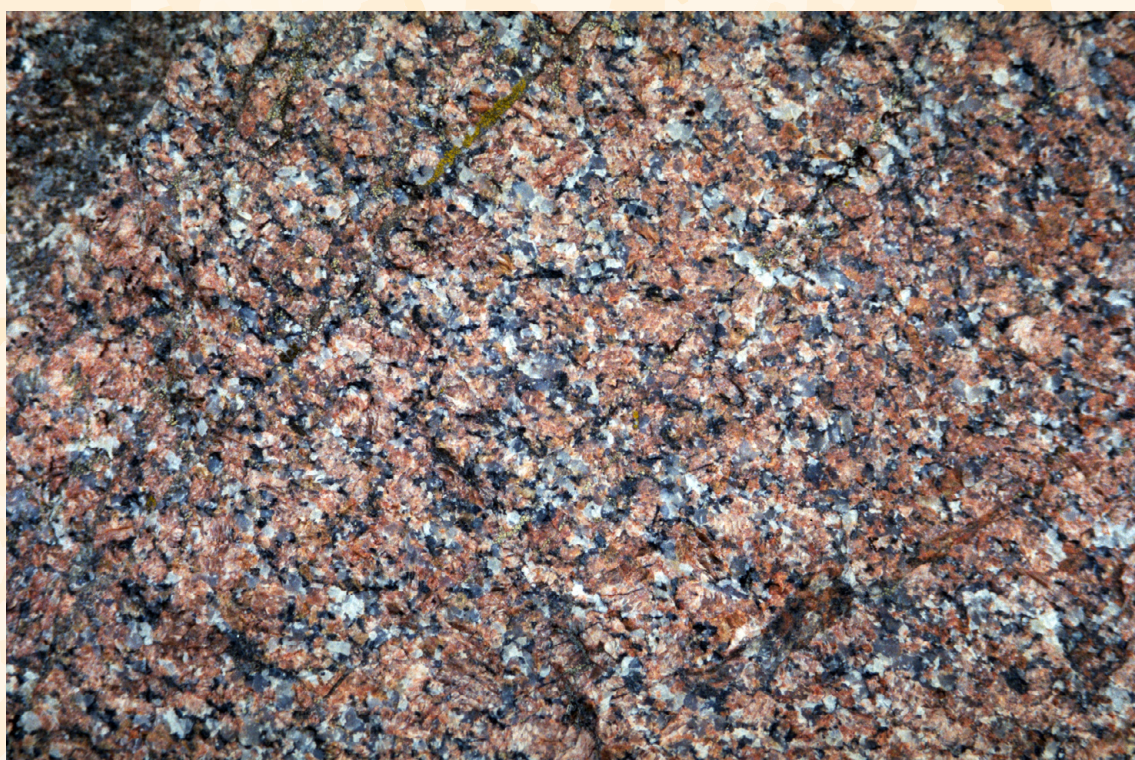


Beskrivning till bergkvalitetskartan Västerås kommun

Lars Persson, Ildikó Antal Lundin,
Mattias Göransson & Lisbeth Hildebrand



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-786-2

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: Röd, yngre, strökornsförande granit, s.k. Fellingsbrogranit. Strökornen är normalt 2 till 3 cm. Långsjön, 6618750/1525550. Foto Lars Persson.
Younger, red, massive granite with feldspar megacrysts (2 – 3 cm), so-called Fellingsbro granite.

© Sveriges geologiska undersökning, 2007

INLEDNING OCH METODIK

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

Västerås kommun omfattar ungefär 960 km² med en befolkning på ca 127 000 invånare. Centralort är Västerås, och andra större orter är Skultuna, Hökberga, Tillberga, Dingtuna, Barkarö, Irsta, Tidö-Lindö och Kvicksund. Kommunen omfattar även de större öarna Nyckelön, Skutterön, Ridön, Aggarön, Fagerön, Långholmen, Hallingen, Måholmen och Ängsön, samtliga belägna i Mälaren.

Västerås kommun ligger inom de topografiska kartbladen 11G Västerås SO och NO, 11H Enköping NV och SV, 10G Eskilstuna NO samt 10H Strängnäs NV. Bergkvalitetskartorna 11G Västerås SO (Persson m.fl. 1998), 11H Enköping SV (Persson 1998) har tidigare utkommit liksom berggrundskartorna 11G Västerås SO (Arnbom 1999), 11H Enköping SV (Stålhös 1977) och 10H Strängnäs NV (Stålhös 1984), samtliga i skala 1:50 000. Berggrundskartan och bergkvalitetskartan över 11G Västerås NO (Ripa m.fl. 2002) är också färdigställd. En krossbergsinventering har utförts inom Eskilstuna kommun av Göransson (2000).

