

# Beskrivning till bergkvalitetskartan Hallstahammars kommun

Lars Persson, Ildikó Antal Lundin,  
Mattias Göransson & Malin Sträng



ISSN 1652-8336  
ISBN 978-91-7158-783-1

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](http://www.sgu.se)

Omslagsbild: Yngre granit, gråvit, fin- till fint medelkornig, massformig (6611804/1522705).  
Foto Lars Persson.  
*Younger, fine- to finely medium-grained granite (6611804/1522705).*

© Sveriges geologiska undersökning, 2007

## INLEDNING OCH METODIK

Arbetet med geologiska undersökningar av området täckande Hallstahammars kommun ingick i SGUs undersökningar i skala 1:50 000 inom befolkningstäta områden (jfr. Persson & Sträng 2000). Sammanställning av berggrund, bergkvalitet, jordarter, grundvatten, geokemi, maringeologi (främst Mälarens bottenförhållanden) och geofysik gjordes inom projektet. I den mån modern information i skala 1:50 000 fanns (t.ex. berggrunds- och jordartsinformation), gjordes endast sammanställning av denna. Sammanställning av geofysik gjordes utifrån de databaser som fanns tillgängliga.

Kommunen är en av Sveriges mindre med cirka 15 200 invånare. Ytan är 171 km<sup>2</sup>. Huvudorter är Hallstahammar, Kolbäck, Strömsholm, Molntorp, Herrskogen och Borgåsund. Hallstahammar är ursprungligen en bruksort från 1600-talet. I södra delen av kommunen ligger Mälaren (Galten) och Freden med Borgåsund. Från dessa vattendrag i söder har Strömsholms kanal och Kolbäckens sin utsträckning i nordnordvästlig riktning rakt genom kommunen och tätorten Hallstahammar.

Bergkvalitetskartan kompletterar den berggrundsinformation som produceras av SGU för presentation i skala 1:50 000. Samtliga uppgifter om bergarter, mineral och tekniska analysvärden för alla undersökta bergarter samt en användbarhetsklassificering finns lagrade i SGUs databaser. Det huvudsakliga ändamålet med bergkvalitetskartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter såsom t.ex. till ballast för väg, järnväg och betong samt att ge förutsättningar för infrastrukturens utbyggnad både ovan och under jord.

Den västra delen av Hallstahammars kommun ligger inom det berggrundsgeologiska kartbladet 11G Västerås SV (Lundegårdh & Nisca 1978) och den östra delen inom det berggrundsgeologiska kartbladet 11G Västerås SO (Arnbom & Sträng 1998). I söder ligger delar av kommunen inom kartbladsområdet 10G Eskilstuna NO och dessa färdigkarterades under 2000. Dessutom ligger en mindre del av kommunen inom det berggrundsgeologiska kartbladet 10G Eskilstuna NV (Lundegårdh 1974). De berggrundsgeologiska förhållandena i denna del av Sverige är mycket komplicerade på grund av en mycket kraftig omvandling, s.k. migmatitisering. En mycket översiktlig revision gjordes av hela området för att få en harmonisering mellan tidigare karteringar och som en förberedelse inför provtagningen för bergkvalitet.

En sammanställning av berggrunden inom kommunen utfördes liksom provtagning för bergkvalitetskartan under 2001. Detta resulterade i en digital berggrundskarta i skala 1:50 000 och en digital bergkvalitetskarta i samma skala.

Framställandet av bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de olika bergartsenheter. 8 lokaler, där provtagning av större kvantiteter berg varit möjlig, har undersökts närmare. Totalt har 5 kulkvarns- och 2 Los Angeles-analyser utförts. Terrängförhållandena gör att det är relativt svårt att provta stora mängder bergmaterial.

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 sprickriktningar vid de flesta av varje speciellt undersökt lokal. 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 som följer lineamentens riktning. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor i flera riktningar i berggrunden.

