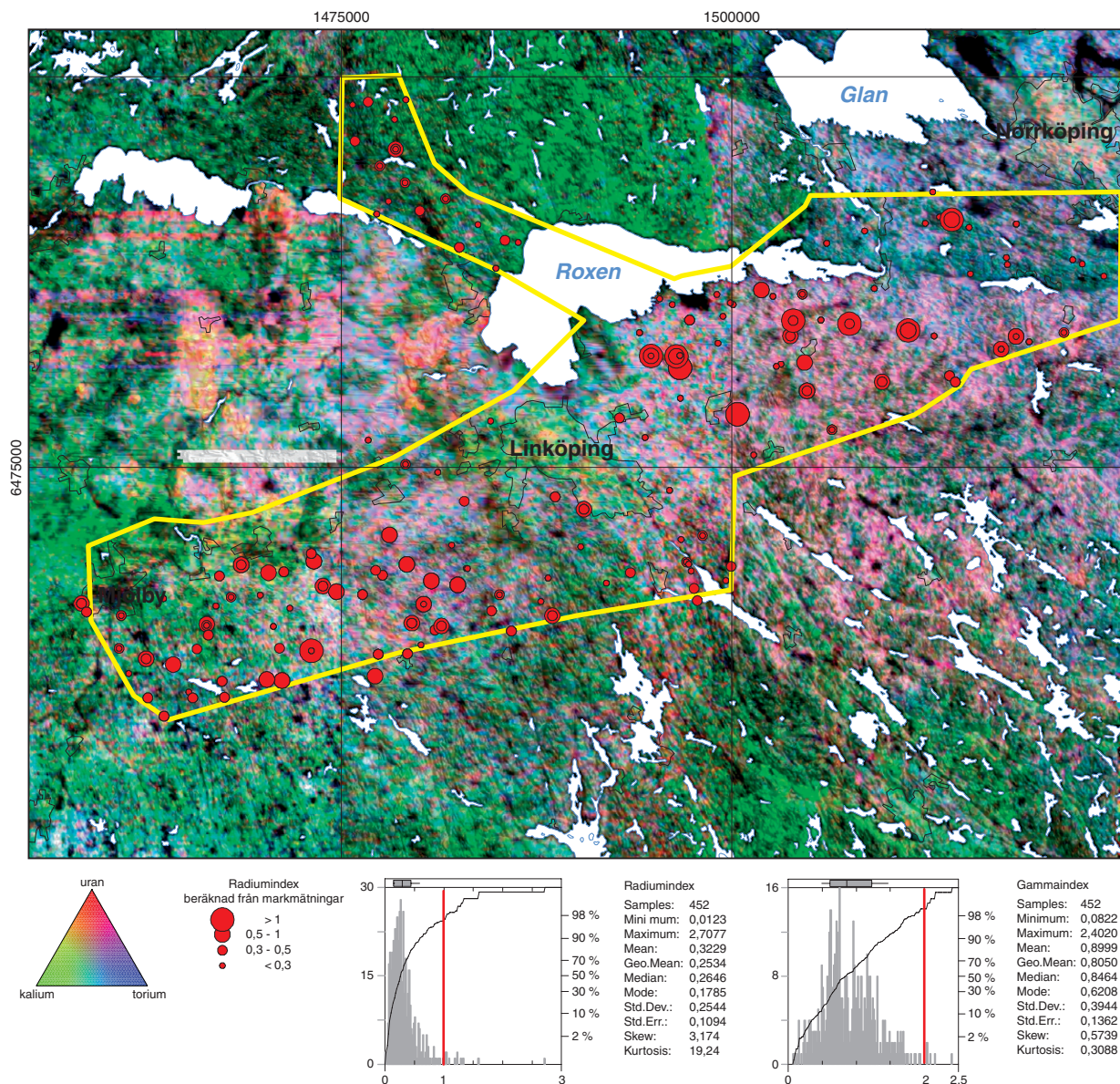


Fig. 9. Ternär karta över markens gammastrålning i Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet med omgivning. Uranhalter mätta på hållar visas i proportionerlig storlek.

flera tillfällen och uppvisar både plastisk och spröd deformation (Rieffé m.fl. 1993, Stephens & Wahlgren 1993, Stephens m.fl. 1997, Beunk & Page 2001). Zonen är flera kilometer bred och stryker ungefär i nordvästlig riktning. Längs zonen finns en markant tyngdkraftsgradient som visar på ett tyngdkraftsöverskott mot nordost.

Kompletterande tyngdkraftsmätning har genomförts längs en profil vinkelrätt mot LLDZ och därefter modellberäknats. Tillsammans med densitetsvärden från insamlade bergartsprover har modelleringarna visat att zonen har ett djupgående av minst 10 km, med en brant stupning mot sydväst (Wik m.fl. 2005).

Spricktätheten har bedömts på de flesta provlokaler genom att uppskatta antalet sprickor per meter. Tolv saknas då bergblottningen är av begränsad storlek. Sprickornas orientering (strykning och stupning) var möjlig att mäta på 39 lokaler (totalt 517 sprickor).