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de olika bergartsenheter. Bergartsstrukturer som skiffrihet 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 undersökta observationslokalerna. En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på underlag i skala 1:50 000 utgående från Lantmäteriverkets höjddatabas. 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 flygmagnetiska anomalikartan samt elektromagnetiska (VLF-) kartan har använts för tolkning av deformationszoner. På magnetanomalikartan framträder några smala högmagnetiska anomalier som stryker i nord-sydlig och nordnordväst-sydsydostlig riktning. Dessa har tolkats som diabasgångar vars bredd är mindre än 50 meter. Vanligtvis är dessa nederoderade och ej exponerade. Enstaka högmagnetiska anomalier som förekommer inom kommunen har kunnat knytas till magnetkisförande, metasedimentära bergarter. De ger upphov till högmagnetiska anomalier som också är goda elektriska ledare.

Elektromagnetiska (VLF-) data utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av spröd tektonik (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) samt uppföljning av grafit- och magnetkisförande bergartsled. Det bör noteras att styrkan i den elektromagnetiska anomalin, förutom den elektriska ledningsförmågan, även är beroende av riktningen hos objektet som orsakar anomalin i relation till sändaren. VLF-kartan visar den elektriska ledningsförmågan i marken av framför allt 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 endast kartbladen 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 marken med koppling till bergartsenheter. Sammanfattningsvis kan man säga att VLF-information är mycket värdefull i byggnadsgeologiska och samhällsplaneringsarbeten.

En del lokaler, där provtagning av större kvantiteter berg har varit möjlig, har undersökts närmare. Vid lokalerna har mätningar av sprickplanens riktning gjorts samt spricktätheten bedömts. 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 berggrunden varit heterogen (flera bergartsled i samma håll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover tagits benämnda A, B, C osv. Totalt har 60 prover tagits från 51 lokaler. Gammastrålningsmätning har skett på de flesta av ovannämnda lokaler. På ett fåtal provtagningslokaler från området 11H Enköping SV har borrhärdor till tryckhållfasthetsmätningar (punktlasttest) tagits ut.

Den radiometriska kartan och berggrundskartan har legat till grund för gammastrålningsmätningar på berghällar.

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

Inom kommunen finns ett flertal grustäkter. Produktion av krossberg sker endast i Vändle bergtäkt, Dingtuna (11G 1 g). I denna bergtäkt bryts en finkornig, yngre granit för framställning av väg- och järnvägs makadam, avsedd för användning både inom och utanför kommunen. En bergtäktsansökan är under behandling i ett område i anslutning till Erikslund industriområde väster om Västerås stad. Ett antal övergivna stenbrott finns också belägna i kommunområdet: Häpplinge (11H 3–4 a), Råby (Västerås 1 g) och söder om Bysingsberg (11G 1 g).

I geologiskt språkbruk sätts ofta termen meta- framför bergartsnamnet om bergarten är omvandlad, t.ex. metabasit, metavulkanit, metagranit etc. Denna omvandling har i stort sett drabbat alla bergarter förutom de yngre graniterna och pegmatiterna samt diabaserna.

BERGGRUNDSGEOLOGISK ÖVERSIKT

Berggrunden inom kartområdet utgör en del av den vidsträckt, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezonen (orogenen), som omfattar delar av östra Sverige och västra Finland (jfr Lundqvist 1979). Ursprungligen leriga och sandiga sedimentbergarter har omvandlats genom förhöjd temperatur och 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), har omvandlats på liknande sätt och ligger i nära anslutning till de omvandlade sedimentbergarterna. Granitoider med associerade metabasitar är av ungefär samma ålder och utgör mer än 50 % av berggrunden i Västerås kommun. Ovan nämnda s.k. ytbergarter (sedimentbergarter och vulkaniter) är påverkade och intruderade av granitoiderna (djupbergarter). Såväl under vulkanismen som efter graniternas stelning har i samband med sprickbildning basaltisk magma trängt in i berggrunden 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 t.ex. Stockholms- eller Malingsbogranit. Dessa har inom Västerås kommun en ungefärlig yta av ca 10 %. De har en ålder av ca 1 800 miljoner år. Av ungefär samma ålder är en oftast grövre, massformig och strökorärande granit som benämns Fellingsbroggranit. För mellan 1 500 och 1 000 miljoner år sedan trängde basiska magmor upp längs sprickor och bildade diabasgångar. Därefter har berggrunden även fortsättningsvis varit utsatt för erosion och spröd deformation, varvid ytterligare sprickor och förkastningar bildats.

Blottningsgraden är relativt låg. Större hållområden som förekommer inom kommunen återfinns norr om Tortuna kyrka, Västerås stad, längs med kommungränsen mellan Surahammar och Västerås kommun och söder om Hällsjön. För vidare information om berggrunden hänvisas till den digitala berggrundsinformationen i SGUs databaser.