Mätningar av sprickor har gjorts och spricktätheten har bedömts. Vid ett flertal av dessa lokaler har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. I vissa fall tas tillika större block för utborrnin av kärnor med 45 mm diameter för mätning av punktlastindex (jfr. Broch & Franklin 1972, International Society for Rock Mechanics 1985, Brook 1993). Tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats och petrografisk analys har utförts. I de fall berggrunden varit heterogen (flera bergartsled i samma häll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover benämnda A, B, C osv. tagits.

Geofysiska flygmätningar omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning samt det elektromagnetiska fältet i VLF-området. Mätningarna inom områ-

det är utförda från flygplan på ca 30 m höjd, längs linjer med 200 m avstånd och med ca 40 m mellan mätpunkterna. Magnetanomalikartan, gammastrålningskartan, VLF-kartan samt tyngdkraftskartan visas i marginalen på huvudkartan.

På den magnetiska anomalikartan 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. Den flygmagnetiska anomalikartan samt den elektromagnetiska (VLF-) kartan har använts för tolkning av deformationszoner.

Elektromagnetiska (VLF-) data utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare i berggrunden. Dessa kan vara vatten- och lerfyllda svaghetszoner orsakade av sprödkonstruktion eller grafit- och magnetikisförande bergartsled. VLF-information är mycket värdefull vid byggnadsgeologiska arbeten och samhällsplanering. Det bör noteras att styrkan i den elektromagnetiska anomalin är beroende av, förutom den elektriska ledningsförmågan, även riktningen hos objektet som orsakar anomalin i relation till sändaren. VLF-data som uppmäts med två sändare innebär en riktningsoberoende respons men sådana data täcker endast kartbladsområdena 11G Västerås SO och 10G Eskilstuna NO.

Den flygradiometriska kartan och berggrundskartan har legat till grund för val av lokaler för gammastrålningsmätningar på berghällar och dessa mätningar har utförts på 7 observationslokaler.

Ett övergivet stenbrott i yngre granit förekommer vid Stenby borg.

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

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 liten del av den vidsträckt, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezon, som omfattar delar av hela östra Sverige och västra Finland (jfr. Lundqvist 1979). Leriga och sandiga sediment har omvandlats genom förhöjd temperatur och förhöjt tryck. De har därvid omvandlats till ådergnejser, vilket innebär att granitiska och pegmatitiska ådror, sliror och partier tillkommit i bergarten. Ungefär samtidiga vulkaniska bildningar, ca 1 900 miljoner år gamla, har omvandlats på liknande sätt och ligger i nära anslutning till metasedimenten (ådergnejserna). Granitoider med associerade metabasiter är också av tidigorogen svekokarelsk ålder. Dessa har bildats ur framträngande silikatsmältor, s.k. magmor, som intruderat i ovannämnda ytbergarter. Deras ålder är omkring 1 900–1 850 miljoner år. Något underlag till ytbergarterna har inte kunnat påvisas. Såväl under vulkanismen som efter graniternas stelning har i samband med sprickbildning basaltisk magma trängt in i berggrunden och stelnat som gångar, s.k. metabasiter. Dessa är i östra Sverige vanligen decimeter- till meterbreda, deformerade, avslitna och amfibolitomvandlade. Deformation och omvandling har drabbat dessa yt- och djupbergarter.

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 Mälardalen ofta Stockholmsgranit. De har en ålder av ca 1 800 miljoner år. Av ungefär samma ålder är det större massiv av oftast grövre, massformig och strökornsförande granit som ligger vid Surahammar och strax norr om Hallstahammar, den s.k. Fellingsbrograniten. För vidare information om berggrunden hänvisas till SGUs digitala berggrundsinformation över Hallstahammars kommun.



