

Beskrivning till bergkvalitetskartan del av Värmdö kommun

Fanny Hartvig & Malin Sträng



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-845-6

Omslagsbild: Bergkvalitetsprovtagning av väghäll i Värmdö kommun sommaren 2004
(CMT040087B, 6588523/1653579). Foto: Malin Sträng.

© Sveriges geologiska undersökning, 2008
Layout: Agneta Ek, SGU

INNEHÅLL

INLEDNING	5
METODIK	5
ALLMÄN GEOLOGI	6
Svekofenniska ytbergarter	6
Tidigorogena intrusivbergarter	7
Senorogena intrusivbergarter	7
ALLMÄN GEOFYSIK	12
BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR	12
TEKNISKA ANALYSER	13
Kulkvarnsanalys (A_N)	13
Los Angeles-analys (LA)	14
Micro-Deval-analys (M_{DE})	14
Alkalisilikareaktivitetstest (ASR)	14
ÖVRIGA ANALYSER	15
Petrografisk analys	15
Gammastrålningsmätningar	16
KVALITETSKLASSNING AV PROVER	17
Användningsområde vägballast	17
Användningsområde järnvägsmakadam	17
Användningsområde betongballast	18
Användningsområde skyddssten (i pirar och kajer)	18
SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN	19
REFERENS	20

INLEDNING

Bergkvalitetskartan är en tematisk karta som kompletterar SGUs berggrundskarta i skala 1:50 000. Det huvudsakliga ändamålet med kartan är att underlätta en utvärdering av det bästa användningsområdet för olika bergarter, t.ex. ballast för väg, järnväg och betong. I samband med den kommunala översiktsplaneringen ska bergkvalitetskartan kunna erbjuda ett geologiskt underlag för framtida markanvändning och underlätta övergången från grus- till krossbergsproduktion.

Undersökningarna i kartområdet centrala Värmdö har pågått i två omgångar. 1993–1995 gjordes undersökningar inom kartbladsområdet 10I Stockholm NO (Persson m.fl. 1998) och 1995–1999 inom kartbladsområdet 10I Stockholm SO (Persson m.fl. 2000) samt 2003–2005 då bergkvalitetsprovtagningar genomfördes huvudsakligen inom de delar av kartområdena 10J Värmdö NO och SO som ligger inom Värmdö kommun.

Värmdö kommun ligger i Stockholms län och har en total landyta på 438 km² och består av 10 252 öar. Bergkvalitetskartan del av Värmdö kommun täcker 235 km² av kommunens landyta. De öar som det inte finns bro till samt Djurö och Björnö är exkluderade. Värmdö är idag en av landets ur befolkningssperspektiv snabbast växande kommuner med ca 35 000 invånare, med den tidigare bruksorten Gustavsberg som centralort. Fritidsboende och turister gör att antalet personer ökar till ca 100 000 sommartid. I kommunen finns förutom tätorten Gustavsberg även de mindre samhällena Hemmesta, Brunn och Stavnäs.

De moderna berggrundsdatabaserna i skala 1:50 000, 10I Stockholm NO och SO med beskrivningar, täcker ca 24 procent av bergkvalitetskartan del av Värmdö kommun. Resterande ca 76 procent har berggrundskarterats under tiden 2003 till 2005. Platsangivelser i nedanstående text ges med ortsnamn samt Lantmäteriverkets kod för storruta och ekonomisk ruta (t.ex. Tranarö, 10J 5a) eller med koordinater enligt rikets nät (RT 90).

Öster om Gustavsberg (10I 5j) finns det en nedlagd bergtäkt i sedimentådergnejs, som bröts fram till 1999 (Wik m.fl. 2004).

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen (se ovan) och grundar sig på en fältkontroll av de dominerande bergartsenheter. Närmare undersökning har gjorts av 20 lokaler och från var och en av dessa har ca 50–70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. I de fall där berggrunden är heterogen med avseende på mineralogi och kornstorlek har i vissa fall fler än ett prov tagits. Dessutom har fem prover (LEP940022, LEP981001, MPA940004, MPA940005 och MPA940006) inkluderats från tidigare undersökningar i samband med karteringen av 10I Stockholm NO (Persson m.fl. 1998). Vid de provlokaler där det har varit möjligt har det även gjorts mätningar av sprickplanens riktningar samt en bedömning av spricktätheten, spm (sprickor per meter). Tunnslip med täckglas har framställts av bergarter från varje provlokal och ASR-analys (alkalisilikareaktivitet), petrografisk analys, modalanalys samt mikrofotografering har utförts. Spektrometermätningar av gammastrålningen har gjorts på de flesta provlokalerna, men även på andra platser inom kartområdet.

Bergartsstrukturer som foliation och gnejsighet är ihopdragna på bergkvalitetskartan till så kallade strukturella formlinjer för plastisk deformation. Dessa visar bergartens interna struktur. En tolkning av morfologiska lineament (långsträckta sänkor i naturen) har gjorts på underlag i skala 1:50 000 från Lantmäteriverkets höjddatabas. Det är viktigt att notera att dessa lineament inte nödvändigtvis motsvarar verkliga sprickzoner eller förkastningar. Det är dock sannolikt att de utgör svaghetszoner som består av sprickor.

För tolkning av deformationszoner har elektromagnetiska VLF-data samt magnetiska data använts. Från VLF-data framställs en resistivitetskarta över markens ledningsförmåga. Denna utgör ett utmärkt underlag för uppföljning av elektriska ledare, t.ex. spröda deformationszoner (vatten- och lerfyllda svaghetszoner) i berggrunden.

Jorddjup (avståndet till berggrundsytan från markytan) har erhållits från SGUs brunnarsarkiv och redovisas i tre klasser, <2, 2–5 och >5 meter. Totalt redovisas 2 385 brunnar inom kartområdet varav 49 av dessa har ett jorddjup som är större än eller lika med 10 m. Det största jorddjupet, 54 m, finns i en brunn vid Återvall (6575310/1652110) på Ingarö.

ALLMÄN GEOLOGI

Geologin i området är tidigare beskriven av bl.a. Nathorst (1881), Svedmark (1883), Sundius (1939), Möller och Stålhös (1964, 1969), Stålhös (1968, 1969), Persson m.fl. (2001).

Berggrunden inom kartområdet tillhör den svekokarelska orogenesen i den fennoskandiska (baltiska) urbergsskölden. Huvuddelen av bergarterna bildades i samband med den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildande process) för cirka 1 960 till 1 750 miljoner år sedan. Berggrunden utgör en liten del av den vidsträckta, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjezonen. Denna bergskedjezon omfattar hela östra Sverige och delar av västra Finland (jfr Lundqvist 1979). De nedan använda begreppen tidig-, syn- eller senorogen relaterar här till den svekokarelska orogenesens huvudfas (den huvudsakliga deformationen med veckning och regionalmetamorfos), som antas ha ägt rum för mellan 1 880 och 1 800 miljoner år sedan (Lindström m.fl. 2000). De bergarter som omvandlades under den svekokarelska orogenesens huvudfas har prefixet meta- framför sitt namn, t.ex. metagranit.

Kartområdet domineras ytmässigt av svekofenniska ytbergarter (bildade ur sediment avsatta på jordytan) och tidigorogena intrusivbergarter (djupbergarter bildade i jordskorpan). De svekofenniska ytbergarterna består av sedimentådergnejsar (metasedimentära bergarter), som har bildats av ursprungligen leriga och sandiga sediment för ca 1 900 miljoner år sedan på ett underlag som idag inte är blottat (Lindström m.fl. 2000). Sedimentådergnejsarna är vanligen granatförande och har genom förhöjda temperaturer och tryck ådergnejsomvandlats samt migmatitiserats, vilket innebär att granitiska och pegmatitiska ådror, körtlar och partier har bildats i bergarterna. De tidigorogena intrusivbergarterna är ca 1 900–1 880 miljoner år gamla och består till övervägande delen av metagranitoider, men underordnat förekommer mafiska bergarter. Intrusivbergarterna bildades ur större magmakroppar som intruderade de befintliga ytbergarterna.

