

Beskrivning till bergkvalitetskartan Eskilstuna kommun

Ildikó Antal Lundin, Mattias Göransson,
Lars Persson & Helge Reginiussen



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-782-4

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: Väckellagrande metavulkanit och karbonatsten (6571852/1535024).
Foto: Lars Persson

© Sveriges geologiska undersökning, 2007

INLEDNING OCH METODIK

Bergkvalitetskartan kompletterar den berggrundsinformation som produceras av SGU för presentation i skala 1:50 000. Det huvudsakliga syftet med bergkvalitetskartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, såsom t.ex. ballast för väg, järnväg och betong.

Eskilstuna kommuns landareal är 1 097 km² med en befolkning på ca 90 000 invånare. Centralort är Eskilstuna, och andra större orter är Ärla, Alberga, Bälgviken, Hällberga, Hällbybrunn, Hållsta, Kjula, Kvicksund, Mälarmälarbaden, Skogstorp, Sundbyholm och Torshälla. Kommunen omfattar även vattenområden med ett stort antal öar i Hjälmaren och Mälaren.

Tidigare undersökningar av berggrunden har bl.a. utförts av Karlsson (1863), Erdmann (1864), Lundegårdh & Lundqvist (1954, 1959) och Gorbatshev (1969). En övervägande del av kommunen har kartlagts inom detta projekt. Endast områden längst i nordväst (10G Eskilstuna NV, Lundegårdh 1974), samt i nordost (10H Strängnäs NV, Stålhös 1984) var karterade innan projektet startade. En krossbergsinventering har utförts inom Eskilstuna kommun av Göransson (2000).

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de olika bergartsenheter. Bergartsstrukturer som t.ex. foliation är ihopdragna till s.k. strukturella formlinjer. Dessa visar bergartens interna struktur efter vilken riktning uppsprickning lätt sker, t.ex. i samband med sprängning. Stereogrammen på huvudkartan redovisar sprickriktningarna vid de flesta av de speciellt undersökta observationslokalerna. En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på underlag i skala 1:50 000 utgående från Lantmäteriverkets höjddatabank. Det är viktigt att notera att dessa lineament inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickor, sprickzoner eller förkastningar. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor i flera riktningar i berggrunden.

Den magnetiska anomalikartan samt den elektromagnetiska (VLF-) kartan har använts för tolkning av deformationszoner. På magnetanomalikartan framträder några smala, starka anomalier som stryker i nord-sydlig och nordnordvästlig riktning. Dessa har tolkats som diabasgångar vars bredd är mindre än 50 meter. Vanligtvis är gångarna nederoderade och ej exponerade. Enstaka magnetiska anomalier som förekommer inom kommunen har kunnat knytas till magnetisförande, metasedimentära bergarter. De ger upphov till starka magnetiska anomalier som också är goda elektriska ledare.

En del lokaler, där provtagning av större kvantiteter berg har varit möjlig, har undersökts närmare. Dessutom har mätningar av sprickplanens riktning samt bedömning av spricktätheten gjorts. Vid ett flertal av dessa lokaler har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. 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), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover tagits (A, B, C osv.). Totalt redovisas 62 prover tagna från 49 lokaler i tabell 2. Gammastrålningsmätning har skett på de flesta av ovannämnda lokaler. Den radiometrisk kartan och berggrundskartan har legat till grund för gammastrålningsmätningar på berghällar.

Jorddjup (avståndet från markytan till berggrundsytan) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser: <2, 2–5 och >5 meter.

Flera aktiva bergtäkter finns inom kommunen, nämligen Kjula, Folkesta, Barva och Balsta. Diabas bryts i Öjetäkten men denna ligger strax utanför kommungränsen. Hållsta, Jäder och Knutsta är grustäkter.

I geologiskt språkbruk sätts ofta termen meta- framför bergartsnamnet om bergarten är generellt omvandlad, t.ex. metabasit, metavulkanit, metagranit etc. Denna omvandling har i stort sett drabbat alla bergarter förutom de yngre graniterna och pegmatiterna samt diabaserna. Termen meta- har dock undvikits i detta sammanhang eftersom omvandlingen inte är bergmekaniskt entydig utan kan innebära både kvalitetshöjning och kvalitetsförsämring.

BERGGRUNDSGEOLOGISK ÖVERSIKT

Berggrunden inom kartområdet utgör en del av den vidsträckt, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezon (orogenen), som omfattar delar av östra Sverige och västra Finland (jfr Lundqvist 1979). Ursprungligen leriga och sandiga sedimentbergarter har omvandlats genom förhöjd temperatur och förhöjt tryck. De har därvid ådergnejsomvandlats, vilket innebär att granitiska och pegmatitiska ådror, sliror och partier tillkommit i bergarten. Ungefär samtida vulkaniska bildningar (ca 1 900 miljoner år gamla), har omvandlats på liknande sätt och förekommer i nära anslutning till de omvandlade sedimentbergarterna. Metavulkaniter, delvis mycket omvandlade, har stor utbredning i mellersta delen av kommunen. Sedimentådergnejs förekommer i södra delen med ost–västlig utsträckning.

Granitoider med associerade grönstenar (metamafiter) är av ungefär samma ålder och utgör knappt hälften av berggrunden i Eskilstuna kommun. Ovan nämnda s.k. ytbergarter (sedimentbergarter och vulkaniter) är påverkade och intruderade av granitoiderna (djupbergarter). Mycket subtila övergångar finns mellan dessa bergartsgrupper och i många områden förekommer de tillsammans.

Såväl under vulkanismen som efter graniternas stelning har basaltisk magma trängt in i berggrunden i samband med sprickbildning och stelnat som gångar. Dessa är i östra Sverige vanligen decimeter- till meterbreda, deformerade, avslitna och amfibolitomvandlade. Deformation och omvandling har även drabbat övriga nämnda bergarter.

I östra Sverige förekommer rikligt med yngre graniter med tillhörande pegmatit- och aplitgångar. Dessa graniter är vanligen grå, fin- till medelkorniga och oftast helt massformiga. Ställvis kan de ha en skär eller till och med röd färgnyans och benämns i Mellansverige ofta Stockholms- respektive Malingsbogramnit. Dessa s.k. yngre graniter har inom Eskilstuna kommun relativt stor utbredning i norra delen. De har en ålder av ca 1 800 miljoner år och är grå till rödaktiga, finkorniga till grovkorniga och strökoränsförande.

För mellan 1 500 och 1 000 miljoner år sedan trängde basiska magmor upp längs sprickor och bildade diabasgångar. En sådan är den breda Hälleforsgången som finns i söder. Ett flertal diabasstråk går i nordöstlig riktning och enstaka gångar i nord–sydlig riktning. Berggrunden har därefter varit utsatt för erosion och spröd deformation, varvid ytterligare sprickor och förkastningar bildats.

ALLMÄN GEOFYSIK

De geofysiska flygmätningarna omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningarna är utförda från flygplan på ca 30 eller 60 meters höjd, längs linjer med 200 m avstånd och med ca 40 m mellan mät-punkterna. Eskilstuna kommun är täckt med moderna magnetiska, radiometrisk och elektromagnetiska (VLF-) data. Elektromagnetiska (VLF-) data täcker ca 80 % av kommunens yta.

Variationer i magnetfältet beror framför allt på olika bergarters innehåll av magnetiska mineral. Den magnetiska anomalikartan kan ge 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 jordtäcknet eller bergytan. Mätningarna är användbara vid berggrundskarteringen för att skilja olika bergartstyper, men framför allt för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden.

VLF-data utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) samt uppföljning av grafit- och magnetkisförande bergartsled. Det bör dock noteras att styrkan i den elektromagnetiska anomalin, förutom den elektriska ledningsförmågan, även är beroende av riktningen hos det objekt som orsakar anomalin i relation till sändaren. VLF-kartan visar den elektriska ledningsförmågan i marken, framför allt i brantstående strukturer. Den kan med stor fördel användas även i hydrogeologiska sammanhang eftersom vattenförande zoner indikeras. VLF-data som är uppmätta med två sändare gör att en riktningsoberoende respons erhålls, men denna täcker dock endast kartområdena 11G Västerås SO och 10G Eskilstuna NO. Från VLF-data uppmätta med två sändare kan

man också beräkna markens skenbara resistivitet (Persson m.fl. 2001). Resistivitetskartan visar variationer i markens ledningsförmåga med koppling till bergartsenheter.

