

Översiktsstudie av Dalarnas län

(urbergsdelen)

Geologiska förutsättningar

Jonas Gierup, Lutz Kübler, Anders Lindén, Magnus Ripa,
Michael Stephens, Lars Kristian Stølen, Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser

Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Juni 1999

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



Översiktsstudie av Dalarnas län (urbergsdelen)

Geologiska förutsättningar

Jonas Gierup, Lutz Kübler, Anders Lindén, Magnus Ripa,
Michael Stephens, Lars Kristian Stølen, Bo Thunholm

Sammanställning och slutsatser

Michael Stephens och Rune Johansson

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)

Juni 1999

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

i

1	Inledning	1
2	Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar	1
3	Urbergsdelen av Dalarnas län i ett regionalt geologiskt perspektiv	5
	Berggrundsgeologi	5
	Jordartsgeologi och jordskalv	5
	Hydrogeologi	8
4	Bergarter och berggrundens homogenitet	8
	Ytbergarter	8
	Djupbergarter	13
	Gångbergarter	15
	Berggrundens homogenitet	16
5	Mineral- och bergartsresurser	16
	Översikt över mineral- och bergartsresurser	16
	Metalliska mineralresurser	17
	Icke-metalliska mineralresurser	17
	Nyttosten	17
	Pågående prospektering	19
	Potentiellt prospekteringsintressanta områden	19
6	Deformationszoner	19
	Definitioner och metodik	19
	Plastiska skjuvzoner	20
	Sprickzoner och förkastningar	24
	Berggrund påverkad av meteoritnedslag	24
	Deformationszoner i tid och rum	25
7	Jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan	25
	Isavsmältning och postglacial utveckling	25
	Jordarter	26
	Jordartsfördelning och jorddjup	28
	Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv	31
8	Hydrogeologi	31
	Grundvattnets bildning och strömning	31
	Grundvattentillgångar	35
	Berggrundens genomsläpplighet	35
	Grundvattnets kemi	38
9	Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar	38
	Sammanfattande slutsatser	38
	Områden lämpliga för vidare undersökning	41
10	Referenser	45

BILAGA

A	Geologisk ordlista	
----------	---------------------------	--

1 Inledning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) gjort en översiktlig studie av de geologiska förutsättningarna för att lokalisera ett djupförvar till urbergsdelen av Dalarnas län, se Figur 1.

Länsöversikten baseras på befintlig information i form av analoga eller digitala berggrundsgeologiska kartor, jordartskartor och tematiska kartor av olika slag samt beskrivningar till dessa kartor, se Figur 2, på andra publikationer och på opublicerat material. Digitala höjddata och flyggeofysisk information har använts framför allt för studier av deformationszoner, medan data från bland annat SGUs brunnsarkiv nyttjats för studier av jordmäktighet, hydrogeologi och vattenkemi. I de följande kapitlen redovisas i detalj vilka data som använts för respektive delstudie. Flyggeofysiska data och modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 täcker den östra delen av länet medan modern jordartsgeologisk information i samma skala saknas över i stort sett hela länet, se Figur 2. Äldre berggrunds- och jordartskartor i skala 1:200 000 respektive 1:250 000 finns över länet. Omfattningen av länsöversikten har inte tillåtit hänsynstagande till detaljstudier i enskilda områden, t.ex. i samband med prospekteringsverksamhet och gruvdrift.

För att uppfylla kravet på vetenskaplig relevans kombinerad med rimlig förståelse för läsare utan geovetenskaplig bakgrund har förklaringar till facktermer inkluderats. Dels ges förklaringar till termerna i texten första gången de förekommer, dels har en geologisk ordlista bifogats, se Bilaga A. I flera fall finns förklaringarna enbart i ordlistan.

2 Viktiga geologiska faktorer vid lokaliseringen av ett djupförvar

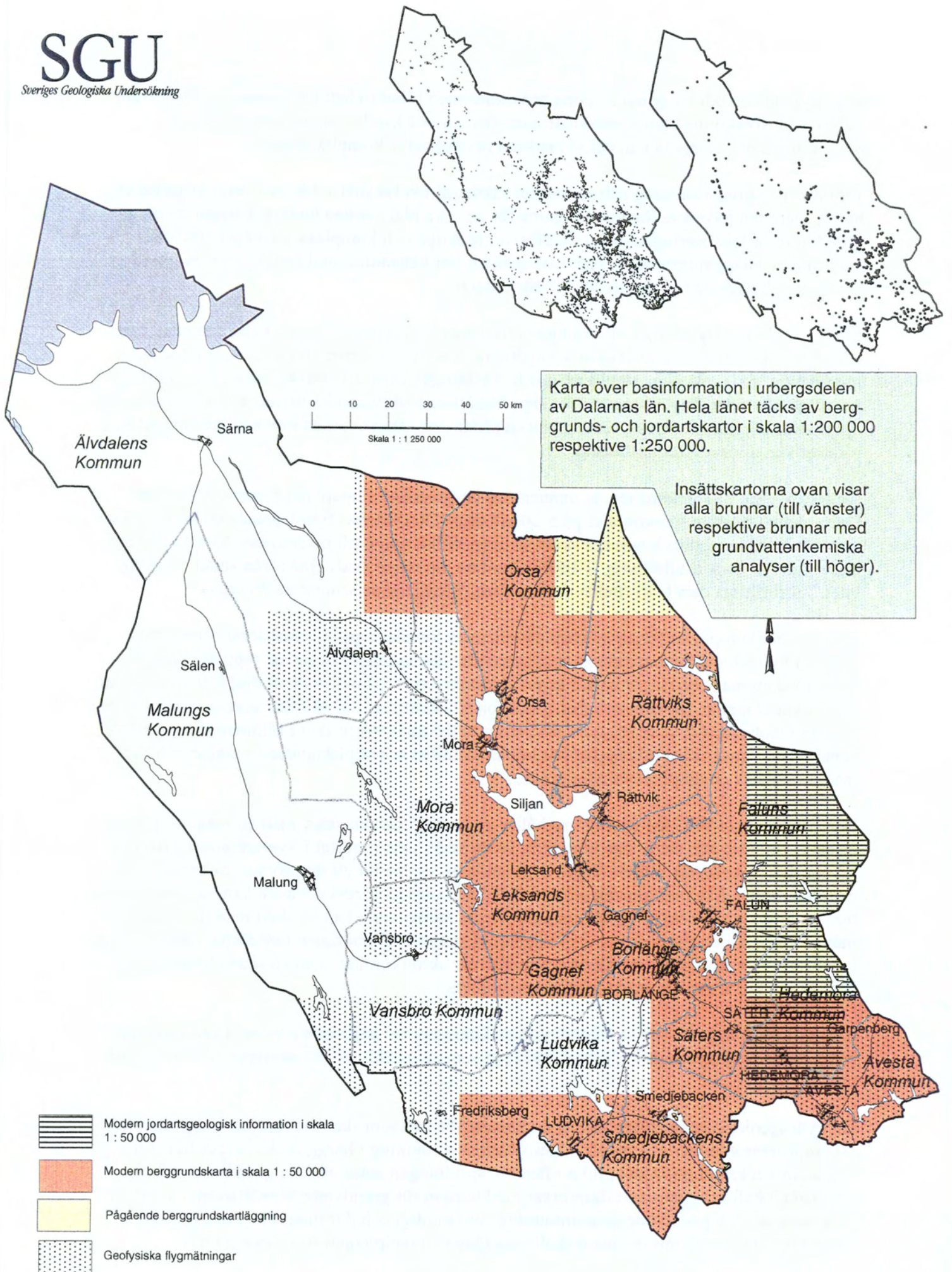
De geologiska lokaliseringsfaktorer som studerats är berggrundens sammansättning och homogenitet, förekomst av mineral och bergartsresurser, regionala deformationszoner, jordlagrens sammansättning och mäktighet, sen- eller postglaciala förkastningsrörelser i jordskorpan, landhöjning samt hydrogeologiska förhållanden. Även uppgifter om jordskalv lämnas i rapporten. Dessa faktorer är viktiga vid den samlade bedömningen av förutsättningarna för ett djupförvar, dels med avseende på den långsiktiga säkerheten, dels med avseende på undersöknings- och anläggningstekniska förhållanden.

Berggrunden bör vara en vanligt förekommande bergart med goda bergtekniska egenskaper. Inhomogen berggrund bör undvikas eftersom den oftast är svårförutsägbar och gör anläggningsarbetet mer komplicerat. Vidare bör bergarten inte vara eller förväntas bli aktuell som mineral- eller bergartsresurs så att brytning kan medföra att den långsiktiga säkerheten försämras i ett djupförvar.

Uthålliga deformationszoner, som innefattar plastiska skjuvzoner samt spröda sprickzoner och förkastningar utefter vilka berggrunden rört sig, bör undvikas. Längs många zoner har de senaste rörelserna visserligen skett för många hundratals, ibland tiotals miljoner år sedan men det finns en tendens att yngre rörelser följer äldre zoner, s.k. reaktivering. Eventuella framtida rörelser i berggrunden kan därför antas i stor utsträckning komma att ske längs tidigare utbildade deformationszoner. I deformationszoner har berggrunden i många fall en inhomogen



Figur 1. Urbergsdelen av Dalarnas län med kommuner, tätorter, sjöar och större vägar



Figur 2. Karta över basinforma-tion i urbergsdelen av Dalarnas län (sammanställning april 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund

uppbyggnad och bör på grund av detta behandlas med försiktighet. Dessutom kan vissa mineraliseringar förekomma längs deformationszoner som då kan betraktas som potentiellt malmintressanta. Zonerna kan också medföra bergtekniska komplikationer.

Jordlagrens sammansättning och mäktighet saknar direkt betydelse för den långsiktiga säkerheten. Däremot påverkas förutsättningarna för att göra nödvändiga undersökningar av berggrunden inför lokaliseringen av ett djupförvar. Mäktiga och komplexa jordlager försvårar även själva anläggningsarbetet. Isälvsavlagringar bör behandlas med försiktighet på grund av deras stora betydelse för grundvattenförsörjningen.

Med sen- eller postglaciala förkastningsrörelser menas rörelser som har skett i samband med, eller efter, den senaste inlandsisens avsmältning. Vanligtvis menas företeelser som har skett momentant, d.v.s. plötsliga rörelser längs förkastningar, men det är även möjligt att två berggrundsblock under lång tid gradvis rör sig i förhållande till varandra utefter en förkastning. Ett djupförvar bör inte placeras i närheten av en sådan zon eftersom man inte kan utesluta att nya rörelser kan utlösas efter nästa istid.

Jordskalv visar på förekomsten av momentana berg rörelser djupare ner i jordskorpan. De flesta skalv i Sverige förekommer på 5-20 km djup. Den databas från Uppsala universitet som används i denna rapport innefattar skalv så långt tillbaka som till medeltiden. Kunskapen om äldre skalv är dock ofullständig. Tillförlitliga data om större skalv finns från slutet av 1800-talet. Tillförlitliga data beträffande mindre skalv finns från de senaste ca 30 åren.

SGU saknar kompetens för att värdera påverkan av jordskalv på ett djupförvar. Emellertid finns en nyligen publicerad rapport som behandlar denna fråga /1/. Enligt rapporten har ett skalv med en magnitud lägre än 6,5 ingen direkt påverkan på ett förslutet djupförvar, förutsatt att avståndet mellan förvaret och den sprickzon (förkastning) där skalven sker är minst 100 m. Studier i andra länder visar att skalv med magnitud 6 eller större sker i kilometerlånga sprickzoner. Zoner med sådan uthållighet bör kunna identifieras vid platsundersökningar och därmed undvikas i ett djupförvars närområde.

Den databas som SGU har använt innehåller inga uppgifter om skalv med en magnitud större än ca 5. Om framtida skalv inte blir större än de skalv som inträffat i Sverige under historisk tid bör därför jordskalv inte ha någon avgörande betydelse för ett djupförvar. Samtidigt kan man inte bortse från möjligheten att en förhöjd frekvens av jordskalv även kan vara en indikation på förekomst av betydligt större skalv. Dessa större skalv kan ha skett med intervaller av många tusen år och därmed missats i tillgänglig statistik. Försiktighet bör därför iaktas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område. Om en sådan lokalisering blir aktuell bör kompletterande studier genomföras.

Till skillnad från jordskalv är landhöjning en kontinuerligt pågående rörelse. Landhöjningen påverkar de hydrogeologiska förhållandena genom att grundvattnets strömningsmönster ändras.

De hydrogeologiska förhållandena är avgörande för vad som sker om radioaktiva ämnen från ett djupförvar kommer ut i grundvattnet. Vattnets strömning i berggrunden avgör hur fort dessa ämnen kan komma att spridas eftersom spridningen antas ske via grundvattnet. Den optimala lokaliseringen av ett djupförvar med hänsyn till grundvattenförhållandena är ett område med så liten grundvattengenomsättning som möjligt och där tiden för grundvattnets strömning från förvar till recipient skall vara lång och recipienten stor, helst ett hav.

3 Urbergsdelen av Dalarnas län i ett regionalt geologiskt perspektiv

Berggrundsgeologi

Berggrunden i centrala Sverige bildades huvudsakligen för ca 1900-1500 miljoner år sedan under och efter den s.k. svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen), se Figur 3 /2/. Under denna period bildades magmatiska yt- och djupbergarter samt sedimentära bergarter. Bergarter äldre än ca 1850 miljoner år är ofta starkt omvandlade och deformerade. I landets sydvästra del präglas berggrunden av yngre deformation och omvandling som skett för ca 1700-1590 miljoner år sedan under den s.k. gotiska orogenesisen, och för ca 1100-900 miljoner år sedan under den s.k. svekonorvegiska orogenesisen, se Figur 3.

Berggrunden i urbergsdelen av Dalarnas län utgör en, ur berggrundsgeologisk synvinkel, relativt komplicerad del av Sverige. I de sydöstra delarna av länet utgörs berggrunden till stor del av metagranitoider, sura metavulkaniska bergarter och metasedimentära bergarter (ca 1900-1850 miljoner år). Prefixet "meta" betyder att bergarten har genomgått omvandling (metamorfos). Lokalt genomslås dessa bergarter av graniter och pegmatiter, som bildades för ca 1850-1750 miljoner år sedan i samband med och efter kulminationen av den svekokarelska orogenesisen. Mot nordväst övergår berggrunden i det s.k. Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB; ca 1800-1780 och ca 1710-1670 miljoner år) som bildas av både djupbergarter och vulkaniska bergarter. Detta bälte sträcker sig från sydöstra Sverige mot nordväst genom Småland och Dalarna in i Norge. För ca 1470 miljoner år sedan intruderade en ännu yngre, sur djupbergart den äldre berggrunden. TMB-bergarterna överlagras mot nordväst av sandstenar som bildades för ca 1650-1250 miljoner år sedan. I Siljanstrakten förekommer fanerozoiska sedimentära bergarter som är 495-420 miljoner år gamla. Yngst, ca 281 miljoner år, är alkalina magmatiska bergarter i trakten av Särna.

Länets sydöstra del ligger i Bergslagen som tillhör en av Sveriges mest betydande malmprovinser. Följaktligen innehåller området ett stort antal gamla gruvhål men endast två gruvor, i Garpenberg, är i drift. Fortfarande måste emellertid detta område anses ha en synnerligen stor malmpotential, vilket avspeglas i mängden beviljade och ansökta undersökningstillstånd.

Ett fåtal breda plastiska skjuvzoner med VNV- och NO-liga strykningsriktningar genomkorsar den östra delen av länet. De utgör en del av ett regionalt nätverk av sådana zoner i den svekokarelska orogenen i centrala Sverige. En NV-lig plastisk skjuvzon i den västligaste delen av länet bildades under den svekonorvegiska orogenesisen. Yngre spröda deformationszoner (sprickzoner och förkastningar) följer ibland de äldre skjuvzonerna, s.k. reaktivering, men bildar huvudsakligen egna system. De fanerozoiska bergarterna i Siljansområdet har påverkats av ett meteoritnedslag för ca 360-350 miljoner år sedan.

Jordartsgeologi och jordskalv

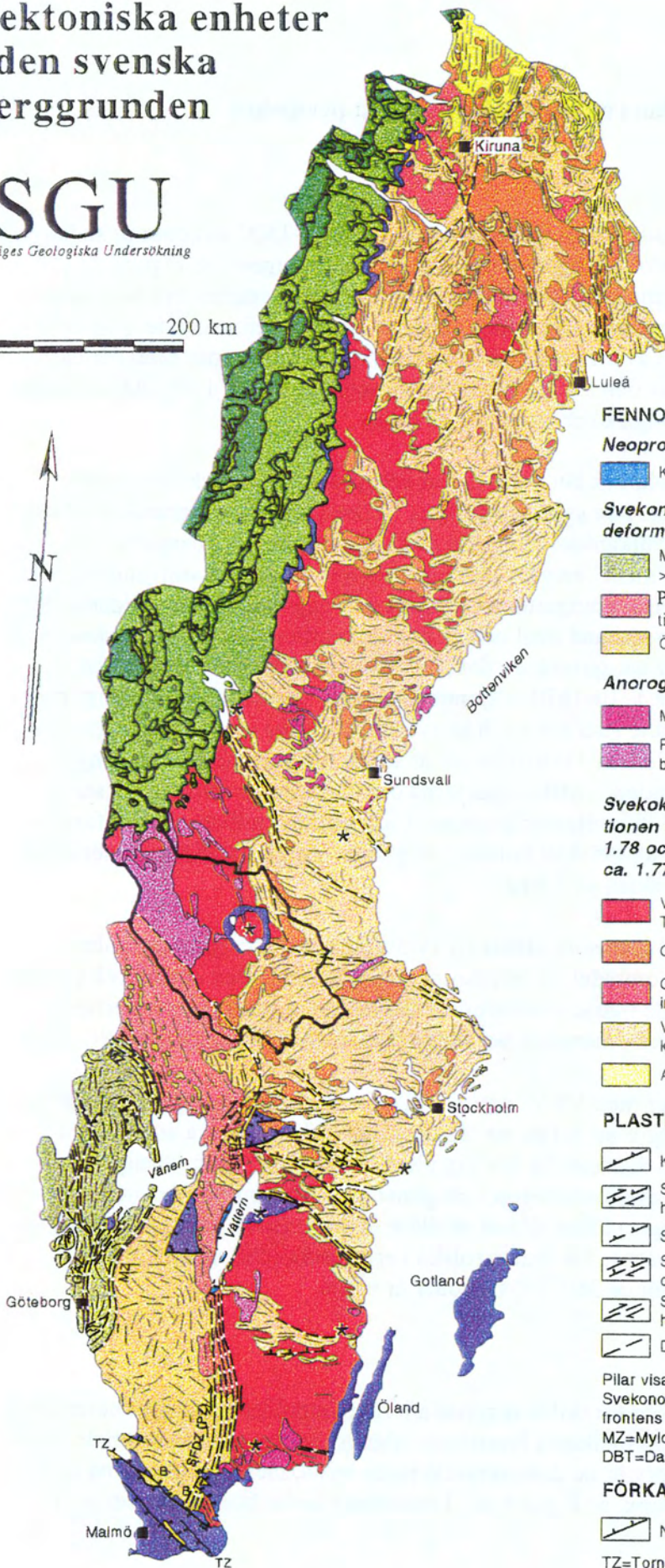
Urbergsdelen av Dalarnas län tillhör tre skilda regionala jordartsområden nämligen nordvästra Svealands moränområde, södra och mellersta Norrlands inlands morän- och myrområde samt kalfjällsområdet /3/. Morän och torv är de dominerande jordarterna, men i dalgångarna har isälvsediment betydande utbredning, se Figur 4 /4/. I områdena under högsta kustlinjen, i

Tektoniska enheter i den svenska berggrunden

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

0 200 km



SVENSKA KALEDONIDERNA (senaste plastiska deformationen ca. 510–400 Ma)

- Främmande terränger
- Tektoniskt ihoptryckt randzon till kontinenten Baltica. E=Eklögil, D=Diabas

FANEROZOISKA SEDIMENTÄRA OCH MAGMATISKA BERGARTER SAMT IMPAKTSTRUKTURER

- Fanerozoiska sedimentära bergarter och diabas
- Jurassiska och kretaceiska basaltkupper
- Underkambriskt alkalint magmatiskt komplex (Alnö)
- Impaktstruktur

FENNOSKANDISKA SKÖLDEN

Neoproterozoiska klastiska sedimentära bergarter

- Klastiska sedimentära bergarter

Svekonorvegiska orogenen (senaste plastiska deformationen ca. 1.10–0.90 Ga)

- Mellersta och västra segmentet (inkluderande >ca. 1.56 Ga främmande terränger?)
- Paleoproterozoiska vulkaniska och intrusiva bergarter tillhörande TMB* i östra segmentet
- Östra segmentet exklusive TMB*

Anorogena intrusioner och suprakrustala bergarter

- Mesoproterozoiska intrusiva bergarter
- Paleo- till Mesoproterozoiska klastiska sedimentära bergarter och basalt

Svekokarelska orogenen (senaste plastiska deforma- tionen efter ca. 1.80 Ga i norra Sverige, mellan ca. 1.78 och 1.56 Ga i centrala södra Sverige, och mellan ca. 1.77 och 1.40 Ga i sydöstligaste Sverige)

- Vulkaniska och intrusiva bergarter tillhörande TMB* och Revsund-Sorsele-sviten (ca. 1.85–1.65 Ga)
- Granit och pegmatit (ca. 1.85–1.75 Ga)
- Granit, monzonit och underordnade mafiska intrusioner (ca. 1.88–1.86 Ga)
- Vulkaniska och sedimentära bergarter samt kalkalkalina intrusioner (c. 2.7–1.85 Ga)
- Arkelska bergarter

PLASTISKA STRUKTURER

- Kaledonisk överskjutning
- Svekonorvegisk deformationszon, horisontell och revers rörelse
- Svekonorvegisk överskjutning
- Svekokarelsk deformationszon, horisontell och "norra-sidan-ner" rörelse
- Svekokarelsk deformationszon med horisontell rörelse
- Deformationszon, rörelse okänd

Pilar visar den horisontella rörelsekomponenten.
Svekonorvegiska orogenen, SFDZ (PZ)=Svekonorvegiska frontens deformationszon, delvis samma som Protoginzonen, MZ=Mylonitzonen, GÄZ=Göta Älvzonen och DBT=Dalslandszonen

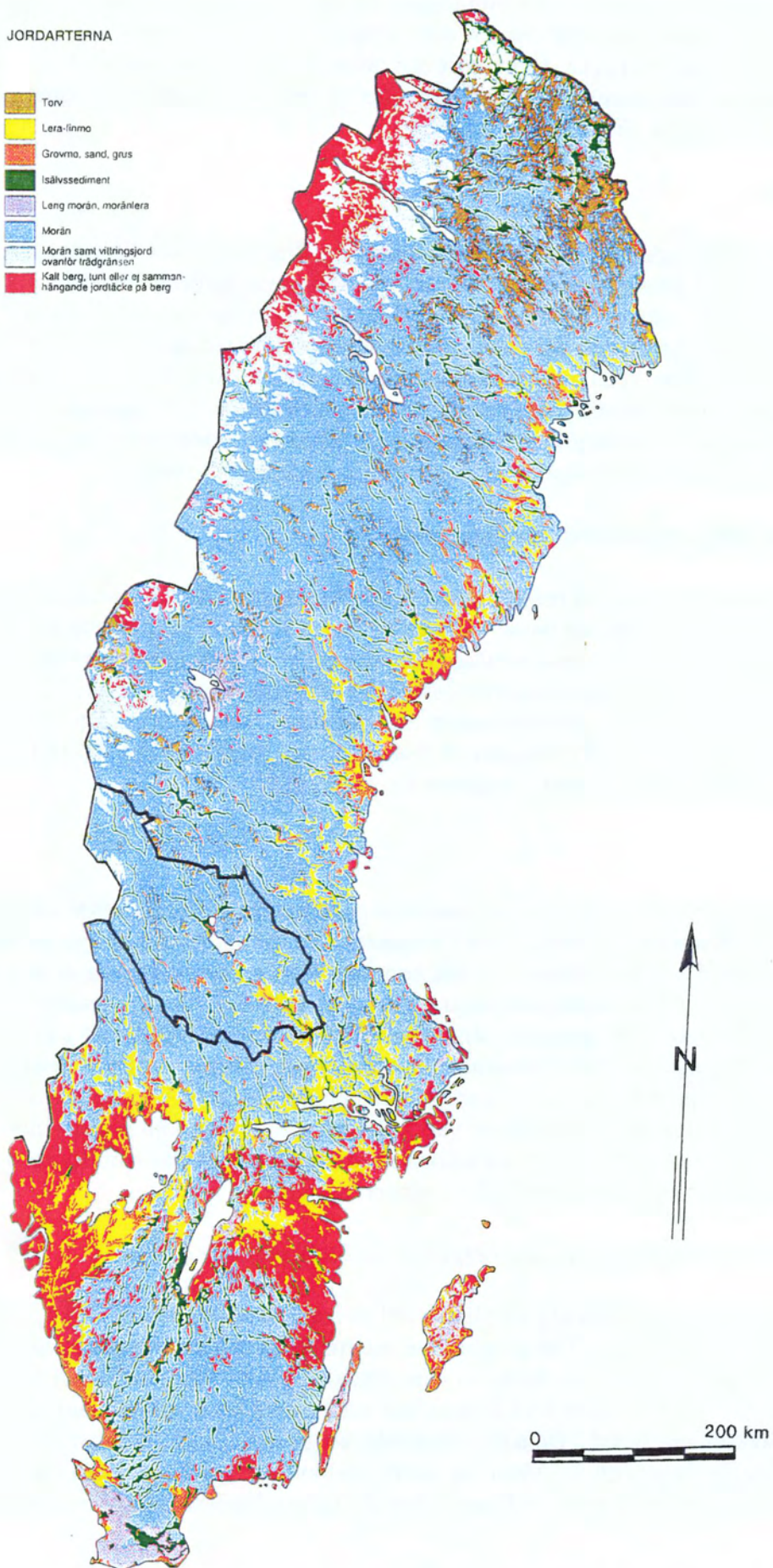
FÖRKASTNINGAR

- Normalförcastning
- TZ=Tornquistzonen

TMB*=Transskandinaviska magmatiska bältet
1 Ma=1 miljon år, 1 Ga=1000 miljoner år

Sammanställd av Michael B. Stephens, Carl-Henric Wahlgren och Pär Weihed, 1994

Figur 3. Huvudgeologiska enheter i den svenska berggrunden. Dalarnas län är markerat med en svart linje



Figur 4. Jordartskarta över Sverige. Dalarnas län är markerat med en svart linje

länets sydöstra del, förekommer i stor omfattning varviga finkorniga sediment i form av lerafinmo. På spridda lokaler har äldre morän- eller sedimentlager observerats under den regionalt utbredda moränen. Hällmarkernas förekomst och utbredning är dåligt kända. De jordskalv som inträffat på spridda platser i länet har främst berört den sydöstra delen av länet samt området omkring Malung, se Figur 5.

