

REE, sällsynta jordartsmetaller

SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER

De sällsynta jordartsmetallerna (rare earth elements, REE) omfattar 15 s.k. lantanoider med atomnummer från lantan (57) till lutetium (71). De uppträder generellt i samma geologiska miljöer, är kemiskt lika och indelas i två undergrupper. Den lätta gruppen (light rare earth element group, LREE) har atommassor från 138,91 u till 151,96 u (unified atomic mass unit) och omfattar lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm) och europium (Eu). Den tunga gruppen (heavy rare earth element group, HREE) har atommassor från 157,25 u till 174,97 u och omfattar gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb) och lutetium (Lu).

På grund av liknande fysikaliskt och kemiskt uppträdande räknas även yttrium (Y) med atomnummer 39 in i den tunga gruppen och skandium (Sc) med atomnummer 21 in i den lätta gruppen.

Sällsynta jordartsmetaller kallas sällsynta eftersom de är koncentrerade i mineral som sällan uppträder, men är av ekonomiskt intresse. De sällsynta jordartsmetallerna är däremot vanliga i bergartsbildande mineral och därför är halten av dem i jordskorpan högre än halterna av t.ex. koppar och bly.

Sällsynta jordartsmetaller upptäcktes första gången i slutet av 1700-talet i Ytterby gruva utanför Vaxholm i Stockholms skärgård. Där fanns en pegmatit ur vilken man bröt kvarts och fältspat för porslinsstillverkning. Här hittades också ett svart mineral som innehöll tidigare okända grundämnen. Mineralen fick namnet gadolinit och är ett silikat av järn, beryllium, yttrium och flera sällsynta jordartsmetaller. Gadolinit blev således det mineral i vilket man upptäckte yttrium. I samma gruva har flera ovanliga mineral hittats och ytterligare sex grundämnen upptäcktes här: terbium, holmium, erbium, ytterbium, tantal och skandium, varav flertalet av dem i gadolinit.

Vid Riddarhyttan i Bergslagen ligger Bastnäs-fältet där man brutit järn och koppar i skarnförekomster. I slutet av 1700-talet hittades ett tidigare okänt mineral som blev upptäcktsmineral för cerium och som senare fick namnet cerit. I Bastnäs-fältet hittades något senare även ett annat ceriumhaltigt mineral, bastnäsit, som fick namn efter fyndorten. Bastnäs är synnerligen rikt på olika mineral och här upptäcktes även de sällsynta jordartsmetallerna lantan, praseodym och neodym.

Sällsynta jordartsmetaller förknippas i ett mer generellt perspektiv med magmatiska (granit och pegmatit) och alkalina bergarter. De ingår i karbonater, oxider, silikater, fosfater och halider. Bergarter som är anrikade på exempelvis monazit och zirkon har ofta höga koncentrationer av sällsynta jordartsmetaller. Generellt har sedimentära bergarter som skifferar och gråvackor högre innehåll av sällsynta jordartsmetaller än vad sandsten och kalksten har. Vid vittring är mobiliteten hos de sällsynta jordartsmetallerna låg, men beror av vilka mineral de uppträder i. Rörligheten hämmas genom adsorption till järnoxider, fosfater och lermineral.

De sällsynta jordartsmetallerna bildar ett flertal mineral, t.ex. monazit, bastnäsit, allanit och cerit, och de kan även ingå som spår-element i små mängder i exempelvis apatit, biotit, pyroxen, turmalin

RARE EARTH ELEMENTS

The rare earth elements (REE) comprise 15 lanthanides with the atomic numbers 57 (lanthanum) to 71 (lutetium). All of them are generally found in similar geological settings, they share similar properties and are divided into two subgroups. The light rare earth element group (LREE) has atomic masses ranging between 138,91 u and 151,96 u (unified atomic mass unit) and consists of lanthanum (La), cerium (Ce), praseodymium (Pr), neodymium (Nd), promethium (Pm), samarium (Sm) and europium (Eu). The heavy rare earth element group (HREE) has atomic masses ranging between 157,25 u and 174,97 u and comprises the elements gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb) and lutetium (Lu).