Tyngdkraftsmätningar ger viktig information om regionala, strukturella drag i tre dimensioner. Mätningarna utförs med markbundna instrument med ett ungefärligt mätpunktsavstånd på 1,5–3 km. Flyg-geofysiska mätningar tillsammans med tyngdkraftsmätningar ger viktig information om berggrundens strukturella drag, bergarternas tredimensionella utbredning samt förkastningar och sprickzoner i berggrunden. Vid tolkning av sprickighet och strukturella drag i berggrunden har även digitala höjddata använts. Data erhållna från flygmätningar verifieras genom uppföljning på marken med handburna instrument. Markmätningarnas huvudsakliga syfte är emellertid att följa upp anomalorsaken, dvs. att knyta anomalin till ett visst bergartsled samt att ge detaljbilder av anomalier för exempelvis beräkningar av tredimensionella geologiska modeller. Parameterprov har tagits från ca 200 lokaler för mätning av bergarternas fysikaliska egenskaper. Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts på ca 170 lokaler.

BERGGRUNDENS STRUKTURER OCH SPRICKOR

De interna plastiska strukturerna (foliation) i bergarterna har främst västnordvästliga till ostnordostliga men även nordvästliga och nordostliga strykriktningar. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. I vissa fall kan en del sprickzoner vara läkta och bergarterna utgör därmed ett hållfasthetsmässigt starkare material. Större krosszoner och sprickgrupper stryker främst i ost–väst och nordväst.

Det bör noteras att man i samband med tunneldrivning i områden med topografiskt framträdande zoner konstaterat leromvandlade bergarter. Kartläggning i Göteborgsområdet (Samuelsson 1978) har visat att där förekommande sprickor (som stryker i västnordväst) mycket ofta innehåller lerrikt material som bildats genom omvandling av sidoberget. Lermineralen består till stor del av olika smekter, vilka genom vattenupptagning kan orsaka mer eller mindre starkt svälltryck, något som är negativt ur bergbyggnadssynpunkt.

En metod att definiera spricktätheten i fält (Deere 1968) är enligt följande:

Mycket gles, "very wide"	>3 m	Solid
Gles, "wide"	1–3 m	Massive
Måttlig, "moderately close"	0,3–1 m	Blocky
Tät, "close"	50–300 mm	Fractured
Mycket tät, "very close"	<50 mm	Crushed

Denna indelningsgrund visade sig dock inte vara helt tillfredsställande, eftersom de flesta bergartstyperna föll i intervallet måttlig till tät. Försök har också gjorts att räkna fram Q-värdet (jfr Barton m.fl. 1974, Hoek & Brown 1994) i varje blottning, en metod som ej heller visat sig framgångsrik. I denna undersökning anges därför uppskattat antal sprickor per meter, spm (se tabell 1 med tekniska analyser).

TEKNISKA ANALYSER

Vid provtagningen av de olika bergartsleden har stor vikt lagts vid att provmaterialet ska vara petrografiskt och bergtekniskt representativt för bergmassan vid provlokalen. Där starkt heterogen berggrund förekommer, t.ex. sedimentådergnejs, har flera prover tagits från samma håll. Bergartsmaterialet ska inte vara vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket. Provmaterialet har vanligen tagits i bergskärningar, gamla och nya bergtäkter etc. Provtagning har skett med slägga och spett. Nedkrossning har utförts i en rotationskross (Svedala Arbrå R 5026-64) med 30 mm utloppsspalt och i laboratoriekätkross (Morgårdshammar A23) med utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak (Gilson TS-1FX) och finsiktning i en Pascall Inclyno enligt FAS-metod 221-98 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). Resultaten presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Eskilstuna kommun för betong, järnväg och väg (se text). ρ_s är korndensitet, K_n är kulkvarnsvärde, LA är Los Angeles-värde, m_i är gammaindex, SPM är sprickor per meter, ASR är alkalisitreaktivitet.
Technical analyses and classification of samples from the municipalities of Eskilstuna as concrete ballast, as railway trackbed ballast, and for pavement constructions (mainly wearing courses). ρ_s = particle density, STT = studied type test value, LA = Los Angeles value, m_i = gamma index, JPM = joints per meter, ASR = alkali silica reactivity.

Prov Sample	Bergartsbeskrivning (fältobservation) Rock description (field observation)	N-S koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	ρ_s g/cm ³ ρ_s g/cm ³	K_n % STT %	LA-värde % LA %	LT (3) LT (3)	LT (5) LT (5)	m_i m_i	ASR ASR	SPM JPM	Bergkvalitetsklassning Rock quality	Betong Concrete	Järnväg Railway	Väg Road
LAL010043	Granit, röd, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	6559320	1523610	2,61	7,7	22,6			2	1	2-3	1	1	1	1
LEP000146	Granit, röd, medelkornig till grovkornig, gnejsig, migmatiserad	6591460	1543180	2,64	10,9	23,4			0,8	1	3	1	1	1	2
LEP010022	Granit, skär, grovt medel- till grovkornig, neosom med gnejsiga partier	6573180	1513833	2,69	12,7	22,7				2	2	(1)	2	2	2
LHD010001A	Granit, grå, finkornig, gnejsig	6569580	1532660	2,66	7,3	14,5	62	96		4	3	(2)	1	1	1
LHD010001B	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6569580	1532660	2,68	8,0	15,2	74	96	1	4	3	(2)	1	1	1
LHD010001C	Tonalit, svart, finkornig, gnejsig, strökornsförande	6569580	1532660	2,72	9,3	12,6	71	99	0,7	1	3	(1)	2	1	1
LHD010001D	Granit, grå, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	6569580	1532660	2,66	8,2	16,5	78	98		4	3	(2)	1	1	1
LHD010001E	Mylonit, grå-röd, finkornig, tät, glimmerstrimor	6569580	1532660	2,70	11,3	13,8	67	97		4	8	2	(2)	2	2
LHD010112	Granit, grå, gnejsig, migmatiserad	6569840	1538620	2,67	7,3	14,1			0,7		5	2	1	1	1
MGO001117	Tonalit, gråsvart, finkornig	6589140	1548340	2,71	12,3	13,0			0,9	1		2	2	2	2
MGO001018A	Granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6584676	1545595	2,70	10,3	18,7			0,6	1	4	1	1	(1)	(1)
MGO001018B	Metabasit, svart, finkornig	6584676	1545595	2,73	14,1				0,5	1	4	1	1	1	2
MGO010037	Migmatit, tonalitisk, rödgrå, medelkornig, gnejsig, ådrad	6580617	1546436	2,72	11,6					1		(1)	2	2	2
MGO010038	Migmatit, granitisk, gråsvart, medelkornig, gnejsig, ögonförande	6579124	1547837	2,68	12,1	18,0			1,1	1		1	1	1	2
MGO010058	Migmatit, tonalitisk, grå, medelkornig, gnejsig, ögonförande	6579740	1549434	2,68	14,7	21,2			1,3	1	2-3	2	2	2	2
MGO010073A	Granit-granodiorit, grå, medelkornig, gnejsig, ådrad	6579560	1523288	2,68	10,3				1,6			1	1	1	2
MGO010073B	Metabasit, svart, finkornig	6579560	1523288	3,04	16,0	17,8			0,5	1		1	1	1	2
MGO010073C	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, ådrad	6579560	1523288	2,63	11,5	21,8			1,1	1		1	1	1	2
MGO010096	Tonalit, mörkt grå, finkornig	6584800	1544750	2,72	11,8	21,0				1	1-2	(1)	2	2	2
MGO010125	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, strökor	6587250	1526940	2,67	9,3				1,2			1	1	1	(1)
MGO020042A	Granit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	6566064	1554255			24,2				1	3	1	(1)	2	2
MGO020042B	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	6566064	1554255	2,67	12,0	28,6				1	3	1	1	2	2
MGO020043	Metabasit, svart, finkornig	6566790	1546313	2,92	11,9	12,1			0,2	1	2	1	1	1	2
MGO020044A	Sedimentådergnejs, svart, fin- till medelkornig	6566078	1546345	2,75	10,9	15,9			0,7	3	4	2	2	2	2