Hydrogeologi

Landets grundvattentillgångar i jord och berg framgår av Figur 6 /5/ och kloridhalten i berggrundsvatten för hela Sverige redovisas i Figur 7 /6/. Grundvattenförhållandena styrs av de hydrologiska, topografiska och geologiska förhållandena. Urbergsdelen av Dalarnas län är förhållandevis högt belägen och har en kuperad landskapsbild med morän som dominerande jordart. Stråken med sand- och grusavlagringar har ofta bildats över högsta kustlinjen och har då inte lika stora grundvattentillgångar som under högsta kustlinjen. Avlagringarna är dock tillräckligt betydande för att utgöra en resurs för den allmänna vattenförsörjningen. Berggrundsvattnet utgör en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

4 Bergarter och berggrundens homogenitet

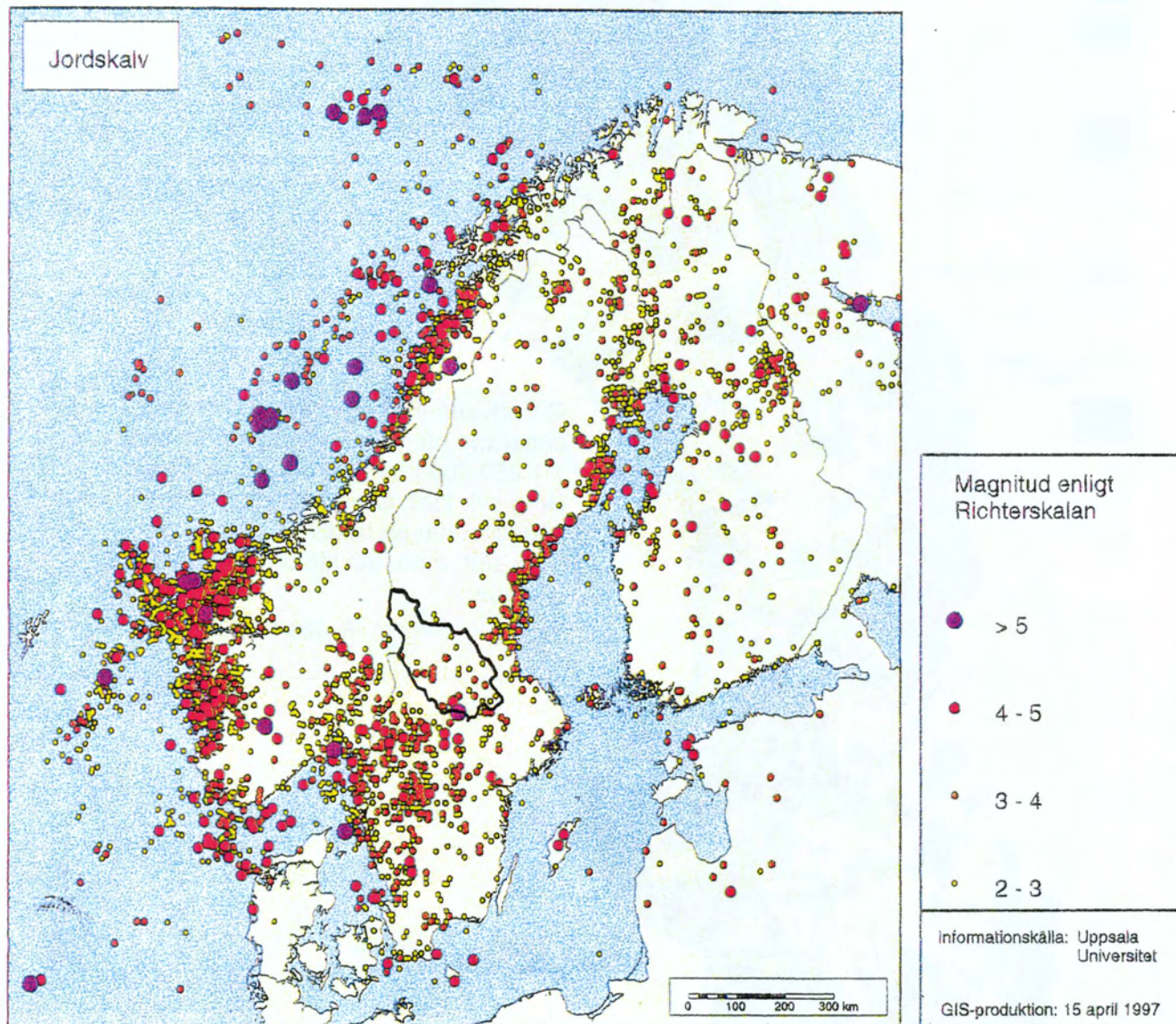
Berggrunden inom Dalarnas län redovisas översiktligt på kartan i Figur 8, som är baserad på Lundqvist m.fl. /7/. Den följande beskrivningen av länets bergarter grundar sig på denna karta, information hämtad från beskrivningen till länskartan över Kopparbergs län /8/, Lindström m.fl. /9/, moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 inom länet /10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22/ och på information från pågående arbeten på bladen 12E Säfsnäs (M. Ripa), 13G Hofors och 14G Ockelbo (S. Sukotjo) samt på 15F Voxna (H. Delin). Fotografier på några av länets vanligaste bergarter visas i Figur 9.

Ytbergarter

Ytbergarterna kan delas in i fyra grupper baserade på ålder. De äldsta (ca 1900 miljoner år) utgörs av metavulkaniska och -sedimentära bergarter som har sin huvudsakliga utbredning i länets sydöstra del. I den norra delen av Orsa kommun förekommer bergarter ur den s.k. Losgruppen /se t.ex. 23/. Preliminära dateringar tyder på att vulkaniterna i Losgruppen är något yngre än metavulkaniter i Bergslagen i allmänhet. Näst äldst är ytbergarter av s.k. Dalatyp (ca 1800 och 1700 miljoner år). De förekommer huvudsakligen i länets mellersta delar och i nordvästligt strykande stråk mellan Västerdalälven och gränsen mot Värmland. Länets nordvästliga delar täcks allmänt av sandstenar vars ålder är osäker, men som ligger i intervallet 1650 till 1250 miljoner år. Yngst är fanerozoiska sedimentära bergarter som förekommer i den s.k. Siljansringen och som är 495-420 miljoner år gamla.

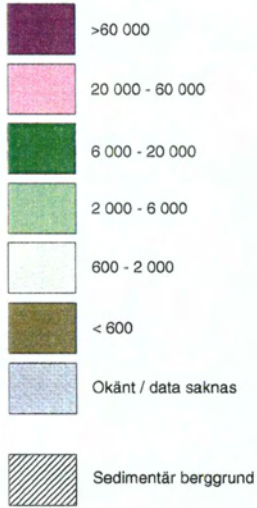
Metavulkaniska och metasedimentära bergarter, ca 1900 miljoner år

De metavulkaniska bergarterna utgörs till stor del av sura, finkorniga, porfyriska till jämnkorniga, lokalt lagrade bildningar. Lokalt kan även intermediära och basiska sammansättningar förekomma. Vulkaniterna har sannolikt ett nära släktskap med de äldsta djupbergarterna i området, se nedan. De har i huvudsak bildats som tuffer, men lavar, subvulkaniska intrusioner och gångar förekommer också. De metavulkaniska bergarterna är värdbergart för de flesta mineraliseringarna i länet och är i vissa fall starkt omvandlade i samband med malmbildningen, se Figur 9a. På berggrundskartan, se Figur 8, har de metavulkaniska bergarterna markerats med gul färg.

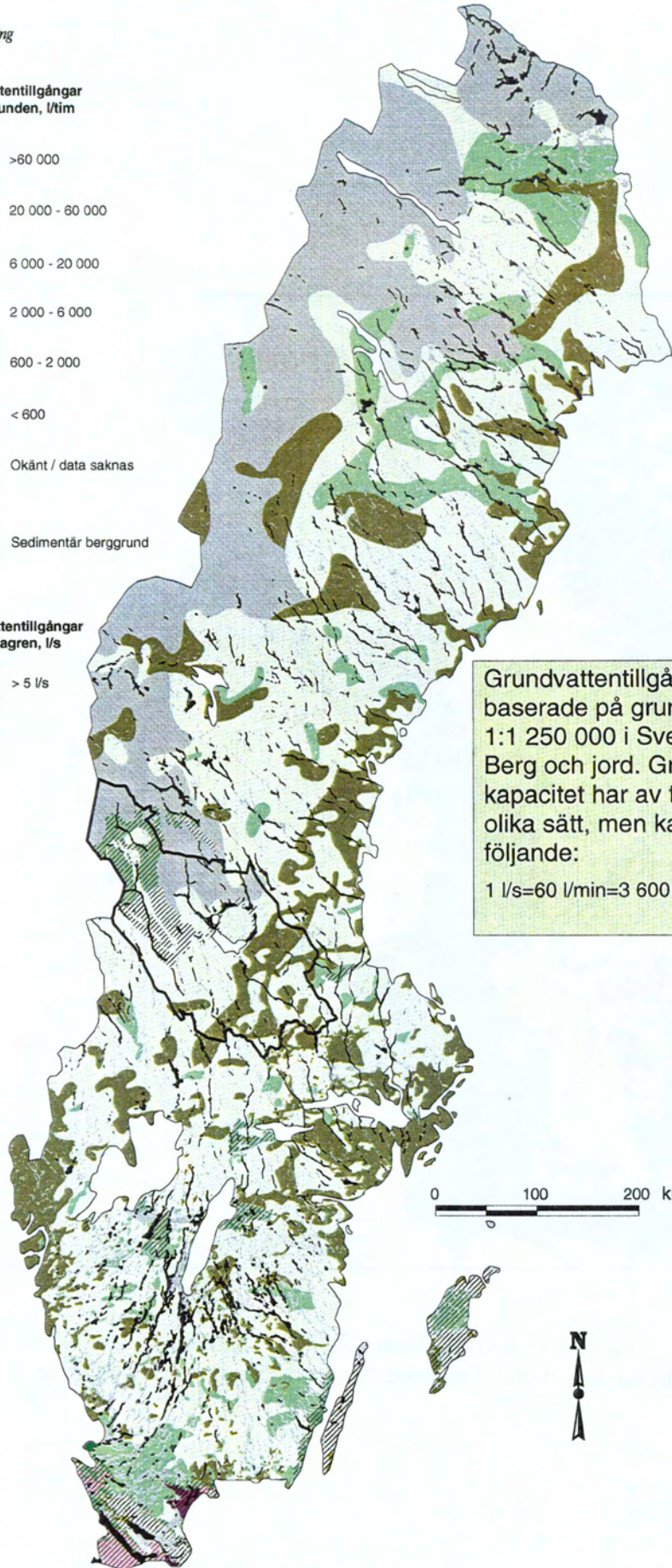


Figur 5. Registrerade jordskalv i Nordeuropa fram till 1993. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet. Dalarnas län är markerat med en svart linje

Grundvattentillgångar
i berggrunden, l/tim



Grundvattentillgångar
i jordlagren, l/s

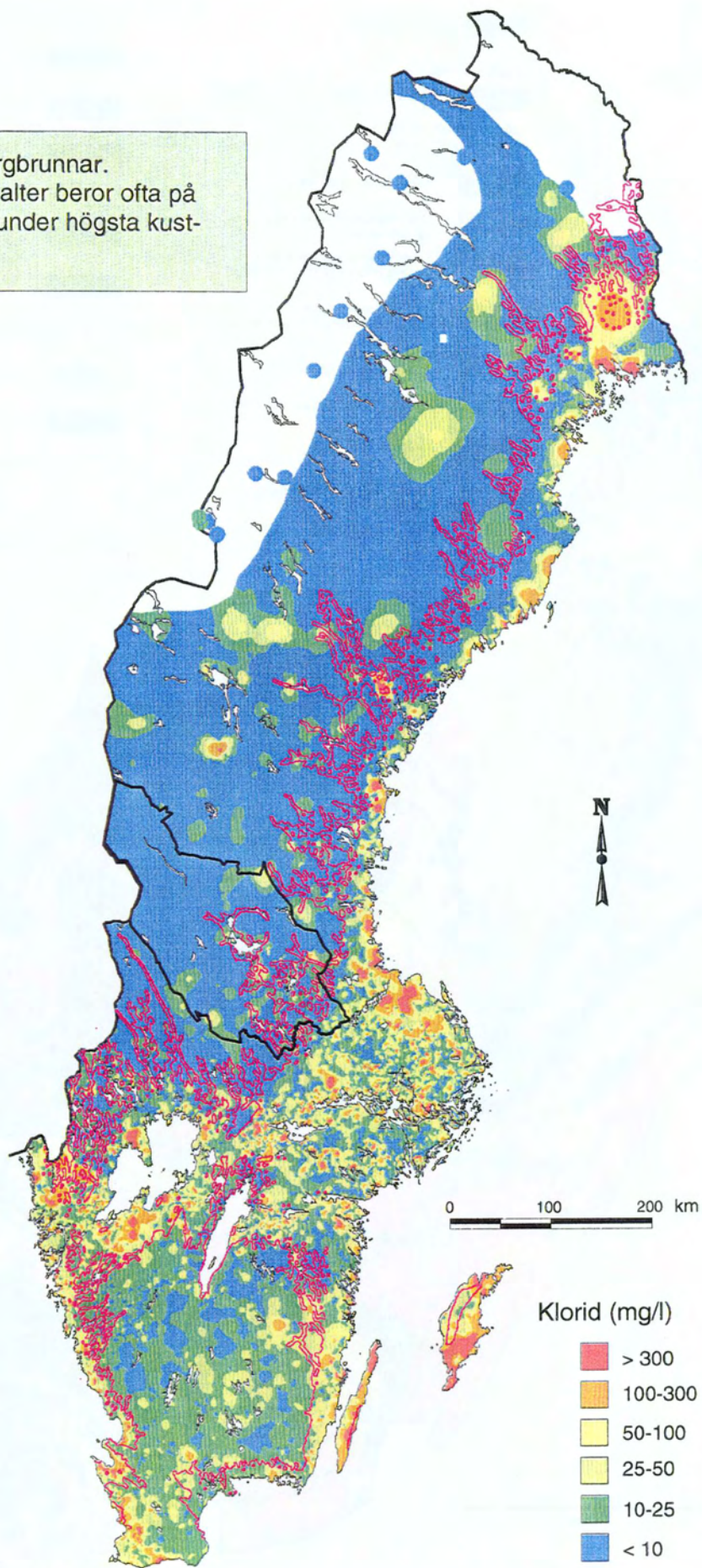


Grundvattentillgångar i jord och berg, baserade på grundvattenkartan i skala 1:1 250 000 i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Grundvattentillgång och kapacitet har av tradition angivits på olika sätt, men kan lätt omräknas enligt följande:

1 l/s=60 l/min=3 600 l/tim=86,4 kbm/dygn

Figur 6. Grundvattentillgångar i jord och berg i Sverige. Dalarnas län är markerat med en svart linje

Kloridhalter i bergbrunnar.
Förhöjda kloridhalter beror ofta på
relikt saltvatten under högsta kust-
linjen.



Figur 7. Kloridhalter i bergbrunnar i Sverige. Dalarnas län är markerat med en svart linje och högsta kustlinjen med en röd linje

Fjällberggrund

GÅNGBERGARTER

Diabas (Tuna-, Åsby-, Säma- och BDD-typ)

YNGRE DJUPBERGARTER
(ca 1850 milj. år och yngre)

Alkalin bergart (ca 281 milj. år)

Granit, kvartssyenit av rapakivtyp
(ca 1470 milj. år)

Granit, monzonit, syenit av TMB-typ
(ca 1800-1780 och ca 1710-1670 milj. år)

Gabbro, diorit av TMB-typ
(ca 1800-1780 och ca 1710-1670 milj. år)

Granit, pegmatit
(ca 1850-1750 milj. år)

ÄLDRE DJUPBERGARTER (ca 1890-1850 milj. år)

Metagranitoid

Metagabbro, metadiorit, amfibolit,
ultrabasisk bergart

YNGRE YTBERGARTER

(ca 1800 milj. år och yngre)

Sandsten, kalksten, skiffer, alunskiffer
(495 - 420 milj. år)

Öjebasalt

Sandsten, konglomerat, lerskiffer
(Dalasandsten)

Ryolit (Dalaporfy; ca 1800 och
ca 1700 milj. år)

Basisk till intermediär
vulkanisk/subvulkanisk
bergart (ca 1800 och ca 1700 milj. år)

Sandsten, konglomerat

ÄLDRE YTBERGARTER

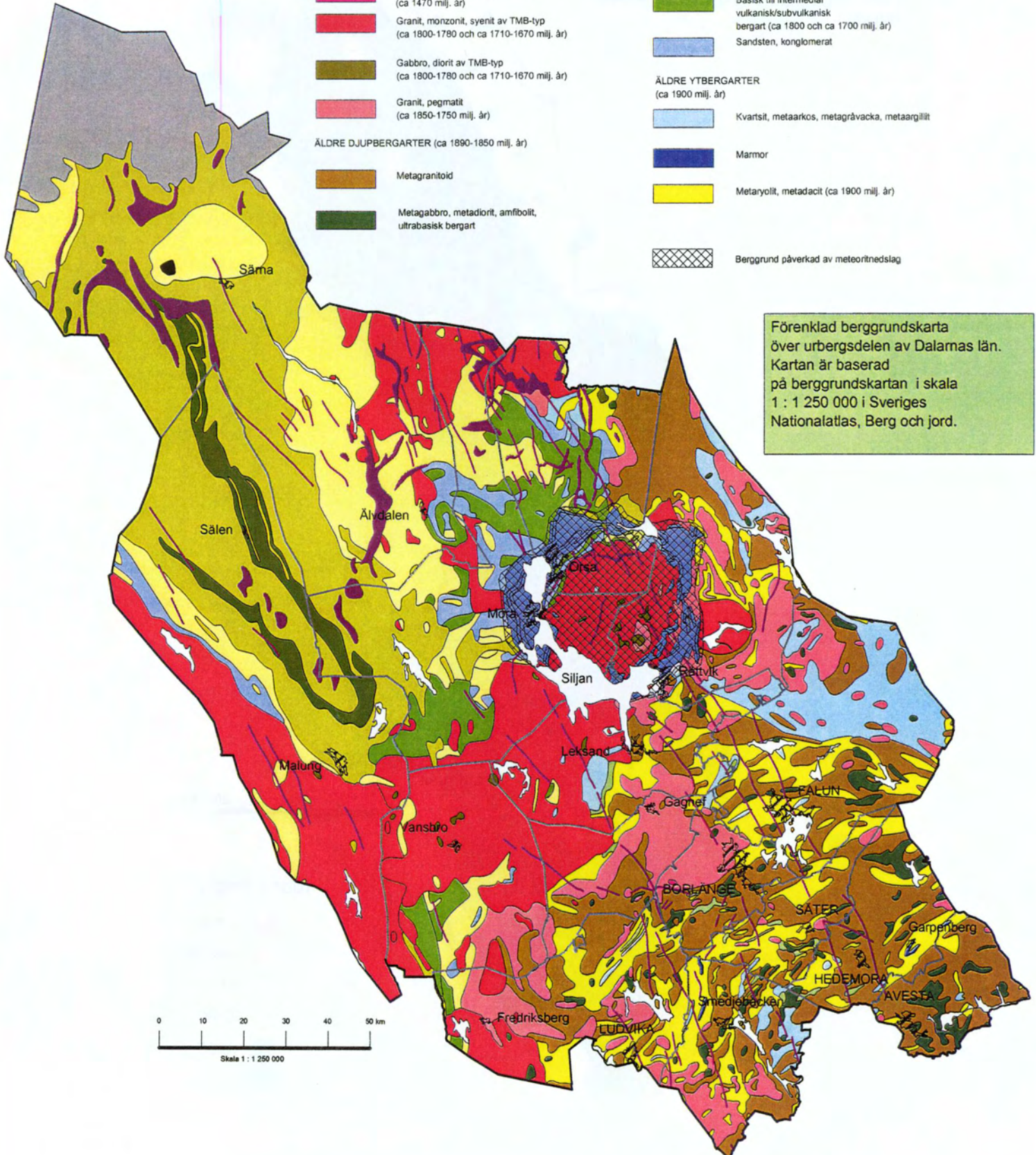
(ca 1900 milj. år)

Kvartsit, metaarkos, metagrävacka, metaargillit

Marmor

Metayolit, metadacit (ca 1900 milj. år)

Berggrund påverkad av meteoritnedslag



Förenklad berggrundskarta över urbergsdelen av Dalarnas län. Kartan är baserad på berggrundskartan i skala 1 : 1 250 000 i Sveriges Nationalatlas, Berg och jord.