BERGGRUNDENS STRUKTURER OCH SPRICKOR

De interna (plastiska) strukturerna i bergarterna (skiffrighet) har främst västnordvästliga till ostnordostliga, men även nordvästliga och nordostliga strykningsriktningar. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. I vissa fall kan sprickzoner vara läkta och utgör därmed ett hållfasthetsmässigt starkare material. Större krosszoner och sprickgrupper stryker främst i västnordväst, nordväst, nordnordväst och onstnordost. En tydlig sådan

zon finns norr om Strömsholm. En annan zon går längs Svartåns dalgång mellan Västerås och Skultuna och har nordväst–sydöstlig riktning.

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 (i västnordväst) mycket ofta innehåller lerrikt material som bildats genom omvandling av sidoberget. Lermineralen består till stor del av olika smektitter 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).

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. Då starkt heterogen berggrund förekommer, t.ex. sedimentådergnejs, har flera prover tagits från samma håll. Bergartsmaterialet ska ej vara vittrat, sprängskadat eller onormalt uppsprucket. Det 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 laboratoriekäftkross (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.

Kulkvarnsanalys (K_k)

Kulkvarnsanalyserna har utförts vid SGU enligt FAS Metod 259-98 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). Analyserad fraktion är 11,2–16 mm. 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	Kulkvarnsvärde, %	Medelvärde, %
Sedimentådergnejs	9–28	17
Metabasit	10–20	15
Tonalit	13–17	15
Granodiorit	13–20	15
Granit, gnejsig	9–19	12
Yngre granit	6–16	10

De finkorniga granitoiderna och metabasiterna har lägre kulkvarnsvärden än de grövre varianterna. En hög glimmerhalt i sedimentådergnejserna men även i granitoiderna försämrar stenens motståndskraft mot skavande nötning (ger ett dåligt eller högt kulkvarnsvärde). I gruppen yngre granit har även en aplit