Under kulminationen av den svekokarelska orogenesen fördes de ovannämnda bergarterna ner till stora djup i jordskorpan och utsattes där för höga tryck och temperaturer (metamorfos). Omvandlingen var lokalt så stark att bergarterna smälte upp och gav upphov till en ny generation av intrusivbergarter som kallas för senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska och är kartområdets yngsta bergarter, cirka 1 840–1 770 miljoner år gamla (Lindström m.fl. 2000). Dessa bergarter förekommer som mindre massiv och gångar spridda över hela kartområdet.

Svekofenniska ytbergarter

Sedimentådergnejsarna (metasedimentära bergarter) utgör drygt hälften av kartområdets berggrund och förekommer framför allt i de centrala delarna. Sedimentådergnejsarna är grå och utgörs huvudsakligen av glimmerrika samt kvarts- och fältspatrika led som vanligtvis växlar mellan cm-skala och dm-skala. De är genomgående ådergnejsomvandlade och delvis, i varierande grad, migmatitomvandlade (fig. 1). I sedimentådergnejsarna finns det gångar eller lager av mafiska bergarter, som huvudsakligen ligger parallellt med skiffriheten, och partier av gnejsiga metagranitoider (tidigorogena intrusivbergarter). Ådergnejsomvandlingen av de metasedimentära bergarterna definieras, på mm- till cm-skala, av ljusa kvarts- och fältspatdominerande band omväxlande med mörkare, glimmerrika band. Migmatitiseringen representeras av ljusa kvarts- och fältspatdominerande oregelbundna partier (neosom eller leukosom) av granitisk sammansättning.

I sedimentådergnejsarna finns det över hela kartområdet cm- till dm-breda biotit- och pyritrika rostzoner, som tolkas som oxiderade sulfidhorisonter. Rostzonerna verkar följa en ursprunglig lagring eller



Fig. 1. Migmatitiserad och ådergnejs-omvandlad metasedimentär bergart med en gång av yngre granit (6577135/1660511). Ej provtagen. Foto: Fanny Hartvig.

följa krosszoner då sådana existerar. I vägskärningarna längs med väg 222 vid Våmfjärden (10J 5 b) kan rostfärgade partier med kraftigt vittrad sedimentådergnejs observeras.

Av bergkvalitetsproverna är sju stycken tagna i sedimentådergnejserna (tabell 1): DAN040031A, FHA030319A, FHA051098A, LEP981001, MPA030113A, MPA040001A och MPA040042A. Mineralfördelningen i de analyserade proverna redovisas i tabell 2.

Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna utgör knappt hälften av kartområdets berggrund och förekommer som större massiv i den södra och den norra delen och som linser tillsammans med sedimentådergnejserna. De tidigorogena metaintrusiva bergarterna består av mer eller mindre deformerade och omvandlade metagraniter, metagranodioriter, metatonaliter, metakvartsdioriter, metadioriter och metagabbror, där metagranodiorit och metatonalit dominerar (fig. 2, 3 och 4). De är vanligtvis tydligt folierade eller stängliga, lokalt ådergnejsomvandlade och migmatitiserade, främst i de nordöstra och sydöstra delarna av kartområdet.

Intrusivbergarterna är övervägande ojämnkorniga och medelkorniga till grovkorniga i den norra delen av kartområdet och finkorniga till medelkorniga i den södra delen. Metagraniterna och metagranodioriterna är grå till gråröda. Metatonaliterna, metakvartsdioriterna, metadioriterna och metagabborna är mörkt grå till svarta. Delar av massiven med tidigorogena intrusivbergarter, huvudsakligen de granitiska och granodioritiska partierna, är porfyrisk (fig. 5). I området kring Vaxholm benämns ofta de porfyrisk metagranitoiderna för Vaxholmsgranitoid.

Av bergkvalitetsproverna är 16 stycken tagna i de tidigorogena intrusivbergarterna (tabell 1): CMT040051A, CMT040086A, CMT040087A, CMT040087B, FHA030298A, FHA040111A, FHA040136A, FHA040200A, FHA051021A, FHA051107A, LEP940022, MPA940004, MPA940005, MPA940006, MPA040041A och MPA040043A. Mineralfördelningen i de analyserade proverna redovisas i tabell 2.

Senorogena intrusivbergarter

De senorogena intrusivbergarterna utgör spridda, mindre massiv och gångar och består huvudsakligen av felsiska led (graniter, granodioriter, pegmatiter och apliter) samt underordnat mafiska led med en dioritisk

Tabell 1. Tekniska analysvärden och användbarhetsklassificering av prover från Värmdö kommun för betong (B), järnväg (J) och väg (V). A_N = kulkvarnsvärde, LA-tal = Los Angeles-tal, M_{DE} = Micro-Deval-värde, Ra = Radiumindex, Ga = Aktivitetsindex, ASR = Alkalisilikaaktivitet, spm = sprickor per meter.