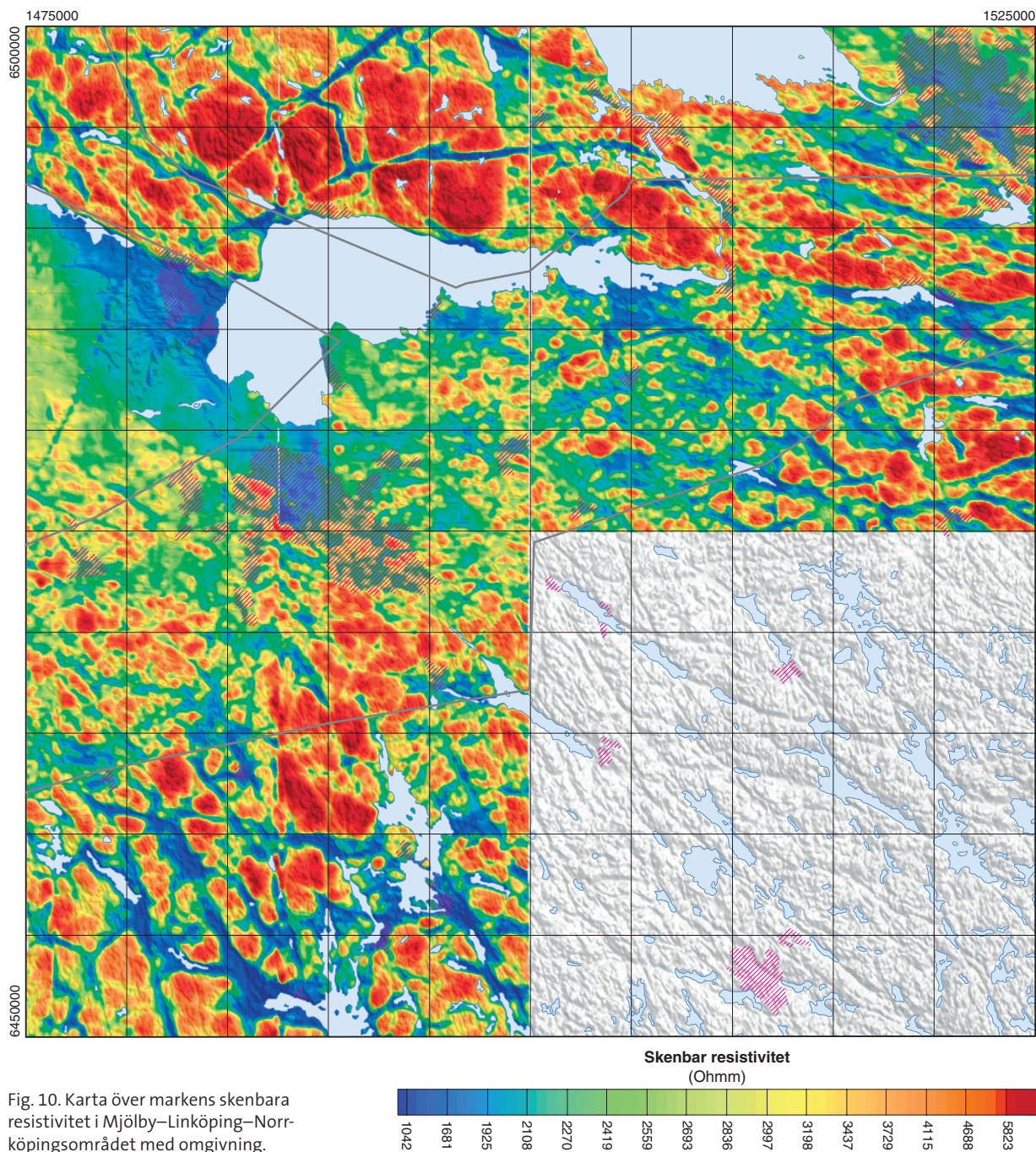


Fig. 10. Karta över markens skenbara resistivitet i Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet med omgivning.

TEKNISKA ANALYSER

Bergartsproverna har i allmänhet tagits i sprängda vägskärningar där de ansetts vara representativa för bergarten och därmed för en större bergvolym. Provtagningen har skett med slägga och spett varvid ca 70 kg bergartsprov samlats in vid varje lokal. Materialet som provtas ska ej vara vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket. Totalt har 64 prover tagits från Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet. Kulkvarns-, Los Angeles- och alkalireaktivitetstester samt densitetsbestämningar har utförts på bergartsproverna och resultaten redovisas i databaser. Gammastrålningsmätning har skett vid samtliga av dessa lokaler förutom en.

Bestämning av nötningsmotstånd – kulkvarnsanalys och micro-Devalanalys

Analyserna av nötningsmotstånd utfördes vid MRM AB Luleå, enligt svensk standards FAS Metod 259-02 för kulkvarnsvärden och enligt SS-EN 1097-1 för micro-Devalvärden. Resultaten för kulkvarnsvärden presenteras i tabell 1.

Låga värden innebär att bergartsprovet har en hög motståndskraft mot nötning. Tidigare analyserades slipvärdet vilket visar tämligen god korrelation med kulkvarnsvärdet.

Spridningen av kulkvarnsvärdena är stor inom varje bergartsgrupp. De lägsta (bästa) värdena har felsiska metavulkaniter, tidigorogena granitoider, senorogena granitoider och icke grovporfyriska TMB-granitoider. Högsta (sämsta) värdena bland proverna har metagabbroid, dioritoid och grovporfyriska TMB-granitoider. Liknande resultat ges av micro-Devalanalyserna (tabell 2).

Los Angelesstal

Analys av Los Angelesstal (LA-tal) utfördes vid MRM AB Luleå, enligt europeiska standarden EN 1097-2. LA-talet är ett mått på bergartens sprödhet. Höga LA-tal innebär att bergarten är spröd, vilket är en negativ egenskap för t.ex. ballast. Resultaten presenteras i tabell 1.

Spridningen av LA-talen är, liksom kulkvarnsvärdena, stor inom varje bergartsgrupp. De lägsta (bästa) värdena har felsisk metavulkanit, metagabbroid och dioritoid. Högsta (sämsta) värdena bland proverna har ögonförande TMB-granitoider.

Alkalisilikareaktivitet (ASR)

Om cementens alkalimetaller reagerar med kisel i form av kvarts i ett bergartsmaterial bildas en expandande gel, s.k. ASR, vilken ger den färdiga betongen sämre egenskaper. Bergartsprover i form av polerade tunnslip har skickats till Cement och Betong Institutet för bestämning av potentiell risk för ASR. Bedömning görs utifrån risken för skadlig ASR i betong, vilket avser sprickbildning med sprickvidd $\geq 0,3$ mm, inom en rimlig livslängd (ca 75 år) för en fuktbelastad utomhuskonstruktion. Proverna har delats in i en tregradig skala enligt RILEM (TC 191-ARP), testmetod AAR: I = mycket osannolikt alkalireaktiv, II = osäker eller potentiell risk, III = mycket sannolikt reaktiv. Resultaten redovisas i tabell 2.

I Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet är en tidigorogen monzogranit (DCL041002A), en senorogen syenogranit (DCL041107A) och en syenogranit till monzogranit av röd Växjötyp tillhörande TMB (SAS04115A) klassade i III. En granit till granodiorit tillhörande TMB (DCL041073A), en senorogen, monzogranit (DCL041083A), en senorogen syenogranit till monzogranit (DCL041114A), en monzogranit av röd Nykilsgrenittyp tillhörande TMB (SAS041116A), två monzograniter av röd Växjötyp tillhörande TMB (SAS041036A resp. SAS041062A), fyra tidigorogena monzograniter till granodioriter (SAS041079A, SAS041081A, SAS041138A och SAS041192A) och tre felsiska metavulkaniter (SAS041125A, SAS041142A och SAS041172A) är klassade i II medan övriga prover är av klass I.

Tabell 1. Medelvärden av kulkvarnsvärde och Los Angelesstal för de analyserade bergarterna i Mjölby–Linköping–Norrköpingsområdet.

Bergartsgrupp	Kulkvarnsvärde %			Los Angeles-tal %		
	Spridning	Medelvärde	Antal prover	Spridning	Medelvärde	Antal prover
Granitoid, tillhörande TMB, grovporfyrisk	11,1–18,2	13,6	8	18,9–30,8	24,0	8
Granitoid, tillhörande TMB	7,1–12,8	9,7	22	13,1–28,3	21,7	22
Senorogena granitoider	6,9–13,7	9,7	13	15,1–22,1	18,1	13
Tidigorogena granitoider, vanligen muskovitförande	7,5–10,3	8,7	10	14,7–19,1	16,9	10
Felsisk metavulkanit	5,4–12,3	9,0	8	12,6–18	14,8	8
Metagabbroider/dioritoider	7,7–14,6	11,4	3	9,9–16,0	13,3	3

Tabell 2. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Nyköpingsområdet för betong (B), järnväg (J) och väg (V). A_N = kulkvarnsvärde, LA-tal = Los Angeles-tal, Ra = radiumindex, Ga = aktivitetsex, ASR = alkalisilikareaktivitet, sp/m = sprickor per meter.