Prov Sample	Bergartsbeskrivning (fältobservation) Rock description (field observation)	N-S-koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	ρ_s g/cm ³ ρ_s g/cm ³	K _s % STT %	LA-värde % LA %	LT (3) LT (3)	LT (5) LT (5)	m _γ m _γ	ASR ASR	SPM JPM	Bergkvalitetsklassning Rock quality	Betong Concrete	Järnväg Railway	Väg Road
MGO200044B	Granit, medelkornig, strökor, gnejsig, ådrad	6566078	1546345	2,67	10,2	23,1			2,2	4	3	(2)		1	2
MGO200045	Metavulkanit, rödgrå, fin-till medelkornig, gnejsig, ådrad	6568250	1545917	2,68	11,1	27,1			0,6	1	5	1		1	2
MGO200172	Granit, ljus röd, medel- till grovkornig, mignatitomvandlad	6576910	1507086	2,66	15,0	27,0				1		1		2	(2)
MGO200173	Metavulkanit, röd, finkornig, ådrad	6574470	1521841	2,65	11,8	19,3			0,8	1	4-5	1		(1)	2
MGO200174	Sedimentådergnejs, grå, finkornig, granatförande	6575860	1523986	2,63	9,6				1	1	3	1		1	2
MGO300001	Granit, röd, medelkornig, gnejsig	6577869	1532968	2,64	6,4	16,8				2		1		1	1
MGO300002	Metavulkanit, grå, fint medelkornig, omvandlad, cordierit	6572351	1517824	2,65	10,3	20,8			0,8	1	5	1		1	2
MGO300003	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6567588	1516338	2,72	8,8	15,2			0,7	1	2	1		(1)	1
MGO300004A	Tonalit, gråsvart, fint medelkornig, omvandlad	6562060	1524309	2,67	7,2	16,1				1	4	1		(1)	1
MGO300004B	Granit, pegmatisk, röd, grovkornig	6562060	1524309	2,60	11,8	28,2					2	1		(2)	2
MGO300005	Sedimentådergnejs, gråsvart, fin-till medelkornig	6564834	1538387	2,76	14,8	20,4			0,6	1	4	1		2	2
MGO300006	Sedimentådergnejs, gråsvart, medelkornig	6565781	1538490	2,73	14,0	16,3			0,6	1	3	1		1	2
MGO300007	Sedimentådergnejs, grå, fin-till medelkornig, omvandlad	6569858	1538655	2,65	5,8	15,0			0,7	4	4	2		1	1
MGO300008	Metavulkanit, grå, finkornig, ådrad	6571362	1538115	2,67	6,4	16,8			0,7	1	4	1		1	1
MGO300009	Metavulkanit, grå, finkornig, bandad	6571960	1532744	2,92	12,0	14,4			0,6	1	6	1		1	2
MGO300010	Sedimentådergnejs, grå, medelkornig, omvandlad	6561674	1527198	2,70	11,3	20,9				1	3	1		2	2
MGO300011	Metavulkanit, röd-rödsvart, fin-till medelkornig, ådrad	6570284	1531059	2,63	6,7	16,6			0,7	4	5	2		1	1
MGO300012	Sedimentådergnejs, grå, medelkornig, mignatitiserad	6577861	1539785	2,81	13,5	18,5				1		2		2	2
MGO300013	Granit, röd, medelkornig, ådrad	6576499	1547066	2,62	7,8	23,0			0,9	1	3	1		1	1
MGO300014	Granitoid, grå-röd, fin-till medelkornig, omvandlad	6571207	1548208	2,72	14,4	20,1			0,9		4	1		1	2
MGO300015	Sedimentådergnejs, grå, fin-till medelkornig	6578409	1554894	2,66	11,5	24,2			0,9	1	2	(1)		(1)	2
MGO 501	Granit, röd, medelkornig, gnejsig	6588180	1532150	2,64	8,2					2		(1)		1	1
MGO 502	Granit, röd, medelkornig, porfyrisk	6588150	1532150	2,67	9,5				1	2		(1)		1	1
MGO 506	Granit, gråvit, finkornig, gnejsig	6583750	1526700	2,64	7,9				0,7	1		1		1	1
MGO 509	Granodiorit, rödsvart, medelkornig, gnejsig	6584850	1546750	2,68	9,7				0,9	1		1		1	(1)
MGO 510	Granodiorit, svart-röd, medelkornig, gnejsig	6584800	1546800	2,68	9,1					2		1		1	(1)
MGO 511	Granit, röd, fint medelkornig, gnejsig	6584600	1545150	2,62	7,9				0,5	1		1		1	1
MGO 512	Granit, rödsvart, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	6583900	1547450	2,66	9,7				0,9	1		1		1	(1)

Prov Sample	Bergartsbeskrivning (fältobservation) Rock description (field observation)	N-S-koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	ρ_s g/cm ³ ρ_s g/cm ³	K _s % STT %	LA-värde % LA %	LT (3) LT (3)	LT (5) LT (5)	m _γ m _γ	ASR ASR	SPM JPM	Bergkvalitetsklassning Rock quality
MGO515	Metavulkanit, rödsvart, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig, omvandlad	6581000	1548300	2,64	9,1				1,1	2		1 1 1 (1)
MGO519A	Yngre granit, röd, fint medelkornig	6582500	1551900	2,63	10,8				1,1	2		1 1 1 2
MGO519B	Metabasit, svart, finkornig	6582600	1552350	2,94	9,2							1 1 1 (1)
MGO504 A Folkesta berg- täkt	Granit, rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	6587400	1533100	2,64	6,0					1		1 1 1 1
MGO504 B Folkesta berg- täkt	Granit, rödsvart, medelkornig	6587400	1533100	2,73	8,5				1,3			1 1 1 1
MGO517 Bal- sta bergtäkt	Sedimentådergnejs, ljusgrå, medel- till grovkornig	6580000	1542400	2,68	15,1				0,9			(1) 2 (2)
MGO520A Kjula bergtäkt	Granit, rödsvart, fin- till medelkornig, gnejsig	6583330	1549602	2,66	9,2				1,3	1		1 1 1 1
MGO520B Kjula bergtäkt	Granit, grå-röd, medelkornig, ögonförande, gnejsig	6583330	1549602	2,67	8,4				1,3	1		1 1 1 1
MGO521 A Barva bergtäkt	Yngre granit, röd, medelkornig	6584710	1553440	2,66	9,2				1,7	2		1 1 1 (1)
MGO521 B Barva bergtäkt	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6584710	1553440	2,73	11,0				0,8	2		1 (1) (1)

Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av proverna för betong, järnväg och väg (se texten). () indikerar tveksam klasstillhörighet.
MGO 501–521 är analyser från Göransson (2000).

Kulkvarnsanalys (K_k)

Kulkvarnsanalyserna har utförts vid SGU och SP enligt FAS Metod 259-98 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). Analyserad fraktion är 11,2–16 mm och harpsiktning har skett med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetstal (jfr FAS-metod 209-98, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har gjorts på enkelprov. Slipvärdet från tidigare undersökningar visar tämligen god korrelation med kulkvarnsvärden framtagna inom denna undersökning. Följande värden erhöles:

Bergart	Antal prover	Kulkvarnsvärde, %	Medelvärde
Metavulkaniter	6	5,8–12,0	8,4
Sedimentådergnejser	8	9,6–15,1	12,6
Metabasiter	1	11,9–16,0	14,0
Diorit	1	28,0	28,0
Tonaliter	7	7,2–14,7	10,2
Granodioriter	3	9,4–12,1	10,6
Graniter–granitoider	32	6,0–12,7	9,5
Granit, pegmatitisk	1	11,8	11,8
Yngre granit	1	9,2	9,2
Diabaser	2	9,2–11,2	10,2
Mylonit	1	11,3	11,3

Granitoider, främst finkorniga, yngre graniter, samt metavulkaniter har kulkvarnsvärden som understiger 10 %. Lägsta medelvärdet har metavulkaniterna vilket är väntat genom deras höga kvarts- och fältspathalter, normalt låga glimmerhalter samt finkornighet. Genom ådergnejsomvandling med nybildad granit som följd har de dock en mycket skiftande kvalitet. Som bäst är bergarten i områden nära Bålgviken. De flesta områden med metavulkanit motsvarar genom omvandlingen klass 2-bergarter. En hög glimmerhalt i sedimentådergnejserna men även i granitoiderna försämrar bergartens motståndskraft mot skavande nötning (ger ett dåligt, dvs. högt kulkvarnsvärde). Detta gör att medelvärdena för granodioriter, tonaliter, dioriter och metabasiter med höga halter av mörka mineral har förhöjda (sämre) värden.

Los Angeles-värde

Analys av Los Angeles-värde (LA-värde) utfördes vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP). Efter krossning i SGUs Svedala-Arbråcross sändes materialet till SP, där materialet åter krossades i en käftkross av typen Morgårdshammar med påföljande harpsiktning med 6,3 mm spaltvidd. Detta har givit ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. Los Angeles-värdet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt EN 1097-2 (European Committee for Standardization). Följande värden erhöles:

Bergart	Antal prover	LA-värde, %	Medelvärde, %
Metavulkaniter	5	14,4–20,8	16,7
Sedimentådergnejser	6	15,9–24,2	19,4
Metabasiter	2	12,1–17,8	15,0
Tonaliter	6	12,6–21,2	15,0
Granodioriter	2	18,0–20,2	19,1
Graniter–granitoider	19	14,1–28,6	20,9
Granit, pegmatitisk	1	28,2	28,2
Mylonit	1	13,8	13,8

Metabasiterna och tonaliterna är den bergartsgrupp som har de lägsta (bästa) värdena tack vare innehållet av mörka mineral. Medelvärdena är 15,0 %. För granitoiderna, metavulkaniterna och metabasiterna gäller samma generella samband mellan bergarternas kornstorlek och Los Angeles-värdet eller kulkvarnsvärdet, dvs. ju finkornigare desto bättre. Metavulkaniterna har ett lågt medelvärde på 16,7 %. Det stora flertalet

graniter har medelvärden kring 20 %. Prover vars resultat ligger över 25 % utgörs främst av grovkorniga eller pegmatitiska graniter. Kornförgrovnings samt glimmeranrikning ger sämre egenskaper. Spridningen av värdena är, liksom vad gäller kulkvarnsvärdena, relativt stor inom flera bergartsled. Detta avspeglar den varierande strukturen och texturen inom de olika bergartsgrupperna.