ID-nr SGU	Bergart	N-S-koord			Ö-V-koord			Densitet	A _N	LA-tal		M _{DE}	Ra	Ga	ASR	spm	Bergkvalitetsklass		
								g/cm ³	%	%	%	%					B	J	V
CMT040051A	Diorit, mörkt grå, medelkornig, folierad	6585186	1653348	2,87	19,6	14,4	14,7	0,1	0,3	I	1	1,5	2	3					
CMT040086A	Granit, rödgrå, finkornig till medelkornig, ojämnkornig, folierad	6587691	1651632	2,64	7,3	17,0	0,2	1,1	II			2	1	1					
CMT040087A	Kvartsdiorit, grå, medelkornig till grovkornig, jämnkornig, folierad	6588523	1653579	2,81	12,0	17,2	0,1	0,2	I	1	1	1	1	2					
CMT040087B	Granit, rödgrå-gråröd, medelkornig, porfyrisk, folierad	6588523	1653579	2,67	10,1	18,4	0,3	1,4	II	1	1	2	1	1,5					
DAN040031A	Sedimentådergnejs, grå, medelkornig till grovkornig, ojämnkornig, folierad, mignatitisk	6581695	1655407	2,71	13,9	18,8	9,3	0,1	0,8	I	3	1,5	3	2					
FHA030298A	Tonalit, mörkt grå, finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig	6576416	1650920	2,82	13,2	16,2	0,3	0,5	I	2	2	1,5	2	2					
FHA030319A	Sedimentådergnejs, vit-ljust grå, finkornig till medelkornig, ojämnkornig, gnejsig	6577197	1652595	2,69	14,8	22,2	0,2	1,3	I	4	2	1	2	2					
FHA040111A	Granit, vit-rödgrå, finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig, folierad	6572125	1654083	2,62	8,4	21,8				I	3	1	1	1					
FHA040136A	Tonalit, mörkt grå, finkornig, ojämnkornig, folierad	6570032	1654429	2,95	16,5	17,6	0,1	0,4	I	3	1	1	1	2					
FHA040200A	Tonalit, mörkt grå, finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig, folierad	6575330	1659290	2,83	14,1	13,8	11,0	0,1	0,3	I	2	1	1	2					
FHA051021A	Tonalit, grå, finkornig till medelkornig, ojämnkornig, folierad	6577630	1665106	2,70	14,1	24,4	0,2	0,4	II	2	1	1	1	2					
FHA051098A	Sedimentådergnejs, grå, finkornig till grovkornig, ojämnkornig, folierad, mignatitisk	6580201	1661189	2,96	14,8	12,6				I		1	1	2					
FHA051107A	Diorit, mörkt grå-svart, finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig, folierad	6576164	1649409	2,74	10,3	16,4				I	2	1	1	2					
LEP940022	Tonalit, mörkt grå, fint medelkornig, folierad	6578700	1647270	2,8	9,9	22,7	9,2			3	4	2	2	1,5					
LEP981001	Samlingsprov ¹ , folierade	6579720	1649110	2,67	14,3	30 ²								2					
MPA940004	Tonalit, mörkt grå, finkornig, folierad	6578560	1647970	2,79	10,8					1		1	1	2					
MPA940005	Mylonit, rödsvart, finkornig till medelkornig, folierad	6577130	1647880	2,85	16,4					3	3	3	1,5	2					
MPA940006	Granit, röd, finkornig, porfyrisk, folierad	6577540	1648760	2,66	8,4	19,3				4		3	2	1					
MPA030113A	Sedimentådergnejs, grå, finkornig till medelkornig, ojämnkornig, förskiffrad, gnejsig	6580920	1651825	2,74	14	19,4				III ³	3	2,5	1	2					
MPA030115A	Granodiorit, yngre, grå, finkornig till medelkornig, jämnkornig, folierad	6580685	1652030	2,68	6,9	13,7	0,2	1,5	III			3	2	1					
MPA040001A	Sedimentådergnejs, grå, finkornig till medelkornig, ojämnkornig, gnejsig	6579440	1646800	2,78	17,3	23,5	0,1	1,2	II			2	1	2					
MPA040001B	Granit, yngre, grå, finkornig till fint medelkornig, jämnkornig	6579440	1646800	2,70	8,6	15,7	0,2	1,1	III			2	2	1					
MPA040041A	Granodiorit, grå, medelkornig, ojämnkornig, porfyrisk, folierad	6576370	1650835	2,68	9,1	17,8	0,2	0,8	III	2	2	2	1	1					
MPA040042A	Sedimentådergnejs, grå till ljust röd, finkornig till grovkornig, ojämnkornig, mignatitisk	6576916	1659699	2,64	9,5	21,1	0,1	0,5	I	3	1	1	1	1					
MPA040043A	Granit, grå, medelkornig, ojämnkornig, folierad	6572135	1656650	2,67	8,2	14,6	0,1	0,7	II	2	1	1	1	1					

¹ Uppslagsprov, 8–16 mm, Gustavsberg bergtäkt (nedlagd), sedimentådergnejs.

² Los Angeles-tal konverterat genom sprödhetstalet (LA = (s-26,1)/0,82).

³ Konverterad från CBIs tvågradiga skala till den tregradiga skalan (I–III) enligt RILEM AAR-1 (2000), genom en jämförelse med tunnslip från närliggande provtagningspunkter som är klassade enligt RILEM AAR-1 (2000).

Tabell 2. Mineralfördelningen (volymprocent) och kornstorleken i de analyserade bergartsproverna från Värmdö kommun. Mineralfördelningen i bergkvalitetssprovet LEP981001 har ej bestämts då detta prov utgörs av ett upplagsprov. Kva = kvarts, K-fsp = kalifältspat, Plg = plagioklas, Bio = biotit, Mus = muskovit, Hbl = hornblände, Gr = granat, Crd = cordierit, Sill = sillimanit, Ser = sericit, Kls = klorit, Epi = epidot, Kal = kalcit, Opa = opakt, Övr = övrigt, + = <0,2 %.

ID-nr SGU	Bergart	Kornstorlek	Kva	K-fsp	Plg	Bio	Mus	Hbl	Gr	Crd	Sill	Ser	Kls	Epi	Kal	Opa	Övr
CMT040051A	Kvartsdiorit	Fin-till medelkornig	9,2		39	27		21,6				2,8					0,4
CMT040086A	Granit	Finkornig till fint medelkornig	45,2	19	19	4,4	+					5,4	7				
CMT040087A	Kvartsdiorit	Fin-till medelkornig	10,4		54,8	11		16,2				6,8		+	0,2	0,6	+
CMT040087B	Granit	Fin-till grovkornig	39	21,6	19,8	12,2	+	+				6,6		0,8	+	+	+
DAN040031A	Sedimentådergnejs	Mycket finkornig till grovkornig	38,2	3	24,4	27,8	+		0,8	+		4,8	1			+	+
FHA030298A	Tonalit	Finkornig till fint medelkornig	19,4	0,8	40	24,2		15				+				0,4	0,2
FHA030319A	Sedimentådergnejs	Fin-till grovkornig	25,6	0,6	59,8	0,2	+		7			4,2	2	+		0,6	
FHA040111A	Granit	Fin-till medelkornig	33,2	40,2	22,2	3,8	+		+			+	+	0,2		0,4	+
FHA040136A	Tonalit	Finkornig till fint medelkornig	18,6		31,6	14,2		21,4	0,2			9,2	3,6	+	+	0,2	1
FHA040200A	Tonalit	Fin-till medelkornig	20,8		35,4	4,2		9,2				10,4	17	1,2	1,6	0,2	+
FHA051021A	Tonalit	Fin-till medelkornig	37,2		44,6	12		1,8				0,2	0,8	0,2		0,8	2,4
FHA051098A	Sedimentådergnejs	Fin-till grovkornig	39,6	+	47,2	8						1,8	2,6	0,2	0,2	0,4	+
FHA051107A	Diorit	Fin-till medelkornig	0,6		37,2	8,4		43,4					5,4	3,4		0,4	1,2
LEP940022	Tonalit	Fint medelkornig	24		36,0	23		17						+	+		
MPA940004	Tonalit	Finkornig	15	3	38	3	+	25					11	3	1		1
MPA940005	Mylonit	Fin-till medelkornig	19	8	30	+	+	21					16	3	1		2
MPA940006	Granit	Finkornig	29	21	29	21								+			+
MPA030113A	Sedimentådergnejs	Fin-till medelkornig	29,6	12,5	28,5	7,4	9,1		0,3			2,1	4,6	+	0,7	1	4,2
MPA030115A	Granodiorit	Finkornig till fint medelkornig	43,2	5	20,6	21,8	0,6		0,2			5,8	2,6			0,2	+
MPA040001A	Sedimentådergnejs	Finkornig till fint medelkornig	37,4	32,4	20,8	7	+		0,8	0,8	+	0,8				+	+
MPA040001B	Granit	Finkornig till fint medelkornig	31,8	23,2	24	18	1,2					+	0,2	1		+	0,6
MPA040041A	Granodiorit	Fin-till grovkornig	35,2	12,2	34,2	9,2		+				6,4	0,6	1,4		+	0,8
MPA040042A	Sedimentådergnejs	Fin-till grovkornig	28,8	36,6	32,6	0,2						1,2	+		0,2	0,2	0,2
MPA040043A	Granit	Fin-till medelkornig	32	29,2	26	8		2,4				0,2		1,2	+	0,2	0,8

till gabbroid sammansättning. Graniterna kallas i denna region vanligen Stockholmsgranit. I gångform dominerar pegmatit och lokalt övergår granit, pegmatit och aplit i varandra. En U-Pb-datering gjord på zirkon från en diorit vid Sandviken (10J 6a) strax norr om Hemmesta gav åldern $1\,794 \pm 8$ miljoner år (Sträng m.fl. 2005). Dateringen kan jämföras med en U-Pb-datering på zirkon från en granit vid Frescati (Stockholm NO) som gav åldern $1\,803 \pm 23$ miljoner år (Ivarsson & Johansson 1995).