Figur 8. Förenklad berggrundskarta över urbergsdelen av Dalarnas län

De metasedimentära bergarterna, förutom Losgruppen, förekommer dels som inlagringar i ovanstående metavulkaniter, dels överlagrande desamma. Inlagringarna utgörs av marmor och av metagråvackor och -argilliter. Överlagrande metavulkaniterna finns också metagråvackor och -argilliter, samt kvartsiter och metaarkoser i Losgruppen. De metasedimentära bergarterna visar tecken på liknande metamorf påverkan som metavulkaniterna, och är migmatitiska i området ost och nordost om Rättvik. De har markerats med ljusblå färg på berggrundskartan.

Vulkaniska bergarter av Dalatyp samt associerade sedimentära bergarter, ca 1800 och ca 1700 miljoner år

Associerat med djupbergarter av TMB-typ, se nedan, förekommer vulkaniska till subvulkaniska bildningar. Sammansättningsmässigt grupperar sig dessa i sura porfyrier, s.k. Dalaporfyr, se Figur 9b, och i basiska till intermediära bergarter, s.k. porfyriter. Ytbergarterna visar tecken på att ha bildats som ignimbriter, tuffer, lavar samt vulkaniska breccior och konglomerat. Lokalt har bergarterna kunnat användas som prydnadssten. Sura vulkaniter symboliseras med ljusgul och basiska med klargrön färg på berggrundskartan.

Sandiga till konglomeratiska sedimentära bergarter under- och mellanlagrar Dalaporfyrerna och -porfyriterna. Konglomeraten innehåller fragmenter av bl.a. äldre berggrund, Dalagraniter och -vulkaniter. Bergarterna markeras med ljust violettblå färg på berggrundskartan.

Sandstenar, ca 1650-1250 miljoner år

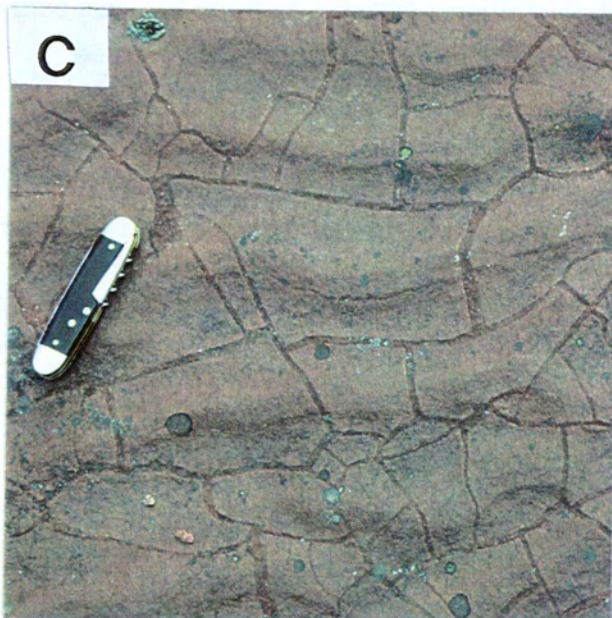
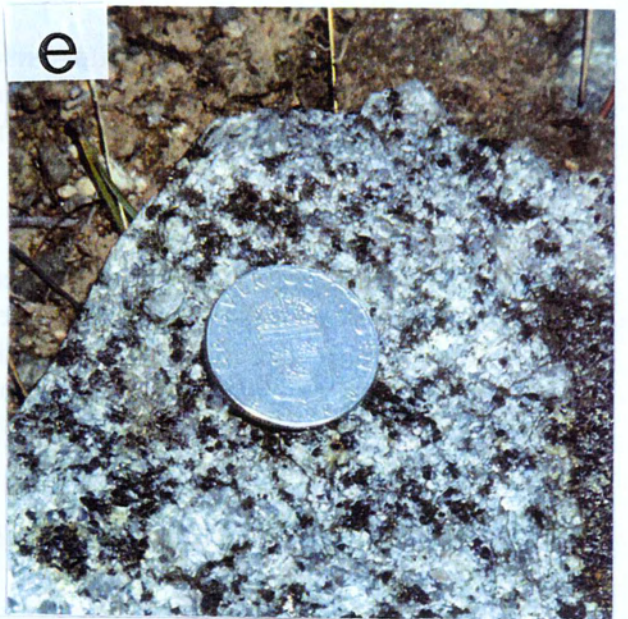
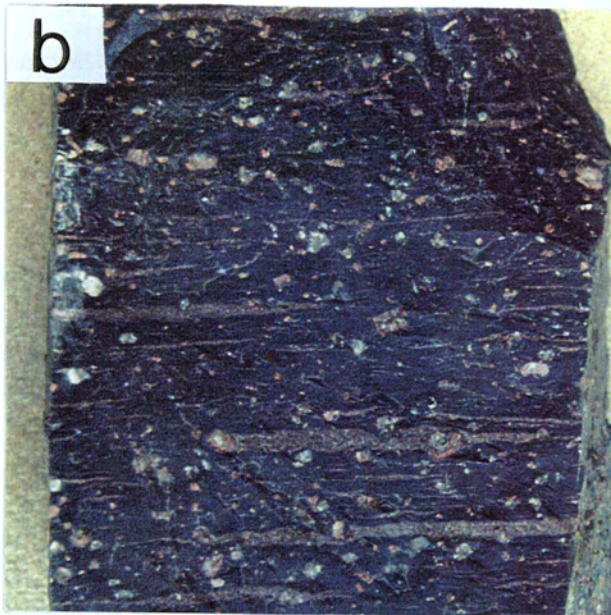
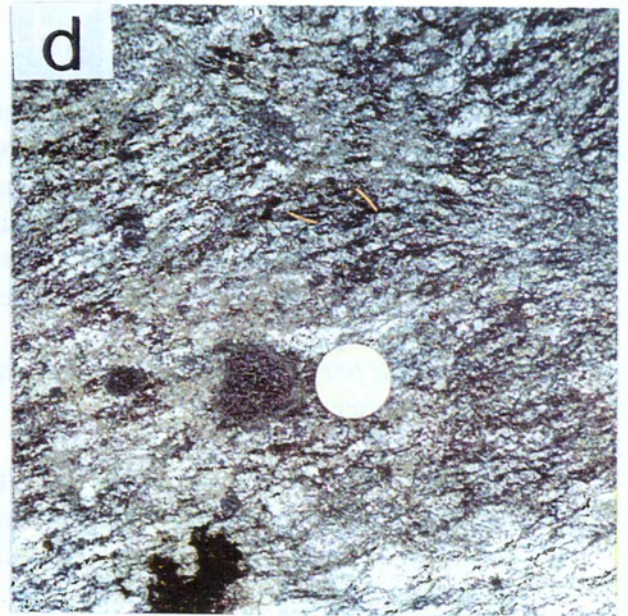
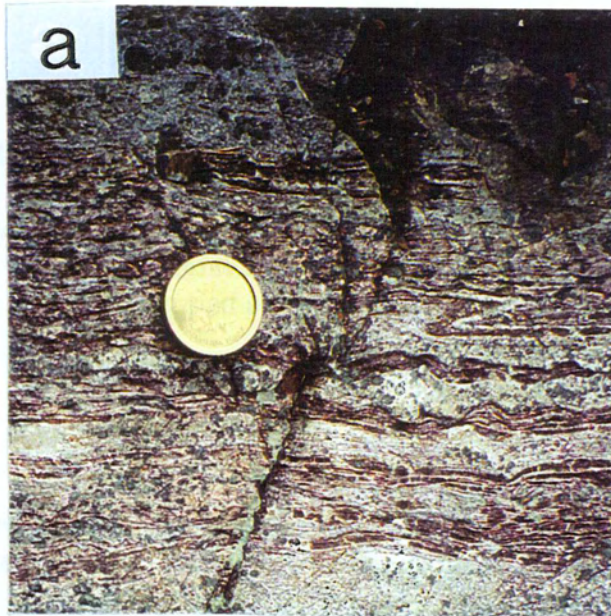
En mäktig formation (ca 800 m) av övervägande röda sandstenar, s.k. Dalasandsten, se Figur 9c, och underordnat konglomerat och lerskiffer överlagrar flackt den äldre berggrunden. En relativt mäktig horisont av s.k. Öjebasalt är inlagrad i de sedimentära bergarterna. Basalten har både tuff- och lavaled. Formationen genomslås av yngre diabasgångar, se nedan. De sedimentära bergarterna markeras med gulgrön och Öjebasalten med mossgrön färg på berggrundskartan.

Fanerozoiska sedimentära bergarter, 495-420 miljoner år

Brantstående lager av kalksten, lerskiffer och sandsten som är 495-420 miljoner år gamla utgör länets yngsta ytbergarter. Anledningen till att lagren inte är horisontella tros vara att de deformerats vid ett meteoritnedslag för ca 360-350 miljoner år sedan, se Figur 8. Dessa bergarter har markerats med gråblå färg på berggrundskartan.

Djupbergarter

Djupbergarterna kan också delas in i fyra grupper baserade på ålder. Äldst är de omvandlade djupbergarter (ca 1890-1850 miljoner år) som även brukar benämnas urgraniter. Näst äldst är två sviter av närmast likåldriga djupbergarter. Den ena sviten (ca 1850-1750 miljoner år) består övervägande av graniter och pegmatiter, och förekommer huvudsakligen i länets sydöstra delar. Den andra sviten (ca 1800-1780 och ca 1710-1670 miljoner år) består av djupbergarter med varierande sammansättning tillhörande det s.k. Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Den näst yngsta djupbergarten är av s.k. rapakivityp (ca 1470 miljoner år) och yngst är en förekomst av en alkalin bergart som är ca 281 miljoner år gammal.



Figur 9. Fotografier av några bergarter som förekommer i urbergsdelen av Dalarnas län:

a) Granat- och amfibolförande, skiktad sur metavulkanisk bergart vid Stollbergs malmfält, strax nordost om Ludvika. Bergarten anses vara bildad genom omvandling i samband med malmbildningen, följt av omvandling i samband med senare deformation. Foto: M. Ripa. b) Pimpstensförande (röda streck) porfyr av Dalatyp. Pimpstensfragmenten är ca 5 cm långa. Foto: T. Lundqvist. Notera hur välbevarad denna bergart är jämfört med den under (a). c) Dalasandsten med böljeslagsmärken och torksprickor. Kniven är 9 cm lång. Foto: T. Lundqvist. d) Ögonförande och gnejsig äldre granitoid mellan Ludvika och Fredriksberg. Foto: M. Ripa. e) Kvartsmonzonit av Järnatyp tillhörande TMB. Foto: M. Ripa.

Djupbergarter, ca 1890-1850 miljoner år

De äldsta djupbergarterna bildar en svit som varierar i sammansättning från ultrabasiter till graniter, vari tonalitiska sammansättningar dominerar. De anses vara genetiskt relaterade till de ca 1900 miljoner år gamla metavulkaniterna, vilka de intruderar, och visar tecken på samma metamorfa påverkan som dessa (Figur 9d). Basiska varieteter har markerats med mörkgrön och sura med brun färg på berggrundskartan, se Figur 8.

Graniter och pegmatiter, ca 1850-1750 miljoner år, samt djupbergarter av TMB-typ, ca 1800-1780 och ca 1710-1670 miljoner år

Graniter och pegmatiter som anses ha bildats genom uppsmältning av den äldre berggrunden i samband med den svekokarelska orogenesen förekommer i sydöstra delen av länet. Pegmatitiska och sliriga varieteter uppvisar lokalt tecken på att ha påverkats av svekokarelsk deformation, men bergarterna är övervägande massformiga. De innehåller lokalt stora mängder inneslutningar av äldre berggrund, vilket då gör berggrunden mindre homogen. Graniterna har markerats med blekröd färg på berggrundskartan.

Djupbergarter av TMB-typ bildar en svit som varierar i sammansättning från ultrabasiter via monzoniter till graniter. Inom TMB som helhet dominerar monzonitiska led, men inom Dalarnas län är granitiska led ungefär lika vanliga. Den tredje största gruppen är syeniter. Djupbergarterna är sannolikt genetiskt associerade med Dalavulkaniterna, vilka de intruderar. Inom området indelas TMB-djupbergarterna traditionellt i Järna- och Siljanstyper. Den förra typen domineras av grå, monzonitiska till kvartsmonzonitiska led (Figur 9e) och den senare av röda, granitiska led. Karakteristiskt för Järnatypen är förekomsten av basiska inneslutningar, vilket påverkar berggrundens homogenitet. Basiska TMB-djupbergarter har markerats med olivgrön och sura med klarröd färg på berggrundskartan.

Djupbergart av rapakivityp, ca 1470 miljoner år

En bergart av s.k. rapakivityp som är ca 1470 miljoner år gammal förekommer i ett massiv ca 10 km väster om Borlänge. Sammansättningen är granitisk till kvartssyenitisk. På kartan, se Figur 8, har massivet markerats med vinröd färg.

Alkalin bergart, ca 281 miljoner år

Ett massiv, bestående av en alkalin djupbergart förekommer ca 15 km väster om Särna i den nordvästra delen av länet. Bergarten är ca 281 miljoner år gammal. Åldern tyder på att den eventuellt kan relateras till magmatisk aktivitet i Osloområdet för ca 290 miljoner år sedan. Den alkalina bergarten markeras med svart färg på berggrundskartan.

Gångbergarter

Länet genomslås av flera diabasgångar som på grund av avvikande magnetiska egenskaper framträder tydligt på den magnetiska totalfältskartan, se Figur 11. Den dominerande riktningen är NV-lig. Gångbergarterna kan huvudsakligen delas in i fem åldersgrupper.

Äldst är de amfibolitgångar som är rumsligt och sannolikt även genetiskt associerade med de äldsta djupbergarterna. Näst äldst är pegmatit-, aplit- och granitgångar (och d:o sliror) som bildats under den svekokarelska orogenesen, och som följaktligen genomsätter den äldre berg-

grunden. Sannolikt ungefär jämnåldriga med, eller något yngre än dessa är en generation av blandade gångar, de s.k. Tuna- och Gustafsgångarna. De har sin huvudsakliga utbredning mellan Ludvika och Borlänge.

Yngre än ovanstående bergarter är diabasgångar vilka genomsätter sandstenarna i den nordvästra delen av länet, s.k. Åsby- och Särnadiabaser. Dessa diabaser är flackt stupande respektive brantstående och ca 1250 miljoner år gamla. Områdets yngsta diabasgångar är de s.k. Blekinge-Dalarna diabaserna (BDD), som är ca 1000 miljoner år. De yngsta gångbergarterna är associerade med den alkalina bergarten väster om Särna. Endast en del mäktigare diabasgångar har markerats på kartan, se Figur 8 (violett färg).

Berggrundens homogenitet

Berggrundens homogenitet är beroende av variationer i deformationsgrad och av förekomsten av t.ex. gångbergarter och inneslutningar. Den är också beroende av vilken skala som avses. Berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 föreligger endast inom länets östligare delar, se Figur 2, och även med information i denna skala är det svårt att uttala sig om homogeniteten. Generellt sett kan man emellertid anta att de flesta djupbergarter är tämligen homogena. Yngre bergarter är också generellt mer homogena än äldre. Mest homogena torde sålunda de yngre djupbergarterna vara.

5 Mineral- och bergartsresurser

Mineral- och bergartsresurser omfattar metalliska mineral (malmer), icke-metalliska mineral (industriella mineral) och nyttosten (bergarter för byggnads-, prydnads- och industriella ändamål, samt bergarter för ballast, d.v.s. krossberg). Begreppet malm är enligt allmän uppfattning en metallfyndighet i största allmänhet. Så används begreppet också i denna rapport. Definitionsmässigt är dock en malm en förekomst som kan brytas med ekonomisk vinning; annars är det en mineralisering.

En fyndighet kan förekomma i vilken bergart som helst. Malmer är dock vanligen knutna till vulkaniska bergarter även om fyndigheter också förekommer i djupbergarter och sedimentära bergarter. Industriella mineral och nyttosten kan uppträda i alla miljöer. Krossberg av god kvalitet kan erhållas från såväl djup- som ytbergarter.

Information om länets gruvor och bergtäkter har huvudsakligen hämtats från Hjelmqvist /8/, Åkerman /24/, Wik /25/ och SGUs databaser. Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs mineralkontor i Malå.

Översikt över mineral- och bergartsresurser

Länets sydöstra delar hör tillsammans med intilliggande områden i t.ex. Örebro län till hjärtat av det egentliga Bergslagen, som i ett historiskt perspektiv tillhör Sveriges viktigaste malmprovins. Gruvdrift finns dokumenterad sedan 1200-talet i Falun och Garpenberg, och var allmän från senare delen av medeltiden till våra dagar. Även om de mest berömda fyndigheterna i allmänhet är de som utgörs av sulfidmalmer samt ädelmetaller, är järnmalmsförekomsterna de som haft störst ekonomisk betydelse. Tonnagemässigt överstiger järnmalmsproduktionen vida den för sulfidmalm. Idag bedrivs gruvdrift endast i två sulfidmalmsgruvor.

I samband med och även i anslutning till gruvdriften bröts i varierande grad industriella mineral och nyttosten. I Grängesbergs järngruva bröt man t.ex. periodvis apatit som en biprodukt, varur man kunde utvinna fosfor. I Falu gruva var mot slutet svavel väl så viktigt som zink och koppar. På flera ställen förekommer mindre stenbrott där s.k. ställsten (glimmerrika metavulkaniska bergarter) till eldfast material i hyttor har brutits.

Metalliska mineralresurser

Länets viktigaste metalliska mineralförekomster förekommer i de metavulkaniska bergarterna i sydost, se Figur 10. Enstaka förekomster finns även i inneslutningar av ovanstående bergarter i yngre djupbergarter. Vidare finns enstaka mineraliseringar associerade med de yngre bergarterna. För närvarande bryts endast två malmer inom länet: Garpenberg Norra och Garpenbergs Odalfält. Av kartan, se Figur 10, framgår att även dagens prospekteringsintressen främst är koncentrerade till länets sydöstra delar. De viktigaste fyndigheterna har, tillsammans med icke-metalliska mineralförekomster, markerats med svarta prickar på kartan, se Figur 10.

Järnmalm (järn-oxider). De flesta av de för Bergslagen karakteristiska typerna av järnmalm har brutits inom länet. Idag förekommer ingen brytning alls, men gruvan i Grängesberg stängdes så sent som 1989. Exempel på de viktigaste förekomsterna är Grängesberg (apatitjärnmalm), Håksberg (kvartsjärnmalm; stängd 1979), Nybergsfältet (stängt 1965) och Kärrgruvan (manganfattig skarnjärnmalm), Tuna-Hästberg (manganrik skarnjärnmalm; stängd 1968) och Stollberg (manganrik skarnjärnmalm och mullmalm; stängd 1982).

Sulfidmalmer (zink-, bly- och kopparsulfider). Några av landets viktigaste sulfidmalmsfyndigheter, speciellt i ett historiskt perspektiv, finns i länet. Den mest berömda är den i Falun (zink, koppar, svavel, guld) som bröts fram till 1992. Som nämnts är det för närvarande endast de två gruvorna i Garpenberg som bryts. De huvudsakliga metallerna är zink, bly och koppar. Av övriga förekomster kan nämnas Saxberget (zink, bly; stängd 1988), Stollberg (bly, zink, silver; stängd 1982) och Svärdsjö (zink, bly, koppar, vismut, guld).

Förutom ovanstående klassiska Bergslagstyper finns ytterligare några malmtyper representerade inom länet. Dessa utgörs av nickel-kopparmineraliseringar i äldre basiska djupbergarter, molybdenglans och underordnad scheelit (volfram) associerat med yngre graniter, greisen-mineraliseringar (tenn) associerade med TMB-djupbergarter, enstaka järn- och sulfidförekomster i Dalavulkaniterna samt sulfidmalm i de fanerozoiska sedimentära bergarterna.

Icke-metalliska mineralresurser

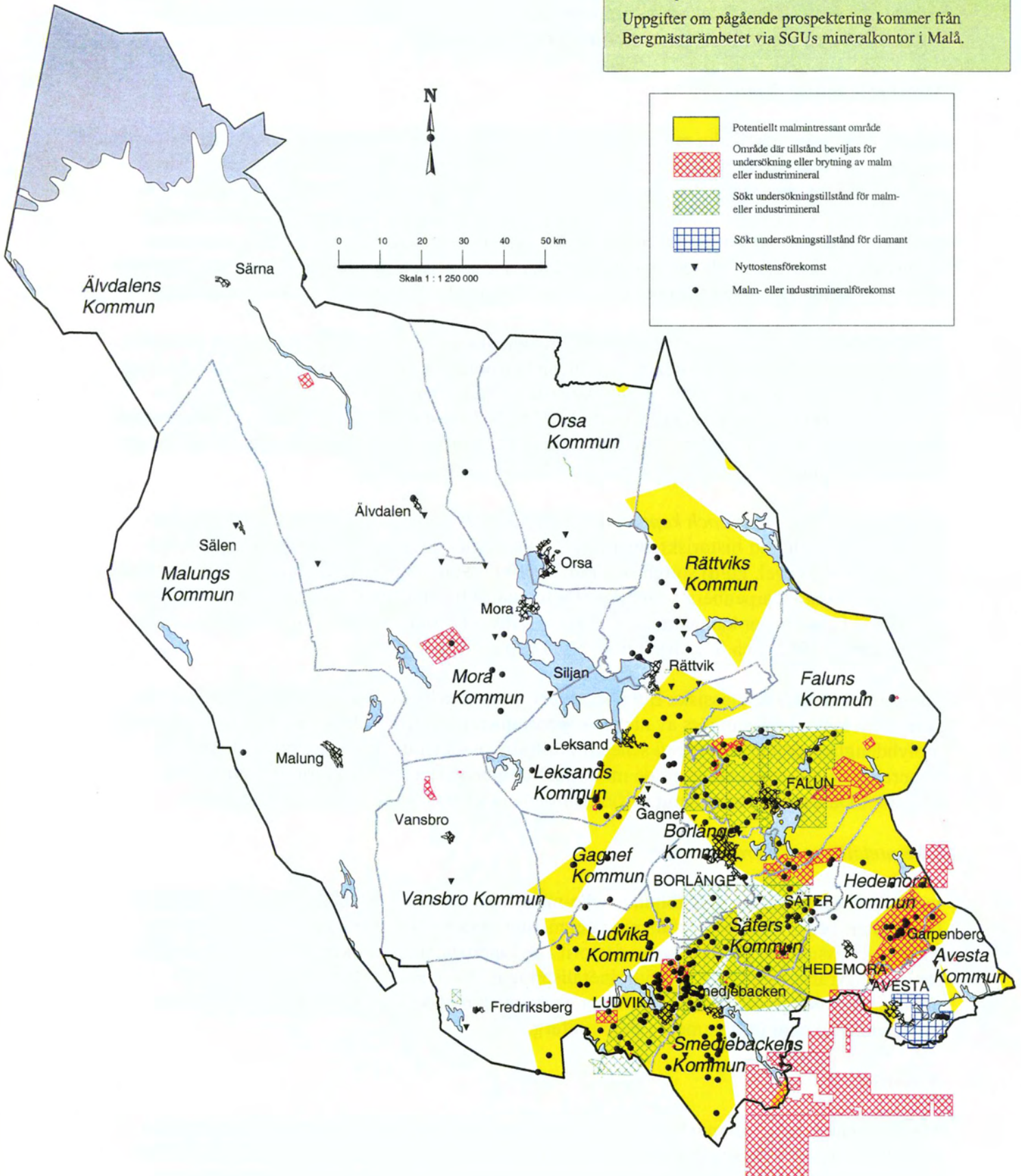
Inom länet förekommer bl.a. följande icke-metalliska mineral i brytbara eller eventuellt brytbara halter: beryll, kvarts och fältspat i pegmatiter; apatit i järnmalmer av Grängesbergstyp; kvarts i kvartsgångar och -breccior; fosforit i de fanerozoiska sedimentära bergarterna; pyrit för svavelsyraframställning i sulfidmineraliseringar. Av dessa har framför allt apatiten i Grängesberg och pyriten i Falun haft stor ekonomisk betydelse. Oxiderad malm från Falu gruva används som färgpigment i Falu rödfärg.