Alkalisilikareaktivitet (ASR)

Alkalikiselreaktivitet (ASR) innebär att kisel i bergartsmaterialet reagerar med den starkt alkaliska porlösningen i betongen med bildning av en expanderande gel som följd (jfr Lagerblad & Trägårdh 1992).

Stenmaterialet har granskats vid SP, där potentiell ASR-risk konstaterats i några prover. Tunnslip av dessa prover har sedan studerats närmare. En fyrgradig indelning har gjorts: 1. ingen risk, 2. sannolikt ingen risk (enstaka deformerade kvartskorn), 3. liten risk (tydlig deformation) och 4. klar risk (de flesta kvartskornen är kraftigt deformerade).

Klar risk har konstaterats i ett flertal bergartsprover, främst i metavulkaniter men även i kraftigt omvandlade och deformerade granitoider med finkornig grundmassa. I Stockholmsregionen har problem konstaterats i samband med användning av vulkaniska bergarter och myloniter i betongballast (Lagerblad & Trägårdh 1992). Myloniter utgör normalt smala zoner i berggrunden lokaliserade till tektoniska zoner, men mylonitmaterial tycks genom sin hårdhet ställvis kunna anrikas i naturgrus. Detta har skett särskilt söder om Stockholm. I det aktuella området kan smalare zoner av mylonit förekomma i de storskaliga tektoniska zonerna. Vid användning av bergmaterial från sådana zoner till betongframställning bör en förprovning göras.

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergarternas mineralsammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts. Resultaten ges i tabell 2. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet är av betydelse för bergartens tekniska egenskaper. Innehållet av sulfider och exempelvis grafit anges också. Om sulfidinnehållet är högt, bör en kemisk analys av totalhalten göras, innan materialet används till betong. Samtliga prover har fotograferats i mikroskop. Större halter av sulfider eller grafit har inte kunnat konstateras. Speciella mineral som granat, cordierit och sillimanit förekommer och kan generellt inte anses ha positiv inverkan på de bergmekaniska egenskaperna.

Geofysisk översikt över Eskilstuna kommun

Den magnetiska anomalikartan (i marginalen på huvudkartan) uppvisar varierande magnetiseringsnivåer. De unga (ca 1 800 miljoner år gamla) granitintrusionerna, som har sin huvudsakliga utbredning i norra delen av kommunen, har en tydlig geofysisk signatur på grund av sin i regel höga magnetiserbarhet (susceptibilitet mellan 10 och $17\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, medelvärde $1\,759 \times 10^{-5}$ SI-enheter). De framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan. Anomalimönstret är något oregelbundet då graniterna genomskärs av spröda deformationszoner där bergarten tappar magnetisering på grund av oxidering.

Två svärmar av magnetiska, smala diabasgångar framträder i den magnetiska anomalikartan, en i östvästlig riktning i södra delen av kommunen och en i västnordvästlig riktning i den mellersta delen av kommunen. Hälleforsgången längst i söder, ger upphov till en ca 1 km bred magnetisk anomali i östvästlig riktning (susceptibiliteten varierar mellan 200 och $9\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, medelvärde $3\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter). De nord-sydliga och nordnordvästliga smala, högmagnetiska anomalier orsakas av så kallade Blekinge–Daladiabaser (ca 900 miljoner år). Enstaka anomalier i östnordöstlig och östvästlig riktning orsakade av smala, brantstående diabasgångar genomkorsar kommunen. Diabaserna märktes med magnetometer. De har en bredd som varierar mellan 5 och 50 meter. Smalare gångar, mellan en halv

Tabell 2. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Eskilstuna kommun. Med kornstorlek avses storleksintervallet för huvuddelen av de enskilda mineralkornen som bygger upp bergarten. Det dominerande kornstorleksintervallet anges först. s = mineral som förekommer i liten mängd (<0,2 %).
Modal composition (volume percent) and grain size (mm) of rocks from the map area in the municipality of Eskilstuna. Grain size refers to the size-fraction of the main part of the individual grains that build up the rock. The dominating grain size-fraction is shown first. s = accessory mineral (<0,2%).

Prov Sample	Bergartsbeskrivning Rock description	N-S-koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	Kornstorlek (mm) Grain size (mm)	Kvarts Quartz	Kalifältspat Pot. feldspar	Plagioklas Plagioclase	Biotit Biotite	Muskovit Muscovite	Hornblände Hornblende	Epidot Epidote	Kalcit Calcite	Klorit Chlorite	Övrigt Other
LAL010143	Granit, röd, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	6559670	1524264	0,05–0,3 0,5–2	38	38	22							2
LEP000146	Granit, röd, medelkornig, gnejsig	6591460	1543180	0,05–0,2 0,5–3	44	19	24	3	9		s	s	s	1
LEP0100022	Granodiorit, röd, fint medelkornig, gnejsig, ströckorn	6573180	1517890	0,05–0,3 0,5–1	41	6	27	23	1		s	s	s	2
LEP0100022A	Paleosom, gråsvart, finkornig, gråvackelik	6573180	1517890	0,1–0,3 0,5–0,6	42	1	34	17	3		1	s	s	2
LEP0100022B	Amfibolit, gråsvart, finkornig, gnejsig	6573180	1517890	0,1–0,2 0,5	~30		~20	~30	~5		s		s	~15
LEP020075	Diabasporfyr, svart, finkornig, plagioklasporfyrisk	6573770	1518620											
LHD010001A	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6569800	1532660	0,01–0,1 0,2–2	34	24	26	12	s		s	s	2	2
LHD010001B	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6569800	1532660	0,02–0,1 0,3–3	37	24	25	10	s		s	s	2	2
LHD010001C	Tonalit, gråsvart, fint medelkornig, gnejsig, ströckorn	6569800	1532660	0,1–0,2 0,3–1,5	30	1	38	25	s		s	s	4	2
LHD010001D	Granit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6569800	1532660	0,03–0,1 0,3–3	37	23	26	11	s		s	s	2	1
LHD010001E	Mylonit, grå, finkornig	6569800	1532660	0,02–0,2 0,3–0,5 1–2	~35	s	~40	~15	~5				~5	
MGO001018A	Granodiorit, grå, fint medelkornig, gnejsig	6584676	1545595	0,3–0,5 1–2	27	14	38	14	s	6		s	1	
MGO001018B	Metabasit, gråsvart, finkornig	6584676	1545595	0,2–0,5 1–1,5			~40	~5	s	~50		s	s	~5
MGO001117	Tonalit, gråsvart, finkornig	6589140	1548340	0,1–0,5 1–3	~25	s	~45	s	s		s	s	~25	~5 ²
MGO010037	Migmatit, tonalitisk, grå-röd, finkornig, gnejsig	6580617	1546436	0,1–1	28	s	45	26	s		s	s	1	
MGO010038	Migmatit, granitisk, gråsvart, finkornig, gnejsig	6579124	1547837	0,2–1	29	29	29	13	s		s		s	
MGO010058	Migmatit, tonalitisk, grå, finkornig, gnejsig	6579740	1549434	0,1–1	~20	s	~55	s	s		s	s	~20	~5
MGO010073B	Metabasit, svart, finkornig	6579560	1523288	0,3–1	4		29		s	66	1		s	
MGO010073C	Granit, röd, fint medelkornig, gnejsig	6579560	1523288	0,1–3	36	39	17	1	1		s	s	6	
MGO010096	Tonalit, mörkt grå, finkornig	6584800	1544750	0,1–1	20		44	21		14	s		s	1
MGO010125	Granit, röd, medelkornig, gnejsig, porfyrisk	6587250	1526940	0,05–1 1–5	24	43	18	2	s		1		10	2 ⁴
MGO020042A	Granit, rödgrå, medelkornig, gnejsig	6566064	1554255	0,05–3	42	33	20	4			s	s	s	