Tabell 1.1. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Västerås kommun för betong, järnväg och väg (se text). ρ_s är korndensitet, K_x är kulkvarnsvärde, LA är Los Angeles-värde, m_f är gammaindex, SPM är sprickor per meter, ASR är alkalisilikareaktivitet.
Technical analyses and classification of samples from the municipalities of Västerås as concrete ballast, as railway trackbed ballast, and for pavement constructions (mainly wearing courses). ρ_s = particle density, STT = studied tyre test value, LA = Los Angeles value, m_f = 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 _k % STT %	LA-värde % LA %	I ₅₍₅₀₎ ⊥ (MPa) I ₅₍₅₀₎ // (MPa)	I _a	m _γ m _γ	mRA mRA	ASR ASR	SPM JPM	Bergkvalitetsklassning Rock quality	Betong Concrete	Lärnväg Railway	Väg Road
CAI940040	Yngre granit, röd, medelkornig	6625700	1527660	2,63	10,4	26,7					1	2	1	2	1	(2)
CMR950099	Granit, grå, fint medelkornig	6630840	1530810	2,79	12,3						1	1	1	1	1	2
CMR980231	Tonalit, grå, medelkornig	6633070	1536500	2,73	13,0	19,5					1	1	1	1	1	2
CMR980245	Yngre granit, gråröd, finkornig	6633970	1535540	2,65	8,6	23,3			1,7	0,7	1	2	1	2	1	1
JOA930019	Granit, gråröd, fint medelkornig till grovkornig, gnejsig, ströknorsförande	6604950	1535750	2,67	12,7	23,8			1,2	0,5	1	4	1	1	1	2
JOA930217	Granodiorit, grå, finkornig till medelkornig, gnejsig	6620400	1537800	2,72	14,8				0,6	0,2	2	3	1	(1)	2	
JOA940142A	Sedimentgnejs, gråsvart, mycket finkornig till medelkornig	6616480	1548960	2,70	15,7	19,2					1	5	1	1	1	2
JOA940142B	Sedimentgnejs, svart, mycket finkornig**	6616480	1548960	2,76	25,3	16,7					1	5	2	(2)	3	
JOA940152	Yngre granit, grå, finkornig	6616900	1546200	2,69	13,3				0,6	0,3	1	1	1	1	1	2
JOA940154	Granodiorit, grå, gnejsig, fin- till grovkornig, ströknorsförande	6616350	1547100	2,70	16,4	22,9					1	2	1	2	2	2
JOA940164	Sedimentgnejs, grå, mycket finkornig till finkornig*	6611650	1543240	2,66	13,8	19,7			0,6	0,3	1	1	1	1	1	2
JOA940178	Granodiorit, gråsvart, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	6624540	1548380	2,75	13,6				0,7	0,2	1	1	1	1	1	2
JOA940189A	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig*	6624050	1544600	2,66	11,9	20,1 A+B			0,6	0,2	1	(1)	(1)	(2)	3	
JOA940189B	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig**	6624050	1544600	2,76	27,8				0,6	0,2	1	(1)	(1)	3	2	
JOA940225	Yngre granit, röd, fin- till grovkornig, ströknorsförande	6622750	1532650	2,62	15,4	34,6			2,2	1,2	1	3	2	(2)	3	
JOA940274	Granit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig, omvandlad	6613350	1539850	2,71	19,2	14,3					2	7	1	(2)	3	
JOA951003	Granit, grå, mycket finkornig till grovkornig, gnejsig, tektoniserad, ströknorsförande	6624640	1536380	2,67	10,5	21,6			0,8	0,3	2	1	1	(1)	2	
LEP930140	Granodiorit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	6617850	1544550	2,72	19,8				0,8	0,3	1	1	1	(1)	3	
LEP950061	Sedimentgnejs, gråsvart, fin- till medelkornig	6619950	1551670	2,74	19,6	29,7	8,0	7,4	1,1	0,7	0,2	10	2	3	3	
LEP950062	Granit, grå, mycket finkornig till fint medelkornig	6622720	1551010	2,74	8,8	15,0	8,1	8,0	1,0	0,5	0,2	4	3	3	(1)	1
LEP950063	Granodiorit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6604600	1555220	2,71	13,0	22,9	6,1	4,7	1,3	0,6	0,2	1	3	1	2	2
LEP950064	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	6606250	1559590	2,68	13,6	20,5			0,9	0,5	1	20	(1)	2	2	2
LEP950065A	Sedimentgnejs, grå, finkornig*	6608470	1556850	2,68	13,3	19,9	8,2	4,9	1,7		1	10	2	2	2	2
LEP950065B	Sedimentgnejs, gråsvart, finkornig**	6608470	1556850	2,75	27,1	18,2					0,4	1	15	2	(2)	3
LEP950065B	Sedimentgnejs, gråsvart, finkornig, vittrad**	6608470	1556850	2,73	39,5				0,4	1	15	3	3	3	3	
LEP950066	Sedimentgnejs, gråsvart, finkornig	6607470	1560600	2,68	12,5	25,7			0,4	1	10	(1)	(2)	2	2	
LEP950071	Granodiorit, gråsvart, fint medelkornig till medelkornig	6601210	1559670	2,74	13,3	21,6			0,5	0,3	2	3	(1)	(1)	2	2
LEP980006	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	6613750	1543830	2,69	15,1	28,9					1	5	(1)	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 %	$I_{500\perp}$ (MPa) $I_{500\parallel}$ (MPa)	I_a	m_γ m_γ	mRA mRA	ASR ASR	SPM JPM	Bergkvalitetsklassning Rock quality	Betong Concrete	Järnväg Railway	Väg Road
LEP980009	Granit, grå, mycket finkornig till medelkornig, gnejsig, strökornsförande	6607120	1549860	2,63	10,8	27,3					1	4	1	1	1	2
LEP980010	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig, gnejsig	6612860	1544400	2,69	14,6	26,1					1	4	1	1	2	2
LEP000140A	Granit, grå-grå-röd, medelkornig, gnejsig	6598680	1528500	2,69	12,6							3	1	1	1	2
LEP000140C	Yngre granit, grå, finkornig	6598680	1528500	2,65	8,2						1	3	1	1	1	1
LHD000068A	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	6596864	1528359	2,65	19,5						1	3	1	(2)	3	3
LHD000068B	Pegmatit, röd, fin- till grovkornig	6596864	1528359	2,61	15,8								1	(2)	3	3
LHD000068C	Metabasit, svart, medelkornig, förskiffrad	6596864	1528359	2,93	17,3						1	1	1	2	3	3
MGO9700033	Gråvacka, gråsvart, finkornig, förskiffrad	6603850	1560080	2,76	8,9	18,3					1	1	1	1	1	1
MGO9700034	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6600780	1552750	2,77	17,3						1	1	1	(1)	(2)	(2)
MGO9700035	Granit, vit, medel- till grovkornig, gnejsig	6611890	1551270	2,65	14,4						1	1	1	(1)	2	2
MGO9700036	Vulkanit, röd, finkornig, förskiffrad	6624670	1550330	2,66	7,1						1	1	1	1	1	1
MGO9700040	Granodiorit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	6614080	1557590	2,72	15,0						1	1	1	1	1	2
MGO9700049	Diorit, gråsvart, finkornig, förskiffrad	6614990	1553380	2,90	16,1	15,8					2	1	1	(1)	(2)	(2)
MGO0000031	Granodiorit, grå, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	6630820	1539256	2,73	12,2						1	2-3	1	1	1	2
MGO0000033	Granodiorit, gråsvart, grovt medelkornig, starkt förskiffrad **	6629653	1529835	2,72	12,0						1	1	1	1	1	2
MGO0000060	Yngre granit, röd, medelkornig	6624869	1528165	2,62	11,2						1	2	2	1	1	2
MPA0000038	Sedimentådergnejs, gråsvart, medelkornig	6598763	1535000	2,71	20,3						1	5	2	2	3	3
SIK950205	Gabbro, grå, mycket finkornig till finkornig	6616760	1532460	3,09	17,5	10,3			0	0	1	3	1	(1)	2	2
SIK950208	Tonalit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig	6618800	1533160	2,78	14,5	15,9			0,6	0,3	1	4	1	1	1	2
SIK950278	Sedimentgnejs, grå, finkornig till fint medelkornig	6613880	1534550	2,68	13,6	20,1			0,6	0,2	1	6	1	1	1	2
SVL940201A	Yngre granit, röd, finkornig till fint medelkornig	6605650	1530200	2,56	7,0	19,8			2,6	1,4	1	5	2	1	1	1
SVL940201B	Amfibolit, svart, mycket finkornig, omvandlad	6605650	1530200	2,73	19,6	12				1	2	2	2	2	3	3
SVL970318	Granodiorit, skär, fin- till grovkornig, gnejsig, strökornsförande	6607400	1535470	2,66	12,7	29,6			0,8	0,3	1	(1)	(2)	2	2	2
SVL970319	Metabasit, svart, medelkornig	6608100	1534140	2,95	9,9	14,3			0,2	0,1	1	4	1	1	1	1
SVL970320A	Yngre granit, mörkröd, fin- till medelkornig	6608000	1534120	2,61	7,3				2,2	1,2	1	5	2	1	1	1
SVL970320B	Yngre granit, ljusröd, finkornig till fint medelkornig	6608000	1534120	2,61	9,4				2,2	1,2	1	5	2	1	1	1
SVL970321	Granit, rödgrå, finkornig, gnejsig	6601100	1529120	2,64	9,1	18,4			1,4	0,7	1	4	1	1	1	1
SVL970322	Yngre granit, ljusröd, finkornig till fint medelkornig	6608610	1531060	2,61	9,8	31,3					1	2	1	(2)	1	1
SVL970323	Sedimentgnejs, grå, finkornig*	6612450	1544520	2,70	17,8						1	1	1	2	2	2
TOW950216	Granodiorit, grå, mycket finkornig till medelkornig, gnejsig	6624510	1539820	2,70	17,8	26,0			0,7	0,2	1	3	(1)	2	2	2
TOW950246	Aplit, vit, finkornig	6616100	1529450	2,60	6,2	19,4			1,1	0,6	1	1	1	1	1	1
TOW950268	Granodiorit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig	6617150	1527750	2,71	15,8	19,2					1	6	1	(1)	2	2