Nyttosten

Mest berömd i detta sammanhang torde brytningen och bearbetningen av porfyr i Älvdalen vara. Brytningen hade sin storhetstid under 1800-talet, men en viss verksamhet har förekommit ända in i "modern" tid. Övriga bergarter som är intressanta som nyttosten är sandsten

Mineral- och bergartsresurskarta över urbergsdelen av Dalarnas län. Informationen är hämtad från SGUs kartor, beskrivningar och register över landets bergtäkter samt diverse publikationer.

Uppgifter om pågående prospektering kommer från Bergmästarämbetet via SGUs mineralkontor i Malå.



Figur 10. Mineral- och bergartsresurskarta över urbergsdelen av Dalarnas län (sammanställning januari 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund

(Dalasandsten och fanerozoisk sandsten), glimmerkvartsit, de flesta granittyper samt dolomit och kalksten i de äldsta och yngsta ytbergarterna. De senare har brutits och bryts kring Siljan. Verksamheten vid stenbrott för nyttosten tas upp och läggs ner beroende på efterfrågan och priser, och är i allmänhet ganska begränsad. Det är ofta inte möjligt att definitivt avgöra om ett brott är nedlagt eller bara vilande.

Under 1996 fanns 24 bergtäkter för krossberg registrerade i länet. Vid sex av dessa görs även uttag av grus eller morän. De flesta täkterna ligger kring Siljan och sydost därom, d.v.s. i de mer befolkningstäta kommunerna. Nyttostensförekomster har markerats med svarta trekantar på kartan, se Figur 10.

Pågående prospektering

Sydöstra delen av Dalarnas län är ett av de mest prospekteringsintressanta områdena i Sverige. Områden med pågående prospektering eller där ansökningar om tillstånd för sådan föreligger har markerats på kartan, se Figur 10. De flesta ansökningar och tillstånd avser malm- eller industrimineral. En ansökning, inom Avesta kommun, avser emellertid diamanter. Tre prospekteringsområden i Älvdalens, Mora och Vansbro kommuner avser bas- och ädelmetaller utanför den traditionellt malmförande provinsen i sydost.

Potentiellt prospekteringsintressanta områden

Prospekteringen kommer sannolikt att koncentreras till de metavulkaniska bergarterna i länets sydöstra delar där de flesta tidigare funna malmer finns. Generellt sett kan emellertid alla områden som markerats med gul färg i Figur 10 anses vara potentiellt prospekteringsintressanta för de traditionella malmtyperna. Dessutom kan yngre, sura djupbergarter vara intressanta för prospektering efter mineraliseringar av greisen- och porfyrtyp. Basiska djupbergarter har en potential för framförallt nickel-, koppar- och krommalmer, medan ultrabasiska bergarter, tillsammans med dolomit, röner ett visst intresse för magnesiumutvinning till elfasta produkter. Man kan också notera ett ökat intresse för guldprospektering i samband med kvartsådring och -brecciering i deformationszoner. De senare kan i princip uppträda i vilka bergarter som helst. De alkalina bergarterna väster om Sälen skulle kunna vara intressanta för diamanprospektering.

6 Deformationszoner

Definitioner och metodik

En *deformationszon* är en svaghetszon längs vilken berggrundsblocken på ömse sidor av zonen har rört sig i förhållande till varandra. Sker deformationen på stora djup under varma förhållanden deformeras bergarterna plastiskt, liksom en trögflytande massa, och zonen benämns då allmänt plastisk deformationszon eller *plastisk skjuvzon*. Närmare jordytan, där temperaturen är lägre, är deformationen av spröd karaktär, d.v.s. det sker en mekanisk nedbrytning och uppsprickning av bergarterna. I detta fall kallas zonen spröd deformationszon eller *sprickzon*. Om rörelsen har skett parallellt med sprickzonen talar man om en *förkastning*.

En *formlinje* representerar en strukturell trend i terrängen. Formlinjer för planstrukturer som bildades under varma, plastiska förhållanden, d.v.s. förskiffring och bandning, har sammanställts genom interpolation av fältmätningar av sådana strukturer. Dessa mätningar har hämtats ifrån SGUs publicerade berggrundskartor i skala 1:50 000 /10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,

17, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28/, från den västra delen av länskartan över Kopparbergs län /8/, från opublicerade data vid SGU (S. Bjurstedt och A. Strömberg) och från pågående arbeten på bladen 12E Säfsnäs (M. Ripa), 13G Hofors och 14G Ockelbo (S. Sukotjo) samt på 15F Voxna (H. Delin).

Formlinjer återspeglar berggrundens storskaliga strukturriktningar. Sammanställning av dessa linjer ger ofta en antydning om förekomsten av plastiska skjuvzoner och mellanliggande domäner. Domänerna mellan skjuvzonerna kan utgöras av områden med regionalt mer homogen deformation, egna strukturmönster eller områden med odeformerade bergarter. Plastiska skjuvzoner har markerats där planstrukturerna i långsmala stråk avviker i riktning från omgivande områden. Dessa zoner utmärks också av att planstrukturerna i den omgivande berggrunden ofta är inböjda mot skjuvzonerna. Förekomst av starkt förskiffrade bergarter och myloniter är karakteristiskt för plastiska skjuvzoner. Vid identifiering och begränsning av plastiska skjuvzoner har hänsyn tagits också till flygmagnetiska data, se Figur 11. Flygmätningarna i länet har utförts av SGU och LKAB.

Sprickzoner är sällan blottade utan vanligen täckta av glaciala-postglaciala avlagringar, eller utgör moss- och myrmarker eller vattendrag, varför direkta observationer mera sällan kan göras. Sprickzoner har i första hand tolkats med hjälp av höjddata från Lantmäteriverket, se Figur 12, och från flygmagnetiska data, se Figur 11. På flygmagnetiska kartor framträder spröda deformationszoner i regel som smala, lågmagnetiska stråk. Endast sprickzoner med en längd över ca 10 km har markerats.

På deformationszonskartan, se Figur 13, visas tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner, formlinjer samt berggrund som kan vara påverkad av meteoritnedslaget vid Siljan. Vidare visas bergarter yngre än ca 1850 miljoner år, vilka vanligtvis är massformiga eller endast svagt deformerade. Kartan återspeglar zoner som huvudsakligen är tolkade i samband med denna studie och som behöver kontrolleras i fält innan deras existens och utbredning kan fastställas. Kartans innehåll bör därför tills vidare betraktas med försiktighet.

Plastiska skjuvzoner

Berggrunden inom urbergsdelen av Dalarnas län kan delas in i två huvudområden baserat på bergarternas ålder, metamorfos och förekomsten av plastiska skjuvzoner. Den östra delen av länet domineras av bergarter som är äldre än ca 1850 miljoner år, vilka har påverkats kraftigt av svekokarelsk deformation och metamorfos. Bergarterna i detta område är ofta folierade och stängliga med en varierande men dominerande NO-lig strukturell trend. De strukturella formlinjerna i detta område indikerar en storskalig, S-formad veckning. Till skillnad mot den östra delen av länet, utgörs berggrunden i den västra delen av bergarter som är ca 1800 miljoner år gamla eller yngre, och som vanligen är opåverkade av deformation och metamorfos. I den allra västligaste delen av länet är deformationen dock påtaglig.

Med hänsyn till berggrundens magnetiska egenskaper, se Figur 11, kan urbergsdelen av länet också delas in i två områden, vilka motsvarar den ovan gjorda uppdelningen av berggrunden. De äldre bergarterna i den östra delen av länet uppvisar ett kraftigt strukturerat anomalmönster med NO-lig trend och en svagare magnetisk struktur i VNV-lig riktning. Det finns antydningar om att de magnetiska dragen med NO-lig riktning ändrar orientering norr om kartområdet till mer nordlig, och att de är inböjda mot den dominerande NNV-liga trenden i

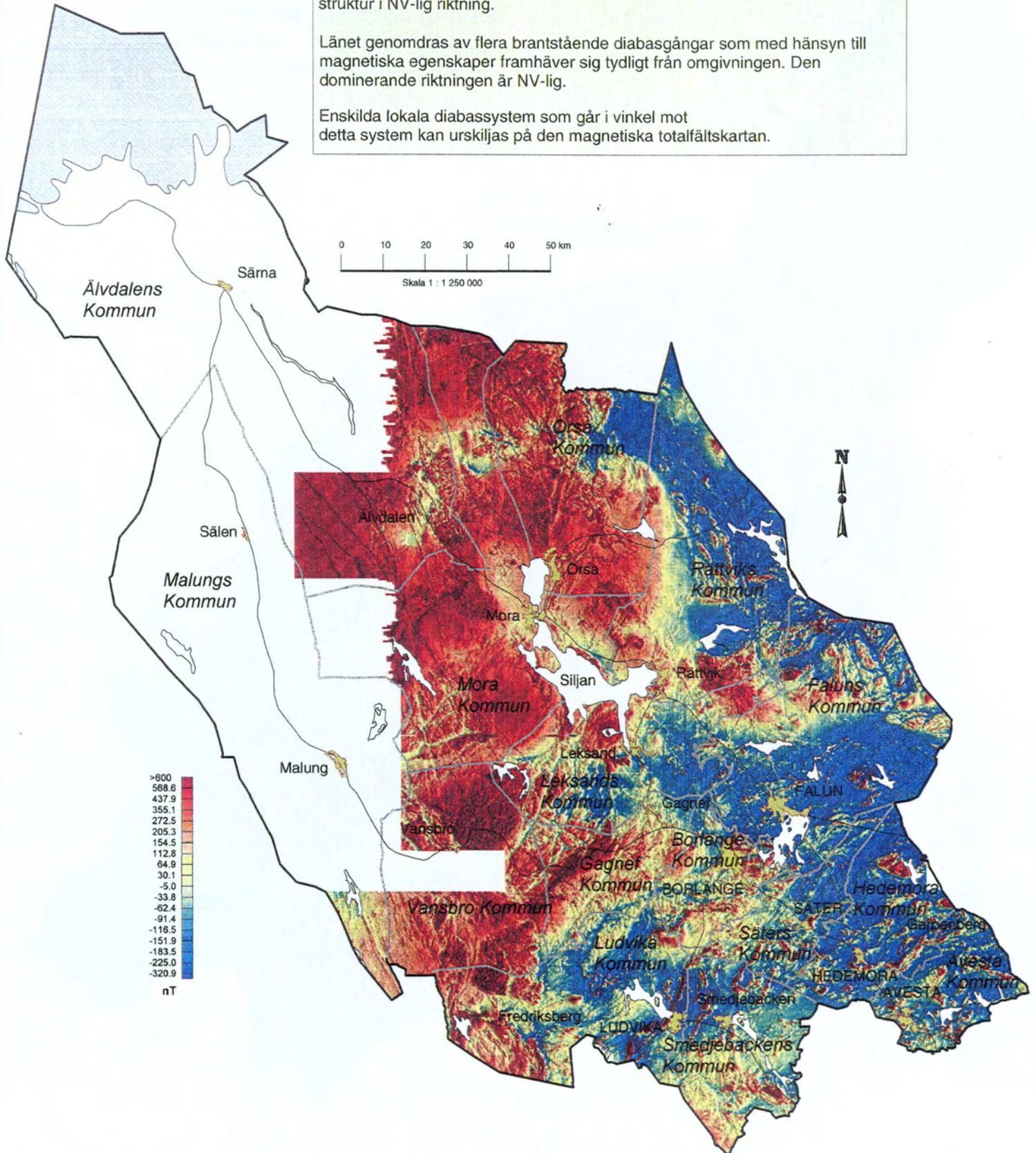
Magnetisk anomalikarta över urbergsdelen av Dalarnas län. Kartan baseras på data i 200 meters rutnät och visar variationer i det jordmagnetiska fältet, vilka huvudsakligen orsakas av halten magnetiska mineral i berggrunden. Flygmätningarna har utförts av SGU och LKAB.

I den västra delen av länet, där de yngre bergarterna överväger, observeras en allmän förhöjning av det magnetiska totalfältet med endast mindre markanta, anomala avvikelser i godtyckliga riktningar eller helt utan anomal magnetisk struktur.

I de äldre bergarterna i den östra delen av länet urskiljs ett kraftigt strukturerat anomalimönster med NO-lig trend och en svagare magnetisk struktur i NV-lig riktning.

Länet genomdras av flera brantstående diabasgångar som med hänsyn till magnetiska egenskaper framhäver sig tydligt från omgivningen. Den dominerande riktningen är NV-lig.

Enskilda lokala diabassystem som går i vinkel mot detta system kan urskiljas på den magnetiska totalfältskartan.



Figur 11. Magnetisk anomalikarta över urbergsdelen av Dalarnas län. Grå färg indikerar fjällberggrund

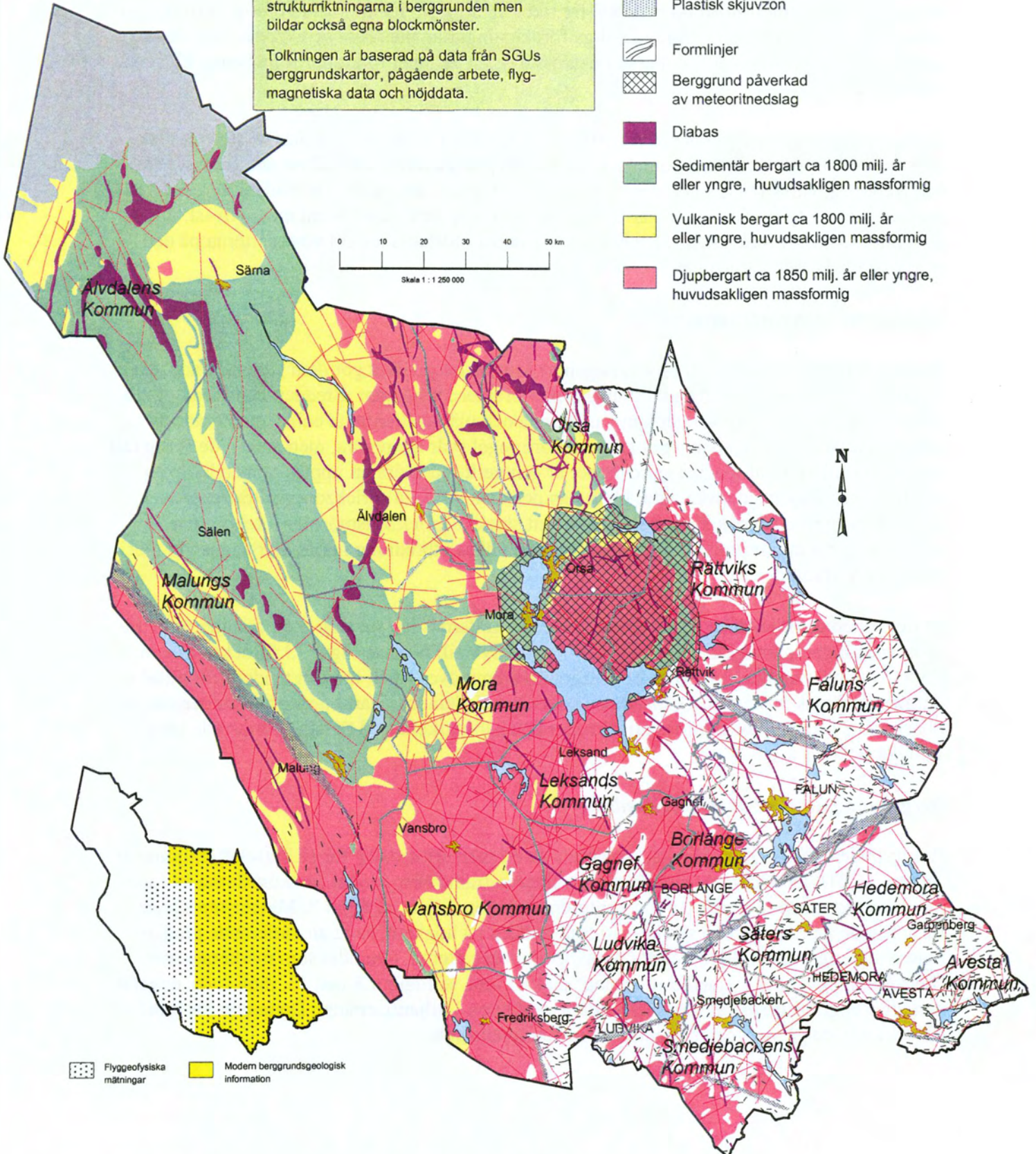
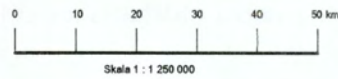
Deformationszonskarta över urbergsdelen av Dalarnas län med formlinjer, tolkade sprickzoner och plastiska skjuvzoner, samt områden med bergarter som är yngre än ca 1850 miljoner år.

Formlinjerna visar berggrundens strukturella riktningar. Plastiska skjuvzoner har markerats där strukturerna i långsmala stråk avviker från omgivande områden.


Sprickzoner följer i många fall de äldre strukturellriktningarna i berggrunden men bildar också egna blockmönster.

Tolkningen är baserad på data från SGUs berggrundskartor, pågående arbete, flygmagnetiska data och höjddata.

-  Sprickzon under fanerozoiska sedimentära bergarter, tolkad från flygmagnetiska data
-  Sprickzon
-  Plastisk skjuvzon
-  Formlinjer
-  Berggrund påverkad av meteoritnedslag
-  Diabas
-  Sedimentär bergart ca 1800 milj. år eller yngre, huvudsakligen massformig
-  Vulkanisk bergart ca 1800 milj. år eller yngre, huvudsakligen massformig
-  Djupbergart ca 1850 milj. år eller yngre, huvudsakligen massformig



 Flyggeofysiska mätningar

 Modern berggrundsgeologisk information

Figur 13. Deformationszonskarta över urbergsdelen av Dalarnas län. Grå färg indikerar fjällberggrund.

den nordöstra delen av länet. I väster, där de yngre bergarterna överväger, uppvisar det magnetiska totalfältet en allmän förhöjning med endast mindre markanta, anomala avvikelser i godtyckliga riktningar eller inga anomalier alls.

Som framgår av Figur 13 förekommer ett fåtal tolkade plastiska skjuvzoner som kan vara upp till flera kilometer breda. Zonerna i den östra delen av länet stryker i både VNV- och NO-liga riktningar. Zonerna som stryker i VNV-lig riktning norr om Falun, och i NO-lig riktning sydost om Borlänge och Falun utgör västliga förlängningar av plastiska skjuvzoner som dokumenterats i Gävleborgs län. Zonerna i den östra delen av länet förefaller följa benen till stora veckstrukturer.

I den västligaste delen av länet, i närheten av och nordväst om Malung, har en stor plastisk skjuvzon identifierats utmed kontakten mellan djupbergarterna som tillhör det Transskandinaviska magmatiska bältet och dess relaterade vulkaniska bergarter, Dalavulkaniter, och Dalasandstenen /8, 29/. Skjuvzonen har en NV-lig strykning och stupar brant mot sydväst. Djupbergarterna på den sydvästra sidan har rört sig uppåt i förhållande till ytbergarterna på den nordöstra sidan av skjuvzonen.

Sprickzoner och förkastningar

Spröda deformationszoner utgörs vanligen av krossat berg vilket gör dem lättroderade. De uppträder vanligen som långsmala sänkor eller branter i terrängen. Bredden kan vara upp till flera hundra meter. Sprickzoner kan vara öppna och oläkta eller läkta och cementerade av olika mineral. Stupningen av sprickzonerna är i regel svår att avgöra, men antas i de flesta fall vara brant till vertikal. Flacka sprickzoner är generellt sett svåra att upptäcka med hjälp av höjddata och flygmagnetiska data. I håll kan dock små, flacka sprickzoner påträffas. Även inom de berggrundsblock som definieras av ett särskilt sprickzonsmönster förekommer sannolikt ännu mindre sprickzoner och sprickor, vilkas utbredning måste klarläggas vid mer detaljerade studier.

Sprickzonernas orientering inom urbergsdelen av Dalarnas län varierar men domineras av tre olika riktningar, nämligen NO till O-V, NV och NNV till N-S, se Figur 13. Blockstorleken, d.v.s. avståndet mellan sprickzonerna, är relativt jämn över länet, med en tendens till mindre berggrundsblock väster om Leksand och söder om Hedemora. Starkt uppsprucken bergart har observerats i flera spröda deformationszoner och har markerats på SGUs publicerade berggrundskartor.

Berggrund påverkad av meteoritnedslag

Berggrunden i Siljansområdet har påverkats av ett meteoritnedslag för ca 360-350 miljoner år sedan /30, 31/. Den närmast cirkelrunda strukturen framträder genom förekomsterna av fanerozoiska sedimentära bergarter och konturerna av sjön Siljan, se Figur 8. Meteoritnedslaget förorsakade att de fanerozoiska bergarterna ställdes på högkant, samt en varierande grad av uppsprickning i de intill- och underliggande djupbergarterna. Området som markerats som "berggrund påverkad av meteoritnedslag" på kartorna, se Figurer 8 och 13, motsvarar ungefär den yttre begränsningen av den cirkelrunda strukturen i Siljansområdet. Detta område kan ha påverkats både på ytan och på djupet av meteoritnedslaget.

Deformationszoner i tid och rum

De äldsta deformationszonerna i urbergsdelen av Dalarnas län är de plastiska skjuvzonerna i vilka deformationen kan begränsas till tidsintervallet ca 1850-1700 miljoner år. Dessa zoner bildades på mer än 10-15 kilometers djup. Den plastiska skjuvzonen med NV-lig riktning i den nordvästligaste delen av länet förmodas ha bildats för ca 900 miljoner år sedan i samband med den svekonorvegiska orogenesisen (bergskedjebildningen). Som framgår av Figur 13 förekommer sprickzoner utmed några av de plastiska zonerna, vilket tyder på att dessa reaktiverats vid senare spänningsutlösningar när bergarterna låg högre upp i jordskorpan. Det är dock uppenbart att alla tre sprickzonsriktningar som beskrivits ovan har bildats även i områden utan plastiska skjuvzoner.

Den exakta åldern av sprickzonerna i länet är svårbestämd. De bildades under den långa tidsrymden från ca 1700 miljoner år och framåt i tiden, och rörelser har förmodligen skett åtskilliga gånger längs vissa förkastningar. Den nuvarande berggrundsytan i den nordvästra delen av länet motsvarar i grova drag den s.k. Muddusytan /32/, en erosionsyta som troligen utbildades under tertiär tid, d.v.s. för mellan 65 och 2 miljoner år sedan. Stora nivåskillnader i denna berggrundsytan över korta avstånd beror på förkastningsrörelser som är yngre än ca 65 miljoner år. Detta gör det möjligt att avgöra de relativa rörelserna åtminstone efter denna tid för några av de större förkastningarna. I Figur 12 syns t.ex. att Muddusytan ligger ca 350 m högre på västra sidan av en NNV-lig förkastning längs Västerdalsälven. Västra blocket tolkats att ha rört sig uppåt efter bildande av denna yta.