Prov Sample	Bergartsbeskrivning Rock description	N-S-koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	Kornstorlek (mm) Grain size (mm)	Kvarts Quartz	Kalifältspat Pot. feldspar	Plagioklas Plagioclase	Biotit Biotite	Muskovit Muscovite	Hornblände Hornblende	Epidot Epidote	Kalcit Calcite	Klorit Chlorite	Övrigt Other
MGO020042B	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	6566064	1554255	0,1–2, i ådra 2–4	48	10	31	11		s		s	s	6
MGO020043	Metabasit, svart, finkornig	6566790	1546313	0,01, 0,2–0,5 1	1	s	44	12	2	40	s	s	s	6
MGO020044A	Sedimentådergnejs, svart, fin- till medelkornig	6566078	1546345	0,005–1, 0,01–0,3	39	10	4	29	s					17 ^{2,3,7}
MGO020044B	Granit, medelkornig, strökm, gnejsig, ådrad, mylonitiserad	6566078	1546345	0,01–2 2–7	42	25	21	8	s				s	3 ³
MGO020045	Metavulkanit, rödgrå, fin- till medelkornig, gnejsig, ådrad	6568250	1545917	0,1–1 i ådra 2	36	45	7	12					s	
MGO020172	Granit, just röd, medel- till grovkornig, migmatitomvandlad	6576910	1507086	0,1–3 3–5	37	28	33	s					2	
MGO020173	Metavulkanit, röd, finkornig, ådrad	6574470	1521841	0,1–1	39	39	3	12	6 ^s				1	
MGO020174	Sedimentådergnejs, grå, finkornig, granatförande	6575860	1523986	0,01–3	37	44	14	2	2			s	s	
MGO030001	Granit, röd, medelkornig, gnejsig	6577869	1532968	0,05–0,1 0,2–2	~25	~25	~35	~5	s		~2		~5	~3
MGO030002	Metavulkanit, grå, fint medelkornig, bandad, omvandlad, cordierit	6572351	1517824	0,2–0,5 1	~25	~30	~25	~5	s				~2	~13 ²
MGO030003	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6567588	1516338	0,1–0,2 0,5–1	~30		~45	~15			~2	s	~5	~3
MGO030004A	Tonalit, gråsvart, fint medelkornig, omvandlad	6562060	1524309	0,1–0,2 0,3–1	~25	s	~55	~15	s				s	~5
MGO030005	Sedimentådergnejs, gråsvart, fin- till medelkornig, granat	6564834	1538387	0,2–0,3 0,4–1	~25	s	~50	~20	s				s	~5 ⁴
MGO030006	Sedimentådergnejs, gråsvart, medelkornig	6565781	1538490	0,1 0,3–10	Uttalad parallellanordning av mineral. Hög omvandlingsgrad samt viss uppkrossning. Följande mineralinnehåll föreligger: plagioklas, kvarts, kalifältspat, biotit, klorit, muskovit+sericit, cordierit, epidot, granat, malmineral, zirkon, apatit och sillimanit									
MGO030007	Sedimentådergnejs, grå, fin- till medelkornig, omvandlad	6569858	1538655	0,02–0,1 0,2–1	Tydlig parallellanordning av mineral. Kraftigt omvandlad. Fältspatströkm. Huvudmineral är plagioklas, kalifältspat och kvarts. I övrigt förekommer klorit, biotit, granat, kalcit, zirkon, malmineral och apatit.									
MGO030008	Metavulkanit, grå, finkornig, ådrad	6571362	1538115	0,2–1	~30	~20	~25	~20		s			~5	
MGO030009	Metavulkanit, grå, finkornig, bandad	6571960	1532744	0,05–0,2 0,5	Bandad, omvandlad bergart med ett mineralinnehåll av: granat, kvarts, klinopyroxen samt mindre mängder av biotit, klorit, malmineral, kalcit, amfibol, epidot, titanit och muskovit.									
MGO030010	Sedimentådergnejs, grå, medelkornig, omvandlad	6561674	1527198	0,1–0,2 0,4–1 1,5	~30	~5	~40	~20					~5	
MGO030011	Metavulkanit, röd–rödsvart, fin- till medelkornig, ådrad	6570284	1531059	0,01 0,1–3	Kalifältspat- och kvartsrik bergart. Lägre halter av plagioklas, klorit, epidot, malmineral, zirkon och apatit. Tydlig parallellanordning av mineral. Kraftigt omvandlad och uppkrossad bergart. Ådror och klorit och epidot.									
MGO030012	Sedimentådergnejs, grå, medelkornig, omvandlad	6577861	1539785	0,2–2	Tydligt bandad och ådrad bergart. Följande mineralinnehåll föreligger: plagioklas, kvarts, kalifältspat, biotit, muskovit (sericit), cordierit, granat, sillimanit, klorit, malmineral, zirkon och apatit.									
MGO030013	Granit, röd, medelkornig, ådrad	6576499	1547066	0,05–0,1 0,2–0,5 1	~25	~35	~35	~5				s	s	

Prov Sample	Bergartsbeskrivning Rock description	N-S-koordinat N-S coordinate	Ö-V-koordinat E-W coordinate	Kornstorlek (mm) Grain size (mm)	Kvarts Quartz	Kalifältspat Pot. feldspar	Plagioklas Plagioclase	Biotit Biotite	Muskovit Muscovite	Hornblände Hornblende	Epidot Epidote	Kalcit Calcite	Klorit Chlorite	Övrigt Other
MGO030015	Sedimentådergnejs, grå, fin- till medel- kornig	6578409	1554894	0,2–0,6,1–3	~25	~35	~25	~15						s
MGO501	Yngre granit, röd, medelkornig, jämn- kornig	6688180	1532150	0,1–2	29	39	24	6	s		s	s	s	2
MGO503	Yngre granit, röd, medelkornig, strökorn	6688180	1532150	0,1–1,1–6	36	30	24	8	s		s	s	s	2
MGO504A Folkesta bergtäkt	Granit, rödgrå, fint medelkornig, gnejsig	6587400	1533100	0,1–2	31	48	13	s	1		s		6	1
MGO506	Granit, gråvit, finkornig, gnejsig	6683750	1526700	0,5–5	33	32	30	s	s		1		s	4
MGO509	Granodiorit, rödsvart, medelkornig, gnejsig	6584850	1546750	0,3–3	42	14	31	12		s	s	s		1
MGO510	Granit, svarttröd, medelkornig, gnejsig	6584850	1546750	0,3–2	37	19	28	14		s	s	s	s	2
MGO511	Granit, röd, fint medelkornig, gnejsig	6584600	1545150	0,1–2	33	35	22	8	s		1	s	s	1
MGO512	Granit, gråtröd, fint medelkornig, gnejsig	6583900	1547450	0,1–2	38	22	26	13		s	s			1
MGO515	Metavulkanit, rödsvart, fint medelkor- nig, gnejsig	6581000	1548300	0,2–3	50	28	8	8	s		s	s	s	6
MGO519A	Yngre granit, röd, medelkornig, jämn- kornig	6582500	1551900	0,3–5	26	20	32	20	s		s		s	2
MGO519B	Metabasit, svart, finkornig	6582600	1552350	0,1–0,8	2		38	12		43			s	5
MGO520A Kjula bergtäkt	Granodiorit, gråtröd, finkornig, gnejsig	6583330	1549602	0,4–2	34	13	43	8	s	s	s	s	s	2
MGO520B Kjula bergtäkt	Granit, gråtröd, fint medelkornig, gnejsig, strökorn	6583330	1549602	0,1–2	22	40	30	6	s		s		s	2
MGO521A Barva bergtäkt	Yngre granit, röd, medelkornig	6584710	1553440	0,1–3	31	34	23	11						1
MGO521B Barva bergtäkt	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6584710	1553440	0,1–3	32	5	43	18						2

~ uppskattad halt

¹ enligt kemisk klassificering granodiorit

² bl.a. cordierit

³ bl.a. sillimanit och granat

⁴ granat

⁵ muskoviten finns i pseudomorfer efter cordierit

⁶ pyroxen

⁷ spinell

och två meter breda, har dock observerats i ett stenbrott söder om Eskilstuna. Orienterade prover visar att den remanenta magnetiseringens riktning är mellan 40 och 80 grader.