ID-nr SGU	N-S-koord	Ö-V-koord	Bergart	Korn-densitet	A _N	LA-tal	micro-Deval	Ra	Ga	ASR	sp/m	B	J	V
DCL031272A	6490800	1514101	Felsisk metavulkanit, ryolit, rödgrå-grå till mörkt grå, finkornig till fint medelkornig	2,70	12,3	18,0	0,2	0,8	1	1	–	2	2	2
DCL041001A	6490326	1515176	Tidigorogen monzogranit, grå-röd-rödgrå, medelkornig, ögonförande	2,69	8,2	18	5,3	0,2	0,8	1	1-2	1	1	1
DCL041002A	6487984	1522420	Tidigorogen monzogranit, grå-röd-rödgrå, medel- till grovkornig, ögonförande	2,67	8,2	16,9	0,05	1,1	3	–	–	3	1	1
DCL041025A	6483604	1521238	Senorogen granodiorit, grå-röd-rödgrå, medel- till grovkornig	2,7	13,7	22,1	0,3	1,1	1	1	–	1	2	2
DCL041038A	6480414	1514477	Senorogen granit, grå-röd-rödgrå, medelkornig	2,65	8,2	17,9	0,3	1,2	1	1	1	1	1	1
DCL041064A	6486410	1509076	Granit tillhörande TMB, rödgrå, grovkornig, grovporfyrisk	2,71	13,6	23,6	8,4	0,2	0,7	1	1-2	2	2	2
DCL041067A	6484377	1505671	Metagabbroid, mörkt grå till svart, fin- till medelkornig	2,99	14,6	16	0,1	0,1	1	1	1-2	2	1	2
DCL041068A	6483399	1505842	Felsisk metavulkanit, ryolit-dacit, grå, mycket finkornig till finkornig	2,69	8	15,1	0,6	1,2	1	1	1-2	2	2	1
DCL041073A	6486073	1504391	Granit-granodiorit tillhörande TMB, grå-röd-rödgrå, finkornig till fint medelkornig	2,65	8,7	20,6	0,3	0,6	2	2	2-3	2	1	1
DCL041076A	6483954	1503385	Senorogen monzogranit, röd-grå-röd, finkornig till fint medelkornig	2,64	7	15,1	0,6	1,2	1	1	2-3	1	1	1
DCL041079A	6486340	1501883	Granodiorit tillhörande TMB, grå-rödgrå, medelkornig	2,67	9,9	21,6	0,53	1	1	1	1-2	1	1	1
DCL041083A	6481564	1503124	Senorogen monzogranit, grå-röd-rödgrå-grå, finkornig till fint medelkornig	2,66	6,9	15,6	0,2	0,9	2	2	1-2	2	1	1
DCL041085A	6484373	1503911	Deformerad tidigorogen monzogranit, grå-rödgrå-grå-röd, finkornig till fint medelkornig	2,7	8,8	15,6	0,4	1,0	1	1	2-3	1	1	1
DCL041087A	6484155	1507510	Felsisk metavulkanit-deformerad monzogranit?, grå, finkornig till fint medelkornig	2,72	11,1	15,1	0,6	1,2	1	1	1-2	1	2	1,5
DCL041092A	6483875	1511289	Senorogen monzogranit, grå-röd-rödgrå, finkornig till fint medelkornig	2,63	9,6	20,4	0,9	1,5	1	–	–	1	1	1
DCL041101A	6480442	1509618	Senorogen granodiorit, grå-röd-rödgrå, fin- till grovkornig	2,71	12,0	18,1	0,3	1,2	1	1	1-2	1	2	2
DCL041105A	6481700	1504634	Senorogen granodiorit, grå-röd-rödgrå-grå, medel- till grovkornig	2,67	12,4	19,4	0,4	0,9	1	1	2-3	1	1	2
DCL041107A	6478369	1500342	Senorogen syenogranit, grå-röd-rödgrå-grå, fint medelkornig	2,63	8,1	17,3	1,2	1,7	3	1	1-2	3	1	1
DCL041114A	6479900	1504804	Senorogen syeno-monzogranit, grå-röd-rödgrå-röd, fin- till grovkornig	2,67	8,8	17,1	6	0,6	1,1	2	2-3	2	1	1
DCL041119A	6477381	1506390	Senorogen granodiorit-granit, grå-rödgrå, medelkornig	2,70	10,0	18,3	7	0,4	0,7	1	2-3	1	2	1
SAS041030A	6460605	1465238	Kvartsmonzonit tillhörande TMB, grå, medelkornig, ojämnkornig, glest porfyrisk	2,81	8,5	13,1	0,2	0,7	1	1	ej mätt	1	1,5	1
SAS041036A	6465719	1458689	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, grovkornig, ojämnkornig	2,66	7,3	16,8	0,3	1	2	1	2	1	1	1
SAS041042A	6466557	1463639	Monzogranit tillhörande TMB, Filipstadstyp, röd, grovkornig, grovporfyrisk	2,68	11,1	22,8	0,1	0,7	1	1	ej mätt	1	1	1,5
SAS041049A	6461421	1470206	Granodiorit tillhörande TMB, röd, medelkornig, glest porfyrisk	2,71	10,8	19,6	0,5	1,1	1	1	2	1	1,5	1,5
SAS041051A	6462714	1462483	Syeno-monzogranit tillhörande TMB, röd, fint medelkornig, jämnkornig	2,64	7,5	17,9	0,3	0,7	1	1	ej mätt	1	1	1
SAS041053A	6479180	1495993	Felsisk metavulkanit, ryolit, grå, finkornig, ställvis porfyrisk	2,63	5,9	14,3	4	ej mätt	ej mätt	1	6	1	1	1
SAS041056A	6461769	1461398	Granodiorit tillhörande TMB, Filipstadstyp, röd, grovkornig, grovporfyrisk	2,72	12,3	18,9	0,2	0,6	1	1	3	1	1,5	2
SAS041057A	6468526	1482999	Gabbro, mörkt grön, fint medelkornig, ojämnkornig, oftisk	2,92	7,7	9,9	6	0,1	0,3	1	3	1	1,5	1
SAS041058A	6464570	1481003	Monzogranit tillhörande TMB, röd, medel- till grovkornig, jämnkornig	2,63	10,8	28,2	0,3	1,8	1	1	ej mätt	1	1,5	1,5
SAS041062A	6463563	1482508	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, medelkornig, jämnkornig	2,64	9,3	21,8	0,3	1,1	2	1	ej mätt	2	1	1
SAS041063A	6464494	1485870	Monzogranit tillhörande TMB, röd, grovt medelkornig, jämnkornig	2,65	9,2	20,8	0,3	1,1	1	1	3	1	1	1
SAS041068A	6468398	1477175	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, medelkornig, småporfyrisk	2,64	10,1	21,8	0,4	1,1	2	1	2	1	1	1