* = kvarts-fältspatrika led, ** = glimmerrika led, () indikerar tveksam klassstillhörighet. A+B = Sammansatt analys av JOA940189A och JOA940189B.

(6,2 %) inkluderats. Spridningen av värdena är, liksom vad gäller kulkvarnsvärdena, relativt stor inom flera bergartsled. Detta avspeglar den varierande strukturen och texturen inom de olika bergartsgrupperna. Prover med ett kulkvarnsvärde över 18 % utgörs främst av glimmerrika sedimentådergnejser. Kvarts- och fältspatrika led har däremot lägre, dvs. bättre värden.

Los Angeles-värde (LA-värde)

Analys av 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	LA-värde, %	Medelvärde, %
Sedimentådergnejs	17–30	22
Metabasit	10–16	13
Tonalit	16–20	18
Granodiorit	19–30	24
Granit, gnejsig	14–27	20
Yngre granit	19–35	26

Metabasiterna är den bergartsgrupp som har de lägsta eller bästa värdena tack vare innehållet av mörka mineral. De grovporfyrisk, yngre graniterna innehåller däremot strökorn av fältspat och kvarts samt har därmed sämre kornfogning och följaktligen höga LA-värden (>25–35 %). I de senare förekommer stundtals områden med en grov grundmassa och dessa bergarter är mycket spröda, ibland dessutom grusvittrade eller leromvandlade. För granitoiderna och metabasiterna gäller samma generella samband mellan bergarternas kornstorlek och Los Angeles-värdet eller kulkvarnsvärdet, dvs. desto finkornigare desto bättre. Spridningen av värdena är, liksom vad gäller kulkvarnsvärdena, relativt stor inom flera bergartsled. Detta avspeglar den varierande strukturen och texturen inom de olika bergartsgrupperna. Prover över 25 % utgörs främst av grovporfyrisk, yngre graniter, grovkorniga graniter–granodioriter. Genom ådergnejsomvandlingen med nybildning av granitsliror och ådror försämrar generellt kvaliteten på grund av kornförgrovnig. I de heterogena sedimentådergnejsområdena kan kvaliteten förbättras något genom ett ökat innehåll av kvarts och fältspat. Dock innebär en kornförgrovnig samt glimmeranrikning sämre egenskaper.