## BERGGRUNDSGEOLOGISK ÖVERSIKT ÖVER HALLSTAHAMMARS KOMMUN

Hela berggrunden i Hallstahammars kommun består av djupbergarter, dvs. mestadels olika typer av graniter. I södra och sydvästra delen av kommunen dominerar gnejsiga graniter och granodioriter. I dessa ligger inneslutningar av basiska djupbergarter som diorit och gabbro, t.ex. norr om Mölntorp (0 f) och Säby (0 f). Ett större massiv av yngre granit sträcker sig från östra delen av Hallstahammar i sydostlig riktning mot Askebro (1 f) och Åby (1 f). Bergtäkten i yngre granit i Vändle ligger strax öster om kommungränsen. Tillsammans med dessa yngre graniter förekommer ofta pegmatiter, t.ex. sydväst Kolbäck (0 e). I nordligaste delen av kommunen finns en grövre, ströknorsförande yngre granit, s.k. Fellingsbrogranit. Ett par diabasgångar i nordnordvästlig riktning har påträffats öster om Hallstahammar och vid Kolbäck.

## GEOFYSISK ÖVERSIKT ÖVER HALLSTAHAMMARS KOMMUN

Eftersom ingen nykartering gjorts inom Hallstahammars kommun koncentrerades fältarbetet på enstaka punktinsatser vad gäller magnetiska och elektromagnetiska anomaliuppföljningar samt på uppföljning av gammastrålningsanomalier på berghällar. Provtagningen har också varit begränsad av ovannämnda anledning. De befintliga berggrundskartorna gjordes utan sedvanlig geofysisk uppföljning vilket betyder att det saknas relevant markgeofysisk information. Detta har lett till svårigheter i tolkningsarbetet.

De unga granitmassiven i norra och västra delen av projektområdet har en tydlig geofysisk signatur på grund av sin höga magnetiserbarhet (susceptibilitet mellan  $200$  och  $2000 \times 10^{-5}$ ). De framträder distinkt på magnetanomalikartan över Hallstahammars kommun (se huvudkartan) till skillnad från de huvudsakligen äldre intrusiva bergarterna (granitoiderna) som har en lågmagnetisk signatur. Yngre graniter och pegmatitgraniter, vilka har sin största utbredning norr och sydost om Hallstahammar, har också höga gammastrålningsvärden.

På magnetanomalikartan framträder några smala högmagnetiska anomalier som stryker i nord-sydlig riktning. Dessa har tolkats som diabasgångar vars bredd är mindre än 50 meter. Vanligtvis är dessa nedroderade och ej exponerade. Söder om Säby uppträder en högmagnetisk anomali som löper i nordvästlig riktning. Anomalin orsakas av magnetitbildning i en plastisk deformationszon i de äldre graniterna. De basiska bergarternas magnetiska egenskaper är inte klarlagda inom Hallstahammars kommun. Enstaka susceptibilitetsmätningar visar på låg magnetiserbarhet (susceptibilitet mellan  $40$ – $80 \times 10^{-5}$  SI).

## BERGGRUNDENS STRUKTURER OCH SPRICKOR

De interna (plastiska) strukturerna i bergarterna (skiffrihet) har främst ost-västliga men även västnord-västliga eller ostnordostliga strykningsriktningar. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. I vissa fall kan dessa zoner vara läkta och utgör därmed ett hållfasthetsmässigt starkare material. Linjära strukturer (stänglighet och veckaxlar), som uppkommit genom deformation av bergarterna stupar mestadels flackt mot öster.

Den tolkning av lineament och svaghetszoner som är gjord med hjälp av höjddatabasen och det geofysiska underlagsmaterialet visar på riktningar i främst VNV och NV. En större deformationszon går från Hässelby (0 g) mot Kolbäck (0 e) till Kulla (1 d). En krosszon i den norra delen av undersökningsområdet (2–3 f) har en ostnordostlig riktning.

En metod att definiera sprickigheten 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 metod visade sig inte vara helt tillfredsställande, eftersom de flesta bergartstyperna föll inom intervallt måttlig till tät. Försök har också gjorts att framräkna 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. Detta kan endast utföras vid väl blottade väghållar etc.

## TEKNISKA ANALYSER

Bergartsmaterialet för tekniska analyser har vanligen tagits på platser där tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar funnits. Provtagning har skett med hjälp av slägga och spett. Omkring 70 kg bergmaterial har tagits vid varje lokal. 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. Tre olika provberedningsmetoder har redovisats i tabell 1 med de bergmekaniska analyserna. Texten ovan motsvarar metod 1, medan metod 2 innebär harpsiktning med 5,6 mm i stället för 6,3 mm. I metod 3 har endast grovkrossning och ingen harpsiktning skett.