De magnetiska anomalier som orsakas av diabaserna sammanfaller med VLF-anomalier (se bergkvalitetskartans marginal), dvs. som om det vore diabaserna som ger upphov till elektriska ledare. För att undersöka sambandet mellan VLF- och magnetfältsanomalierna utfördes ett antal kombinerade VLF- och magnetometermätningar på marken. Nedan diskuteras resultatet från tre mätprofiler, profilerna P1, P2 och P8 (se figur 1A för profillägen). I figurerna 1B och 1C samt 1F och 1G visas markprofilerna P1 och P8 samt tolkning av VLF-data. Profilen P1 är uppmätt över en ost-västlig anomali medan P8 är uppmätt över en nord-sydlig. Profil P1 visar två anomalier som indikerar två diabasgångar. Tolkningen av VLF-data från profilerna P1 och P8 ger i princip samma resultat som flygmätningen, dvs. de elektriskt ledande strukturerna verkar sammanfalla med magnetiska anomalier orsakade av diabaser. Bergarten diabas har generellt mycket hög resistivitet (Schön 1995), dvs. dålig ledningsförmåga. VLF-anomalierna är troligtvis orsakade av en ökad sprickräthet och därmed ökad vattenföring i kontakten mellan diabas och omgivande bergart. Att anomalierna skenbart verkar sammanfalla kan också bero på upplösningen i data (10 m punktavstånd för VLF). Diabasernas stupning kan också utgöra en del av förklaringen till det oväntade resultatet. Tidigare undersökningar har visat att det förekommer vattenföring i kontakten mellan diabas och omgivande bergart.

Kunskap om var vattenföring i berg kan förväntas är värdefull vid tunnel-, väg- och underjordsbyggen, då vattenföringen kan förorsaka problem under byggandet. Information om diabasernas läge har efterfrågats i samband med byggandet av Botniabanan av ovannämnda anledning. Profil P2 som visas i figurerna 1D och 1G visar på tre smala diabasgångar där den elektriska ledaren hamnar mellan två magnetiska anomalier vid 180 meter.

Ett bälte med högmagnetisk berggrund sträcker sig i ost-västlig riktning söder om Eskilstuna. De magnetitförande bergarter som ger upphov till anomalierna är vanligen starkt deformerade med stark ost-västlig riktning. På berggrundskartan tolkas dessa bergarter som huvudsakligen metavulkaniter med inslag av gnejsgraniter och metasedimentära bergarter. Susceptibiliteten för bergarterna varierar kraftigt i olika band från 30 upp till $10\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Variationen uppstår i olika band i cm-skala. Punktvist har även de frekvent förekommande amfiboliterna höga susceptibilitetsvärden, mellan 1 000 och $20\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, och kan ge upphov till positiva magnetiska anomalier. Analys av petrofysiska data visar dock ett medianvärde på 85×10^{-5} SI-enheter, vilket är relativt lågt. I norra delen av kartområdet strax söder om Eskilstuna framträder två parallella, smala högmagnetiska anomalier på den magnetiska anomalikartan. De orsakas av magnetkisens höga remanenta magnetisering (Q -kvot = 44) i kombination med förhöjd susceptibilitet: 600×10^{-5} SI-enheter.

På den magnetiska anomalikartan (se huvudkartan) framträder några markanta nordvästliga negativa anomalier förorsakade av spröda deformationszoner. Dislokationerna i det magnetiska anomalimönstret indikerar genomgående en dextral (högervriden) rörelse i berggrundens deformation. Ställvis kan deras bredd uppgå till 400 meter. Tyvärr syns inte dessa zoner i VLF-data då deras riktning är ofördelaktig i förhållande till sändaren.

Gammastrålningsmätningar

Gammastrålningsmätningar på berghällar utförs inom berggrundskarteringen för att skilja olika bergartstyper och för att spåra geokemiska förändringar såsom hydrotermala omvandlingar, men framför allt för att identifiera områden med risk för förhöjda radonvärden. Genom sina 15 miljö kvalitetsmål har regeringen med delmålet "Säker strålmiljö" gett direktiv om hur människan skall 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 och föreskrifter om strålningskyddade miljöer. För att underlätta för olika avnämare som konfronteras med dessa föreskrifter att inhämta information om naturlig gamma-

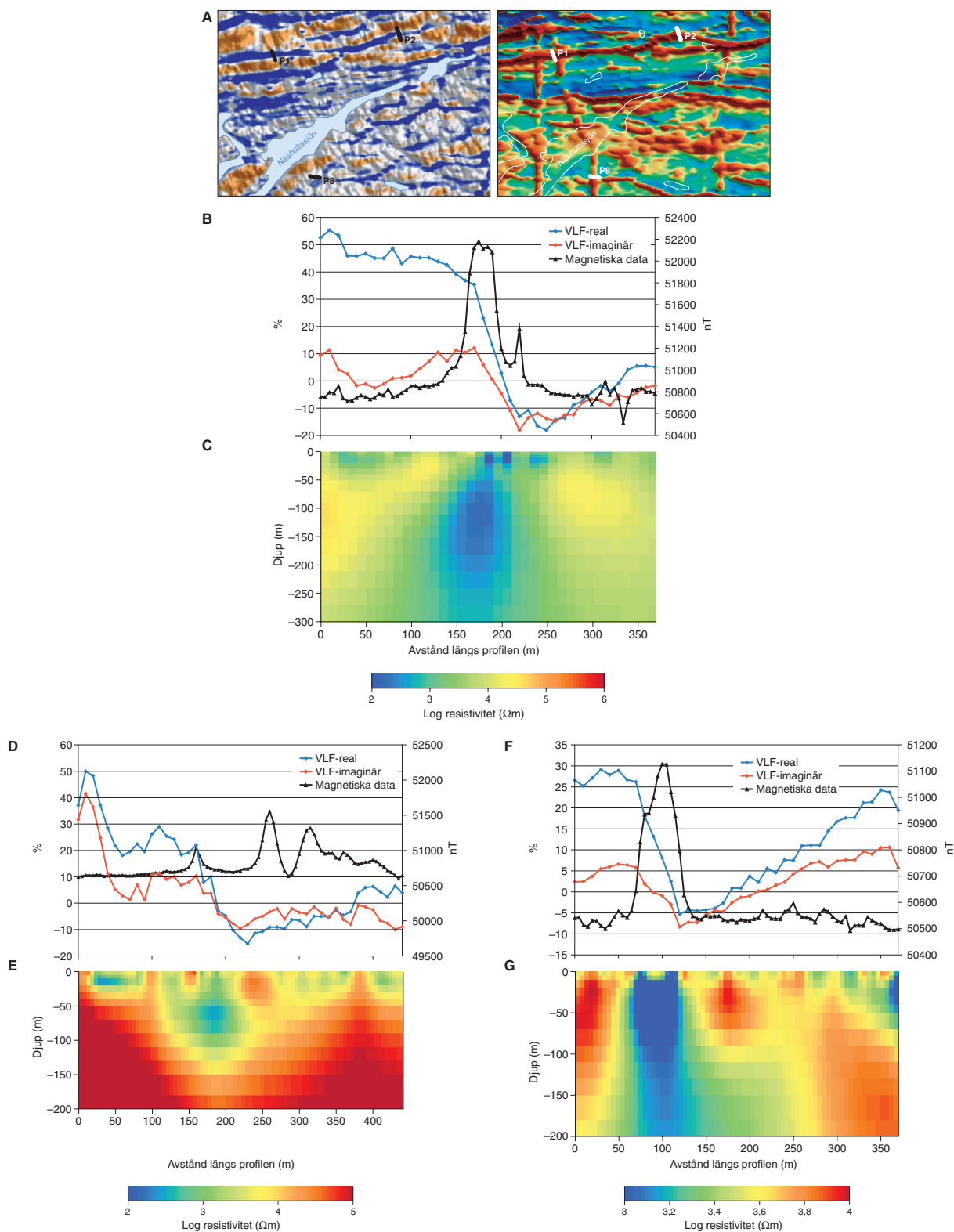


Fig. 1. **A.** Magnetisk karta och VLF-karta med markprofilernas (P1, P2 och P8) lägen. **B.** Magnetfält- och VLF-data för profil P1. Den magnetiska anomalin sammanfaller med VLF-anomalin, som indikerar en god elektrisk ledare i marken. **C.** Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P1. Blå färg indikerar låg resistivitet. **D.** Magnetfält- och VLF-data för profil P2. Markprofilen indikerar tre smala diabasgångar. VLF-anomalin som indikerar en god elektrisk ledare ligger vid sidan om de magnetiska anomalierna som indikerar diabasgångar. **E.** Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P2. Blå färg indikerar låg resistivitet. **F.** Magnetiska data och VLF-profildata P8. Den magnetiska anomalin sammanfaller med VLF-anomalin som indikerar en god elektrisk ledare i marken. **G.** Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P8. Blå färg indikerar låg resistivitet.

strålning, ger bergkvalitetskartan punktvisa uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och gammaindex.

Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts på ca 170 platser inom kommunen. Härvid har den totala gammastrålningen samt halten av ^{40}K , ^{238}U och ^{232}Th bestämts. Radiumindex och gammaindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser. Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och skall för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (Åkerblom m.fl. 1990, jfr BFS 1990). Det beräknas genom bestämning av urankoncentrationen i materialet. 16,2 ppm uran motsvarar 200 Bq/kg radium-226, 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 ^{40}K , ^{226}Ra respektive ^{232}Th , alla i enheten Bq/kg (The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Halterna av kalium, uran och torium kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

- 1 % K = 313 Bq/kg (^{40}K)
- 1 ppm U = 12,35 Bq/kg (^{226}Ra)
- 1 ppm Th = 4,06 Bq/kg (^{232}Th)

Figur 2 visar gammaindex beräknat från flygdata. De förhöjda värdena i flygdata i norra delen av länet förefaller sammanfalla med utbredningen av postglaciala och glaciala leror. I samma figur visas gammaindex i proportionerlig storlek beräknat från markmätningar på berghällar. Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör gammaindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). I omkring 6 % av alla hållmätningar inom området är gammaindex större än 2 (fig. 3).

Hållmätningarna visar att bergarterna inom Eskilstuna kommun har mycket varierande gammastrålningsegenskaper. Den stora variationen återspeglar berggrundens inhomogenitet. De flesta bergarter inom området är kraftigt migmatitomvandlade med neosombildning som följd, vilket förklarar den stora variationen i de erhållna strålningsvärdena. De yngre graniterna är i regel toriumanomala. Toriumhalten varierar mellan 20 och 83 ppm med ett medelvärde på 32 ppm. Uranhalten varierar mellan 4 och 124 ppm, medelvärde 4,5 ppm. Migmatitgraniter uppvisar mycket varierande gammastrålningsegenskaper. Punktvisa höga uranhalter påträffades t.ex. utanför Sundbyholm (138 ppm), sydväst om Borsökna (28,7 ppm), söder om Kjula (27 ppm) samt i kommunens sydligaste spets vid Hundsjön där neosomen har en maximal uranhalt på 65 ppm.

En uranhalt på 138 ppm motsvarar ett radiumindex på 8,5 vilket är 8,5 ggr högre än det maximalt tillåtna värdet för byggnadsmaterial. Metavulkaniterna, då de är välbevarade, har kaliumhalter mellan 1,3 och 5 % med ett medelvärde på 3,8. Uranhalten varierar mellan 1 och 9,8 ppm med ett medelvärde på 3,5 ppm och toriumhalten varierar mellan 5,5 och 36,9 ppm med ett medelvärde på 14,6 ppm. Neosomen svarar för de höga kalium-, uran- och toriumhalterna. De äldre granitoiderna (tidigorogena svekokarelska djupbergarter) har kaliumhalter mellan 1,3 och 5,2 %. Kaliumhalten återspeglar granitoidernas sammansättning från tonalitisk till granitisk. Uranhalterna varierar mellan 0,7 och 9 ppm och toriumhalten mellan 3,7 och 18 ppm. Neosomen som genomsätter dessa bergarter har högst varierande strålningsegenskaper, t.ex. varierar uranhalt i neosomen mellan 0,2 och 55 ppm och toriumhalten mellan 2,2 och 274 ppm. Metasedimentära bergarter har kaliumhalter mellan 1,7 och 5,5 % med ett medelvärde på 3,5 %. Paleosomens kaliumhalt ligger mellan 2 och 3 %. Toriumhalten varierar mellan 2,6 och 66 ppm med ett medelvärde på 16,8 ppm. Uranhalten varierar mellan 0,8 och 9,4 ppm. De högsta toriumvärdena och uranvärdena erhöles från neosomen.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson & Schouenborg 1995, 1996). Diskussioner har fortlöpande hållits med Sveriges Provings- och Forskningsinstitut. Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal analyser som redovisats av Stenlid (1996).

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll vilket bl.a. påverkar betongens stelnings- och blandbarhetsegenskaper), om-

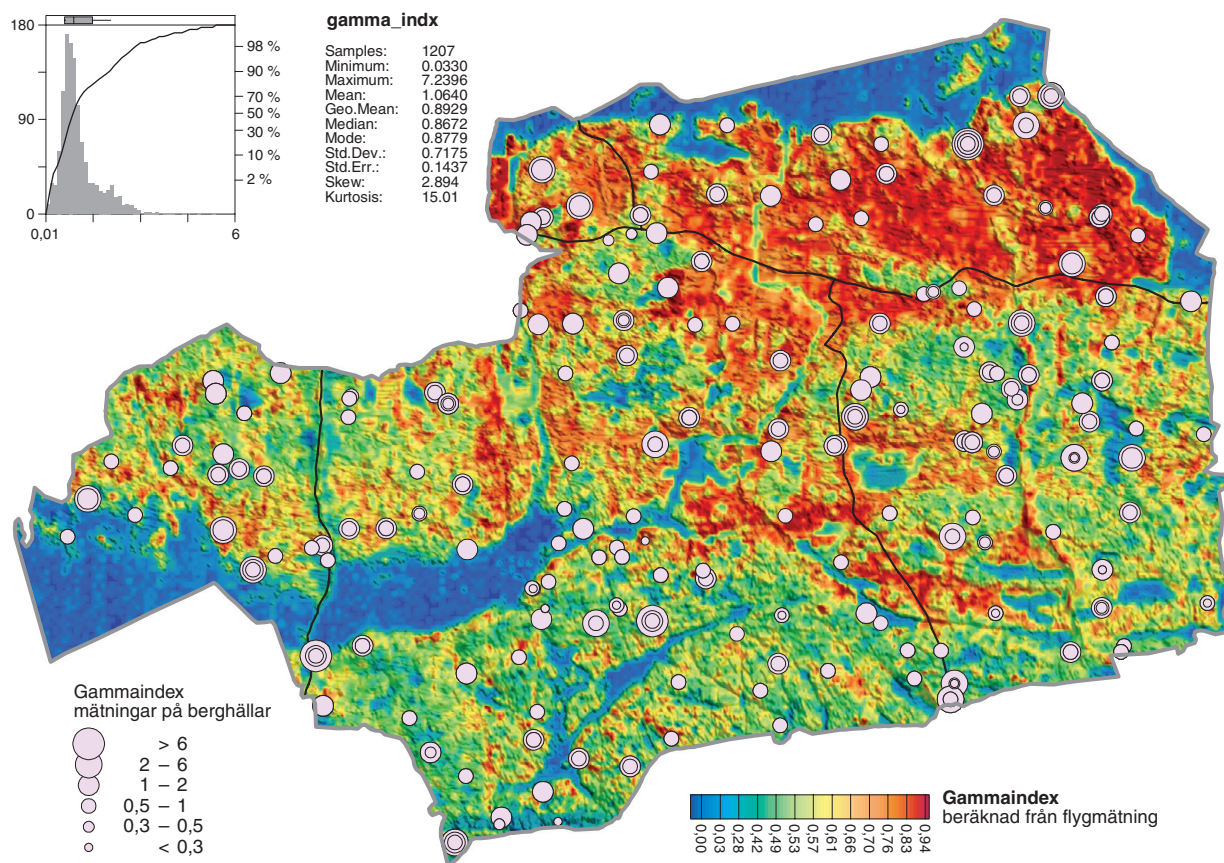


Fig. 2. Gammaindexkarta beräknad från flygdata över Eskilstuna kommun. Symbolerna visar gammaindex beräknat från mätningar på berghällar.

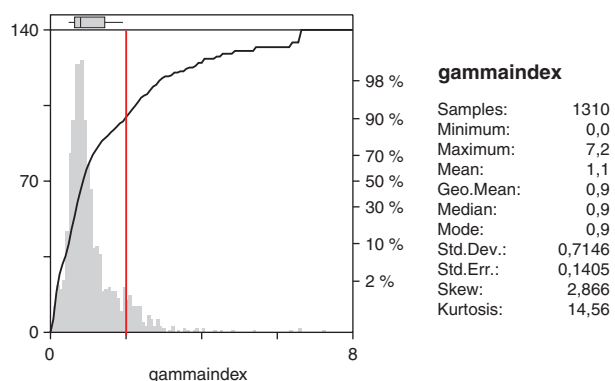


Fig. 3. Statistisk sammanställning över gammaindexvärdena beräknade från alla mätningar på berghällar. Omkring 6 % av mätvärdena överstiger gammaindex 2.

vandlingsgrad, förekomst av alkalisilikareaktivt material och sulfider samt struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen (jfr BBK 94, Durable concrete structures, Svensk Standard 1983). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betongberedning. Klass 2 är bergarter av tämligen god kvalitet men som ej bör användas i betongaggressiv miljö utan förprovning. Klass 3 omfattar bergarter som är av generellt låg kvalitet och bör undvikas eller eventuellt förprovas. Ballast för högpresterande betong (makadam med hög nötningsresistens, $K_k < 6\%$) har inte lokaliserats inom kommunen.