ID-nr/SGU	N-S-koordinat	Ö-V-koordinat	Bergart	Korn-densitet	A _N	LA-tal	micro-Deval	Ra	Ga	ASR	sp/m	B	J	V
SAS041071A	6468805	1479166	Monzogranit tillhörande TMB, röd, fnt medelkornig, ojämnkornig	2,63	7,1	18,8		0,6	1,5	1	2	1	1	1
SAS041073A	6467370	1473802	Granodiorit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, medelkornig, jämnkornig	2,62	11,9	26,8		0,5	1,3	1	2	1	1,5	2
SAS041075A	6467385	1492210	Monzogranit tillhörande TMB, röd-grå, medel- till grovkornig, grovporfyrisk	2,75	11,4	19,6	7	0,2	0,6	1	3	1	2	1,5
SAS041078A	6491954	1478012	Tidigogen tonalit, grå, medelkornig, jämnkornig	2,69	8,9	16,2		0,2	0,5	1	1	1	1,5	1
SAS041079A	6494257	1477480	Tidigogen granodiorit, grå, medelkornig, jämnkornig	2,65	7,5	16,2	5	0,3	0,7	2	4	2	1	1
SAS041080A	6487570	1484728	Tidigogen granodiorit, grå, fnt medelkornig, jämnkornig	2,67	7,7	14,7		0,1	0,3	1	ej mätt	1	1,5	1
SAS041081A	6489502	1485489	Tidigogen monzogranit-granodiorit, grå, fnt medelkornig, jämnkornig	2,65	7,8	15,2		0,3	0,7	2	1	2	1	1
SAS041097A	6463032	1477351	Monzogranit tillhörande TMB, rödbrun, medel- till grovkornig, ojämnkornig	2,65	12,6	20,3		0,4	1,1	1	4	1	1	2
SAS041101A	6467676	1481021	Monzogranit tillhörande TMB, röd, fnt medelkornig, jämnkornig	2,63	11,4	24,5		0,8	1,8	1	0	1	1	2
SAS041102A	6464829	1481406	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, grovt medelkornig, jämnkornig	2,63	9,8	25,5		0,5	1,2	1	1-2	1	1	1
SAS041103A	6465016	1479504	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, grovt medelkornig, jämnkornig	2,64	10,2	24,8		0,4	1,2	1	1-2	1	1	1,5
SAS041104A	6461623	1477083	Monzogranit tillhörande TMB, röd, fnt medelkornig, jämnkornig	2,63	7,9	17,9		0,5	1,3	1	1	1	1	1
SAS041113A	6464827	1470726	Kvartsmonzodiorit tillhörande TMB, röd, medelkornig, småporfyrisk	2,71	12,8	26,2		0,3	0,7	1	0	1	1	2
SAS041115A	6466844	1476336	Syenit-monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, medelkornig, jämnkornig	2,65	10,9	23,7		0,5	1,4	3	2-3	3	1	1,5
SAS041116A	6463044	1479241	Monzogranit tillhörande TMB, Nykilistyp, röd, grovkornig, ojämnkornig	2,67	10,1	22,4		0,4	1,4	2	3	2	1,5	1
SAS041117A	6467481	1482295	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd-grå, medelkornig, glest porfyrisk	2,65	9,5	28,3	6	0,6	1,6	1	ej mätt	1	1	1
SAS041120A	6469927	1490320	Kvartsmonzonit tillhörande TMB, grå, grovkornig, grovporfyrisk	2,79	15,8	25,7		0,2	0,5	1	0	1	1,5	2
SAS041122A	6472287	1490525	Monzogranit tillhörande TMB, röd, fnt medelkornig, jämnkornig	2,63	7,4	16,7		0,5	1,4	1	0	1	1	1
SAS041123A	6473568	1496114	Granodiorit tillhörande TMB, röd, grovkornig, grovporfyrisk	2,66	12,7	28,3		0,2	0,8	1	ej mätt	1	1	2
SAS041125A	6479406	1496705	Felsk metavulkanit, grå, finkornig, kraftigt folierad (skjuvad)	2,69	11,0	13,5		0,2	0,7	2	4-5	2	2,5	1,5
SAS041129A	6470354	1496723	Kvartsmonzonit tillhörande TMB, röd, grovkornig, grovporfyrisk	2,72	13,4	22,0		0,2	0,8	1	ej mätt	2	2	2
SAS041138A	6466456	1497790	Tidigogen monzogranit, rödgrå, medelkornig, jämnkornig	2,67	10,1	18,7		0,3	0,7	2	3	2	1	1
SAS041142A	6468921	1497080	Felsk metavulkanit, ryolit, mörkt grå, finkornig, bandad och skjuvad	2,73	11,6	15,4		0,2	0,5	2	ej mätt	2	1,5	1,5
SAS041144A	6482919	1499102	Senorogen kvartsmonzonit, grå, grovkornig, grovporfyrisk	2,77	13,7	18,4		0,2	0,7	1	ej mätt	2	2	2
SAS041149A	6485496	1499864	Monzogabbro till monzodiorit, mörkt grön till svart, fnt medelkornig, jämnkornig	2,91	11,9	14,0		0,1	0,1	1	0	2	2	1,5
SAS041155A	6481340	1496676	Senorogen monzogranit, röd, fnt medelkornig, ställvis pegmatitisk	2,64	7,0	17,2		1,4	1,6	1	0	3	1	1
SAS041159A	6485407	1496329	Felsk metavulkanit, ryolit, mörkt grå till svart, finkornig, jämnkornig, lagrad	2,67	6,6	14,0		0,2	0,7	1	0	2	2	1
SAS041163A	6489059	1482558	Granodiorit tillhörande TMB, röd, grovkornig, grovporfyrisk	2,70	18,2	30,8		0,3	1	1	0	2	2	3
SAS041167A	6498174	1475716	Senorogen granodiorit, grå, medelkornig, jämnkornig	2,70	9,3	19		0,2	0,4	1	0	1	1	1
SAS041172A	6484382	1497290	Felsk metavulkanit, ryolit, grå-röd, mycket finkornig, lagrad	2,71	5,4	12,6		0,4	1,1	2	0	2	1	1
SAS041178A	6475161	1479052	Tidigogen monzogranit, grå-röd, medelkornig, skjuvad	2,68	10,3	19,1	7	0,3	0,9	1	ej mätt	1,5	1,5	1,5
SAS041192A	6468638	1499943	Tidigogen granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig, veckad	2,66	9,4	18,8		0,2	0,5	2	0-1	2	1	1

Övriga analyser

Petrografisk analys

Bergarternas mineral, deras mängdförhållande på en ca 20 × 25 mm stor yta (500–1 000 punkter), mikrostrukturer och mikrotexturer har bestämts med transmissionsmikroskopi vid SGU. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet och deras texturella uppträdande är av betydelse för bergartens egenskaper. Resultaten återfinns i tabell 3.

Innehållet av sulfider har inte kvantifierats, men om opakmineralhalten är hög bör detta göras innan bergarten används till betong. Grafit har ej påträffats i den undersökta berggrunden.