Graniterna och granodioriterna är vanligtvis finkorniga till fint medelkorniga, jämnkorniga och ljusgrå till rödgrå (fig. 6). Pegmatiterna är grovt medelkorniga till grovkorniga, ljusgrå och röda till vita och förekommer som gångar eller oregelbundna mindre massiv. Apliterna är finkorniga och ljusgrå och röda till vita med så gott som total avsaknad av mörka mineral. De mafiska bergarterna är övervägande finkorniga till fint medelkorniga, jämnkorniga och mörkt grå till svarta.

Av bergkvalitetsproverna är två stycken tagna i de senorogena intrusivbergarterna (tabell 1): MPA030115A och MPA040001B. Mineralfördelningen i de analyserade proverna redovisas i tabell 2.



Fig. 2. Grå, porfyrisk metagranodiorit från en väghäll öster om Brunn. Bergkvalitetsklass 1 (väg). MPA040041 (6576370/1650835). Foto: Malin Sträng.



Fig. 3. Mörkgrå, folierad metatonalit från en väghäll söder om Hasselmara. Bergkvalitetsklass 2 (väg). FHA040200 (6575386/1659175). Foto: Malin Sträng.



Fig. 4. Mörkgrå, folierad metadiorit från en väghäll väster om Ängsvik. Bergkvalitetsklass 3 (väg). CMT040051 (6585186/1653348). Foto: Malin Sträng.



Fig. 5. Rödgrå, porfyrisk metagranit från en väghäll norr om Ängsvik. Bergkvalitetsklass 1,5 (väg). CMT040087 (6588523/1653579). Foto: Malin Sträng.



Fig. 6. Grå, folierad yngre granodiorit från en väghäll vid Hemmesta. Bergkvalitetsklass 1 (väg). MPA030115 (6580685/1652030). Foto: Malin Sträng.

ALLMÄN GEOFYSIK

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

Elektromagnetiska VLF-data ligger till grund för kartan över markens resistivitet som visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Information om markens ledningsförmåga används i första hand som underlag för tolkning av spröd tektonik. Vattenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden uppträder på resistivitetskartan som långsträckta anomalier med låg resistivitet. Även grafit- och magnetkisförande bergartsled kan identifieras på resistivitetskartan. Hällfrekvensen är hög inom hela kartområdet varför resistivitetskartan även visar skillnader i berggrundens resistivitet. De ådergnejs- och migmatitomvandlade sedimentådergnejserna på Värmdölandet har en betydligt lägre resistivitet i jämförelse med metagranitoiderna i den norra delen av kartområdet och i söder på Ingarö.

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

Den magnetiska anomalikartan över kartområdet visar varierande magnetiseringsnivåer över en stor del av kartområdet. På anomalikartan framträder ett tydligt bandat mönster med en storskalig veckstruktur i de centrala delarna av området på Värmdölandet. Berggrunden består här av sedimentådergnejs. De högmagnetiska anomalierna som stryker huvudsakligen i öst-västlig riktning kan kopplas till sulfidförande bergartsled inom sedimentådergnejserna. På några lokaler har en hög magnetisk remanens uppmätts vilket tyder på förekomst av magnetkis. De lågmagnetiska delarna av sedimentådergnejserna kan kopplas till områden med kraftig migmatitisering. På den magnetiska anomalikartan framträder även ett antal dislokationer i det magnetiska mönstret som tyder på förkastningar. Den tydligaste dislokationen går i nord-sydlig riktning mellan Farstalandet och Värmdölandet.

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

BERGGRUNDENS STRUKTURER, DEFORMATIONSZONER OCH SPRICKOR

Berggrunden i kartområdet har varit utsatt för plastisk och spröd deformation. Den plastiska deformationen har resulterat i en penetrativ (genomgripande) foliation eller gnejsighet i bergarterna eller veckning av lagrade eller bandade bergarter. Den spröda deformationen har resulterat i sprickor och förkastningar.

De plastiska strukturerna (strukturella formlinjer för plastisk deformation) i bergarterna har främst västnordvästlig till västsydvästlig strykningsriktning. Det är naturligt att en uppsprickning av bergarterna företrädesvis följer dessa riktningar, men i vilken omfattning är oklart. På sydöstra Ingarö (Klacknäset, 10J 3 b, Eknäs, 10J 4 b) är de tidigorogena intrusivbergarterna kraftigt plastiskt deformerade och ställvis mylonitiserade. De spröda strukturerna i kartområdet har främst nordvästlig och nordöstlig strykningsriktning. De framträder främst som lerfyllda dalar och långsträckta sjöar.

Orienteringen (strykning och stupning) av sprickor som är längre än 0,5 meter och som korsar en 10 meter lång profil har mätts på 14 av provlokaler. Mätresultaten redovisas i stereogram i kartmarginalen. Sprickfrekvensen redovisas som sprickor per meter (spm). Totalt mättes 298 sprickor. Sprickplanen i stereogrammen visar följande huvudsakliga trender (med de dominerande sprickgrupperna först):

N = stupar brant mot O och V

O = stupar vertikalt till brant mot N till flackt mot S

OSO = stupar brant mot NNO och SSV
 ONO = stupar brant mot NNV och SSO
 NO = stupar brant mot NV till flackt mot SO
 NNO = stupar vertikalt till brant mot OSO och VNV
 SO = stupar vertikalt till brant mot SV
 SSO = stupar brant mot ONO till flackt mot VSV

TEKNISKA ANALYSER

Bergmaterialet för tekniska analyser har huvudsakligen tagits i sprängda väghållar med friska blottningar med hjälp av slägga och spett. Omkring 50–70 kg bergmaterial har tagits vid varje lokal för kulkvarns- (A_N), Los Angeles- (LA), micro-Deval- (M_{DE}) och alkalisilikareaktivitetsanalyser (ASR) och resultaten redovisas i tabell 1. Även resultat från äldre undersökningar (fem prover) från kartbladet 10I Stockholm NO (Persson m.fl. 1998) redovisas.

Vid provtagningen strävar man efter att täcka in samtliga bergartstyper i området, men lokalerna är även valda efter var det har varit praktiskt möjligt att provta. Vid varje lokal har stor vikt lagts vid att provmaterialet ska vara representativt för området. Totalt har 20 nya prover tagits vid 18 lokaler. Gammastrålningsmätning har skett vid de flesta av dessa lokaler.

Från och med 2003 har A_N -, LA- och M_{DE} -analyserna utförts vid MRM Konsult AB (Mark, radon och miljö) i Luleå och analyserna av ASR har utförts vid CBI (Cement och Betong Institutet) i Stockholm. De äldre A_N -analyserna är gjorda vid SGU i Uppsala och LA- och ASR-analyserna vid SP (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) i Borås.

Kulkvarnsanalys (A_N)

Kulkvarnsvärdet är ett mått på bergarternas nötningsmotstånd (dubbdäcksslitage). Analyserna på proverna från och med 2003 har utförts enligt FAS Metod 259-02 (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige), vilket motsvarar Nordiska kulkvarnsmetoden SS-EN 1097-9 (Svensk standard 2004a). Analyserna på proverna äldre än 2003 är gjorda enligt en tidigare version av samma metod.