Punktlastindex ($I_{s(50)}\perp$, $I_{s(50)}//$, I_a)

Borrkärnor med diametern 45 mm borrades ut på SGU. Dessa kärnor testades därefter i en BEMEK rock tester (enligt Broch & Franklin 1972, Brook 1993). Korta bitar av borrkärnor läggs radiellt mellan två konspetsar och belastas till brott. Testningen sker parallellt och vinkelrätt mot den deformationsstruktur som finns i bergarten. Ungefär 10 stycken godtagbara mätningar har om möjligt utförts i vardera riktningen. I några fall har inte så många mätningar kunnat utföras, vilket berott på att bergarten varit så sprucken, att det varit svårt att få ut längre kärnor. Om bergarten är starkt styrkeanisotrop kan många tryckningar misslyckas vilket också kan reducera antal mätningar. Redovisade resultat anges som medelvärden (jfr International Society of Rock Mechanics 1985).

Alkalikiselreaktivitet (ASR)

Alkalikiselreaktivitet (ASR) innebär att kisel i bergartsmaterialet reagerar med den starkt alkalina 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 är konstaterad i en deformerad mycket finkornig till fint medelkornig granit (LEP950062).

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 i tektoniska zoner, men mylonitmaterial tycks genom sin hårdhet ställvis kunna anrikas i naturgrus. Detta sker särskilt söder om Stockholm. I aktuellt område kan i de storskaliga tektoniska zonerna (på kartan utmärkta som streckad svart linje) smalare zoner av mylonit förekomma. Vid användning av bergmaterial till betongframställning från sådana zoner bör en förprovning göras.

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergarternas mineralsammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts. Resultaten redovisas 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 kemisk analys av totalhalten göras, innan materialet används till betong. Samtliga prover har fotograferats i mikroskop.

GAMMASTRÅLNINGSMÄTNINGAR

Den radiometrisk kartan och berggrundskartan har legat till grund för gammastrålningsmätningar på berghällar. Fyra typer av handburna instrument (scintillometrar) av typerna SCINTREX BGS-3 och EXPLORANIUM GR110 samt gammaspektrometrar av typerna EXPLORANIUM GR256 och GR320 har använts. 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 ^{226}Ra , 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. Den rekommenderade nivån för byggnadsmaterial ska vara $m_\gamma < 2$ (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). Halterna av kalium, uran och torium redovisas i massandelar och då som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

1 % K = 313 Bq/kg

1 ppm U = 12.35 Bq/kg

1 ppm Th = 4.06 Bq/kg

De yngre pegmatitgraniterna samt de yngre jämnkorniga graniterna inom Västerås kommun uppvisar förhöjd gammastrålning härrörande från både uran och torium. Uranhalten på de uppmätta lokalerna varierar mellan 7 och 33 ppm uran medan toriumhalten varierar mellan 41 och 68 ppm. De höga gammastrålningshalterna gör att dessa bergarter är olämpliga som byggnadsmaterial i byggnader där folk vistas kontinuerligt. Lokala variationer kan förekomma. Områden med förhöjda gammastrålningsnivåer