Gammastrålningsmätningar

Gammastrålningsmätningar på berghållar utförs inom berggrundskarteringen för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden. Genom sina 15 miljökvalitetsmål har regeringen med delmålet *Säker strålmiljö* gett direktiv om hur människan ska skyddas mot skadlig strålningspåverkan i byggnader och alla övriga slags anläggningar. Strålskyddslagen behandlar strålningsrelaterade frågor i miljön generellt och ger Statens strålskyddsinstitut (SSI) i uppdrag att utforma ramarna för strålningspåverkan, samt föreskrifter om strålningsskyddade miljöer. För att underlätta för olika användare som ska följa dessa föreskrifter, anges uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och aktivitetsindex på berggrundskartan.

Gammastrålningsmätningar har utförts på 102 lokaler inom undersökningsområdet. Vid mätningarna har en handburen gammaspektrometer av typ EXPLORANIUM GR130 använts. Härvid har den totala gammastrålningen samt halterna av kalium-40, uran-238 och torium-232 bestämts. Radiumindex och aktivitetsindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser.

Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och ska för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (BFS 1990). Det beräknas genom bestämning av urankoncentrationen i materialet och 16,2 ppm uran motsvarar 200 Bq/kg ²²⁶Ra, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0. Gammaindex m_γ är beräknat enligt:

$$m_\gamma = C_K/3000 + C_{Ra}/300 + C_{Th}/200$$

där C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av kalium-40, radium-226 och torium-232, alla i enheten Bq/kg. Halterna av kalium, uran och torium redovisas i massandelar som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

1 % kalium = 313 Bq/kg

1 ppm uran = 12,35 Bq/kg

1 ppm torium = 4,06 Bq/kg

Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitut bör aktivitetsindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2 och radiumindex mindre än 1 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000).

Gammastrålningskartan över området visas i figur 9. Mestadels är det senorogena graniter och pegmatiter som har de högsta gammastrålningsvärdena, men variationen är stor. De syns tydligt på gammastrålningskartan söder och öster om Roxen (fig. 9). Kaliumhalten för de senorogena graniterna varierar mellan 4,3 och 5,2 % (medelvärde 4,6 %), uranhalten mellan 0,4 och 7,8 ppm (medelvärde 3,8 ppm) och toriumhalten mellan 18,9 och 41 ppm (medelvärde 27 ppm). Norr om Rystad har senorogena, pegmatitiska graniter en uranhalt på 15,8 ppm och öster om Linghem är uranhalten 18,6 ppm. Öster om Rystad har de senorogena pegmatitgraniterna en uranhalt på 22,2 ppm.

Tabell 3. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken hos bergarter från Linköping–Mjölby–Norrköping.

ID-nr SCU	Bergart	Kornstorlek	Kvarts	K-fsp	Plag	Horn- bl.	Biotit	Mus- kovit	Klorit	Epidot	Kalcit	Apatit	Zirkon	Opak	Sericit	Titanit	Prehnit	Granat	Övrigt
DCL031272A	Felsisk metavulkanit, ryolit, rödgrå–grå till mörkt grå	finkornig till fint medelkornig	32,7	19,9	26,4		18,1	0,1					x		2,8		x		monazit
DCL041001A	Tidigorogen monzogranit, grårod–rödgrå, ögonförande	medelkornig	28	25,3	28,8	2,8	8		1,8	x	x	0,2	0,1	0,1	4,8	0,1			
DCL041002A	Tidigorogen monzogranit, grårod–rödgrå, ögonförande	medel- till grovkornig	36,7	32,2	20,9		6,3	0,6	0,6	0,3		0,1		x	2,2				
DCL041025A	Senorogen granodiorit, grårod–rödgrå	medel- till grovkornig	34,1	15,6	29,1		11,8	x	0,8	x	x	x	x	0,5	8,1	0,1	x		
DCL041038A	Senorogen granit, grårod–rödgrå	medelkornig	34,5	33,4	18,4		6,3	0,3	1	x	x	x	x	0,5	5,6	x		x	monazit?
DCL041064A	Granit tillhörande TMB, rödgrå, grovporfyrisk	grovkornig	28,9	23,7	23,4		14,3		2	x		1	x	1,5	4,6	0,6	x		
DCL041067A	Metagabbroid, mörkt grå till svart	fin- till medelkornig	0,1	27,2	52,3	1,3	2	3,3						x	13,8				
DCL041068A	Felsisk metavulkanit, ryolit–dacit, grå	mycket finkornig till finkornig	34,4	17,9	27,2		13,5	0,5	0,3	x	0,1	0,5		1	4,6				
DCL041073A	Granit–granodiorit tillhörande TMB, grårod–rödgrå	finkornig till fint medelkornig	30,1	22,6	29,7		2,8	0,1	1,5	x	0,3	x	x	0,6	12,3				
DCL041076A	Senorogen monzogranit, röd–grårod	finkornig till fint medelkornig	31,6	35,9	6,5		0,3	0,5	x	1,3	0,1	x	x	2,8	21,1				
DCL041079A	Granodiorit tillhörande TMB, grå–rödgrå	medelkornig	33,1	11,6	43,7		5,6		0,3	0,5	x	x	x	0,1	4,8	0,3			
DCL041083A	Senorogen monzogranit, grårod–rödgrå–grå	finkornig till fint medelkornig	35,1	36,1	14,2		3,6	1,8	0,8	1,3	x	x	x	x	7,1				
DCL041085A	Deformerad tidigorogen monzogranit, grå–rödgrå–grårod	finkornig till fint medelkornig	35,1	18,7	26,4		15		1,1	0,1		0,2	0,3	1,3	1,8				
DCL041087A	Felsisk metavulkanit–deformerad monzogranit?, grå	finkornig till fint medelkornig	34,4	22,4	15,6		14,3	1,1	1	1,6		0,1	x	2	7,5				
DCL041092A	Senorogen monzogranit, grårod–rödgrå	finkornig till fint medelkornig	33,7	33,6	24,6		4,1	2,3	0,1		x	x	x	0,6	1		x		monazit
DCL041101A	Senorogen granodiorit, grårod–rödgrå	fin- till grovkornig	29,1	9,3	35,1		13,8	x	2	1	x	x	x	0,5	9		x		monazit?
DCL041105A	Senorogen granodiorit, grårod–rödgrå–grå	fint medelkornig till grovkornig	40,7	9,2	32,7		5,6	0,1	0,8	x	x				10,8				
DCL041107A	Senorogen syenogranit, grårod–rödgrå–grå	fint medelkornig	41,6	38,2	12,1		0,1	4,6	2	0,5	x	x	x	0,3	0,5		x		monazit?
DCL041114A	Senorogen syeno–monzogranit, grårod–rödgrå–röd	fin- till grovkornig	31,4	39,9	12,2		0,6	0,3	2,5	0,3	x			1,1	11,6				
DCL041119A	Senorogen granodiorit–granit, grå–rödgrå	medelkornig	30,6	11,2	39,6		15,1	0,1	1,5	x	x	x	x	1,3	0,6	x	x		
SAS041030A	Kvartsmonzonit tillhörande TMB, grå, ojämnkornig, Glest porfyrisk	medelkornig	13	22	18,6	8	8,6		3,4	3,6		0,6	x	1,6	20,2			0,4	rutil
SAS041036A	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, ojämnkornig	grovkornig	26,2	30	22,8		0,2		1	1,6		0,6	0,2	6,4	11,6				
SAS041042A	Monzogranit tillhörande TMB, Filipstadstyp, röd, Grovporfyrisk	grovkornig	19,2	24,4	34,2		2,6		4,4	11,8		x	x	0,8	2			0,6	rutil
SAS041049A	Granodiorit tillhörande TMB, röd, glest porfyrisk	medelkornig	24,4	14,4	35,8		1,6		8,2	2		0,4	x	1,6	11,6				
SAS041051A	Syeno–monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornigfint medelkornig	fint medelkornig	24,6	45	19,4		x	1	2	2		?	x	1,6	4,2		x		rutil
SAS041053A	Felsisk metavulkanit, ryolit, grå, ställvis porfyrisk	finkornig	22,4	42,8	24,4		1,8	0,4	4	1	x	x	x	0,2	2,2	0,8			
SAS041056A	Granodiorit tillhörande TMB, Filipstadstyp, röd, grovporfyrisk	grovkornig	16,4	8,4	41,2	2,4	0,6		9,6	4,8	x	x	0,4	1,8	12,2	2,2			
SAS041057A	Gabbro, mörkt grön, ojämnkornig, ofitisk	fint medelkornig	3,6	1,2	36	29,8	9,6		7,6	3,6		x	x	0,8	7,4			0,4	talk
SAS041058A	Monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornig	medel- till grovkornig	29,6	29,4	23,6	4,6	9,4		1,2	0,8		x	0,2	0,6	0,4	x		x	fluorit
SAS041062A	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, jämnkornig	medelkornig	36,4	24,4	26	3,6	0,6		6,4	x	0,2	x	x	0,8	1,4	0,2	x		fluorit
SAS041063A	Monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornig	grov medelkornig	31,6	38,6	22,6		0,2	1	1	1	0,2	x	x	1,2	2,6				
SAS041068A	Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, småporfyrisk	medelkornig	26,9	28,1	31,5		0,2		4	2,7	x	x	0,6	4	1,7			0,4	rutil
SAS041071A	Monzogranit tillhörande TMB, röd, ojämnkornig	fint medelkornig	27,5	37,3	22,4		4,1		2,4	0,8	x	x	0,4	2	2,2	1,2			