I nästföljande kapitel behandlas sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan, inklusive jordskalv.

7 Jordarter, jorddjup samt sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan

Översikten grundar sig på studier av SGUs jordartskartor samt olika specialarbeten. En heltäckande karta över länet finns /33/, men den är i liten kartskala (1:250 000) och visar jordarternas förekomst och utbredning endast i grova drag. Över länets södra och sydöstra delar föreligger jordartskartor i skala 1:50 000 framtagna under perioden 1920-1950 /26, 27, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39/, varför kännedomen om kvartärgeologin i denna del av länet är betydligt bättre. Modern jordartskartering har genomförts inom ett litet område öster om Säter (SGU, arkivmaterial). I vetenskapliga publikationer och rapporter redovisas också viktig information. För en allmän orientering om kvartär utveckling i landet och till en del även i regionalt perspektiv hänvisas till Fredén /40/, se också Figur 14 .

Isavsmältning och postglacial utveckling

Landisens avsmältning inleddes i länets södra del för knappt 10 000 år sedan /41/ och det beräknas att ha förflutit minst 500 år innan hela länet blev isfritt. Den i huvudsak O-V-liga iskanten hade i sydost en flikig utformning med kalvningsbukter i de djupare partierna av det forntida Yoldiahavet, vilket gjorde att isen avsmälte något snabbare där landet låg under havets yta än inom övriga delar vilka låg över den s.k. högsta kustlinjen /42/. Isavsmältningen inom dessa högre belägna områden förlöpte på ett helt annat sätt. De högsta topparna smälte fram tidigt och framskjutande istungor intog dalstråk och sänkor. Därtill avsnördes kvarliggande dödispartier utanför den sammanhängande landisen på många ställen. Isräfflor visar att isen drog sig tillbaka i en riktning mot NNV. På flera ställen uppkom kortvariga, av landisen uppdämda issjöar exempelvis 10 km öster om Vansbro, i älvdalen norr om Nås. Längst upp i

den norra delen av länet är den kvartära utvecklingen komplex och ej helt utredd. Jordlagerföljder, morfologi m.m. visar att flera nedisningsskeden är representerade enligt bl.a. Borgström /43/, Kleman & Borgström /44/, Kleman m.fl. /45/. Även inom övriga delar av länet har bl.a. dubbla moränlager påträffats på många platser.

Landisens maximala mäktighet har uppskattats till mellan 2000 och 2500 m /46/. Vid istidens slutskede började den av isen kraftigt nedtryckta jordskorpan att höja sig, vilket skedde som snabbast då isen lämnade trakten och därefter i allt långsammare takt. I nutid uppgår landhöjningen till ca 0,55 m/100 år i de södra och östra delarna och till ca 0,5 m/100 år i de västra och norra delarna av länet. Det totala landhöjningsbeloppet för dessa trakter har uppskattats till 450-600 m /47/. Då landisen avsmälte låg den sydöstra delen, några dalgångar i söder och öster samt Dalälvens dalgång upp till Siljan under det dåtida Yoldiahavets nivå. De högst belägna strandmärkena kallas högsta kustlinjen. Nivån för denna är i södra delen av länet ca 185 m.ö.h. och stiger mot norr för att i trakten av Orsa ligga strax under 220 m.ö.h.

Jordarter

Jordarterna i länet har i mycket stor utsträckning bildats i samband med den senaste landisens avsmältning, glaciala jordarter, och under tiden därefter, postglaciala jordarter. Äldre jordlager har dock observerats på flera platser i länet. Vissa jordarter nybildas fortfarande. Kännedomen om det kala bergets utbredning är bristfällig och anges endast i grova drag på länets jordartskarta. Inom de södra och sydöstra delarna föreligger dock mer storskaliga kartor vilka visar att hållmarker har relativt stor utbredning.

Glaciala jordarter

Morän består av det av landisen upplockade, bearbetade och avlagrade osorterade materialet och är den helt dominerande jordarten i länet. Den representeras av flera olika moräntyper och uppträder vanligen också under lagren av yngre jordarter. Moränens ytblockighet är oftast normal, men stora områden har blockrik yta. Även storblockiga morännytor förekommer liksom på några platser blockfattiga och då i samband med mer finkorniga moräntyper. Isälvs-sedimenten har transporterats och sorterats av isälvarnas smältvatten i och under landisen och slutligen avlagrats vid isfronten under avsmältningen. Sand och grus dominerar och uppträder i form av åsar, sandurfält, deltan m.fl. avlagringstyper. Isälvarnas finkornigaste slam avsattes i sjöar och hav ett stycke från iskanten som lera-finmo ofta i form av varviga sediment t.ex. varvig glacial lera, se Figur 15a.

Postglaciala jordarter

Inom områden belägna under högsta kustlinjen har svallsediment bildats vid stränder utmed hav och större sjöar genom vågors och strömmars omlagring av glaciala jordarter, varvid vall-sand, svallgrus och klapper avsatts. De finaste partiklarna har avsatts i vikar och lugna bas-sånger i form av grå, postglacial lera-finmo eller gyttjelera, jordarter som har obetydlig utbredning i länet. I älvars och andra vattendrags dalar har älv- och svämsediment avsatts och avsätts än idag. Vindavlagrad sand förekommer på ett flertal platser i de centrala och södra delarna av länet. Organiska jordarter domineras av torv och torvmarkerna och består av både mossar och kärr. I de norra och centrala delarna av länet intar torvmarker betydande arealer.



Figur 14. Översiktskarta visande hållmarker och jordarter inom urbergsdelen av Dalarnas län enligt Sveriges Nationalatlas, Berg och jord. Grå färg indikerar fjällberggrund

Jordartsfördelning och jorddjup

Jordartsfördelningen i länet visas översiktligt på kartan i Figur 14. Länet tillhör tre skilda jordartsområden /3/.

De södra, centrala och västra delarna tillhör *nordvästra Svealands moränområde* starkt dominerat av morän, som i dalar och sänkor på sina håll visar kullig ytform. Långsträckta moränryggar i isrörelseriktningen (drumliner) förekommer också. Urbergsmorän utbreder sig i söder medan sandsten starkt präglar moränen i länets västra delar /48/. I trakten av Rättvik förekommer moränlera med en betydligt finkornigare sammansättning. På spridda lokaler har äldre moränlager eller sediment påträffats under den regionalt utbredda moränen i ytan, se Figur 15b. I väster intar torvmarker betydande arealer och de har vanligen endast några meters mäktighet. Isälvsavlagringar uppträder främst i dalgångarna och är ofta mäktiga särskilt i älvdalarna. Huvudsakligen består de av rullstensåsar. Breda, plana deltar förekommer också i områden belägna under nivån för högsta kustlinjen exempelvis vid Mora och söder om Leksand. Finkorniga sediment, lera-finmo, har stor utbredning i Dalälvens dalgång söderut från Siljan samt i forna havsvikar i länets södra och sydöstra delar, se Figur 15c. I sydost finns även ganska stora områden av varvig glacial lera. I områden med mjäla och finmo finns här och var markant utformade raviner t.ex. i Säterdalen. Svallsediment har obetydlig utbredning utom utmed isälvsavlagringarna. Flygsand förekommer på flera platser i de södra och centrala delarna av länet, t.ex. dynerna på Moradeltat.

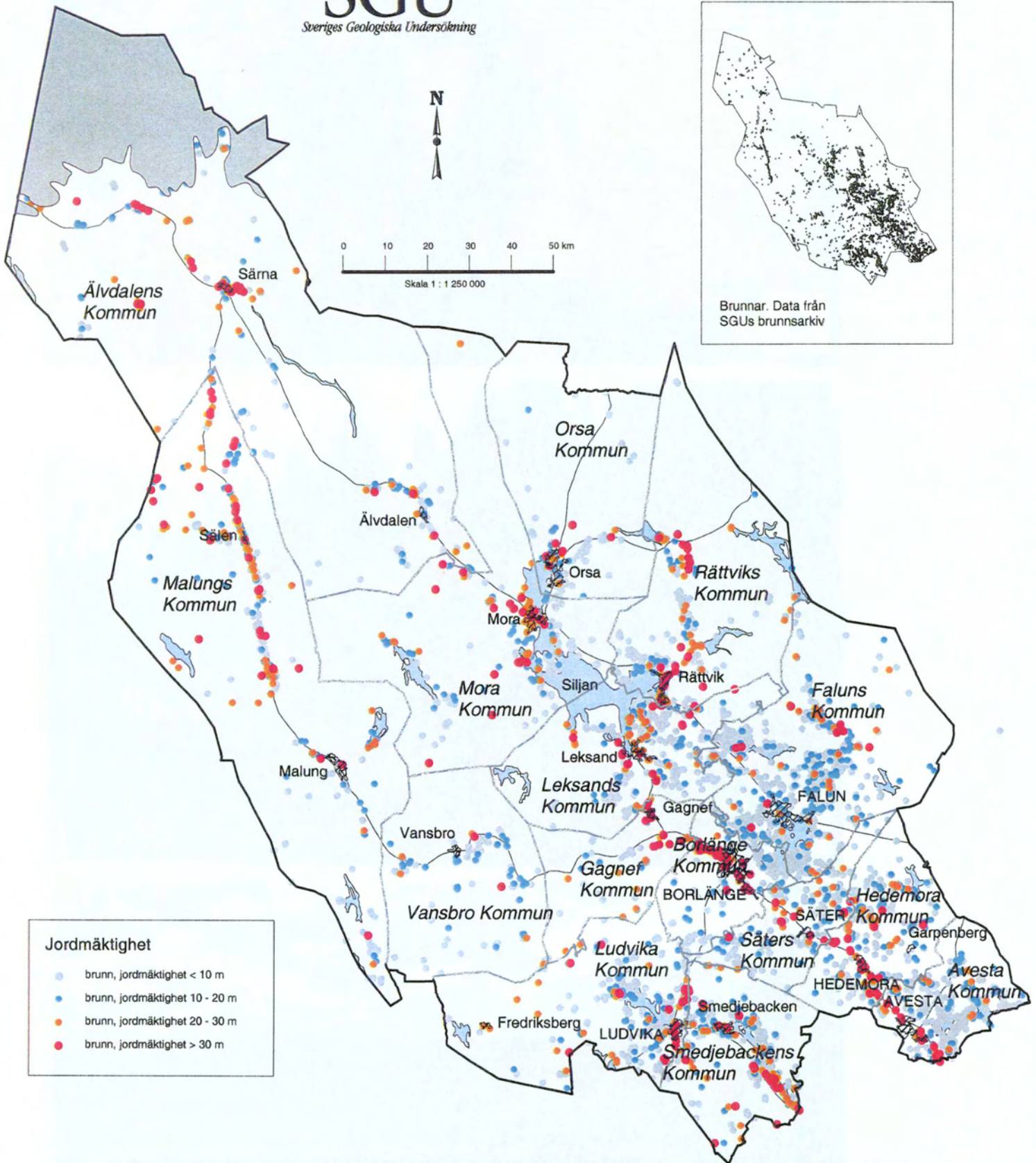
De östra och norra delarna av länet ingår i *södra och mellersta Norrlands inlands morän- och myrområde* och domineras av morän och på sina håll även av torvmarker. Vanligast är att moränen har en sandig kornstorlekssammansättning och innehåller urberg, men ibland har den grusig sammansättning. I länets norra centrala del finns ett stort område med porfyrdominerad morän /48/. På många platser har äldre morän- eller sedimentlager observerats under moränen i ytan. Moränytornas blockighet är allmänt normal. Förhållandevis vanligt förekommer blockrika ytor och ibland t.o.m. storblockiga ytor. I en del dalgångar och sänkor uppträder kullig morän och uppe i nordväst även s.k. rogenmorän med ryggformer eventuellt bildade under ett tidigare nedisningsskede /43/. I dalgångarna är isälvsavlagringar mycket vanliga i form av rullstensåsar, sandurfält m.m. Vid Orsa och vidare mot nordost ligger delta och flera andra typer av isälvsavlagringar /49/. I ett större dalstråk nordost om Falun utbreder sig lera-finmo i de lägre delarna av den gamla havsviken.

De högsta delarna väster och nordväst om Sälen utgörs av *kalfjällsområden* där ändå jordlager i stor utsträckning täcker bergen. Ytan uppvisar påverkan av frostprocesser i varierande utsträckning.

Jordmäktigheten är inom södra delen av länet i allmänhet liten eller måttlig, se Figur 16. Generellt sett ökar jordmäktigheten mot norr och nordväst, men som framgår av kartan är det i stora områden glest med uppgifter. Dessa är knutna till bebyggelse och i och med det lokaliserade till älvdalar, andra dalgångar samt sänkor där jordmäktigheten oftast är måttlig eller stor.

Figur 15. Exempel på jordarter i urbergsdelen av Dalarnas län. a) Varvig glacial lera 1 km NNO om Bältarbo tegelbruk, 2 km norr om Hedemora. b) Morän ovan isälvsediment nära Sälen. c) Utsikt mot NNO över Dalälvens dalgång från Bispbergsklack, ca 4 km öster om Säter. Alla fotografier har tagits av C. Fredén.





Jordmäktighet i ca 5000 brunnar. Data från SGUs brunnarsarkiv. Den lilla kartan visar antalet brunnar och deras geografiska fördelning. Lokala avvikelser förekommer. Uppe på höjder är mäktigheten oftast tunn eller måttlig (<10 m).

Figur 16. Jordmäktighet inom urbergsdelen av Dalarnas län (sammanställning mars 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund

Dalälven har en gammal, preglacial älvfåra med stora jorddjup, vilken ställvis har en från dagens älv avvikande utsträckning genom länets sydöstra del /50/. De största jorddjupen på mer än 60 m har rapporterats från bl.a. Hedemora, Borlänge, Rättvik och Mora. Jordmäktigheten avtar vanligen med höjden.

Sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan inkluderande jordskalv

Observationer av sen- eller postglaciala rörelser i jordskorpan i form av förkastningar, sprickbildningar och seismisk aktivitet har rapporterats från norra Sverige /se t.ex. 51, 52/. Sådana rörelser anses även ha förekommit i andra delar av Sverige och då huvudsakligen som en följd av landhöjningen /53, 54, 55/. En sammanfattande analys av det nuvarande kunskapsläget beträffande sen- eller postglaciala förkastningsrörelser och seismisk aktivitet i landet har presenterats av Muir Wood /56/. Lokalt i isälvsavlagringar inom urbergsdelen av Dalarnas län uppträder små förkastningar, veckningar, förskjutningar m.m. Dessa strukturer och lagringsförhållanden har förmodligen orsakats antingen av växlande rörelser i landisens frontzon vid avsmältningen eller av infrusna, kvarlämnade ispartier, vilka medfört tryckförändringar m.m. I den varviga glaciala leran i länets sydöstra del är det enligt Fromm /42/ relativt vanligt med kraftiga störningar i form av veckningar, glidningar samt helt utplånade varv. Störningarna har uppkommit i nära anslutning till tidpunkten för sedimentens avsättning vid istidens slutskede och vid denna tid är det tänkbart att något jordskalv inträffade /jfr 52/, vilket på någon lokal kan ha orsakat störningar i glaciala lerans varvighet.

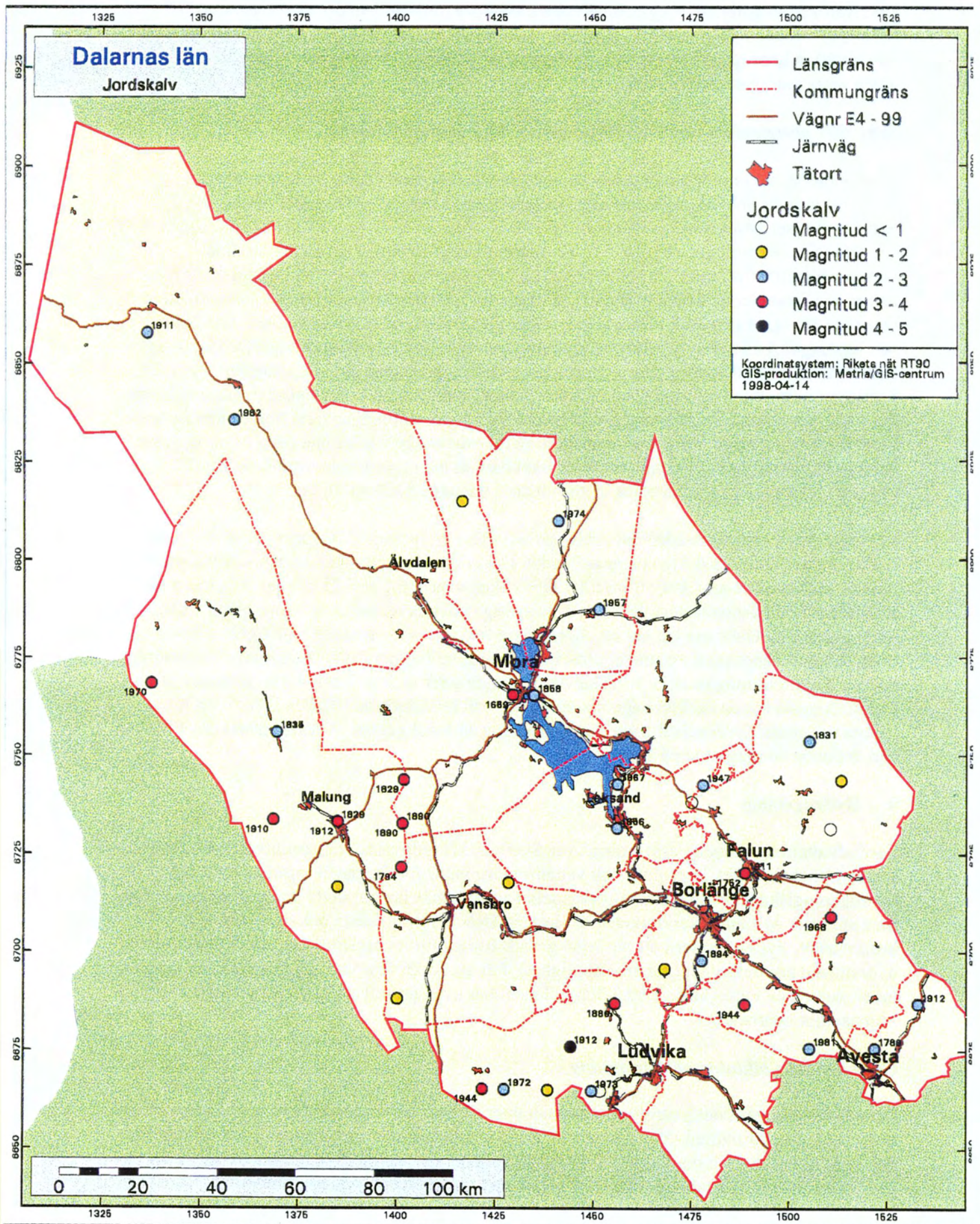
I Sverige finns några områden där seismisk aktivitet i ett historiskt tidsperspektiv ser ut att inträffa oftare än inom övriga delar av landet. Dessa områden framgår av den sammanställning av registrerade jordskalv fram till 1993, vilken visas i Figur 5. De ligger dels inom ett stråk utmed Norrlandskusten, dels i Sydvästsverige huvudsakligen runt Vänern och Vättern. I urbergsdelen av Dalarnas län har en något högre frekvens av jordskalv registrerats i den sydöstra delen av länet samt i området omkring Malung, se Figur 17. De flesta skalv har vanligen haft en magnitud mindre än 3. Jordskalv med magnituder mellan 3 och 4 har noterats i 10 fall. Det kraftigaste kända skalvet hade magnitud 4,0 och inträffade år 1912 ca 22 km VNV om Ludvika. Senaste jordskalvet ägde rum år 1984 på en lokal knappt 30 km sydväst om Vansbro och det hade en magnitud på 1,1.

8 Hydrogeologi

I grundvattenkartan med beskrivning över Sverige /57/ redovisas bl.a. grundvattentillgångar, grundvattnets kvalitet, hydrologi och vattenförsörjning. I föreliggande sammanställning av de hydrogeologiska förhållandena i urbergsdelen av Dalarnas län har detta material kompletterats med analyser av Lantmäteriverkets höjddata, SMHIs avrinningsdata och data från SGUs brunnsarkiv. Syftet har varit att beskriva grundvattnets strömningsmönster och berggrundens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet). För att beskriva grundvattnets kemiska status i urbergsdelen av länet jämfört med övriga landet har även grundvattenkemiska data från SGUs brunnsarkiv bearbetats

Grundvattnets bildning och strömning

Grundvattnet ingår i det hydrologiska kretsloppet /5, 57/. Av den nederbörd som faller i länet avdunstar ungefär hälften /57/. Återstoden tillförs grundvattnet, med undantag för en mindre del, som rinner av från markytan till sjöar och vattendrag. När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad, sjunker överskottet vidare ned i marken och bildar grundvatten. Genom



Figur 17. Registrerade jordskalv i Dalarnas län fram till 1993. Årtal då skalvet inträffade finns angivet på kartan. Uppgifterna har hämtats från en databas vid Uppsala universitet

tyngdkraftens inverkan rör sig sedan grundvattnet från högre terrängavschnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort strömningen sker, beror på grundvattenytans lutning samt jordlagrens och berggrundens genomsläpplighet. Områden där grundvattnets strömning är uppåtriktad brukar benämnas utströmningsområden. I de fall trycknivån ligger högre än marknivån kan källor och våtmarker bildas. Grundvatten strömmar också ut i botten av sjöar och vattendrag.

Grundvattenbildningens storlek bestäms av markens infiltrationskapacitet och den effektiva nederbörden (skillnaden mellan nederbörd och avdunstning). Den effektiva nederbörden i Dalarnas län framgår av Figur 18. Den har beräknats utifrån en vidareutveckling av den metod som använts för beräkning av avrinning /58/. Endast en mindre del av det vatten som infiltreras i marken tillförs berggrunden. Detta beror på berggrundens, i jämförelse med jordlagrens, mycket låga genomsläpplighet och obetydliga magasinierande förmåga.