Tabell 2. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Västerås 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 Västerås. 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	Kvarts Quartz	Kalifältpat Pot.feldspar	Plagioklas Plagioclase	Biotit Biotite	Muskovit Muscovite	Hornblände Hornblende	Epidot Epidote	Kalcit Calcite	Klorit Chlorite	Övrigt Other
CAI940040	Yngre granit, röd, medelkornig	39	32	25	5	1				1	2
CMR980231	Tonalit, grå, medelkornig	24	17	27	14	5	6	s		s	2
JOA930019	Granit, grå-röd, fint medelkornig till grovkornig, gnejsig, ströknors-förande	24	21	43	10	s		s	s	2	s
JOA930217	Granodiorit, grå, finkornig till medelkornig, gnejsig	27	4	44	7	2		1	s	12	2
JOA940142A	Sedimentgnejs, gråsvart, mycket finkornig till medelkornig	33	2	43	15	s			s	5	2
JOA940142B	Sedimentgnejs, svart, mycket finkornig**	33	s	9	1	23			s	21	13
JOA940152	Yngre granit, grå, finkornig	37	35	23	3	s			s	1	1
JOA940154	Granodiorit, grå, gnejsig, fin- till grovkornig, ströknorsförande	19	9	54	16	s	s		s	1	s
JOA940164	Sedimentgnejs, grå, mycket finkornig till finkornig*	51	4	32	2	2		s		8	1
JOA940178	Granodiorit, gråsvart, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	31	10	35	21	1		s	s	1	1
JOA940189A	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig*	45	18	23	11	2				s	1
JOA940189B	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig**	31	5	36	18	9			s	s	
JOA940225	Yngre granit, röd, fin- till grovkornig, ströknorsförande	27	31	33	2	s		s	s	4	2
JOA940274	Granit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig, omvandlad	~35				~25				~10	~25
JOA951003	Granit, grå, mycket finkornig till grovkornig, gnejsig, tektoniserad, ströknorsförande	17	46	25	3	s		s	s	7	2
LEP930140	Granodiorit, grå, finkornig till fint medelkornig, gnejsig	25	18	36	18	1			s	1	1
LEP950062	Granit, grå, mycket finkornig till fint medelkornig	26	17	27	21	s	6	1	s	1	2
LEP950063	Granodiorit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	31	10	43	12	4	s	s	1	s	s
LEP950064	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	57	s	29	10	s				3	1
LEP950065A	Sedimentgnejs, grå, finkornig *	63	s	26	5	s			1	5	s
LEP950065B	Sedimentgnejs, gråsvart, finkornig **	27	s	37	24	12			s	s	s
LEP950066	Sedimentgnejs, gråsvart, finkornig	53	7	20	12	5	s	s	s	2	s
LEP950071	Granodiorit, gråsvart, fint medelkornig till medelkornig	32	12	39	14	s	1	1	s	s	1
LEP980006	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	38	11	30	16	5				s	
LEP980009	Granit, grå, mycket finkornig till medelkornig, gnejsig, ströknors-förande	42	30	19	6			s	s	2	1
LEP980010	Metagråvacka, grå, mycket finkornig till finkornig, gnejsig	45	1	39	12	1			s	s	1
LEP000140A	Granit, grå-grå-röd, medelkornig, gnejsig										
LEP000140C	Yngre granit, grå, finkornig	32	13	43	10	s		s	s	1	1
LHD000068A	Granit, grå, medelkornig, gnejsig	36	36	20	7	s	s	s	s	1	
LHD000068B	Pegmatit, röd, fin- till grovkornig										
LHD000068C	Metabasit, svart, medelkornig, förskiffrad	9		38	15	s	35	1	s	1	1
MGO970033	Gråvacka, gråsvart, finkornig, förskiffrad	32	s	32	s	7	14	9	1	1	4
MGO970034	Tonalit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	28	4	42	21	s	1	1	s	s	4
MGO970035	Granit, vit, medel- till grovkornig, gnejsig	34	31	25	7	1			s	s	2

Prov Sample	Bergartsbeskrivning Rock description	Kvarts Quartz	Kalifältspat Pot.feldspar	Plagioklas Plagioclase	Biotit Biotite	Muskovit Muscovite	Hornblände Hornblende	Epidot Epidote	Kalcit Calcite	Klorit Chlorite	Övrigt Other
MGO970036	Vulkanit, röd, finkornig, förskiffrad	23	56	8	s	1				10	3
MGO970040	Granodiorit, gråsvart, medelkornig, gnejsig	14	11	39	11	1	7	11	1	1	4
MGO970049	Diorit, gråsvart, finkornig, förskiffrad	7	s	32	22	s	36	s	s	2	1
MGO000031	Granodiorit, grå, fint medelkornig till medelkornig, gnejsig	40	2	44	13	1					s
MGO000060	Yngre granit, röd, medelkornig	37	26	25	4	4	s	s		1	3
MPA000038	Sedimentådergnejs, gråsvart, finkornig	41		31	20	1		s	s	s	8
SIK950205	Gabbro, grå, mycket finkornig till finkornig	3	2	1			65				29
SIK950208	Tonalit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig	14	3	41	s	1	27	1	s	12	1
SIK950278	Sedimentgnejs, grå, finkornig till fint medelkornig	46	5	32	10	4			1	1	1
SVL940201A	Yngre granit, röd, finkornig till fint medelkornig	34	29	30	2	1		s	s	3	1
SVL940201B	Amfibolit, svart, mycket finkornig, omvandlad	s		~40					~15	~25	~15
SVL970318	Granodiorit, skär, fin- till grovkornig, gnejsig, strökoränsförande	37	6	46	5			s		5	1
SVL970319	Metabasit, svart, medelkornig			~45	~1		~50			~3	~1
SVL970320A	Yngre granit, mörkröd, fin- till medelkornig	32	40	25	s	s		s	s	2	1
SVL970320B	Yngre granit, ljusröd, finkornig till fint medelkornig	33	36	27	s	s			1	2	
SVL970321	Granit, rödgrå, finkornig, gnejsig	29	25	35	1	1		4	s	5	
SVL970322	Yngre granit, ljusröd, finkornig till fint medelkornig	28	31	36	2	s			s	2	1
SVL970323	Sedimentgnejs, grå, finkornig*	52	5	27	14	1				1	
TOW950216	Granodiorit, grå, mycket finkornig till medelkornig, gnejsig	33	12	46	7	s	s	s	s	1	1
TOW950246	Aplit, vit, finkornig	35	30	31	1	1			s		1
TOW950268	Granodiorit, gråsvart, fin- till medelkornig, gnejsig	36	9	27	23	2		s	s	s	3