ID-nr	SGU	Bergart	Kornstorlek	Kvarts	K-fsp	Plag	Horn- bl.	Biotit	Mus- kovit	Klorit	Epidot	Kalcit	Apatit	Zirkon	Opak	Sericit	Titanit	Prehnit	Granat	Övrigt
SAS041073A		Granodiorit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, jämnkornig	medelkornig	45,8	15,2	28,8	?	0,4		3,4	0,2	0,2	x	x	4,4	1,6	?	x	x	talk
SAS041075A		Monzogranit tillhörande TMB, röd–grå, grovporfyrisk	medel- till grovkornig	14,6	19,2	31	9,4	16,8		1	0,6	x	0,2	0,4	2,8	2,6	1			rutil
SAS041078A		Tidigorgen tonalit, grå, jämnkornig	medelkornig	29	2,6	51,4		9,2	2,6	0,2	0,8	0,4	x	x	0,2	3,6				
SAS041079A		Tidigorgen granodiorit, grå, jämnkornig	medelkornig	32,6	17,4	40,4		4,2	0,6	0,2	0,8	x	x	x	0,6	3,2			x	götit/hematit/zoisit?
SAS041080A		Tidigorgen granodiorit, grå, jämnkornig	fint medelkornig	29,8	11,6	41		4,8	3	2,4	1,6	x	x	0,2	0,2	5,4	?	x	x	götit
SAS041081A		Tidigorgen monzogranit–granodiorit, grå, jämnkornig	fint medelkornig	33	20,4	25,6		0,4	2	3	3,4	x	x	x	0,2	12	?			
SAS041097A		Monzogranit tillhörande TMB, rödbrun, ojämnkornig	medel- till grovkornig	57,4	23	9,4		x	0,6	1,8		x			3,2	4,6			x	götit
SAS041101A		Monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornig	fint medelkornig	26,8	38,4	24,4		2,6	x	2,8		0,2	x	x	1,4	3,4				
SAS041102A		Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, jämnkornig	grovt medelkornig	48,4	29	17,8		0,8		1,4		x	x	0,2	0,6	1,8			x	götit/fluorit
SAS041103A		Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, jämnkornig	grovt medelkornig	34,8	31,4	24,4	x?	2,4		2,8	0,6	x	x	0,2	1,6	1,6			0,2	fluorit
SAS041104A		Monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornig	fint medelkornig	35,4	33,4	26,6		0,8	2,6	0,2		x	x	x	0,2	0,8			x	götit/fluorit
SAS041113A		Kvartsmonzodiorit tillhörande TMB, röd, småporfyrisk	medelkornig	13,4	21,8	30,2	3,8	0,2	0,8	7	0,4	x	x	x	3,4	17,2	1,8			
SAS041115A		Syeno–monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd, jämnkornig	medelkornig	38,8	36	19			0,4	x	1,8		x	x	3,6	0,4			x	götit/ortit
SAS041116A		Monzogranit tillhörande TMB, Nykilistyp, röd, ojämnkornig	grovkornig	36	19,6	20		9,2	x	2	2		x	x	0,2	8			2,2	metamikt fas
SAS041117A		Monzogranit tillhörande TMB, Växjötyp, röd–grå, gles porfyrisk	medelkornig	28,8	41,8	18,4		2,8		0,6	0,4		x	0,2	0,4	6,6			x	rutil (?)
SAS041120A		Kvartsmonzonit tillhörande TMB, grå, grov porfyrisk	grovkornig	11,2	18,4	31,8	7,4	7,4		2,2	1,6		x	0,2	1,2	17,4	1,2		x	ilmenit
SAS041122A		Monzogranit tillhörande TMB, röd, jämnkornig	fint medelkornig	27,6	39,6	23,4		2,6	0,4	0,6	0,8	x	x	0,2	0,2	4,8			x	götit
SAS041123A		Granodiorit tillhörande TMB, röd, grovporfyrisk	grovkornig	19,4	24,8	39,4		4	x	0,4	1,4	x	x	0,2	0,4	9,6	0,4		x	metamikt fas
SAS041125A		Felsisk metavulkanit, grå, kraftigt folierad (skjuvad)	finkornig	Qz+Fsp = 78 %				20,2		x	x	x	x	x	1,8	x	x	x	1)	
SAS041129A		Kvartsmonzonit tillhörande TMB, röd, grovporfyrisk	grovkornig	14	21,6	29,4	6,4	13		0,6	1,2	x	x	0,6	1,4	10,4	1,4	x		
SAS041138A		Tidigorgen monzogranit, rödgrå, jämnkornig	medelkornig	36,2	22,6	32,4		5,6		x	0,8	x	x	x	0,4	2				
SAS041142A		Felsisk metavulkanit, ryolit, mörkt grå, bandad och skjuvad	finkornig	23,8	41,4	7,4		10,8	1,2	2	0,4	x	x	x	3,8	9,2			x	götit/rutil
SAS041144A		Senorogen kvartsmonzonit, grå, grovporfyrisk	grovkornig	9,4	27,2	23,4	8,6	13,8		0,6	1,2	x	0,6	0,4	0,8	12,4	1,6			
SAS041149A		Monzogabbro/monzodiorit, mörkt grön–svart, jämnkornig	fint medelkornig	0,8	4,4	31	49,6	6		0,8	0,6	x	x		0,6	6,2	?		x	zoisit?
SAS041155A		Senorogen monzogranit, röd, ställvis pegmatitisk	fint medelkornig	34	26	28,6		5	1,2	0,6	0,8	x	x	0,4	1,2	2,2				0,6
SAS041159A		Felsisk metavulkanit, ryolit, mörkt grå–svart, jämnkornig.	finkornig	37,8	20,6	23,2		13	2,6	1		0,2	x	0,2		0,8				
Lagrad																				
SAS041163A		Granodiorit tillhörande tmb, röd, grovporfyrisk	grovkornig	29	15,2	26	2,6	14,8		x	0,6	x	x	0,8	2	6,4	2,6		x	götit/rutil
SAS041167A		Senorogen granodiorit, grå, jämnkornig	medelkornig	30	17,8	38,6		6,2	0,2	0,2	0,8	x	x	x	x	6,2				
SAS041172A		Felsisk metavulkanit, ryolit, grårod, lagrad	mycket finkornig	28,6	26,4	13,2	7,6	6,2	0,8	11,2	2	0,6		x	x	1,6			1,8	
SAS041178A		Tidigorgen monzogranit, grårod, skjuvad	medelkornig	26,6	24,4	36		11		x	0,2	x	x	x	0,6	1,2	x			
SAS041192A		Tidigorgen granodiorit, grå, gnejsig, veckad	medelkornig	30,8	15,8	42,2		7,4	0,8	x	0,2	x	x	x	0,2	2,6			x	götit