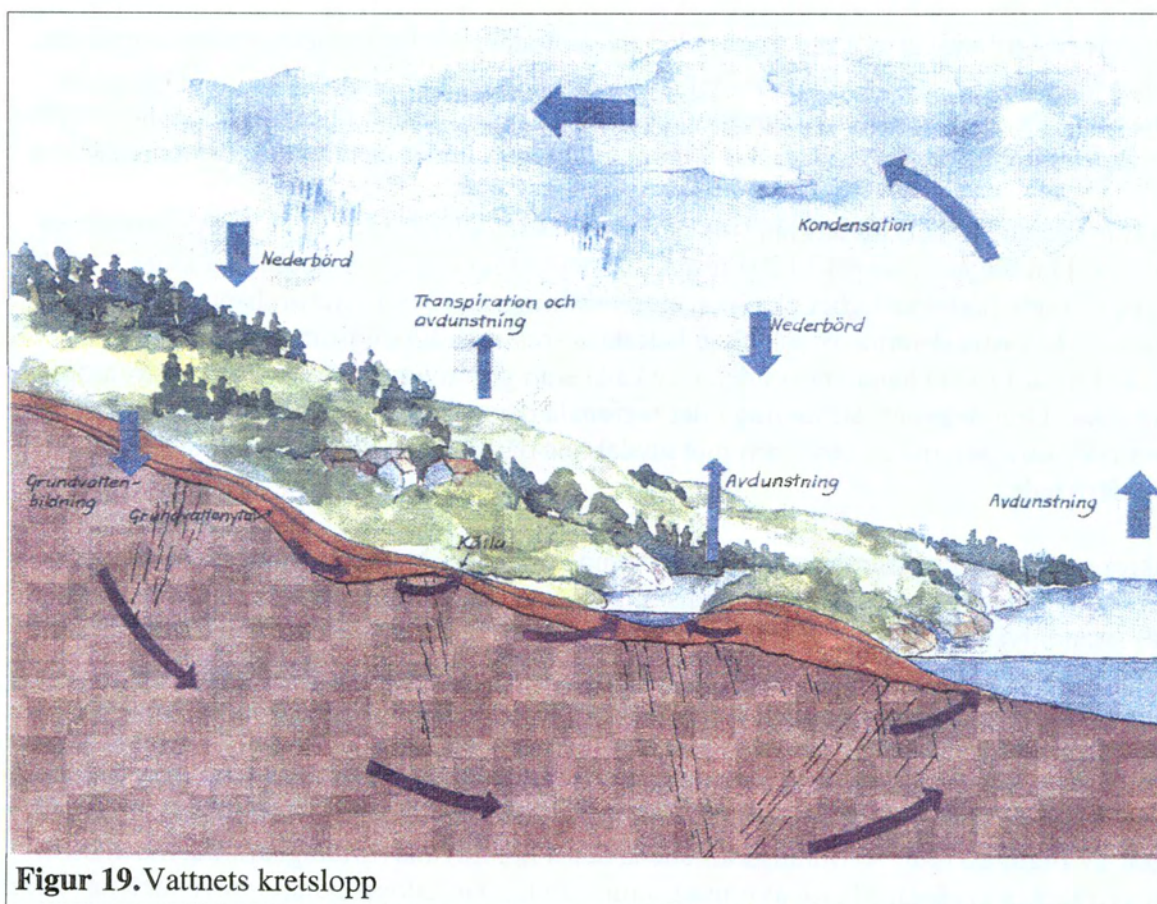
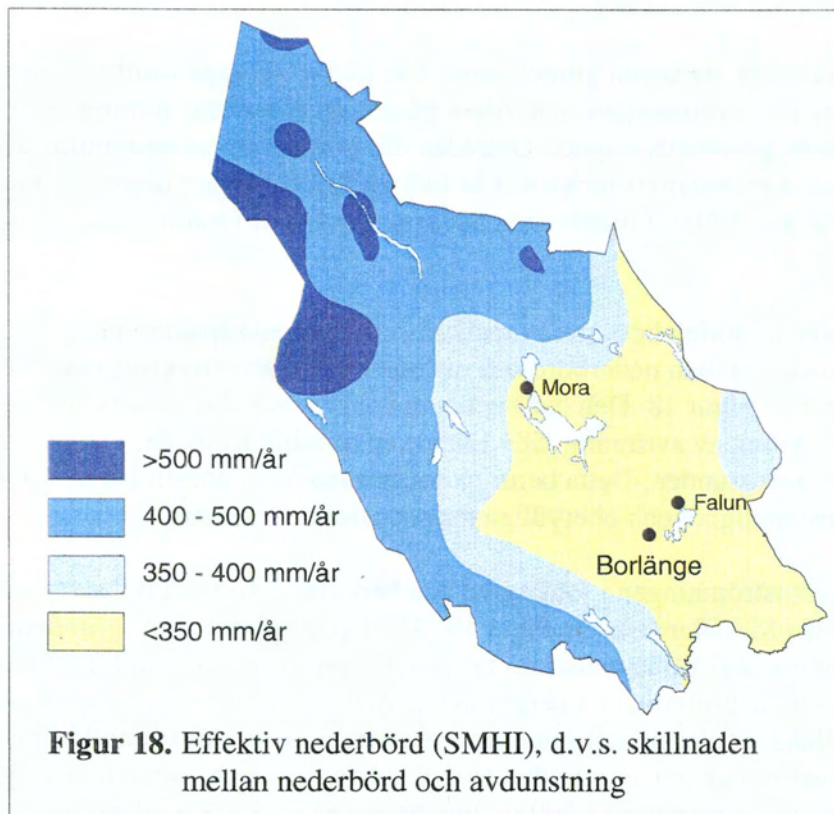
Den ytliga grundvattenströmningen i jordlagren och berggrundens övre delar styrs främst av de lokala topografiska förhållandena, se Figur 19 /57/. Uppehållstiden för grundvattnet är kort, innan utströmning sker till lågpunkter i terrängen som våtmarker, källor och recipienter. Den djupare grundvattenströmningen i berggrunden styrs däremot mer av de regionala, topografiska förhållandena. Regionalt sett sker huvuddelen av grundvattenbildningen i höjdområden och utströmningen av grundvatten till större sjöar och vattendrag i lågområden, alternativt till havet. Ett djupförvar på 500 m djup berörs i huvudsak av dessa regionala, långsamma grundvattenrörelser.

Grundvattnets strömningsmönster styrs också av skillnader i berggrundens genomsläpplighet. Enskilda sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande bergmassa utgör de huvudsakliga transportvägarna för grundvattnet i berggrunden. Förekomsten av regionalt viktiga sprickzoner har tidigare redovisats under avsnittet deformationszoner.

Höjdskillnaderna i hela Dalarnas län (inklusive de västra delarna som täcks av fjällbergarter) är stora med en högsta marknivå 1204 m.ö.h., se också Figur 12. Stora höjdskillnader medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort. Höjdområdena i de västra delarna av länet kan betraktas som inströmningsområden av regional karaktär. Det är i första hand i dessa delar av länet som grundvattnets djupa, långa strömbanor kan utbildas. Grundvattnets strömning i det regionala perspektivet sker sedan mot de låglänta delarna i de östra delarna av länet och mot älvdalarna där de långväga strömbanorna i stället blir uppåtriktade.

En faktor som påverkar grundvattnets utströmning i det långsiktiga perspektivet är den landhöjning som pågått sedan den senaste nedisningen. Landets höjning medför att landytan ökar och att strandnivån förskjuts utåt, s.k. strandförskjutning. Detta medför att länet i ett långt tidsperspektiv alltmer får karaktären av ett regionalt inströmningsområde. I nutid uppgår landhöjningen till ca 0,55 m/100 år i de södra och östra delarna och till ca 0,5 m/100 år i de västra och norra delarna av länet.

Sjöar, vattendrag och avrinningsområden med tillhörande vattendelare i länets urbergsdel framgår av Figur 20 /58/. Avrinningsområdena delas in i huvudavrinningsområden och biflödenas avrinningsområden. Huvudavrinningsområden har sin utloppspunkt i havet och är större än 200 km². Biflödenas avrinningsområden är större än 1000 km² och har sin utloppspunkt i ett större vattendrag. Av Figur 20 framgår att i urbergsdelen av Dalarnas län sker ytvattnets avrinning huvudsakligen via Dalälven. Grundvattnets lokala och regionala strömning följer i



huvudsak ytvattnets avrinningsvägar. Det bör dock noteras att länet är relativt högt beläget och att Dalälvens avrinningsområde fortsätter österut, utanför länsgränsen. Vidare kan det inte uteslutas att de djupa, långa strömbanorna som utgår från länets höjdområden avviker från det regionala avrinningsmönstret.

Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar av regional betydelse i urbergsdelen av Dalarnas län återfinns i stråken med isälvsavlagringar. Genom att jämförelsevis stora grundvattenmängder kan lagras och transporteras i isälvsavlagringarna, har dessa fått betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i länet. I Figur 20 redovisas bedömda grundvattentillgångar i åsarna enligt SGUs grundvattenkarta över Sverige /57/. De avsnitt som bedöms ha uttagsmöjligheter överstigande 25 l/s utgör i allmänhet viktiga regionala tillgångar. Övriga åsavsnitt utgör på flera håll viktiga tillgångar för den kommunala vattenförsörjningen lokalt. Även berggrundsvatten nyttjas i den kommunala vattenförsörjningen men några stora tillgångar av regional betydelse bedöms inte förekomma. Däremot utgör berggrundsvattnet en viktig tillgång för den enskilda vattenförsörjningen.

Berggrundens genomsläpplighet

Berggrundens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K) i urbergsdelen av Dalarnas län har beräknats /59/ med hjälp av uppgifter om brunnsdjup, avsänkning och uttagskapacitet från ca 5000 brunnar i SGUs brunnsarkiv. Data från sedimentära bergarter har inte tagits med. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet med flertalet brunnar belägna i anslutning till samhällen och längs älvdalarna. Områden med låg brunntäthet har sämre noggrannhet hos de interpolerade ytorna. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten för brunnarna varierar i allmänhet mellan 10^{-6} och 10^{-8} m/s. Medianvärde för beräknat K är $5,5 \times 10^{-8}$ m/s. Vid beräkningen har brunnar med mindre djup än 20 m i den kristallina berggrunden samt brunnar med större totaldjup än 140 m uteslutits. Vidare har samtliga energibrunnar uteslutits eftersom de vanligtvis är mycket djupa. Koncentrationen av energibrunnar till tätorter skulle därmed geskenbart lägre genomsläpplighet i dessa områden. Beräknade värden bedöms vara representativa för berggrundens genomsläpplighet ned till ca 100 m djup.

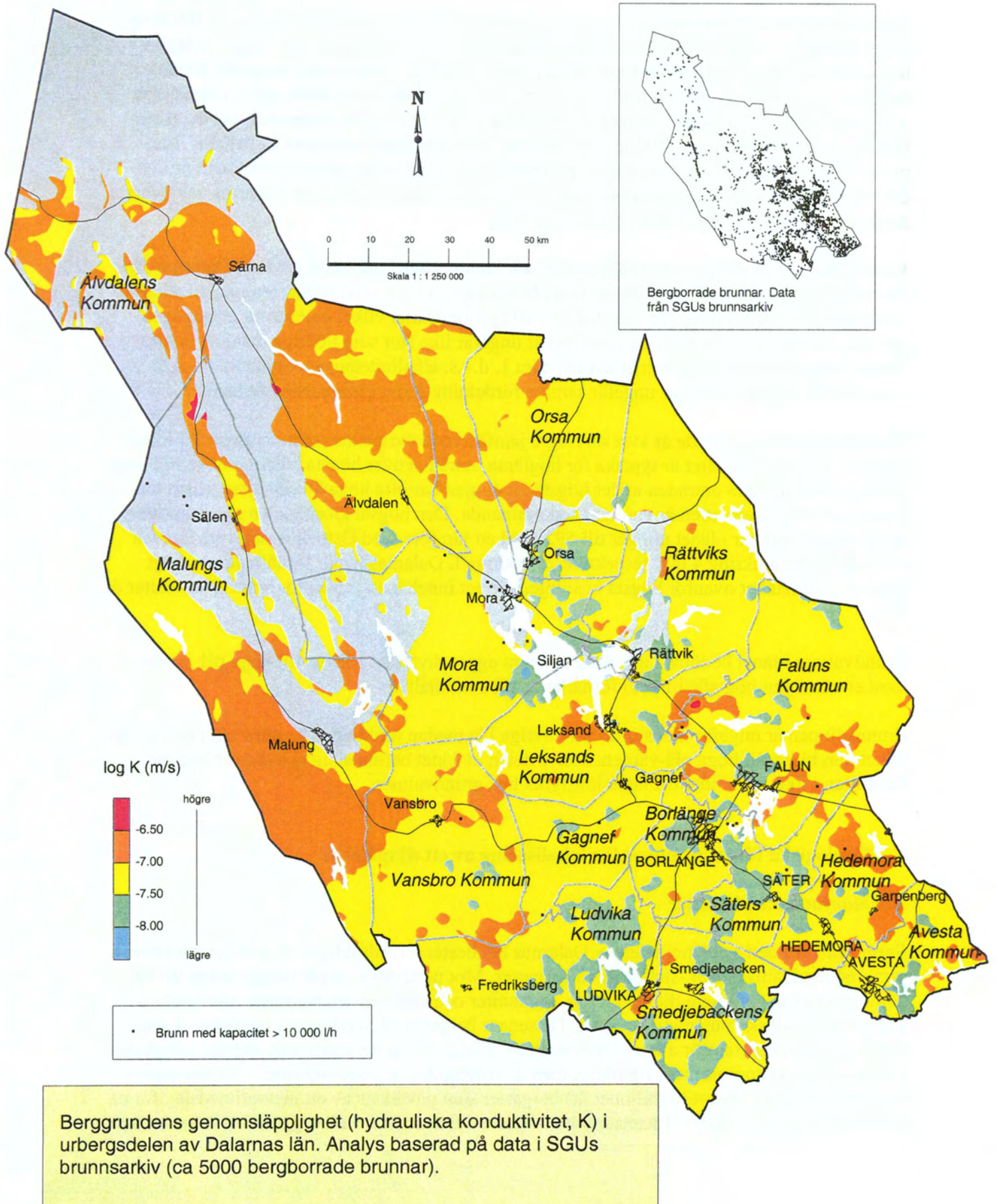
Berggrundens hydrauliska konduktivitet har, baserat på en geostatistisk analys, interpolerats över urbergsdelen av länet, se Figur 21. Resultatet visar de regionala variationerna i genomsläpplighet. De västra och nordvästra delarna av länet har förhållandevis hög genomsläpplighet. Lokalt kan dock variationerna vara stora, främst beroende på om vattenförande sprickzoner påträffats vid brunnsborrningen. Av figuren framgår därför även läget för samtliga registrerade brunnar i länet med en bedömd uttagskapacitet överstigande 10 000 l/tim (84 st.).

Erfarenheter från borrhålsundersökningar visar att genomsläppligheten i den kristallina berggrunden avtar med djupet /60/. Skillnaden i hydraulisk konduktivitet mellan nivån 100 m och 500 m under markytan kan uppgå till flera tiopotenser, vilket har stor betydelse för grundvattnets uppehållstid och strömningsvägar. Den densitetsskillnad som föreligger mellan det söta, ytliga vattnet och det djupare, salta medför att grundvattenomsättningen ytterligare reduceras. Även på stora djup kan dock grundvattnets strömning påverkas av enskilda vattenförande sprickor och sprickzoner med en betydligt större genomsläpplighet än omgivande berggrund.



Grundvattentillgångar av regional betydelse i urbergsdelen av Dalarnas län finns i de stora isälvsavlagringarna. Sjöar och vattendrag utgör recipienter för grundvattnet i både jordlagren och berggrunden. Vattendelare enligt SMHI.

Figur 20. Grundvattentillgångar i urbergsdelen av Dalarnas län och vattendelare i hela länet. Grå färg indikerar fjällberggrund



Figur 21. Berggrundens genomsläplighet i urbergsdelen av Dalarnas län (sammanställning mars 1998). Grå färg indikerar fjällberggrund och sedimentär berggrund

Grundvattnets kemi

Beskrivningen av grundvattnets kemiska status baseras på en jämförelse mellan ca 700 bergborrade brunnar i urbergsdelen av Dalarnas län och ca 11 000 brunnar från övriga delen av landet /6/, se Figur 22. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. Brunnarna är ojämnt fördelade inom länet och främst koncentrerade till samhällen och älvdalarna. Detta medför att grundvattenkemin i de utvalda brunnarna kan avvika något från länets genomsnittliga tillstånd. Den grafiska presentationen utgörs av så kallade "box-plottar" där den undre och övre kanten på varje "box" visar undre respektive övre kvartilen. Den horisontella markeringen inom varje "box" visar medianvärdet. Den understa och översta markeringen visar 10- respektive 90-percentilen.

Vittringsberoende variabler som alkalinitet och konduktivitet har lägre värden i Dalarnas län än i övriga landet medan totalhårdhet och pH har något högre värden. Kvoten mellan alkalinitet och totalhårdhet är ungefär lika stor som riksgenomsnittet vilket innebär att antropogen påverkan av starka syror från nederbörden är ungefär lika stor som i övriga delar av landet. Under "naturliga" förhållanden är kvoten nära 1, d.v.s. alkaliniteten och totalhårdheten är ungefär lika. Nitrathalten har ungefär samma fördelning som i övriga delar av landet.

Kloridhaltens medianvärde är avsevärt lägre jämfört med övriga län (se även Figur 7 i inledningen). Låga kloridhalter är typiska för höglänta områden över högsta kustlinjen (se röd linje på Figur 7). Låglänta områden under högsta kustlinjen har ofta höga kloridhalter, vilket kan bero på att relict saltvatten är vanligt förekommande. Den högsta kloridhalten som uppmäts i bergborrade brunnar i länet uppgår till 592 mg/l att jämföra med Östersjön och världshaven som har halter omkring 4 000 respektive 20 000 mg/l. Dalarnas län är förhållandevis högt beläget, i allmänhet ovanför högsta kustlinjen, vilket innebär att risken för höga kloridhalter är liten.

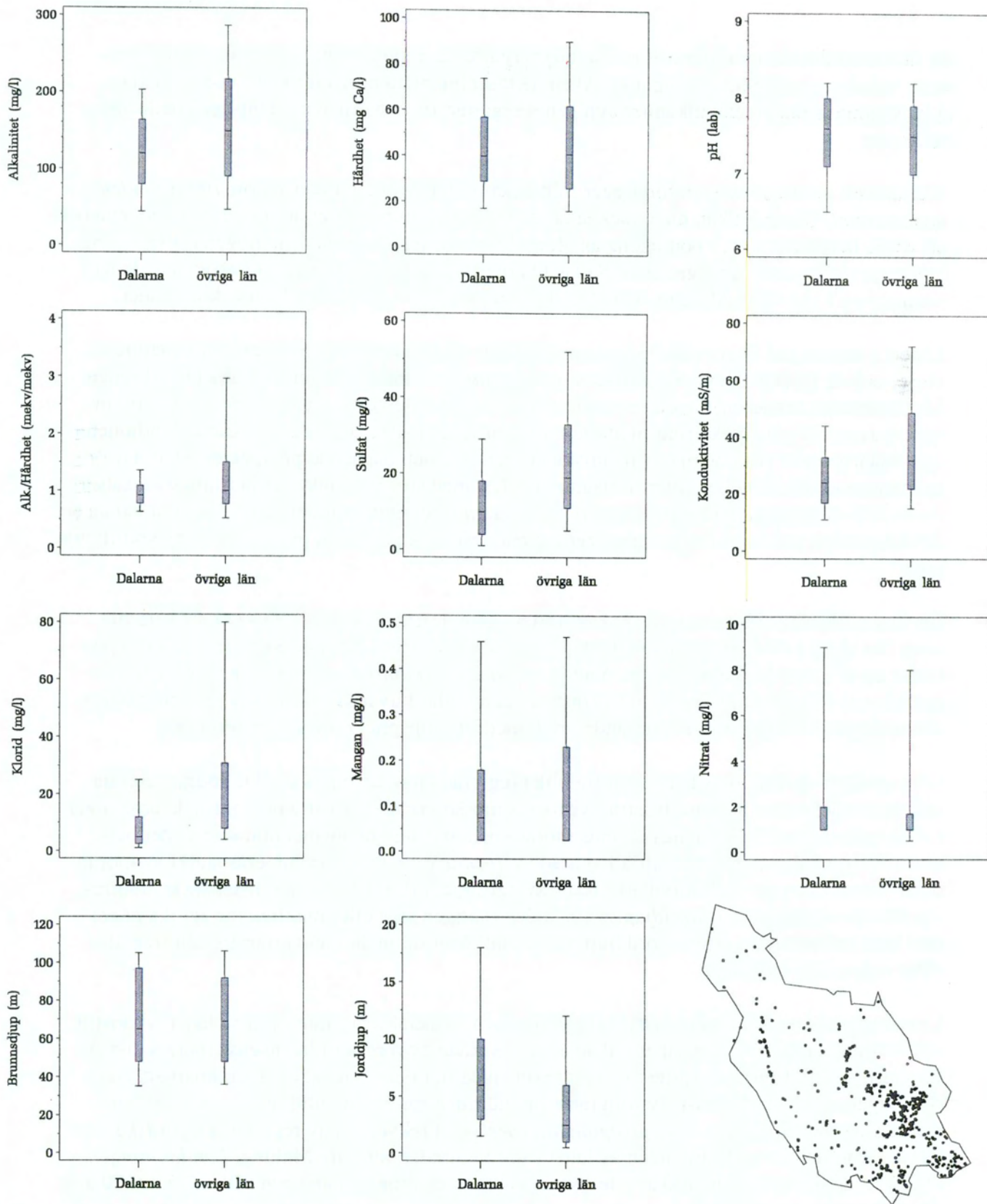
Grundvattnet i länet bedöms i allmänhet ej vara aggressivt med hänsyn till höga pH-värden samt en tämligen hög alkalinitet i förhållande till sulfathalten.

Brunnsdjupen är ungefär lika stora som i övriga län medan jorddjupen är större än i övriga län vilket kan bidra till höga pH-värden. Större delen av länet befinner sig också över högsta kustlinjen vilket kan bidra till lägre jonstyrka hos grundvattnet.

9 Geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar

Sammanfattande slutsatser

Berggrunden i den sydöstra delen av Dalarnas län består huvudsakligen av metagranitoider samt metavulkaniska och -sedimentära bergarter. Mot nordväst övergår berggrunden till att domineras av något yngre djupbergarter, vulkaniter och sedimentära bergarter inom det s.k. Transskandinaviska magmatiska bältet. De senare bergarterna överlagras i nordväst av ännu yngre ytbergarter, framför allt av Dalasandsten. Bland övriga bergarter kan nämnas gångbergarterna som förekommer relativt rikligt men är volymmässigt underordnade. I Siljanstrakten förekommer unga (495-420 miljoner år) bergarter som påverkats av ett meteoritnedslag för ca 360-350 miljoner år sedan. Länets nordvästligaste del består av fjällberggrund och berörs inte



Antal analyser i Dalarnas län och övriga delen av landet:

	HCO ₃	Hårdhet	pH	HCO ₃ /Hårdhet	SO ₄	Konduktivitet	Cl	Mn	NO ₃	Jorddjup	Brunnsdjup
Dalarna	714	639	714	639	696	535	641	524	511	480	714
Övriga län	11033	10429	11356	10410	6494	8731	10159	8894	8244	7914	11371

Figur 22. Grundvattnets kemi samt brunnsdjup och jorddjup för bergborrade brunnar i Dalarnas län jämfört med övriga delar av landet. Brunnar i lättvittrade, huvudsakligen sedimentära bergarter har inte beaktats. 10-percentil, 1:a kvartil, median, 3:e kvartil och 90-percentil redovisas i form av "box-plottar". Uppgifter har sammanställts från brunnarsarkivets kemiarkiv och visas i insättskantan. Sammanställningen gjordes i mars 1998.

av denna studie. Granitoider och andra djupbergarter är generellt sett gynnsamma ur säkerhets- och byggnadsteknisk synpunkt. Även metasedimentära bergarter kan i vissa fall vara gynnsamma medan metavulkaniter och gångbergarter är generellt sett olämpliga i detta sammanhang

Utifrån den information som föreligger från länet är det svårt att uttala sig om *berggrundens homogenitet*. Generellt kan man dock anta att de flesta djupbergarter är tämligen homogena och att yngre bergarter är mer homogena än äldre. Därav följer att de mest homogena bergarterna utgörs av de yngre djupbergarterna. Sådana bergarter återfinns i de centrala delarna av länet, exempelvis i sydvästra Malung, Vansbro, Leksand, Gagnef, Rättvik och Orsa kommuner.