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på Statens Järnvägar (1988) och Banverket (1996). Glimmerhalten bör vara låg, då glimmer vanligen sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämplig kornform vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av arbetsmiljöskäl. Sprödhetstalet (11,2–16 mm; FAS-metod 210-98, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) får vara högst 50 %. Vattenabsorptionen (Svensk Standard 1983) får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (3) (= förhållandet mellan längd och tjocklek hos de enskilda aggregatkornens, FAS-metod 244-98, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) ska vara lägst 90 %. Klass 1 bedöms uppfylla alla nämnda krav. Klass 2 bedöms ha förhöjda sprödhetsegenskaper eller glimmerhalter vilket föranlett ett urskiljande gentemot klass 1. Klass 3 har dåliga tekniska egenskaper (framför allt hög till mycket hög sprödhet) eller hög glimmerhalt vilket bl.a. kan påverka frostbeständigheten. Sprödhetstalet och LA-värdet visar generellt god korrelation (jfr Stenlid 1996).

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på av Vägverket (1994) fastställda krav i VÄG 94. Följande generella indelning har använts som utgångspunkt för klassindelningen:

Klass	Sprödhetstal, %	Kulkvarnsvärde, %
1	<50	<10
2	50–60	10–18
3	>60	>18

Flisighetstalet för undersökta stenmaterial har ansetts kunna hålla <1,45 vid storproduktionsdrift, varför denna parameter inte ingått i klassningsgrunden. Flisighetstalet har mer fungerat som en styrparameter för att få jämförbara analysprov. Ett uniformt flisighetstal vid storproduktionsdrift fås genom krossning i flera steg.

Vattenbyggnadssten

Vid användandet av vattenbyggnadssten (grova aggregat som används i vattenmiljö, t.ex. som erosionskydd vid havskust, i sjöar eller vid vattendrag) finns olika krav på bl.a. microDevalvärdet, densitet, tryckhållfasthet och vattenabsorption beroende på vilken typ av hydraulisk miljö som ett bergmaterial skall placeras i (SS-EN 13383-1, Svensk Standard, 2002). Om vattenabsorptionen för ett bergmaterial som ska användas som vattenbyggnadssten överskrider 0,5 % (WA0,5) krävs normalt att en frys–töprovning (SS-EN 1367-1, Svensk Standard, 2000) utförs. Vattenbyggnadssten skall också vara fri från framträdande diskontinuiteter såsom sprickor, ådror, lamineringar, foliationsplan, bergartskontakter m.m. vilka anses kunna resultera i en uppsprickning av aggregatet i samband med avlastning, utplacering eller belastning.

DEN YTMÄSSIGA TOLKNINGEN AV BERGKVALITETEN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts på olika platser och som ansetts väl representera bergmassan har en ytmässig tolkning av bergkvaliteten utförts. Med tanke på berggrundens heterogenitet är detta självklart svårt, men tolkningen kan ändå anses vara en värdefull riktlinje för användaren. Områden med tre kvalitetsklasser har urskiljts, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna tolkning

baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i VÄG 94 (Vägverket 1994) men även på andra tekniska parametrar. En bedömning har parallellt gjorts av övriga analysresultat (jfr Persson & Schouenborg 1995) såsom Los Angeles-värden samt geofysisk information.

Det är dock viktigt att bergkvalitetskartorna kompletteras med detaljundersökning vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har, om ej annat anges, omfattat enskilda bergartsled även i täkter. Dessa redovisade resultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålls i producerat material.

Berggrunden inom Eskilstuna kommun omfattar främst klass 2-områden. Bergarter som utgör denna klass är framför allt fint till grovt medelkorniga graniter, granodioriter och tonaliter. Även metabasiter och sedimentådergnejsjer med låga glimmerhalter kan tillhöra denna grupp. Finkorniga, yngre graniter, finkorniga granitoider, gnejsiga graniter samt metavulkaniter är de bergartsgrupper som uppvisar de lägsta kulkvarnsvärdena och utgör klass 1-områden. De är dock delvis mycket heterogena. Metavulkaniterna är omvandlade och stora partier av yngre granit och pegmatit kan ingå, liksom rester av metasedimentära bergarter. Glimmerrika granitoider och sedimentådergnejsjer ger sämre resultat men hamnar dock oftast inom klass 2. De flesta bergartsled är lokalt heterogena med avseende på mineralogi, kornstorlek, påverkan av deformation m.m., varför inslag av närliggande kvalitetsklasser kan förekomma. Förekomsten av diabas i bergartsmassan försämrar knappast de totala materialegenskaperna. Inom diabasförekomsterna finns förutsättningar att hitta klass 1-material på samma sätt som inom vissa av de yngre granitkropparna. En bergtäkt strax söder om Eskilstuna kommungräns producerar diabasmakadam med kulkvarnsvärden mellan 7 och 9 %. Generellt kan konstateras att de bergmekaniska egenskaperna hos områdets bergarter är förhållandevis bra, vilket främst beror på förekomsten av metavulkaniter och finkorniga granitoider samt den kraftiga omvandlingen av berggrunden i de fall kornförminskning sker. Åderbildning och bildandet av migmatitgraniter bidrar inte till positiva bergegenskaper. Detta gör att även stora områden med metavulkaniter är av klass 2. Migmatitgraniterna är i regel spröda och liknar i många avseende pegmatiter, och hör i regel till klass 3. Finkornigheten kombinerad med deformation av regionens bergarter bidrar till att viss försiktighet bör iakttas vid användande av bergmaterialet till betong, då ASR-risk kan föreligga. Områdets marmorbergarter bör undvikas som väg- och järnvägsbakad eftersom de är mycket lätteroerade samt spröda.

Referenser

- Banverket, 1996: *BVF 585.52, Makadamballast för järnväg*. Jan Malmtoorp, 1996-03-01.
- Barton, N., Lien, R. & Lunde, J., 1974: Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6, 189–236.
- BBK 94, Betongkonstruktioner: *Boverkets handbok om betongkonstruktioner. Band 2 – Material, utförande, kontroll*.
- BFS, 1990: *Nybyggnadsregler ändringar. Boverkets författningssamling*. BFS 1990:28, Nr. 2. Stockholm, ISBN 91-38-12510-2.
- CIRIA SP 83: *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*. Construction Industry Research and Information Association.
- CUR 1995: *Manual on the use of rock in hydraulic engineering*. Centre for Civil Engineering Research and Codes. CUR/RWS Report 169. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Division, Directorate-General for Public Works and Water Management. Gouda. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Deere, O.U., 1968: Geological considerations. K.G., Stagg & O.C., Zienkiewicz (red.): *Rock mechanics in engineering practice*, 1–20. John Wiley & Sons.
- Swedish Concrete Association, 1991. Durable concrete structures. *Concrete Report No. 1 (E)*, 55 s.
- 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.
- FAS-metod 209-98: *Bestämning av flisighetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.

- FAS-metod 210-98: *Bestämning av sprödhetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 221-98: *Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 244-98: *Bestämning av LT-index*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- FAS-metod 259-98: *Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige.
- Göransson, M., 2000: *Krossbergsinventering i Eskilstuna kommun*. Opublicerad uppdragsrapport. Sveriges geologiska undersökning 2000-04-06.
- Hoek, E. & Brown, E.T., 1994: Underground excavations in rock. *Inst. of Mining and Metallurgy. E & FN Spon*.
- Lagerblad, B. & Trägårdh, J., 1992: Alkalisilikareaktioner i svensk betong. *CBI rapport 4:92. Cement och Betonginstitutet, Stockholm*, 74s.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*, 87 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. *SP, Sveriges Prov- nings- 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*, 32-37.
- Persson, L., Becken, M., Daniels J. & Antal, I., 2001: New developments in the processing and interpretation of airborne VLF-EM data. *Expanded Abstracts. SEG International Exposition and Seventy-First Annual Meeting. San Antonio. Texas*.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Schön, J. T., 1996: Physical properties of rocks: Fundamentals and principles of petrophysics. I K. Helbig, & S. Treitel (red.): *Handbook of Geophysical Exploration, Section 1: Seismic exploration*. Pergamon Press, 583 s.
- Statens Järnvägar 1988: *Tekniska bestämmelser, makadam för spårballast*. PM 1988-04-25 (BBG 88/022), SJ, Banavdelningen.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angeles-trumma. *Slutrapport SBUF projekt nr 2135. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta*.
- Stålhös, G., 1984: Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 144 och 145*, 96 s.
- Svensk Standard 1983: *SS 13 21 25: Betongprovning – Ballast – Korndensitet (hydrostatisk metod) och vatten- absorption*.
- Svensk Standard 2000: *SS-EN 1367-1: Tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 1: De- termination of resistance to freezing and thawing*. Standardiseringen i Sverige, 14 s.
- Svensk Standard 2002: *SS-EN 13383-1: Armourstone – Part 1: Specification*. Standardiseringen i Sverige, 40 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.
- Vägverket 1994: *VÄG 94, Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner*. Vägverket.
- Åkerblom, G., Petterson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonför- hållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.