Krossning har utförts i en rotationskross med 30 mm utloppsspalt och i en laboratoriekäftkross med en utloppsspalt inställd på 16 mm. Grovsiktning har skett i en maskinskak och finsiktning i en skakapparat enligt FAS-metod 221-02. Den analyserade fraktionen är 11,2–16 mm. Under laboratoriekrossningen har även harpsiktning skett med spaltvidden 6,3 mm för att avlägsna de flisigaste kornen och erhålla ett flisighetstal (jfr FAS-metod 209-98) som motsvarar storproduktionsdrift, då materialet nöts under längre tid. Analys har delvis gjorts på enkelprov och delvis på dubbelprov. Kulkvarnsvärdena (A_N) presenteras i tabell 1. Medelvärden för de olika bergartsenheter redovisas i tabell 3.

Dioriterna ger de högsta (sämsta) kulkvarnsvärdena, mellan 10,3 % och 19,6 %. De lägsta (bästa) värdena ger en yngre granit och en yngre granodiorit, mellan 6,9 % och 8,6 %, samt de äldre graniterna, mellan 8,2 % och 10,1 %.

Tabell 3. Medelvärde av kulkvarnsvärde och Los Angeles-tal för de analyserade bergartsenheter i Värmdö kommun.

Bergartsgrupp	Kulkvarnsvärde, %			Los Angeles-tal, %		
	Spridning	Medelvärde	Antal prover	Spridning	Medelvärde	Antal prover
Sedimentådergnejs	9,5–17,3	14,1	7	12,6–30	21,1	7
Granit	8,2–10,1	8,5	5	14,6–21,8	18,2	5
Granodiorit	9,1–16,4	12,8	2		17,8	1
Tonalit	9,9–16,5	13,1	6	13,8–24,4	18,9	5
Kvartsdiorit		12,0	1		17,2	1
Diorit	10,3–19,6	15,0	2	14,4–16,4	15,4	2
Granit, yngre		8,6	1		15,7	1
Granodiorit, yngre		6,9	1		13,7	1

Los Angeles-analys (LA)

Los Angeles-talet (LA-talet) är ett mått på bergarternas motstånd mot fragmentering (sprödhet). Analyser på prover har utförts enligt SS-EN 1097-2 (Svensk standard 1998). Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har gett ett flisighetstal för samtliga bergartsmaterial på 1,30–1,40, vilket innebär att analysresultaten är jämförbara. LA-talet har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm. Resultaten presenteras i tabell 1. Medelvärden för de olika bergartsenheterna redovisas i tabell 3.

Ett äldre prov (LEP981001) har analyserats med avseende på sprödhetstalet, s (jmf Persson & Schouenborg 1995). En god korrelation finns mellan sprödhetstal (s , 8–11 mm, FAS-metod 210-01) och LA-värde (LA, 10–14 mm): $s = 0,82 \times LA + 26,1$ alternativt $s = 20,9 \times \ln(LA) - 19,2$ (Stenlid 1996), av vilken anledning det förra kan uppskattas med hjälp av det senare. Sprödhetstalet från LEP981001 har därför konverterats till ett LA-tal.

De basiska bergarterna (kvartsdiorit och diorit), den yngre graniten och den yngre granodioriten ger låga (bra) värden, mellan 13,7 % och 17,2 %, medan sedimentådergnejserna och de folierade granitoiderna (granit och tonalit) ger högre (sämre) värden, mellan 18,8 % och 30 %.

Micro-Devalanalys (M_{DE})

Micro-Devalvärdet (M_{DE}) är ett mått på bergarternas nötningsmotstånd och metoden är snarlik kulkvarnsmetoden. Obundna lager i vägkonstruktion är kravsatta med M_{DE} -metoden och inom de närmsta åren kan denna helt komma att ersätta kulkvarnsmetoden, varför en lokal korrelation mellan de två metoderna anses vara nödvändig att göra. Krossning och siktning har skett på samma sätt som för kulkvarnsanalyserna. Detta har gett ett flisighetstal för samtliga bergartsmaterial på 1,30–1,40, vilket innebär att analysresultaten är jämförbara. Micro-Devalvärdet (M_{DE}) har därefter bestämts på enkelprov med storleksfraktionen 10–14 mm enligt SS-EN 1097-1 (Svensk standard 1997). Provningsen har gjorts med tillsats av vatten. Micro-Devalvärdena (M_{DE}) presenteras i tabell 1.

Inom kartområdet har fyra prover analyserats med denna metod. De lägsta (bästa) värdena ger en folierad tonalit (9,2 %, LEP940022) och en sedimentådergnejs (9,3 %, DAN040031A). Det högsta (sämsta) värdet ger en folierad diorit (14,7 %, CMT040051A).

Alkalisilikareaktivitetstest (ASR)

Alkalisilikareaktivitet (ASR) betyder att alkalimetaller i cementen förenas med reaktiv kvarts i stenmaterialet till en alkalisilikagel (Lagerblad & Trädgårdh 1992). Den senare kan i vissa fall expandera och därmed innebära risk för att betongen spricker. Exempel på reaktiva mineral och texturer är i fallande reaktivitetsskala: opal (amorf kvarts), cristobalit, tridymit, deformerad kvarts ("ribbon quartz"), suture-rade kornfogar och mikrokristallin kvarts.

Bedömningen av risken för ASR baseras på RILEM AAR-1 (RILEM 2000). På proverna analyserade vid Cement och Betong Institutet (CBI) har en tregradig skala använts: I. mycket osannolikt alkalireaktiv, II. osäker eller potentiell risk, III. mycket sannolikt alkalireaktiv. På proverna analyserade vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) har en fyrgradig skala använts: 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). Resultaten presenteras i tabell 1.

Tunnslipen från alla prover, utom LEP981001, har analyserats. Fem bergarter, samtliga provtagna 1–5 km söder till sydost om Gustavsberg, ger en potentiell ASR-risk: en porfyrisk granit (MPA940006), en porfyrisk granodiorit (MPA040041A), en yngre granit (MPA04001B), en yngre granodiorit (MPA030115A) och en sedimentådergnejs (MPA030113A).

ÖVRIGA ANALYSER

Petrografisk analys

Bergartsprovernas sammansättning och de ingående mineralens mängdförhållanden har bestämts genom punkträkning av 500 punkter på en ca 20 × 25 mm stor yta med transmissionsmikroskopi. Resultaten redovisas i tabell 2. Vidare har en uppskattning av de ingående mineralalkornens storlek och bedömning av kornfogar genomförts.

Förhållandena mellan de viktigaste bergartsbildande ljusa mineralen kvarts, kalifältspat (mikroklin) och plagioklas bestämmer hur bergarterna ska benämnas. Dessutom noteras förekomsten av olika mineral som finns i betydligt mindre mängder, s.k. accessoriska mineral. En sammanställning av mineralfördelningen i de olika bergartsgrupperna inom kartområdet redovisas i figur 7. På grund av inhomogeniteten i sedimentådergnejserna är det svårt att utifrån ett tunnslip (20 × 25 mm stora) göra en korrekt bedömning av mineralsammansättningen.

Speciellt kvarts- och glimmerinnehållet är av betydelse för bergartens tekniska egenskaper medan exempelvis sulfidhalten kan få stora konsekvenser för miljön. Om andelen sulfidmineral är högre än 0,3 volymprocent bör bergarten analyseras kemiskt för att bestämma totalhalten av svavel, innan den används till betong. Svavelhalten i en bergart korrelerar normalt mot mängden sulfidmineral. Sulfider som kommer i kontakt med vatten och syre, vid t.ex. krossning, kan oxidera varvid pH-värdet i vattnet sänks. Vid låga pH-värden kan även metaller frigöras och gå i lösning i lakvattnet. Lakvatten med lågt pH och höga metallkoncentrationer kan orsaka skador på djur och växtlivet.

Prov med hög andel opaka mineral bör undersökas med reflektionsmikroskopi så att andelen sulfidmineral kan bestämmas.