Kulkvarns-, Los Angeles-, punktlast- och alkalikiselreaktivitetstester har utförts och redovisas i databaser. I tabell 1 redovisas kulkvarns- och Los Angelesvärden och i tabell 2 mineralfördelningen i analyserade prover.

### Kulkvarnsanalys ( $K_k$ )

Kulkvarnsanalyser 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 spaltvidd 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, där materialet nöts under längre tid. Analys har gjorts på enkelprov. Tidigare analyserades slipvärdet vilket visar tämligen god korrelation med kulkvarnsvärdet. Låga kulkvarnsvärden innebär att bergmaterialet har en hög motståndskraft mot nötning. Erhållna kulkvarnsvärden ligger mellan 10,8 % och 14,5 %, dvs. är relativt bra men har inte högsta motståndskraft mot nötning.

### Los Angeles-värde (LA-värde)

Analys av LA-värde utfördes vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP). Efter krossning i SGUs Svedala-Arbråkross sändes materialet till SP, där materialet åter krossades i en käftkross av typen Morgårdshammar med påföljande harpsiktning med 6,3 mm spaltvidd. Detta ger ett flisighetstal (samtliga bergartsmaterial) på 1,30–1,40, vilket gör analysresultaten jämförbara. Los Angeles-värdet bestämdes därefter på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt EN 1097-2. Höga LA-värden innebär att bergartsmaterialet är sprött, dvs. har negativa egenskaper. Erhållna två LA-värden ligger på 17,2 och 19,6 %, dvs. har relativt hög motståndskraft mot slag.

### 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). Samtliga analysprov uppvisar ingen risk (1).

**Tabell 1. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Hallstahammar kommun för betong, järnväg och väg (se text).  $\rho_s$  är korndensitet,  $K_R$  är kulkvarnsvärde, LA är Los Angeles-värde,  $m_f$  är gamma-index, SPM är sprickor per meter, ASR är alkalisilikaaktivitet.**  
*Technical analyses and classification of samples from the municipalities of Hallstahammar as concrete ballast, as railway trackbed ballast, and for pavement constructions (mainly wearing courses).  $\rho_s$  = particle density, STT = studded tyre test value, LA = Los Angeles value,  $m_f$  = gamma index, JPM = joints per meter, ASR = alkali silica reactivity.*

| Prov<br>Sample | Bergartsbeskrivning<br>Rock description                                  | N-S-koordinat<br>N-S coordinate | Ö-V-koordinat<br>E-W coordinate | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup><br>$\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> | $K_R$ %<br>STT % | LA %<br>LA % | ASR<br>ASR | $m_f$<br>$m_f$ | mRa<br>mRa | SPM<br>JPM | Bergkvalitetsklassning<br>Rock quality classification |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|--------------|------------|----------------|------------|------------|-------------------------------------------------------|
| MGO010004      | Granit, gråsvart, fint medelkornig, gnejsig, kraftigt tektoniserad       | 6611727                         | 1522170                         | 2,68                                                     | 11,1             | 17,2         | 1          | 0,8            | 0,3        | 1          | 1 1 2                                                 |
| MGO010005      | Granit, gråsvart, medelkornig, gnejsig, kraftigt tektoniserad            | 6611633                         | 1522682                         | 2,68                                                     | 14,5             |              | 1          | 0,7            | 0,3        | 1          | (1) 2                                                 |
| MGO010006      | Yngre granit, grå, finkornig till fint medelkornig                       | 6611804                         | 1522705                         | 2,61                                                     | 11,2             | 19,6         | 1          | 0,8            | 0,3        | 1          | 1 2                                                   |
| LEP980007      | Granodiorit, gråskär, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, strökörn | 660232                          | 152728                          | 2,65                                                     | 10,8             |              | 1          | 0,8            | 0,2        | 4          | (1) 2                                                 |
| LEP980008      | Granit, grå, fin- till grovkornig, gnejsig, strökörn                     | 661095                          | 152729                          | 2,66                                                     | 11,9             |              | 1          |                |            | 5          | 1 1 2                                                 |

( ) indikerar tveksam klassstillhörighet.