är emellertid lätt detekterbara vid brytningstillfället med hjälp av handburna instrument. Radiumindex och gammaindex för provtagningspunkterna redovisas i tabell 1.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade prover till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996). Diskussioner har fortlöpande hållits med Sveriges Provnings och Forskningsinstitut. Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal 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), omvandlingsgrad, förekomst av alkaliskelreaktivt material och sulfider samt struktur i bergarten, 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-bergarter är av tämligen god kvalitet men bör ej användas i betongaggresiv miljö utan förprovning. Klass 3-bergarter 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 bestämmelser från Statens Järnvägar (1988) och Banverket (1996). 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. Kvartshalten bör ej överstiga 35 %. Sprödhetstalet (11,2–16 mm) 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) ska vara lägst 90 % (FAS-metod 244-98, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige). 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.

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

En tämligen god korrelation finns mellan sprödhetstal (FAS-metod 210-98, Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige) och LA-värde (10–14 mm) av vilken anledning sprödhetstalet kan uppskattas med hjälp av det senare. Flisighetstalet för undersökta stenmaterial har ansetts kunna hålla <1,45 vid storproduktionsdrift av vilken anledning 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–tö-provning (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 gjorts. 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: 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna tolkning baseras främst bl.a. på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i VÄG 94 (Vägverket 1994) men även 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 täkt. Dessa redovisade resultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålls i producerat material.

Berggrunden inom Västerås kommun omfattar främst klass 2-områden. Bergområden som utgör denna klass är framför allt fint till grovt medelkorniga graniter, granodioriter och tonaliter. Även metabasiterna och sedimentådergnejser med låga glimmerhalter kan tillhöra denna grupp. Finkorniga, yngre graniter är den bergartsgrupp som uppvisar de lägsta kulkvarnsvärdena (7–10 %) och homogena massiv där denna bergtypen dominerar har tolkats som klass 1-områden. Även mindre områden med aplitgångar, vulkaniter och finkorniga granitoider inom kommunen utgör klass 1-material. Dessa har dock sällan större utbredning. Bortsett från några mindre vulkanitförekomster i de norra delarna av kommunen har inga bergområden påträffats som antas kunna hålla slitlagerkvalitet ($K_k < 6$ %). De grövre, ofta strökornsförande, yngre graniterna har något högre kulkvarnsvärden men framför allt höga eller mycket höga Los Angeles-värde (25–35 %). Denna bergartsgrupp tillhör därmed klass 3-områden. Även glimmerrika granitoider och sedimentådergnejser har bedömts tillhöra denna grupp. Vid ballastproduktion kan dock sprödheten (LA-värde) i yngre granitområden förbättras genom inblandning av ”segare” bergarter såsom gabbro, diorit eller diabas, då dessa förekommer naturligt inom täktområdet. De yngre graniterna och pegmatiterna är i allmänhet radiumanomala (höga radiumindex, 0,5–1,5) och man bör alltså undvika att använda dessa som ballast till husgrunder eller betongelement för huskonstruktioner. Många bergartsled är lokalt heterogena med avseende på mineralogi, kornstorlek, påverkan av deformation m.m., av vilken anledning inslag av närliggande kvalitetsklasser kan förekomma.

REFERENSER

- Arnbom, J.O., 1999: Beskrivning till berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af204*, 46 s.
- Banverket, 1996: BVF 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Jan Malmtorp, 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. I K.G. Stagg & O.C. Zienkiewicz (red.): *Rock mechanics in engineering practice*, 1–20. John Wiley & Sons.
- Durable concrete structures. Concrete Report No. 1. *Swedish Concrete Association*.
- 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. *Opubl. 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, 74 s.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*, 87 s.
- Persson, L., 1998: Bergkvalitetskartan 11H Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118 Bk*.
- Persson, L., Göransson, M., Lundqvist, S., Pamnert, M. & Sträng, T., 1998: Bergkvalitetskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204 Bk*.
- 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, Lena, 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.
- Ripa, M., Kübler, L., Persson, L. & Göransson M., 2002: Beskrivning till berggrundskartan och bergkvalitetskartan Västerås NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 217*, 70 s.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 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., 1977: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118*, 45 s.
- 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 vattenabsorption*.
- Svensk Standard 2000: *SS-EN 1367-1: Tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 1: Determination 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 markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