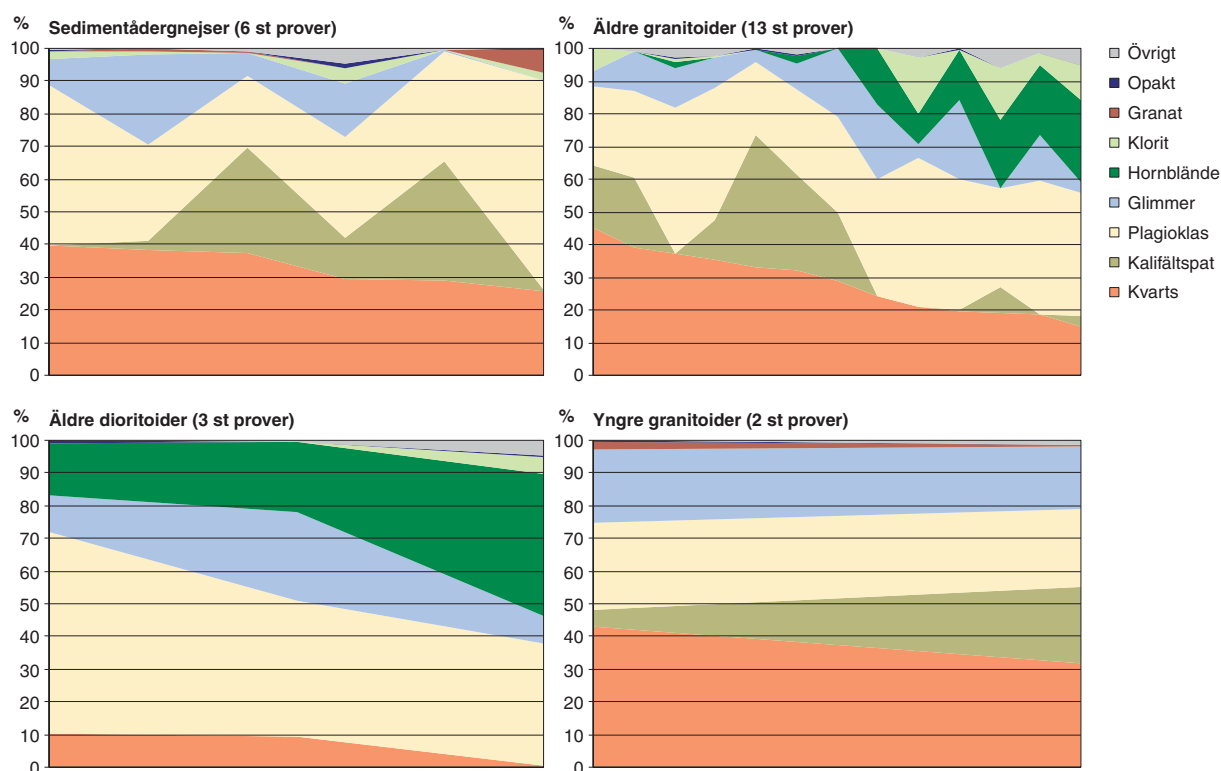


Fig. 7. Mineralfördelningen i de dominerande bergarterna inom kartområdet.

Gammastrålningsmätningar

Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts vid berggrundskartering för att identifiera bergarter med risk för förhöjda radonvärden. Genom sina 15 miljömål har regeringen med delmålet *Säker strålmiljö* gett direktiv om hur människan ska skyddas mot skadlig strålningspåverkan i byggnader och alla övriga slags anläggningar. Strålskyddslagen behandlar strålningsrelaterade frågor i miljön generellt och har gett Statens strålskyddsinstitut (SSI) i uppdrag att utforma ramarna för strålningspåverkan och föreskrifter om strålningsskyddade miljöer. Bergkvalitetskartan ger punktvisa uppgifter om berggrundens naturliga gammastrålning i form av radiumindex och aktivitetsindex.

Gammastrålningsmätningar på berghällar har utförts på ca 160 platser inom kartområdet. Härvid har den totala gammastrålningen samt halten av kalium-40, uran-238 och torium-232 bestämts. Radiumindex och aktivitetsindex har beräknats för samtliga mätpunkter och lagrats i SGUs databaser. Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och ska för byggnadsmaterial vara mindre än 1,0 (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.

Halterna av kalium, uran och torium redovisas i massandelar som procent för kalium och miljondelar (ppm) för uran och torium. Halterna kan omräknas till Bq/kg enligt följande:

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

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

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

Aktivitetsindex m_γ är beräknad enligt:

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

där C_K , C_{Ra} och C_{Th} är koncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000).

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

Kartan över markens naturliga gammastrålning visar en förhöjd gammastrålning speciellt över de områden som består av sedimentådergnejs. Uppföljning med gammastrålningsmätningar på berghällar visar att det är de migmatitomvandlade partierna som har kraftigt förhöjda toriumhalter. Toriumhalterna för dessa bergarter varierar huvudsakligen mellan 40 och 60 ppm, men halter upp till 140 ppm har uppmätts. De mer opåverkade och glimmerrika partierna av sedimentådergnejs uppvisar en betydligt lägre gammastrålning med toriumhalter som huvudsakligen varierar mellan 5 och 20 ppm. Sedimentådergnejserna visar inte några förhöjda halter av uran.

Även områden med yngre granit (Stockholmsgranit) har hög gammastrålning. I likhet med de migmatitomvandlade sedimentådergnejserna är det främst toriumhalten som är förhöjd (varierar mellan 40 och 100 ppm). Aktivitetsindex större än 2,0 har erhållits på totalt 15 lokaler inom kartområdet.

Pegmatiter har ofta förhöjda halter av både uran och torium. På sju lokaler har uranhalter över 16 ppm uppmätts vilket motsvarar radiumindex större än 1,0. Det högsta värdet på 125 ppm uran, vilket motsvarar ett radiumindex på 7,7, har uppmätts i en pegmatit på sydvästra Ingarö.

De tidigorogena intrusivbergarterna uppvisar generellt en låg gammastrålning. För granitoiderna varierar kaliumhalten mellan 1,0 och 4,3 vilket återspeglar granitoidernas sammansättning från tonalit till granit. De intermediära till basiska bergarterna (kvartsdioriter, dioriter och gabbror) har lägst gammastrålning. Figur 8 visar en sammanställning över kalium- och toriumhalter för olika bergartstyper inom kartområdet.

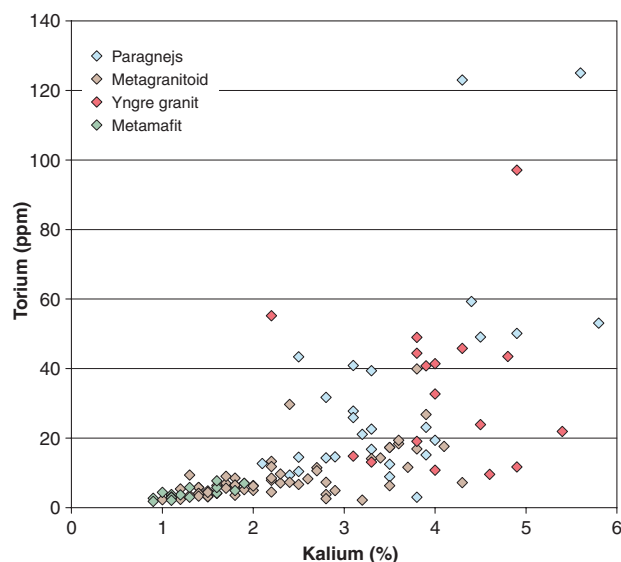


Fig. 8. Resultat från gammastrålningsmätningar på berghäl-
lar inom kartområdet. Diagrammet visar medelvärden av
kalium- och toriumhalten från tre mätningar per häll.