1) Ej normalt punkträknad på grund av avsaknad av tvillingbildning i fältspat.

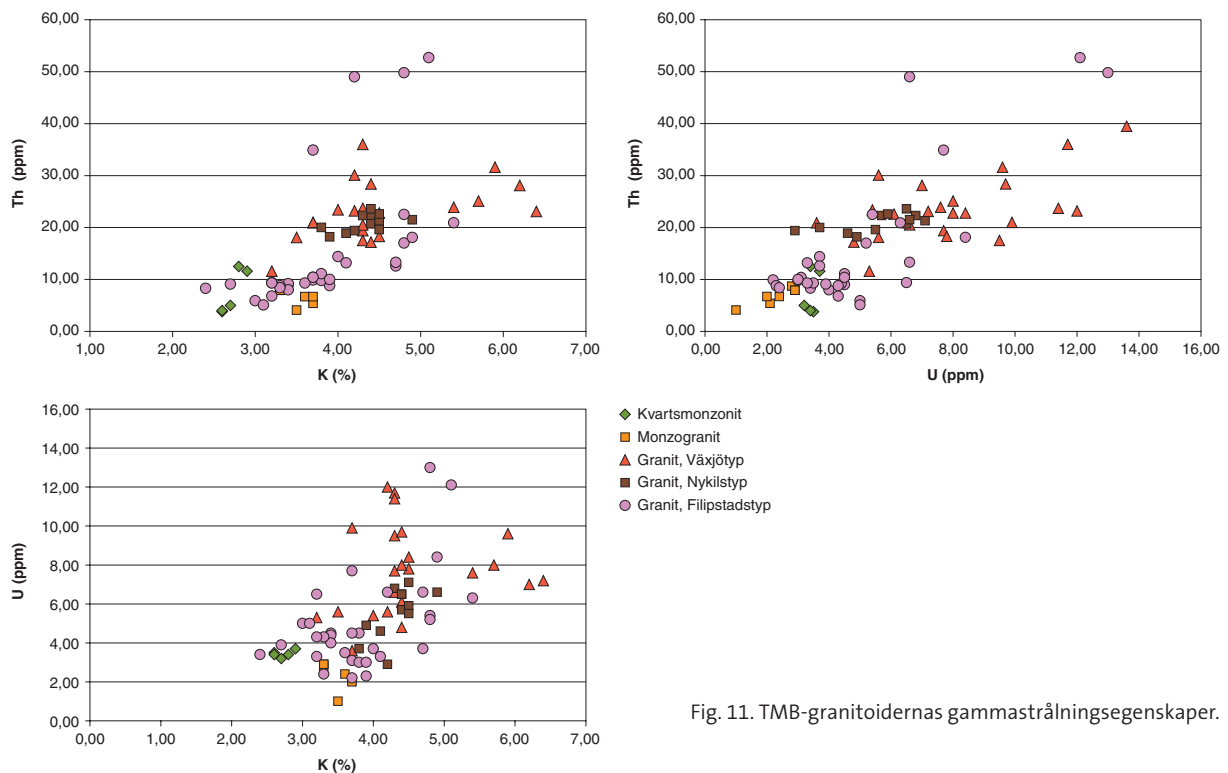


Fig. 11. TMB-granitoidernas gammastrålningsegenskaper.

Pegmatiter och pegmatitgraniter har mycket varierande strålningsegenskaper. Kaliumhalten varierar mellan 2,5 och 5,1 % (medelvärde 3,9 %), medan toriumhalten ligger mellan 4 och 34 ppm (medelvärde 20 ppm) och uranhalten mellan 0,6 och 44 ppm (medelvärde 7,3 ppm). Den högsta uranhalten hos pegmatiter, 44,0 ppm, har uppmätts i Mosshult. Söder om Lövestad har en hög uranhalt på 16,7 ppm uran uppmätts.

Även ytbergartsgnejser uppvisar ställvis höga gammastrålningsnivåer. De är kraftigt migmatitiserade bergarter med starkt varierande sammansättning, vilket återspeglas i gammastrålningsegenskaperna. Gnejsernas kaliumhalt varierar mellan 2,1 och 4,7 % (medelvärde 3,8 %), toriumhalten mellan 6,9 och 42 ppm (medelvärde 18 ppm) och uranhalten mellan 1,1 och 14,3 ppm (medelvärde 5,1 ppm). Generellt kan man säga att det är neosomen som har de högsta gammastrålningsvärdena, och de mest varierande halterna av kalium, uran och torium beror sannolikt på varierande inslag av paleosom.

Granitoiderna tillhörande TMB har varierande strålningsegenskaper (fig. 11). Växjö- och Nykilsganiterna håller generellt högre strålningsnivåer än granitoider av Filipstadstypen (fig. 11). De anomal höga toriumhalterna (52 ppm) och uranhalterna (13 ppm), uppmätta på en granit av Filipstadstyp, härstammar från en lokal där bergarten är omvandlad.