Länets sydöstra del ligger i Bergslagen som tillhör en av Sveriges mest betydande malmprovinser och är mycket rik på *metalliska mineralresurser*. Gruvdrift finns dokumenterad sedan 1200-talet och antalet nedlagda gruvor är mycket stort. I dag bryts malm i endast två gruvor men intresset för prospektering (malmetning) fortlever i allra högsta grad. Kända fyndigheter uppträder framför allt i de metavulkaniska bergarterna och pågående prospektering är därför koncentrerad till dessa bergarter. Detsamma gäller med stor sannolikt också framtida insatser. Även *icke-metalliska mineralresurser och nyttosten* förekommer inom länet. De mest kända är Älvdalsporfyr, oxiderad malm som färgpigment i Falu rödfärg samt pyrit för svavelsyratillverkning.

Ett fåtal *plastiska skjuvzoner* genomkorsar den östra delen av länet i VNV- och NO-lig riktning. De ingår i ett regionalt nätverk av plastiska skjuvzoner i centrala Sverige. I väster uppträder en NV-lig plastisk skjuvzon. Yngre, *spröda deformationszoner* (sprickzoner och förkastningar) följer ibland de plastiska zonerna men bildar huvudsakligen egna system. Meteoritnedslaget vid Siljan har, i varierande grad, medfört uppsprickning av berggrunden.

Urbergsdelen av Dalarnas län tillhör tre olika regionala jordartsområden. De södra, centrala och västra delarna tillhör nordvästra Svealands moränområde, de östra och norra delarna ingår i södra och mellersta Norrlands inlands morän- och myrområde medan området väster och nordväst om Sälen utgörs av kalfjällsområden. *Jordarterna* i länet domineras starkt av morän och i vissa delar myr- och torvmark. Isälvsavlagringar, oftast i form av rullstensåsar, uppträder främst i dalgångarna. *Jorrdjupen* är i söder vanligen små eller måttliga för att öka något mot norr och nordväst. Större jorrdjup, i vissa fall över 60 m, är kända framför allt från älv-dalar och andra dalgångar.

Lokalt uppträder störningar i isälvsavlagringar och i glacial lera, framför allt i länets sydöstra del. Störningarna har i allmänhet tolkats som orsakade av rörelser i landisens frontzon, tryckförändringar till följd av kvarlämnade, infrusna ispartier o.s.v. Det är dock tänkbart att vissa störningar orsakats av jordskalv som inträffat vid tiden för isavsmältningen, vilket i så fall skulle vara tecken på *sen- eller postglaciala rörelser*. Frekvensen av registrerade *jordskalv* är något förhöjd i den sydöstra delen av länet samt i området omkring Malung. *Landhöjningen* uppgår idag till ca 0,55 m/100 år i de södra och östra delarna av länet och till ca 0,5 m/100 år i de västra och norra delarna.

Ur *hydrogeologisk synvinkel* kan konstateras att berggrundens genomsläpplighet är jämförelsevis högre i de västra och nordvästra delarna av länet. Emellertid är de lokala variationerna stora. Grundvattnets djupa, långa strömbanor utbildas i höjdområdena i väster och utströmning sker till de låglänta delarna i öster samt till älvdalarna. Stora höjdskillnader i länet medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.

Grundvattentillgångar av betydelse för den kommunala vattenförsörjningen finns i stråken med isälvsavlagringar. Berggrundsvatten utnyttjas också för kommunal vattenförsörjning men är framför allt en viktig tillgång för den enskilda försörjningen.

Grundvattnets kemiska sammansättning återspeglas till stor del av att länet är relativt högt beläget. Kloridhalten i brunnarna är avsevärt lägre än genomsnittet för riket vilket dock är normalt för områden ovanför högsta kustlinjen. Höga kloridhalter har rapporterats från brunnar i låglänta områden under högsta kustlinjen, vilket kan bero på förekomst av relik grundvatten.

Områden lämpliga för vidare undersökning

Ett område med potentiellt gynnsamma geologiska förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar av använt kärnbränsle karakteriseras av:

- En homogen berggrund.
- En berggrund som inte utgör en potentiell mineral- eller bergartsresurs.
- Avsaknad av större deformationszoner (plastiska skjuvzoner, sprickzoner och förkastningar).
- Inga indikationer på sen- eller postglaciala förkastningsrörelser.

Vidare är det en fördel om jordmäktigheten är måttlig. Vattengenomsläppligheten bör vara låg vilket vanligen är fallet om berggrunden är homogen och sprickfrekvensen låg. Utströmning av vatten från förvaret bör ske till en stor recipient, helst havet. Isälvsavlagringar bör behandlas med försiktighet på grund av deras betydelse som grundvattentillgångar. Försiktighet bör även iaktas vid en lokalisering av ett djupförvar till ett seismiskt mer aktivt område.

Områden som uppfyller sådana villkor återfinns inom stora domäner mellan plastiska skjuvzoner. Dessa domäner genomkorsas dock av uthålliga sprickzoner. Sådana zoner måste också undvikas. Detta innebär att gynnsamma områden utgörs av berggrundsblock mellan uthålliga sprickzoner inom regioner som inte är påverkade av plastisk skjuvdeformation och som uppfyller de andra villkoren noterade ovan.

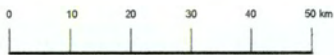
Urbergsdelen av Dalarnas län har, ur geologisk synvinkel, indelats i områden som bedöms olämpliga respektive lämpliga för vidare studier med syfte att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle, se Figur 23. I de områden där bedömningen sannolikt olämpligt och sannolikt lämpligt har gjorts saknas såväl modern berggrundsgeologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information. Även modern jordartsgeologisk information i skala 1:50 000 eller 1:100 000 saknas inom dessa områden. Bedömningen baseras i stället huvudsakligen på äldre geologiskt material och är mer osäker. Områden som bedömts som olämpliga har utökats med en ca 1 km bred randzon för att undvika att olämpliga områden på grund av osäker gränsdragning klassificeras som lämpliga. Någon rangordning mellan intressanta områden är inte möjlig på grundval av befintligt material. I gränsområdet mot Jämtlands och Gävleborgs län har resultatet av motsvarande undersökningar av dessa län beaktats.

Bedömningen baseras på undersökningsområdets förutsättningar med avseende på berggrundens sammansättning, framtida prospekteringsintresse och tolkade deformationszoner. I länet kan konstateras att frekvensen av registrerade jordskalv är förhöjd inom den sydöstra delen och i ett område omkring Malung. I den varviga glaciala leran i länets sydöstra del är det relativt vanligt med kraftiga störningar i form av veckningar, glidningar samt helt utplånade varv. Störningarna kan ha orsakats av äldre jordskalv. Jordtäcket sammansättning och

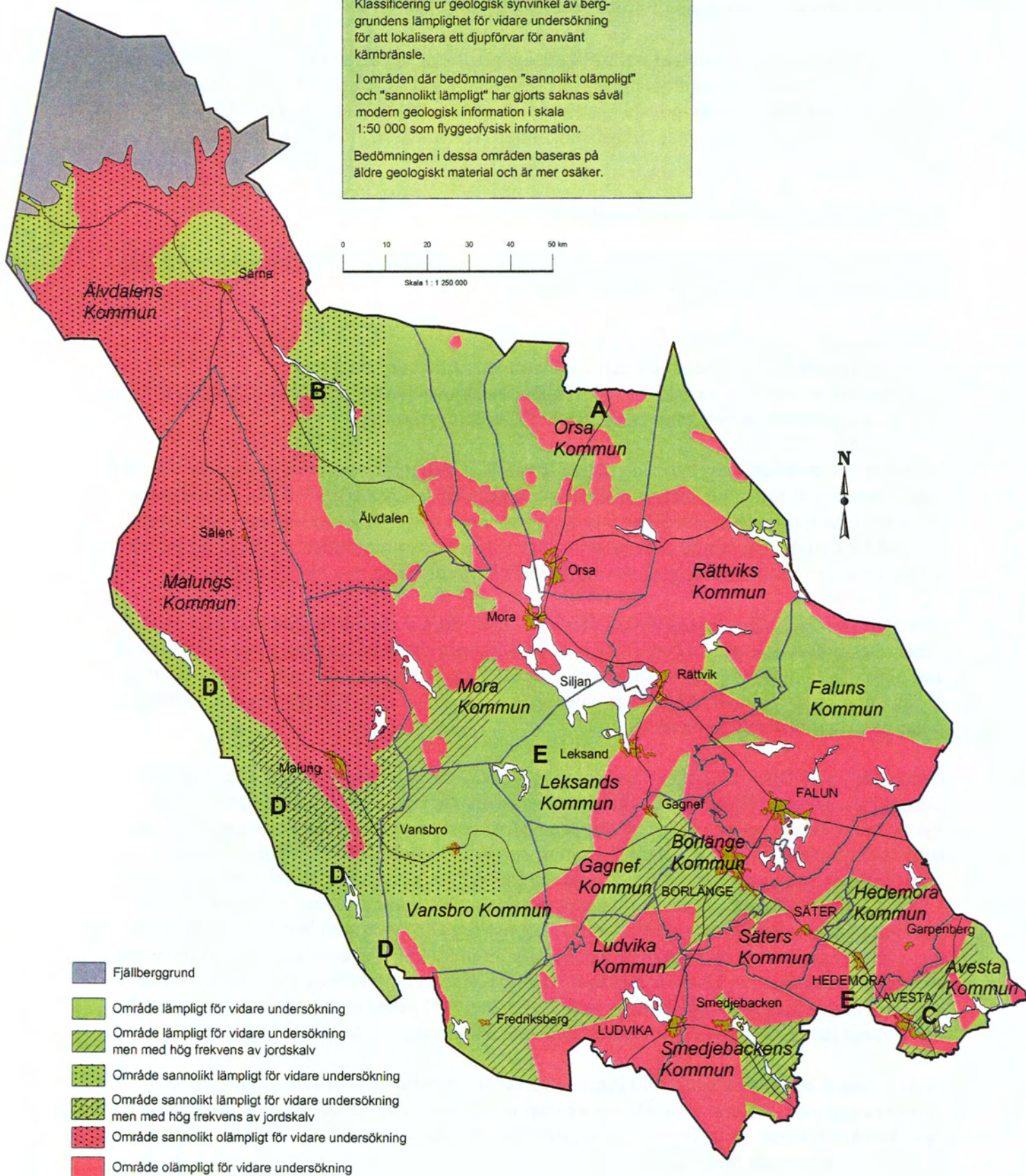
Klassificering ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning för att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle.

I områden där bedömningen "sannolikt olämpligt" och "sannolikt lämpligt" har gjorts saknas såväl modern geologisk information i skala 1:50 000 som flyggeofysisk information.

Bedömningen i dessa områden baseras på äldre geologiskt material och är mer osäker.



Skala 1 : 1 250 000



Figur 23. Översiktlig bedömning ur geologisk synvinkel av berggrundens lämplighet för vidare undersökning i Dalarnas län. Områdena A - E refereras till i texten.

mäktighet samt de hydrogeologiska förhållandena har i denna skala inte legat till grund för att gradera områden med olika geologiska förutsättningar. Detaljerade undersökningar, exempelvis förstudier av enskilda kommuner och platsundersökningar, krävs för att slutgiltigt identifiera berggrundsblock som uppfyller ovannämnda förutsättningar och andra krav som ställs på ett djupförvar.

De områden som ur geologisk synvinkel bedömts vara **olämpliga** eller **sannolikt olämpliga** för vidare undersökning är följande:

- Flera stora områden i den sydöstra delen av länet. Områdena tillhör en av de mest prospekteringsintressanta regionerna i Sverige och genomkorsas dessutom av tolkade plastiska skjuvzoner med både VNV- och NO-lig riktning.
- Ett område i den centrala delen av Rättviks kommun i vilket metavulkaniska bergarter förekommer. Dessa bergarter bedöms också vara potentiellt malmintressanta.
- Området omkring Siljan, vilket delvis innehåller fanerozoiska sedimentära bergarter och har påverkats av ett meteoritnedslag för ca 360-350 miljoner år sedan.
- Stora områden i den nordvästra delen av länet bestående av sandsten och konglomerat. Dessa bergarter tillhör delvis en sekvens, den s.k. Dalasandstenen, som är upp till ca 800 m mäktig. De överlagrar äldre prekambrika bergarter och visar en tendens till förhöjd vattengenomsläpplighet jämfört med andra prekambrika bergarter.

Områden vilka tolkats som **lämpliga** eller **sannolikt lämpliga** för vidare undersökning utgör ungefär hälften av länets yta. Berggrunden inom dessa områden domineras av yngre magmatiska bergarter, huvudsakligen djupbergarter men även vulkaniska bergarter, samt äldre meta-granitoider och metasedimentära bergarter i den sydöstra delen av länet. Bergarterna är inte intressanta ur prospekteringssynpunkt och regionalt betydande plastiska deformationszoner har inte kunnat påvisas. Som tidigare påpekats är det berggrundsblocken mellan de uthålliga sprickzonerna och stråken av isälvsavlagringar i dessa områden som kan bli aktuella för lokalisering av ett djupförvar.

Om mer detaljerade undersökningar av de potentiellt gynnsamma områdena inom urbergsdelen av Dalarnas län skulle bli aktuella bör några faktorer särskilt beaktas:

- Den relativt höga frekvensen av gångbergarter inom länet och de problem som detta kan medföra i form av inhomogen berggrund och ökad vattengenomsläpplighet längs kontakterna till dessa gångar.
- Förekomsten av mindre områden med metavulkaniska bergarter i den norra delen av Orsa kommun (A i Figur 23).
- Pågående mineralprospektering i yngre vulkaniska bergarter inom ett relativt begränsat område i Älvdalens kommun (B i Figur 23) samt diamantprospektering i södra delen av Avesta kommun (C i Figur 23).
- Möjlig förekomst av mindre plastiska skjuvzoner i den västligaste delen av länet (D i Figur 23).

- En tendens till mindre berggrundsblock mellan sprickzonerna i områdena väster om Leksand och söder om Hedemora (E i Figur 23).
- Möjlig förekomst av sen- eller postglaciala förkastningar i den sydöstra delen av länet som kan vara orsaken till störningarna i den varviga glaciala leran i detta område.
- De stora höjdskillnaderna i länet som medför att grundvattnets flödes hastighet ökar och att omsättningstiden blir jämförelsevis kort.
- En tendens för högre vattengenomsläpplighet inom de västra och nordvästra delarna av länet.
- Berggrundens homogenitet inom alla de områden som eventuellt blir föremål för fortsatta undersökningar bör noggrant studeras.
- Slutligen bör, om vidare studier skulle bli aktuella i något av de områdena som visar en förhöjd frekvens av registrerade jordskalv, kompletterande studier göras avseende jordskalvens betydelse för ett djupförvar.

Förekomst och utsträckning av områden som är av intresse för vidare undersökning har definierats utifrån ett översiktligt och delvis ofullständigt underlag. Som redan påpekats krävs stegvis mer detaljerade undersökningar för att med säkerhet avgöra om ett område är geologiskt lämpligt för ett djupförvar. Det kan förväntas att potentiellt gynnsamma områden som framkommer i en mer detaljerad studie är mindre och mera väldefinierade än de större, mera generaliserade områden som länsöversikten ger. Mer detaljerade undersökningar kan i vissa fall komma att påvisa ogynnsamma förhållanden i områden som har bedömts som lämpliga i denna studie. På samma sätt kan detaljerade undersökningar identifiera gynnsamma förhållanden i delar av länet som inte bedöms som lämpliga i länsundersökningen. Resultatet av den utförda länsstudien visar endast inom vilka områden det i första hand bedöms meningsfullt att påbörja mer detaljerade undersökningar.

10 Referenser

- 1 **La Pointe, P., Wallman, P., Thomas, A. & Follin, S., 1997:** A methodology to estimate earthquake effects on fractures intersecting canister holes. SKB TR 97-07, 1-61.
- 2 **Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P., 1994:** Karta över Sveriges berggrund, skala 1:3 000 000. Sveriges geologiska undersökning, Ba 51.
- 3 **Persson, C., 1994:** Sveriges jordartsregioner. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 143-149.
- 4 **Jonasson, C., 1996:** Landet. I: S. Helmfrid (red.), *Sveriges Geografi*. — Sveriges Nationalatlas, 16-41.
- 5 **Aastrup, M., Engqvist, P., Müllern, C.-F. & Söderholm, H., 1994:** Grundvattnet. I: C. Fredén (red.), *Berg och Jord*. — Sveriges Nationalatlas, 154-171.
- 6 **Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995:** Grundvattnets kemi i Sverige. Naturvårdsverket, rapport 4415, 1-52.
- 7 **Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994:** Sveriges berggrund i skala 1:1 250 000. I: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas.
- 8 **Hjelmqvist, S., 1966:** Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. Sveriges geologiska undersökning, Ca 40, 1-217.
- 9 **Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 1991:** Sveriges geologi från urtid till nutid. Studentlitteratur, Lund, 398 s.
- 10 **Ambros, M., 1983:** Beskrivning till berggrundskartan Lindesberg NO. Sveriges geologiska undersökning, Af 141, 1-75.
- 11 **Ambros, M., 1988:** Beskrivning till berggrundskartorna Avesta NV och SV. Sveriges geologiska undersökning, Af 152, 153, 1-84.
- 12 **Strömberg, A., 1983:** Beskrivning till berggrundskartan 12F Ludvika SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 128.
- 13 **Strömberg, A., 1988:** Berggrundskartan 12F Ludvika SV, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Af 158.
- 14 **Strömberg, A., 1996:** Berggrundskartan 12F Ludvika NO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Af 174.
- 15 **Lundström, I., 1985:** Beskrivning till berggrundskartan Lindesberg NV. Sveriges geologiska undersökning, Af 140, 1-131.

- 16 **Kresten, P. & Aaro, S., 1987:** Berggrundskartorna 13E Vansbro NO och SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 13-14.
- 17 **Kresten, P. & Aaro, S., 1987:** Berggrundskartorna 13F Falun, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 15-18.
- 18 **Sjöblom, B., Lundqvist, T. & Aaro, S., 1987:** Berggrundskartorna 15 E Älvho, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 19-22.
- 19 **Kresten, P., Aaro, S. & Karis, L., 1991:** Berggrundskartorna 14F Rättvik, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 46-49.
- 20 **Kresten, P., Aaro, S. & Karis, L., 1991:** Berggrundskartorna 14E Mora NO och SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Ai 50-51.
- 21 **Persson, L., 1997:** Berggrundskartan 12G Avesta SO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Af 189.
- 22 **Persson, L., 1997:** Berggrundskartan 12G Avesta NO, 1:50 000. Sveriges geologiska undersökning, Af 197.
- 23 **Lundqvist, T., 1968:** Precambrian geology of the Los-Hamra region, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, Ba 23, 1-255.
- 24 **Åkerman, C., 1994:** Malmer och mineraliseringar. *I: C. Freden (red.), Berg och jord.* — Sveriges Nationalatlas, 55-66.
- 25 **Wik, N.G., 1994:** Industriella mineral och bergarter. *I: C. Freden (red.), Berg och jord.* — Sveriges Nationalatlas, 67-75.
- 26 **Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1933:** Beskrivning till kartbladet Grängesberg. Sveriges geologiska undersökning, Aa 177, 1-133.
- 27 **Lundqvist, G. & Hjelmqvist, S., 1941:** Beskrivning till kartbladet Hedemora. Sveriges geologiska undersökning, Aa 184, 1-146.
- 28 **Lundqvist, G. & Hjelmqvist, S., 1946:** Beskrivning till kartbladet Avesta. Sveriges geologiska undersökning, Aa 188, 1-127.
- 29 **Magnor, B., Stigh, J. & Larson, S.Å., 1996:** Mesoproterozoic deformation of the Lower Dala Group and the Jotnian sedimentary rocks. GFF Jubilee Issue 118, A18.
- 30 **Wickman, F.E., 1988:** Possible impact structures in Sweden. *I: A. Boden & K.G. Eriksson (red.), Deep Drilling in Crystalline Bedrock. Volume I: The Deep Gas Drilling in the Siljan Impact Structure, Sweden and Astroblemes.* — Springer-Verlag, Berlin, 298-327.
- 31 **Henkel, H. & Pesonen, L.J., 1992:** Impact craters and craterform structures in Fennoscandia. Tectonophysics 216, 31-40.

- 32 **Lidmar-Bergström, K., 1994:** Berggrundens ytformer. *I*: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 44-54.
- 33 **Lundqvist, G., 1951:** Beskrivning till jordartskarta över Kopparbergs län. Sveriges geologiska undersökning, Ca 21, 1-213.
- 34 **Högbom, A. & Lundqvist, G., 1930:** Beskrivning till kartbladet Malingsbo. Sveriges geologiska undersökning, Aa 194, 1-181.
- 35 **Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1932:** Beskrivning till kartbladet Nya Kopparberget. Sveriges geologiska undersökning, Aa 175, 1-91.
- 36 **Lundqvist, G. & Hjelmqvist, S., 1937:** Beskrivning till kartbladet Smedjebacken. Sveriges geologiska undersökning, Aa 181, 1-129.
- 37 **Sandegren, R. & Asklund, B., 1943:** Beskrivning till kartbladet Horndal. Sveriges geologiska undersökning, Aa 185, 1-106.
- 38 **Kulling, O. & Hjelmqvist, S., 1948:** Beskrivning till kartbladet Falun. Sveriges geologiska undersökning, Aa 189, 1-184.
- 39 **Hjelmqvist, S. & Lundqvist, G., 1953:** Beskrivning till kartbladet Säter. Sveriges geologiska undersökning, Aa 194, 1-197.
- 40 **Fredén, C., 1994:** Jordarterna. *I*: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 104-119.
- 41 **Lundqvist, J., 1994:** Inlandsisens avsmältning. *I*: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 124-135.
- 42 **Fromm, E., 1991:** Varve chronology and deglaciation in south-eastern Dalarna, central Sweden. Sveriges geologiska undersökning, Ca 77, 1-49.
- 43 **Borgström, I., 1989:** Terrängformerna och den glaciala utvecklingen i södra fjällen. Meddelanden från Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet, A 234, 1-133.
- 44 **Kleman, J. & Borgström, I., 1990:** The boulder fields of Mt. Fulufjället, West-central Sweden. *Geografiska annaler* 72 A(1), 63-78.
- 45 **Kleman, J., Borgström, I., Robertsson, A.-M. & Lilliesköld, M., 1992:** Morphology and stratigraphy from several deglaciations in the Transtrand Mountains, western Sweden. *Journal of Quaternary Science* 7(1), 1-17.
- 46 **Boulton, G.S., Smith, G.D., Jones, A.S. & Newsome, J., 1985:** Glacial geology and glaciology of the last mid-latitude ice sheets. *Journal of the Geological Society of London* 142(3), 447-474.
- 47 **Eriksson, L. & Henkel, H., 1994:** Geofysik. *I*: C. Fredén (red.), *Berg och jord*. — Sveriges Nationalatlas, 76-101.