KVALITETSKLASSNING AV PROVER

En bedömning har gjorts av användbarheten av analyserade bergarter (tabell 1) till vägmakadam, järnvägmakadam (spårballast) och betongballast (jfr Persson och Schouenborg 1995, 1996).

Användningsområde vägballast

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial i väg grundar sig på Vägverkets (2004) fastställda krav i ATB VÄG 2004. Klassningen av proverna (tabell 1) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt både som slitlager*, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <10 % och Los Angeles-tal <30 %. * = Ej till slitlager för vägar med höga ÅDT-tal (årsmedeldygnstrafikstal, t.ex. motorvägar etc.). Då krävs kulkvarnsvärde <7 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
Klass 1.5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet kan användas till färre beläggningstyper för slitlager än klass 1, massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager. Kulkvarnsvärden <18 % och Los Angeles-tal <30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.
Klass 2.5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Produktion som slitlager och massabeläggningar är starkt begränsad till obefintlig. Produktion som bärlager och förstärkningslager är fortfarande möjligt. Kulkvarnsvärden >18 % eller Los Angeles-tal >30 %. Se vidare krav i ATB VÄG 2004.

Användningsområde järnvägmakadam

Kvalitetsklassningen för användning av stenmaterial som spårballast grundar sig på krav uppställda i BVS 585.52 (Banverket 2004). Kraven är en nationell anpassning av produktstandarden för makadamballast för järnvägar, SS-EN 13450 (Svensk standard 2003). Glimmerhalten bör vara låg (<25 %), då den vanligen sänker hållfastheten, minskar bergartens förmåga att motstå vittring samt ger olämpliga kornformer vid alltför höga koncentrationer. Kvartsrika bergarter ska undvikas på grund av att de kan orsaka skador på lungorna. Motstånd mot fragmentering ska minst uppfylla kraven för kategori LA_{RB}20 (Los Angeles-tal ≤20 viktsprocent), bestämd på fraktionen 31,5–50 mm (vilket ungefär motsvarar ett Los Angeles-tal på 30 %, bestämd på 10–14 mm). Vattenabsorptionen, enligt SS-EN 1097-6 (Svensk standard 2004b), får inte överstiga 1 %. Den färdiga produkten bör ha en så kantig, kubisk form som möjligt. LT-index (längd och tjocklek) ska, enligt SS-EN 933-4 (Svensk standard 2004c), vara lägst 20. Vidare finns krav

på kornlängden införda i BVS 585.52 (Banverket 2004). Klassningen av proverna (tabell 1) är gjorda enligt följande:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som järnvägsmakadam. Det klarar alla av Banverket (2004) föreskrivna krav för järnvägsmakadam (BVF 585.52): sprödhetstal <50 % alt. LA-tal <30 %, glimmerhalt <15 % (utan olämplig textur som spaltbara glimmerplan), ej kvartsit, vattenabsorption <1 %.
Klass 1.5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som järnvägsmakadam. Glimmerhalt >15 % alternativt heterogena partier med lokalt kraftigt förhöjd glimmerhalt. Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2.5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Bergmaterialet bedöms inte kunna användas som järnvägsmakadam och anses inte klara Banverkets (2004) föreskrivna krav (BVF 585.52).

Användningsområde betongballast

Kvalitetsklassningen för betong är främst erfarenhetsbaserad, en samlad bedömning av kvalitativa parametrar. Det som har legat till grund för klassningen är egenskaper som gammastrålning, mineralsammansättning (t.ex. glimmerinnehåll), omvandlingsgrad, kornstorlek, förekomst av alkalisilikareaktivt mineral och sulfider, struktur och kornfogning, se vidare BBK 04 (Boverket 2004), SS 13 70 03 (Svensk Standard 2004d), SS-EN 1097-6 (Svensk Standard 2004b) och Concrete report No.1 (Swedish concrete association 1991). Tre klasser har använts (1–3). Klass 1 omfattar bergarter med normalt goda egenskaper för betongberedning. Klass 2-bergarter har tämligen goda egenskaper men bör ej användas i betong-aggressiv miljö utan förprovning och klass 3-bergarter har generellt dåliga egenskaper och bör undvikas eller eventuellt förprovas. Bergarter för högtrafikerade betongvägar, dvs. med en materialkvalitet motsvarande den hos kvartsit eller porfyr, bedöms ej finnas i kartområdet. Klassningen av proverna är gjorda enligt följande generella indelning:

Klass 1	Bergmaterialet bedöms vara lämpligt som betongballast och anses klara föreskrivna krav eller rekommendationer. Detta innebär låg till moderat glimmerhalt, låg halt av vittringsbenägna och skadliga mineral (sulfider, salter, svällare, alkalisilikareaktiva mineral, RILEM Recommended test method AAR-1 2000), låg porositet, vattenabsorption <1,0 %. Ballasten ska dessutom ej överstiga 1,0 i radiumindex eller 2,0 i aktivitetsindex.
Klass 1.5	Gränsfall mellan klass 1 och 2.
Klass 2	Bergmaterialet bedöms kunna användas som betongballast. Radiumindex 0,5–1,0 eller aktivitetsindex 1,0–2,0. Heterogena partier med lokalt förhöjd glimmerhalt (15–30 %). Svårt att uppfylla övriga krav enligt klass 1.
Klass 2.5	Gränsfall mellan klass 2 och 3.
Klass 3	Bergmaterialet bedöms inte vara lämpligt som betongballast och anses inte klara kraven enligt ovan.

Användningsområde skyddssten (i pirar och kajer)

Utifrån de krav (densitet, vattenabsorption och punktlastindex) som ställs på skyddssten (i pirar och kajer) klassas ett bergartsmaterial som mycket god, god, medel eller dålig skyddssten. De krav som finns för skyddssten (i pirar och kajer) redovisas i tabell 4 (CIRIA SP 083, jfr CUR 1995).

De undersökta bergarternas densitet ligger mellan 2,62 och 2,96 g/cm³ med de högsta värdena för de mafiska bergarterna och de lägsta för graniterna (tabell 1). Det högsta densitetsvärdet på 2,96 g/cm³ ger en sedimentådergnejs (FHA051098A), vilket antas bero på förekomst av granat. Ingen av de provtagna bergarterna inom kartområdet har bedömts ha en hög porositet. Detta innebär att vattenabsorptionen kan förväntas vara under 2 %. Samtliga bergarter inom kartområdet bedöms ligga inom klasserna god till mycket god (tabell 4).

SAMMANSTÄLLNING AV BERGKVALITETSKARTAN

Med utgångspunkt från de analyser som gjorts av prover från olika lokaler och som ansetts väl representera berggrunden inom kartområdet, har en karta över fördelningen av de olika bergkvalitetsklasserna för vägballast gjorts. Med tanke på berggrundens heterogenitet blir sammanställningen översiktlig, men den kan ändå anses vara en värdefull riktlinje för användaren. Indelning har gjorts i tre bergkvalitetsklasser: klass 1, god, klass 2, mindre god och klass 3, dålig kvalitet. Denna indelning baseras främst på kulkvarnsvärdena i relation till de krav som ställs i ATB VÄG 2004 (Vägverket 2004).

Som framgår av analysdata (fig. 9 och tabell 1) varierar spridningen av kvalitetsklassningen inom de olika bergartsgrupperna. Berggrunden inom kartområdet omfattar samtliga bergkvalitetsklasser.

Två prover, ett av metatonalit (LEP940022) och ett av porfyrisk metagranit, ligger på gränsen mellan klass 1 och 2. I detta fall har jämförelse gjorts med andra prov från samma bergartstyp.