Kaliumhalten i granit av röd Växjötyp varierar mellan 3,2 och 6,4 % (medelvärde 4,6 %), uranhalten mellan 3,6 och 13,6 ppm (medelvärde 8 ppm) samt toriumhalten mellan 11,6 och 39,5 ppm (medelvärde 27,9 ppm). I Nykilsgniten varierar kaliumhalten mellan 3,7 och 4,9 % (medelvärde 4,3 %), uranhalten mellan 2,9 och 7,1 ppm (medelvärde 5,5 ppm) och toriumhalten mellan 18,2 och 23,6 ppm (medelvärde 21 ppm). Granit av Filipstadstyp har kaliumhalter mellan 2,4 och 5,4 % (medelvärde 3,8 %), uranhalter mellan 2,2 och 13 ppm (medelvärde 4,4 ppm) samt toriumhalter mellan 6 och 52,1 ppm (medelvärde 15 ppm).

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover (tabell 2) till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson & Schouenborg 1995, 1996).

Användningsområde betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, förekomst av alkaliskelreaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen (se vidare BBK 04, Concrete Report No. 1 Swedish Concrete Association 1991, SS 13 21 25 Svensk Standard 1983). Bergarter för högpresterande betong, dvs. med en materialkvalitet motsvarande kvartsit eller porfyr, har ej påträffats i kommunen. Klassningen av proverna (tabell 2) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Berget bedöms vara lämpligt som betongballast. Berget bedöms klara alla av Boverkets föreskrivna krav för Betongballast (BBK 94): låg till moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkaliskelreaktiva mineral, se RILEM AAR-1), låg porositet, vattenabsorption <1,0. Ballasten ska dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Berget bedöms kunna användas som betongballast. RA-index 0,5–1,0. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Berget bedöms inte kunna användas som betongballast. Berget bedöms inte klara Boverkets föreskrivna krav för betongballast (BBK 94).

Användningsområde spårballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på krav uppställda av Statens Järnvägar (1988) och Banverket (2004). Glimmerhalten bör vara låg, då denna ofta sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämplig kornform vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (3) ska vara lägst 90 % (FAS-metod 244-99). Klassningen av proverna (tabell 2) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Berget bedöms vara lämpligt som järnvägs makadam. Det klarar alla av Banverket (1996) föreskrivna krav för järnvägs makadam (BVF 585.52): sprödhetstal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <10 % (10–25 % vid godkännande av beställare), flisighetstal = $1,35 \pm 0,05$, ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Berget bedöms kunna användas som järnvägs makadam. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Berget bedöms inte kunna användas som järnvägs makadam. Berget bedöms inte klara Banverkets (1996) föreskrivna krav (BVF 585.52).

Användningsområde vägballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (2004) fastställda krav i ATB VÄG 2004.

En tämligen god korrelation finns mellan sprödhetstal (FAS-metod 210-01) och LA-tal (10–14 mm) av vilken anledning sprödhetstalet kan uppskattas med hjälp av det senare. Flisighetstalet ingår inte i klassningsgrunden. Klassningen av proverna (tabell 2) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Berget bedöms kunna användas både som slitlager, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och LA-tal <30 %. Ej till slitlayerskikt för vägar med höga ÅDT-tal (motorvägar etc.). Då krävs kulkvarnsvärde <6 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003.
Klass 1,5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Färre beläggningstyper för slitlager än klass 1, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <18 % och Los Angelesvärde <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003.
Klass 2,5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Produktion för slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. Bärlager och förstärkningslager är fortfarande möjligt. Kulkvarnsvärden >18 % eller Los Angelesvärde >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2003.

TOLKNINGEN AV BERGKVALITETEN

Den extrapolering av resultaten från punktmätningarna som kartan utgör, är grundad på att proverna är representativa för bergmassans egenskaper. Berggrundens heterogena natur gör detta svårt, men tolkningen är en god utgångspunkt för prospektering och planering för utnyttjande av berggrunden till t.ex. ballast och byggmaterial.

Tre kvalitetsklasser har angetts: 1 = god, 2 = mindre god och 3 = dålig kvalitet. Tolkningen baseras främst på kulkvarnsvärdena relaterat till de krav som ställs i ATB VÄG (Vägverket 2003).

Det är viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med detaljundersökningar vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har, om ej annat anges, omfattat enskilda bergarter även i täkter och dessa resultat överensstämmer följaktligen inte helt med resultat från drift i en heterogen berggrund.

REFERENSER

- Banverket, 2004: BVS 585.52, Makadamballast för järnväg. *B 04-1684/BA 30*, 29 s.
- Beunk, F.F. & Page, L.M., 2001: Structural evolution of the accretional continental margin of the Paleoproterozoic Svecofennian orogen in southern Sweden. *Tectonophysics*, 339, 67–92.
- BBK, 04: *Betongkonstruktioner: Boverkets handbok om betongkonstruktioner*, 271 s.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling, BFS 1990:28, Nr.2, Stockholm, ISBN 91-38-12510-2*.
- FAS-metod 210-01: *Bestämning av sprödhetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- FAS-metod 244-99: *Bestämning av LT-index*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- FAS-metod 259-02: *Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Gorbatshev, R., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 113*, 76 s.
- Gorbatshev, R., Fromm, E. & Kjellström, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 107*, 111 s.
- Kornfält, K.A., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Norrköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 108*, 54 s.
- Kornfält K.A. & Lundström, I., 1974: Berggrundskartan 8G Norrköping NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 108*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2002: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60 Bk*.
- Persson, L., Bruun, Å. & Dahlman, B., 1981: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 132*, 150 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. SP. *Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, SP Rapport 1995:49*.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1996: Quality classification of rock in Sweden. European Aggregates. *Official Journal of UEPG, Union Européenne des Producteurs de Granulats. UEPG, 2–3/96*.

- Rieffe, E.C., van Lil, R., Verweij, P.M. & Beunk, F.F., 1993: Preliminary data from the Loftahammar Shear Zone, southeastern Sweden. *I* M.B. Stephens & C.-H. Wahlgren (red.): Ductile shear zones in the Swedish segment of the Baltic Shield. Abstracts and excursion guide. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 76, 16.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures* 36, 480–496.
- Statens Järnvägar, 1988: Tekniska bestämmelser, makadam för spårballast. *SJ, Banavdelningen PM 1988-04-25 (BBG 88/022)*.
- Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1993: *I* M.B. Stephens & C.-H. Wahlgren (red.): Ductile shear zones in the Swedish segment of the Baltic Shield. Abstracts and excursion guide. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 76, 18–19.
- 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, 690–704.
- Svensk standard, 1983: SS 13 21 25: *Betongprovning – Ballast – Korndensitet (hydrostatisk metod) och vattenabsorption*. Standardiseringen i Sverige, 4 s.
- Svensk standard, 1997: SS-EN 1097-1: *Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. Standardiseringen i Sverige, 10 s.
- Svensk standard, 1997: SS-EN 1097-2: *Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 2: Methods for the determination of the resistance to fragmentation*. European Committee for Standardization, 22 s.
- Swedish Concrete Association, 1991: Durable concrete structures. *Concrete Report No. 1*, 55 s.
- The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: *Naturally Occurring Radioactivity in the Nordic Countries – Recommendations*. ISBN 91-89230-00-0, 81 s.
- Vägverket, 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukotjo, S. & Wikman H., 2005: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. *Sveriges geologiska undersökning Ba* 66, 50 s.