- 48 **Lundqvist, J., 1952:** Bergarterna i dalamoränernas block- och grusmaterial. Sveriges geologiska undersökning, C 525, 1-48.
- 49 **Nordell, P.O., 1984:** Deglaciation studies in Ovansiljan, Dalarna, Sweden. Acta Universitatis Upsaliensis. Abstracts of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science 754, 1-14.
- 50 **Thorslund, P., 1981:** Dalälven: Den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta. Länsstyrelsen i Kopparbergs län, N 1981:1, 1-50.
- 51 **Lagerbäck, R., 1979:** Neotectonic structures in northern Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100, 263-269.
- 52 **Lagerbäck, R., 1990:** Late Quaternary faulting and paleoseismicity in northern Fennoscandia, with particular reference to the Lansjärv area, northern Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 112, 333-354.
- 53 **Mörner, N.-A., 1978:** Faulting, fracturing, and seismicity as functions of glacioisostasy in Fennoscandia. *Geology* 6(1), 41-45.
- 54 **Mörner, N.-A., 1979:** Earth movements in Sweden, 20 000 BP to 20 000 AP. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100, 279-286.
- 55 **Mörner, N.-A., 1979:** The Fennoscandian Uplift and Late Cenozoic Geodynamics: Geological Evidence. *GeoJournal* 3.3, 287-318.
- 56 **Muir Wood, R., 1993:** A review of the seismotectonics of Sweden. SKB TR 93-13, 1-225.
- 57 **SGU, 1994:** Grundvattnet i Sverige. Sveriges geologiska undersökning, Ah 17 (karta, 1:1 miljon).
- 58 **SMHI, 1995:** Sveriges Vattensystem. I: B. Raab & H. Vedin (red.), *Klimat, sjöar och vattendrag*. — Sveriges Nationalatlas, 116-123.
- 59 **Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977:** Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology* 8, 103-116.
- 60 **SKB, 1992:** SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle. Berggrundens betydelse för säkerheten.

BILAGA A

GEOLOGISK ORDLISTA

Förklaringarna bygger i huvudsak på ordlistan i Sveriges Nationalatlas, Band 12, Berg och jord, ordlistan i Bengt E H Loberg: Geologi, 4:e upplagan samt TNC 86 Geologisk ordlista.

Albit. Natriumrik plagioklasfältspat.

Alkalin bergart. Magmatisk bergart karakteriserad av hög halt av natrium och kalium i förhållande till kisel och aluminium.

Alkalinitet. Förmåga hos vatten att binda syror.

Amfibol. En grupp av silikater med prismatisk kristallform. De viktigaste mineralen i gruppen är hornblände och aktinolit-tremolit.

Amfibolit. Metamorf bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.

Anatektisk. Bildad genom uppsmältning av äldre bergarter.

Andalusit. Aluminiumsilikat.

Andesit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas och mörka mineral t.ex. hornblände, pyroxen, biotit.

Anomali. Lokal avvikelser.

Antiform. En ryggformad upphöjning som uppkommit genom veckning av en lagerserie. Motsats till synform.

Antropogen. Orsakad eller påverkad av människan.

Aplit. Finkornig, granitisk bergart med låg halt av mörka mineral. Uppträder vanligtvis som gångar.

Arenit (sandsten). Sedimentär bergart med kornstorlek 0,06-2 mm.

Argillit. Finkornig sedimentär bergart som bildats ur lera och silt.

Arkos. Sandsten som innehåller minst 25% fältspatfragment.

Aureol. Område med speciell karaktär kring en bergartsintrusion.

Axialplan. Se veckaxelplan.

Baltiska Issjön. En av flera isdämda sjöar som bildades i nuvarande Östersjö-området i samband med inlandsisens avsmältning. Baltiska Issjön dränerades för ca 11 200 år sedan.

Bandning. Omväxlande mer eller mindre parallella lager med olika färg, kornstorlek, mineralsammansättning osv.

Basalt. Basisk vulkanisk bergart.

Basisk bergart. Bergart med 45-52 viktprocent SiO_2 .

Bergart. Sammanhållet aggregat av ett eller vanligen flera mineral.

Bentonit. Mjuk, plastisk lera.

Biotit. Mörkt glimmermineral.

Blyglans. Sulfidmineral. Blyglans är det viktigaste blymineralet.

Breccia. Bergart som består av kantiga bitar i en mer finkornig mellanmassa.

Böljeslagsmärke. Symmetrisk, vågliknande struktur i sediment bildad genom vattnets vågrörelser över sedimenten.

Charnockit. Granit som innehåller mineralen ortopyroxen (en pyroxen med rombisk kristallstruktur).

Cordierit. Ett silikatmineral vanligt i metamorfa bergarter.

Dacit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas, kvarts och mörka mineral.

Deformationszon. En svaghetszon i berggrunden utefter vilken berggrunden på ömse sidor rört sig i förhållande till varandra.

Diabas. En gångbergart som bildar mer eller mindre branta skivor i berggrunden.

Diabasgång. Se diabas.

Diamantborrning. Undersökningsborrning med diamantsatt borrkrona. Borrningen syftar till att ta upp en serie prov, borrkärna, av berggrunden.

Digital. Representation av data med hjälp av siffror.

Diorit. Intermediär djupbergart som domineras av plagioklas och mörka mineral.

Diopsid. Se pyroxen.

Diskordans. Avbrott i en lagerserie där lagren över och under avbrottet bildar vinkel mot varandra.

Dissemination. Spridd fördelning i bergart av ett eller flera mineral.

Djupbergart. Magmatisk bergart som kristalliserat (stelnat) i djupare delar av jordskorpan.

Dolomit. Bergart huvudsakligen bestående av mineralet dolomit (Kalcium-magnesiumkarbonat).

Drumlin. I inlandsisens eller glaciärs rörelseriktning utsträckt elliptisk rygg, huvudsakligen bestående av morän.

Eem. Värmeperioden före Weichsel-istiden.

Epicentrum. Punkt på jordytan belägen rakt ovanför en jordbävningens centrum.

Epidot. Ett mossgrönt vattenhaltigt silikat med kalcium, aluminium och järn. Mineralet är vanligt som sprickfyllnad

Erosion. Nednötning. Den process vid vilken material på jordytan lösgörs och förs bort av vatten, rörlig is, vind eller vågor.

Fanerozoikum. Geologisk tidsålder, yngre än 545 miljoner år.

Fennoskandiska skölden. Urbergsområde som omfattar Sverige med undantag av fjällkedjan och

sydvästra Skåne, större delen av Finland, nordvästra Ryssland och delar av Sydnorge.

Finmo. Jordart med kornstorleken 0.02-0.06 mm.

Flygsand. Sand avlagrad av vinden.

Flyttblock. Stora av inlandsisen transporterade block.

Formlinjer. Linjer som markerar en trend.

Strukturella formlinjer visar trenden av planstrukturer i berggrunden. Magnetiska konnektioner länkar ihop magnetiska anomalier som bedöms representera strukturella trender.

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

Fältspat. Sammanfattande namn för en grupp bergartsbildande mineral. De viktigaste är kalifältspat och plagioklas.

Förskiffring. Planstruktur i en bergart definierad av parallellorientering av mineralkorn. Bildad under högt tryck och temperatur.

Förkastning. En spricka eller sprickzon parallellt med vilken berggrunden har rört sig.

Gabbro. Basisk djupbergart som består av mineralen plagioklas, pyroxen, hornblände och i vissa fall även olivin.

Glacial. Istid. Betecknar även företeelser och bildningar relaterade till en inlandsis.

Glaciation. Nedisning.

Glimmer. Silikat som kristalliserar i bladiga eller fjälliga former. Vanligast är biotit och muskovit.

Gnejs. Högmetamorf bergart med mer eller mindre välutvecklad planstruktur, ofta också med bandning.

Gnejsgranit. Omvandlad (förgnejsad) granit.

Granat. Sammanfattande namn för en grupp av silikatmineral med kubisk kristallform och varierande sammansättning.

Granatådergnejs. Granatförande ådergnejs.

Granit. Djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen kvarts, fältspat, glimmer och/eller hornblände.

Granitoid. Samlingsnamn för kvartsrika djupbergarter, dvs granit, granodiorit, tonalit.

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

Granodiorit. En sur djupbergart som domineras av kvarts och fältspat. Plagioklas dominerar över kalifältspat.

Gråvacka. Sandsten med varierande kornstorlek och 15 % eller mer lerigt material.

Gyttjelera. Jordart (lera) med 2-6 % organiskt material.

Gångbergart. En magmatisk bergart i form av en skiva. Utgör sprickfyllnader och har vanligen bildats i övre delen av jordskorpan.

Hematit. Järnoxidmineral.

HK = Högsta Kustlinjen

Hornblände. Se amfibol.

Hybridbergart. Blandbergart.

Hydraulisk konduktivitet. En jord- eller bergarts förmåga att släppa igenom vatten.

Hyperitdiabas. Svart diabas som vanligen innehåller två pyroxener och järnoxidpigmenterad plagioklas.

Högsta Kustlinjen. Den högsta nivå dit havet nådde i samband med den senaste isavsmältningen. Denna ligger olika högt i skilda delar av landet bl.a. beroende på hur stor landhöjningen varit.

Ignimbrit. Vulkanisk bergart avlagrad av ett pyroklastiskt flöde.

Ignimbritstruktur. Struktur i ignimbrit vari pimpstens- och andra fragment kraftigt plattats ut.

Illit. Glimmerliknande lermineral.

Inlandsis. Ismassa som täcker stora delar av en kontinent.

Interglacial. Tiden mellan två istider.

Intermediär bergart. Bergart med 52-65 viktprocent SiO₂.

Interstadial. Tiden mellan två kallare perioder inom samma istid.

Intrusiv. Magmatisk bergart som trängt in i och stelnat i jordskorpan som massiv eller som gångar.

Isostasi. Jämviktstillstånd i jordskorpan.

Isräffla. Repa i fast berg orsakad av block eller sten som transporterats i undre delen av inlandsisen.

Isälvsavlagring. Se isälvs sediment.

Isälvs sediment. Sediment som transporterats av isälvar och smältvattenströmmar för att sedan avlagras vid isfronten i samband med avsmältningen.

Jordart. Lösa avlagringar på jordytan.

Jordskorpa. Den yttersta delen av jordklotet, ned till 5-10 km under oceanerna och till ca 35 km under kontinenterna.

Kalcit. Kalciumkarbonat. Huvudmineral i kalksten.

Kalifältspat. En kaliumrik fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

Kame. Kulle med markanta sidor eller oregelbunden rygg, huvudsakligen uppbyggd av isälvs sediment i kontakt med inlandsis.

Kaolinit. Ett lermineral. Se kaolin.

Kaolin. Grå eller vit lera huvudsakligen bestående av kaolinit.

Kaxborrning. Undersökningsborrning i berg utan att något prov i form av borrkärna erhålles (jfr diamantborrning). Det finkorniga material som bildas vid borrningen kallas borrkax. Kaxet kan studeras på olika sätt och ge information om berggrunden i borrhålet.

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

Konduktivitet. Elektrisk ledningsförmåga hos vatten.

Konglomerat. Sedimentär bergart som består av rundade stenar i en oftast sandig eller grusig mellanmassa.

Kopparkis. Ett kopparsulfidmineral. Det i Sverige viktigaste mineralet för utvinning av koppar.

Kraton. Konsoliderad och stabil del av den kontinentala jordskorpan.

Kratonisering. Konsolidering och stabilisering av jordskorpan.

Krossbreccia. Bergart bildad genom mycket kraftig spröd deformation. Består av kantiga fragment i en finkornig mellanmassa.

Kuddlavestruktur. Kuddliknande struktur i basisk bergart, bildad genom att lava flutit ut på havsbotten.

Kvarts. Kiseldioxid (SiO_2).

Kvartsit. Mycket hård, kvartsrik, sedimentär bergart.

Kvartärtid. Den senaste geologiska tidsperioden, vilken omfattar tiden från ca 2 milj år sedan till nutid.

Landhöjning. Höjning av landytan i förhållande till havsytan.

Laumontit. Silikatmineral bildat genom omvandling av fältspat.

Lava. Magma som trängt ut på jordytan.

Leptit. Äldre beteckning, särskilt i Bergslagen, på en omvandlad sur vulkanisk bergart (metavulkanit)

Lera. Jordart med kornstorlek < 0.002 mm.

Lermineral. Olika grupper av mineral som bygger upp leriga sediment.

Lervarvsmätningar. Studier av varvig lera. Ett varv motsvarar avsättningen under ett år.

Lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur.

Läsidesmorän. Moränrygg avsatt längs med isrörelseriktningen. I allmänhet sydost om en häll.

Magma. Smält berg.

Magmatisk bergart. Bergart bildad ur en bergarts-smälta (magma).

Magnetisk susceptibilitet (magnetiserbarhet). Parameter som beskriver ett geologiskt materials magnetiska egenskaper.

Magnetiska konnektioner. Se formlinjer.

Magnetiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur som kan ses på en magnetisk karta.

Magnetit. Magnetiskt mineral (järnoxid). Viktigt mineral för utvinning av järn.

Magnitud. Mått på styrkan av en jordbävning.

Malm. En mineralkoncentration som är ekonomiskt brytvärd.

Mantel. Den del av jordklotet som ligger under jordskorpan, ned till ca 2 900 m djup.

Marmor. Genom metamorfos omkristalliserad kalksten eller dolomit.

Massformig. Slumpmässig fördelning och orientering av mineralen i en bergart.

Meta- Prefix som används framför bergartsnamn för att indikera omvandlad karaktär (t.ex. metavulkanit). Jämför metamorfos.

Metabasit. Omvandlad basisk bergart.

Metamorf. Omvandlad.

Metamorfos. Den omvandling som en bergart genomgår när den utsätts för ändrat tryck och/eller ändrad temperatur.

Metasedimentär bergart. Omvandlad, ursprungligen sedimentär bergart.

Metavulkanisk bergart. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Metavulkanit. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Migmatit. Bergart bildad genom delvis uppsmältning och rekristallisation av äldre berggrund.

Migmatitgranit. Granit bildad genom uppsmältning av äldre berggrund.

Migration. Vandring. Exempelvis ett ämnes rörelse i ett medium.

Mikroklin. En varietet av kalifältspat. Ett av de vanligaste bergartsbildande mineralen.

Mineral. Fast, oorganisk substans som är definierad genom sin kemiska sammansättning och kristallsymmetri.

Mjåla. Jordart med kornstorlek 0.002-0.02 mm.

Mo. Jordart med kornstorlek 0.02-0.2 mm.

Monzodiorit. En intermediär djupbergart som innehåller fältspat och mörka mineral. Plagioklas dominerar över kalifältspat.

Monzonit. En intermediär djupbergart som innehåller huvudsakligen kalifältspat och plagioklas. Kvartsförande varianten kallas kvartsmonzonit.

Morän. Jordart som avlagrats av inlandsisen. Moränen har varierande sammansättning av block, sten, grus, sand, mo, mjåla och ler.

Moränbacklandskap. Kuperad terräng av morän.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

Mylonit. Finkornig bergart bildad genom mycket stark plastisk deformation.

Mylonitzonen. En starkt mylonitiserad zon i Sydvästsveriges gnejsberggrund.

Nefelin. Ett fältspatliknande mineral rikt på natrium.

Nefelinsyenit. Intermediär alkalisk djupbergart som domineras av kalifältspat, nefelin och mörka mineral.

Neosom. Nybildat (rekristalliserat) material i en migmatit.

Neotektonik. Unga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Norit. Basisk djupbergart.

Olivin. Järn-magnesiumsilikat som främst förekommer i basiska bergarter.

Ordovicisk. Från den tidsperiod ca 495-443 miljoner år sedan som benämns ordovicium.

Orogen. Se orogent bälte.

Orogen bälte. Vanligen långsmalt område av jordskorpan inom vilket bergskedjebildning sker eller har skett.

Orogenes. Bergskedjebildning.

Ortofoto. En bild av marken där hela bilden gjorts skalriktig.

Paleosom. Rester av moderbergarten i en migmatit.

Pechblände. Uranmineral.

Pegmatit. En grovkristallin granitisk bergart som vanligen bildar gångar eller mindre massiv.

Peneplan. En utbredd flack, relativt jämn berggrundsytta bildad genom långvarig erosion.

Permeabel. Genomsläpplig.

pH. Surhetsgrad hos vatten.

Pimpsten. Ljus, porös, pyroklastisk bergart.

Plagioklas. En fältspat rik i sodium och kalcium.

Plastisk deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar plastiskt, dvs betar sig som en trögflytande massa. Vid denna deformation bildas t ex plastiska skjuvzoner med kraftig förskiffring och linjärstruktur.

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

Plattekonik. Modell som beskriver jordskorpan uppdelning i plattor och hur plattorna rör sig.

Porfyr. Bergart som karaktäriseras av att enskilda större kristaller (strökorn) ligger spridda i en finkornig mellanmassa (matrix).

ppm. Parts per million. "en miljondel" Vanligt sätt att uttrycka låga halter. Jfr procent = "en hundradel"

Postglacial. Efter istiden (post=efter)

Prehnit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

Protoginzonen. En ungefär nord-sydlig zon från Skåne till norra Värmland. Den östra begränsningen av den svekonorvegiska orogenen.

Pyroklastisk bergart. Bergart bestående av brottstycken och andra partiklar bildade som ett direkt resultat av vulkanism.

Pyroklastiskt flöde. En kraftigt upphettad blandning av vulkaniska gaser och utbrottsprodukter. Flyter som laviner nedför vulkansidorna.

Pyroklastiskt fall. Nedfall av vulkaniska utbrottsprodukter från luften.

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

Radioaktivitet. Spontan sönderfall av ett radioaktivt ämne, ofta via en sönderfallskedja, till ett stabilt ämne. Vid sönderfallet utsänds olika typer av strålning

Radon. En färg- och luktlös radioaktiv ädelgas som bildas genom sönderfall av radium.

Randzon. Område där isfronten tidvis har stått stilla eller ryckt fram.

Rapakivigranit. Lättvitträd granit karakteriserad av större korn av kalifältspat klädda med tunna skal av plagioklas.

Refraktionsseismik. Geofysisk metod som utnyttjar seismiska vågors brytning (refraktion) i kontakten mellan olika media som t ex jord-berg i marken.

Regression. När havet successivt drar sig tillbaka med resulterande ökning av ett landområde. Motsats till transgression.

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

Ryolit. Sur vulkanisk bergart (ytbergart) med granitisk sammansättning.

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0,06-2,0 mm.

Sandsten. Se arenit.

Sandur. Sand- och grusavlagring bildad av smältvattenflöden från glaciär eller inlandsis.

Satellitdata. Mätningar, vanligen av elektromagnetisk strålning, gjorda från satelliter som cirklar runt jorden.

Sediment. Från luft, vatten eller is avlagrat fast material samt material som ackumulerats genom kemisk utfällning.

Sedimentgnejs. Gnejsomvandlad sedimentär bergart.

Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.

Seismicitet. Stötvågor (jordskalv) i berg orsakade av elastiska vågor alstrade genom rörelser på relativt stort djup i jordskorpan.

Sen-glacial förkastning. Se neotektonik.

Serpentin. Grupp av vanligen gröna och vid beröring tvåaktigt glatta mineral. Vanligen bildade genom omvandling av t ex olivin och pyroxen.

Siljansringen. Rund struktur vid Siljan bildad vid meteoritnedslag.

Silikat. Kemisk förening mellan kisel (Si) och syre (O). Se även silikatmineral.

Silikatmineral. Den typ sv silikat som förekommer i naturen. Över 90 % av jordskorpan består av bergartsbildande silikatmineral, främst amfiboler, pyroxener, oliviner och kvarts.

Sillimanit. Aluminiumsilikat.

Silt, -ig. Jordart med kornstorlek 0,002-0,06 mm.

Skarn. Äldre svensk benämning på mineral som hör ihop med med järn- och sulfidmalmer. Det ofyndiga berget inom en malmförekomst.

Skjuvdeformation. Deformation vid vilken rörelser har skett inom och mellan berggrundsblocken.

Skjuvzon. Ett linjärt berggrundsområde som kännetecknas av intensiv deformation.

Skolla, skollkomplex. Ett bergartspaket som skjutits fram över den underliggande berggrunden längs en flack yta.

Sköl. Zon med svagare berg än omgivningen.

Slira. Ett oregelbundet slingrande parti i en bergart.

Smektit. Ett lermineral. Viktig beståndsdel i bentonit.

Susceptibilitet. En bergarts förmåga att magnetiseras.

Spektralmätning. Strålningsmätning som till skillnad från totalmätning mäter strålningen fördelad på olika våglängder.

Sprickzon. Se spröd deformation.
Spröd deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar genom uppsprickning. Vid denna deformation bildas enskilda sprickor och ansamlingar av sprickor till sk sprickzoner.
Stadial. Kallare period under en istid, när inlandsisen tillväxer.
Stratigrafiska (undersökningar). Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.
Stromatoliter. Skiktade kupolformade strukturer i kristallin kalksten troligtvis bildade av alger.
Strukturella formlinjer. Se formlinjer.
Strykning. Riktning av en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt).
Stupning. Vinkel som en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt) bildar med horisontalplanet.
Subkambriska peneplanet. Ett peneplan (jämn berggrundsytta) som hade bildats innan för 545 miljoner år sedan.
Subvulkanisk intrusion. En vulkanitliknande bergart som dock visar klart intrusivt uppträdande mot omgivande bergarter.
Sur bergart. Bergart med > 65 viktprocent SiO₂.
Svallning. Vågornas eroderande verkan på en strand.
Svallsediment. Genom svallning frigjort material som sedan avsatts.
Syenit. Intermediär djupbergart som domineras av kalifältspat och mörka mineral. Kvartsförande varianten kallas kvartssyenit.
Synform. En trågformad sänka i jordskorpan. Motsats till antiform.
Tektonik. Den storskaliga uppbyggnaden av jordskorpan. Termen omfattar geologiska processer och strukturer relaterade till rörelser i berggrunden.
Tidigorogen. Beteckning på de äldsta djupbergarterna i en orogenes.
Tonalit. En sur djupbergart som domineras av kvarts och plagioklas.
Topografiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur i naturen.
Torkspricka. Spricka uppkommen genom uttorkning av en finkornig sediment.
Tornquistzonen. En zon av förkastningar i nordväst-sydost mellan Svarta Havet och Nordsjön. Zonen går genom Skåne och markerar där sydvästra randen av den Baltiska skölden.
Torv. Organisk jordart som bildas genom nedbrytning av döda växt- och djurdelar.
Totalhårdhet. Sammanlagda halten av kalcium och magnesium i vatten.
Transgression. När havet successivt tränger in över ett landområde. Motsats till regression.
Tremolit. Se amfibol.
Tuff. Bergart bestående av bl a vulkanisk aska.
Tuffit. Bergart bestående av vulkanisk aska blandad med sediment.

Täljsten. Mjuk bergart som består av klorit och talk (ett magnesiumsilikat)
Ultrabasisisk bergart. Djupbergart med extremt låg (< 45 viktprocent) SiO₂.
Units of radiation (ur). 1 ur motsvarar strålningen från 1 ppm uran i en bergart.
Ur. Se units of radiation.
Urbergssköld. Se kraton.
Urgranit. Äldre benämning på tidigorogena sura djupbergarter.
Veckaxelplan. Det plan som sammanbinder veckaxlarna för varje lager i en veckad bergartsserie.
Veckaxel. Omböjningslinjen för ett veck.
Veck. Böjd planstruktur i berg.
Vittring. Sönderdelning och omvandling av berg och jord genom mekaniska och kemiska processer.
VLF (Very Low Frequency) -mätning. Elektromagnetisk mätmetod som kan användas för påvisning av brantstående kroppar eller strukturer med hög elektrisk ledningsförmåga.
Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.
Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.
Vulkanisk breccia. Vulkanisk bergart bestående av kantiga brottstycken större än 64 mm.
Vulkanisk process. Utströmning vid jordytan av magma, fragment, aska, gaser etc.
Vulkanit. Se vulkanisk bergart.
Weichsel-Istiden. Den senaste istiden i Sverige.
Ytbergart. Bergart bildad på eller nära jordens yta genom sedimentära eller vulkaniska processer.
Zinkblände. Ett gult, brunt eller svart diamantglänsande sulfidmineral (zinksulfid).
Ådergnejs. En form av migmatit med ådrig struktur.
Överskjutning. Den process vid vilken berggrundsskivor (skollor) skjuts upp över ursprungligen högre belägna lager.