**Tabell 2. Mineralfördelning (volymprocent) och kornstorlek (mm) hos bergarter från kartområdet Hallstahammar 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 Hallstahammar. 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        | Bergartsbeskrivning                                                      | Kornstorlek (mm) | Kvarts | Kalifältspat       | Plagioklas  | Biotit  | Muskovit  | Hornblände | Epidot  | Kalcit  | Klorit   | Övrigt |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|--------------------|-------------|---------|-----------|------------|---------|---------|----------|--------|
| Sample      | Rock description                                                         | Grain size (mm)  | Quartz | Potassium feldspar | Plagioclase | Biotite | Muscovite | Hornblende | Epidote | Calcite | Chlorite | Other  |
| MGO010004A1 | Tonalit, gråsvart, finkornig till fint medelkornig, gnejsig, granitådror | 0,1–0,3 0,5–2    | 25     | s                  | 43          | 31      | s         | s          | s       | s       | s        | 1      |
| MGO010004A2 | Granit, grå, finkornig                                                   | 0,2–0,5 0,5–1    | 33     | 20                 | 32          | 14      | s         | s          |         | 1       |          |        |
| MGO010004B  | Granit, grå, finkornig                                                   | 0,1–0,3 0,5–3    | 28     | 32                 | 27          | 10      | 1         | s          |         | 2       |          |        |
| MGO010005   | Granit, gråsvart, medelkornig, gnejsig, strökörn                         | 0,1–0,2 0,5 1–7  | 31     | 17                 | 25          | 12      | 3         | s          | s       | s       | s        | 12*    |
| MGO010006   | Yngre granit, gråvit, finkornig till fint medelkornig, massformig        | 0,2–0,5 1–3      | 28     | 36                 | 31          | 4       | s         | s          | s       | s       | s        | 1      |

\*främst cordierit

## ÖVRIGA ANALYSER

### Petrografisk analys

Bergarternas sammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts. Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet är av betydelse för bergartens egenskaper. Innehållet av sulfider och grafit anges. Om sulfidinnehållet är högt, bör kemisk analys av totalhalten göras, innan materialet används till betong. Några speciella iakttagelser som är värda att omnämnas har inte gjorts i detta sammanhang.

### Gammastrålningsmätningar på berghällar

Den totala gammastrålningen samt halten av  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  och  $^{232}\text{Th}$  har bestämts med hjälp av scintillometer och gammaspektrometer. Sammanlagt har 18 punkter på 7 lokaler mätts. Radium- 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-radium, vilket i sin tur motsvarar radiumindex 1,0.

Gammaindex  $m_\gamma$  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  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  respektive  $^{232}\text{Th}$ , 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:

$$1 \% \text{ K} = 313 \text{ Bq/kg}$$

$$1 \text{ ppm U} = 12,35 \text{ Bq/kg}$$

$$1 \text{ ppm Th} = 4,06 \text{ Bq/kg}$$

De bergarter inom området som kan ge upphov till uran- och toriumanomalier är de yngre djupbergarterna, pegmatiter och apliter. Genomgående höga uranhalter (mellan 12,8 och 62,5 ppm) har graniten norr om Hallstahammar, den s.k. Lisjögraniten. Toriumhalten för samma granit är mellan 35,8 och 66,1 ppm.

De yngre jämnkorniga graniterna inom Hallstahammars kommun uppvisar också förhöjd gammastrålning härrörande från både U och Th. Uranhalten på de uppmätta lokalerna varierar mellan 11,2 och 17,1 ppm U medan toriumhalten varierar mellan 21,2 och 58,8 ppm. De höga gammastrålningshalterna gör att dessa bergarter är olämpliga som byggnadsmaterial i byggnader där folk vistas kontinuerligt. Områden med förhöjda strålningsnivåer är emellertid lätta att upptäcka redan vid brytningstillfället med hjälp av handburna instrument.

### KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade bergartsmaterial till betong, järnväg (spårballast) och väg (jfr. Persson & Schouenborg 1995, 1996). Erhållna tekniska analyser har även jämförts med det stora antal som redovisats av Stenlid (1996).

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på bestämmelser av 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 % (FAS-metod 210-98, Föreningen för



asfaltbeläggningar i Sverige). Vattenabsorptionen (Svensk Standard 13 21 25) 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 uppfyller alla nämnda krav, medan klass 2 har sämre tekniska egenskaper eller hög glimmerhalt vilket bl.a. påverkar 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 positiv 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 ingår inte i klassningsgrunden. Det har mer fungerat som en styrparameter för att få jämförbara analysprov. Ett uniformt flisighetstal fås genom krossning i flera steg.

### Vattenbyggnadssten

Vid användandet av vattenbyggnadssten (grova aggregat som används i vattenmiljö, t.ex. som erosions-skydd 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.

### Betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad. Egenskaper som mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, förekomst av alkalireaktivt material och sulfider, struktur, kornfogning och kornstorlek har legat till grund för klassningen (se vidare BBK 94, Durable concrete structures (Concrete Report No. 1), Svensk Standard 1983, SS 13 21 25). 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 betongaggressiv miljö utan förprovning. Klass 3-bergarter är av generellt låg kvalitet och bör undvikas eller eventuellt förprovas.

### BERGKVALITETSKLASSNING REDOVISAD SOM KARTBILD

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 svårt, men kartbilden bör vara en värdefull riktlinje för användaren. Områden med tre kvalitetsklasser har urskiljts, nämligen 1. god, 2. mindre god och 3. dålig kvalitet. Denna tolkning baserar sig främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i Väg 94 (Vägverket 1994). En bedömning har parallellt gjorts av övriga analysresultat såsom Los Angeles-värden (jfr. Persson & Schouenborg 1995). Det är dock viktigt att bergkvalitetskartan kompletteras med en detaljundersökning vid prospektering och planering för uttag av berg. Provtagningen har, om ej annat anges, omfattat enskilda bergartsled även i täkt. Dessa redovisade analysresultat överensstämmer följaktligen inte helt med de som erhålls i producerat material.

En del generella slutsatser kan dras av analysresultaten. Kommunens berggrund domineras av granitoider och endast ett fåtal analyser har utförts. Ett stort antal analyser har under senare år gjorts i området Enköping–Uppsala–Stockholm och erfarenheter av resultaten från liknande bergarter där har nyttjats i detta sammanhang. De gnejsiga granitoiderna är främst av klass 2-material men vid detaljundersökning kan troligen klass 1-material påträffas. Detsamma gäller de yngre graniterna där sannolikheten att finna klass 1-material är betydligt större, särskilt bland fin- och jämnkorniga varianter. De strökornsförande, grovkorniga, yngre graniterna av Fellingsbrotyp är av klass 3. Bland dessa finns dessutom risk för förhöjd strålning.

## REFERENSER

- Arnbom J.-O. & Sträng, T., 1998: Berggrundskartan 11 G Västerås SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*.
- Banverket, 1996: BVF 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Janne 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, 1994: *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, 1983: 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, 1991: *Swedish Concrete Association*.
- EN 1097-2, 1998: 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, 1998: Bestämning av flisighetstal. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 210-98, 1998: Bestämning av sprödhetstal. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 221-98, 1998: Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 244-98, 1998: Bestämning av LT-index. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- FAS-metod 259-98, 1998: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- 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. *Cement och Betonginstitutet CBI rapport 4:92*, 74 s.
- Lundegårdh, P.H., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 111*, 75 s.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och geofysiska kartorna Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*, 60 s.
- 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- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik*, SP RAPPORT 1995:49, 42 s.
- 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. & Sträng, M., 2000: Projekt Västra Mälardalen. I H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk*

- undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 60–62.
- 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.
- 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*, pp. 160.