Proverna av sedimentådergnejserna ligger inom klass 2 förutom ett prov (MPA040042A) som ligger inom klass 1. Detta prov är taget från en starkt migmatitiserad del av sedimentådergnejsen och uteslutande från leukosomet och kan inte anses representera sedimentådergnejsen i stort, varför denna provpunkt ligger i ett klass 2-område.

Inga prover är tagna på yngre gabbro eller yngre diorit men dessa påminner starkt om de basiska bergarter som klassas som klass 2-material. På dessa grunder har de tolkats som klass 2-områden.

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

Tabell 4. Krav för skyddssten i pirar och kajer enligt CIRIA SP 083.

Test	Mycket god	God	Medel	Dålig
Densitet (g/cm ³)	>2,9	2,6–2,9	2,3–2,6	<2,3
Vattenabsorption (%)	<0,5	0,5–2,0	2,0–6,0	>6,0
Punktlastindex, I_{s50} (MPa)	>8,0	4,0–8,0	1,5–4,0	<1,5

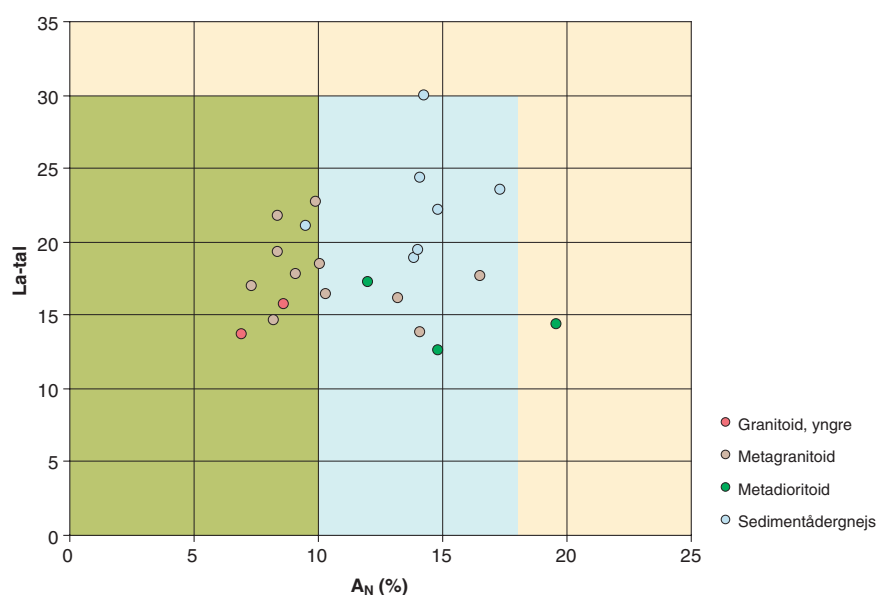


Fig. 9. Kulkvarnsvärdet och Los Angeles-talet för bergkvalitetsproverna från kartområdet. De olika nyanserna i diagrammet visar gränserna för de olika bergkvalitetsklasserna på kartan. De bergkvalitetsprover som ligger på gränsen mellan klass 1 och 2 har jämförts med andra prover från samma bergartstyp innan en klassning har gjorts. Två prover (MPA940004 och MPA940005) saknar Los Angeles-analys och är därför inte med i diagrammet.

REFERENSER

- Banverket, 2004: BVS 585.52, *Makadamballast för järnväg*, Eva-Lotta Olsson, 2004-09-01, 29 s.
- BFS, 1990: Nybyggnadsregler ändringar. *Boverkets författningssamling. BFS 1990:28, Nr 2. Stockholm. ISBN 91-38-12510-2.*
- Boverket, 2004: Boverkets handbok om betongkonstruktioner, *BBK 04*, 271 s.
- CIRIA SP 083, 1991: *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*. Construction Industry Research and Information Association, 603 s.
- 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.
- FAS-metod 209-98: *Bestämning av flisighetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 6 s.
- FAS-metod 210-01: *Bestämning av sprödhetstal*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- FAS-metod 221-02: *Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 7 s.
- FAS-metod 259-02: *Bestämning av kulkvarnsvärde*. Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige, 5 s.
- Ivarsson, C. & Johansson, Å., 1995: U-Pb zircon dating of Stockholm granite at Frescati. *GFF* 177, 67–68.
- Lagerblad B. & Trädgårdh J., 1992: Alkalisilikareaktioner i svensk betong. Cement och Betong Institutet. *CBI rapport 4:92*, 74 s.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund, 491 s.
- Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1964: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 1*, 148 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 3*, 122 s.
- Nathorst, A.G., 1881: Beskrivning till kartbladet Gustafsberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 73*, 34 s.
- Persson, L. & Schouenborg, B., 1995: Kvalitetsklassning av bergarter N Stockholm, del 2. SP, Sveriges Provings- 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., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Pamnert, M., 1998: Beskrivning till bergkvalitetskartan 10I Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 202 Bk*, 16 s.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000: Beskrivning till bergkvalitetskartan 10I Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 209 Bk*, 22 s.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- RILEM Recommended test method AAR-1, 2000: Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Petrographic method. *Materials and structures* 36, 480–496.
- Stenlid, L., 1996: Klassificering av bergarter med Los Angeles-trumma. *Slutrapport SBUF projekt nr 2135*. Skanska Mellansverige AB, Väglaboratoriet Bålsta. 84 s.
- Sträng, M., Andersson, D., Bastani, M., Hartvig, F., Lundqvist, S., Mellqvist, C. & Persson, L., 2005: Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2004. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 120*, 90–103.
- Stålhös, G., 1968: Stockholmstraktens berggrund. Map of solid rocks of the Stockholm region. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*.
- Stålhös, G., 1969: Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*, 190 s.
- Sundius, N., 1939: Berggrunden inom sydöstra delen av Stockholms skärgård. *Sveriges geologiska undersökning C 419*, 93 s.

- Svedmark, E., 1883: Beskrivning till kartbladet Vaxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 88*, 62 s.
- Svensk Standard, 1997: *SS-EN 1097-1: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)*. Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk standard 1998: *SS-EN 1097-2: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 2: Metoder för bestämning av motstånd mot fragmentering*. Swedish Standards Institute, 29 s.
- Svensk Standard, 2003: *SS-EN 13450: Makadamballast för järnväg*. Swedish Standards Institute, 35 s.
- Svensk Standard, 2004a: *SS-EN 1097-9: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 9: Bestämning av motstånd mot nötning av dubbdäck (Nordiska kulkvarnsmetoden)*. Swedish Standards Institute, 12 s.
- Svensk Standard, 2004b: *SS-EN 1097-6: Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption*. Swedish Standards Institute, 3 s.
- Svensk Standard, 2004c: *SS-EN 933-4: Ballast – Geometriska egenskaper – Del 4: Bestämning av kornform – LT-index*. Swedish Standards Institute, 11 s.
- Svensk Standard, 2004d: *SS 137003: Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige*. Swedish Standards Institute, 19 s.
- Swedish concrete association, 1991: *Durable concrete structures. Concrete Report No. 1 (E)*. Swedish Concrete Association, 55 s.
- The Radiation protection authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations. ISBN 91-89230-00-0.
- Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. *ATB VÄG 2004 Publ 2004:111*, 541 s.
- Wik, N.-G., Stephens, M.B. & Sundberg, A. 2004: Malmer, industriella mineral och bergarter i Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 117*, 144 s.
- Åkerblom, G., Pettersson, B. & Rosén, B., 1990: Markradon. Handbok för undersökning av markradonförhållanden. *Byggforskningsrådets rapport R85:1988, reviderad utgåva 1990*, 160 s.