Because of their REE-like chemical and physical behaviours, the element Scandium (Sc, atomic number 21) is included in the light rare earth element group and the element yttrium (Y, atomic number 39) is included in the heavy rare earth element group.

Rare earth elements are called rare because they are concentrated in minerals that rarely occur, though are of economic interest. On the other hand, rare earth elements are common in rock-forming minerals and are therefore more abundant than, for instance, copper and lead in the crust.

The first discovery of rare earth elements was made in the late 18th century in Ytterby mine near Vaxholm in the archipelago of Stockholm. Here, a black mineral containing unknown elements was found in a pegmatite from which quartz and feldspar were mined for porcelain production. The silicate mineral consisted of iron, beryllium, yttrium and several other rare earth elements, and it was named gadolinite. Gadolinite was the first mineral in which yttrium was found. Several other unusual minerals were found in the same mine, which led to the discoveries of six other elements: terbium, holmium, erbium, ytterbium, tantalum and scandium, many of them first found in gadolinite.

Near Riddarhyttan in Bergslagen lies Bastnäs-fältet where iron and copper have been mined in skarn mineralisations. By the end of the 18th century, another unknown mineral was discovered, which turned out to contain cerium and was named cerite. Later, another cerium rich mineral was discovered in Bastnäs-fältet and was named bastnäsit. Bastnäs is rich in different minerals, and other rare earth elements, such as lanthanum, praseodymium and neodymium, were also discovered there.

Generally, rare earth elements are associated with magmatic (granite, pegmatite) and alkaline rocks. They can be found in carbonates, oxides, silicates, phosphates and halides. Rocks enriched in monazite and zircon often contain higher concentrations of rare earth elements. Sedimentary rocks, such as schists and greywackes, generally contain higher concentrations of rare earth elements than sandstone and limestone. During weathering the mobility of rare earth elements is generally low, but varies depending on in which mineral they occur. The mobility is inhibited by adsorption to iron oxides, phosphates and clay minerals.

och zirkon. Elementen, särskilt ur den lätta gruppen, kan förekomma i fluorit samt ersätta kalcium i fältspat.

Eftersom sällsynta jordartsmetaller har liknande kemiska egenskaper kan de ersätta varandra i kristallstrukturen hos olika mineral. Detta är förklaringen till att så många av de sällsynta jordartsmetallerna hittas i samma mineral. Det finns uppemot 200 mineral som innehåller metallerna, men endast några få är ekonomiskt intressanta, t.ex. monazit, bastnäsit och xenotim ur vilka bl.a. cerium, lantan, neodym och yttrium utvinns. Anrikningen av metallerna i mineralen är olika, dels inom respektive grupp (LREE och HREE), dels mellan grupperna. Monazit och bastnäsit innehåller mer av den lätta gruppens element (LREE), medan metallerna i xenotim främst tillhör den tunga gruppen (HREE).

I princip kan samtliga sällsynta jordartsmetaller hittas i många olika mineralgrupper. Mineralstrukturen i REE-mineral gör att ett mineral kan innehålla flera element men dominansen mellan dem varierar. Ett exempel är monazit som kan domineras av cerium, lantan eller neodym och då kallas monazit-(Ce), monazit-(La) respektive monazit-(Nd). Monazit kan också innehålla små mängder torium och uran, förutom andra sällsynta jordartsmetaller. Ett antal mineralgrupper och dithörande vanliga metaller anges i tabell 3.

Samtliga sällsynta jordartsmetaller (utom prometium) analyserades i moränproven för atlasen. Elementen i den lätta gruppen förekommer med högre halter än de i den tyngre gruppen och förklaringen är att elementen i den lätta gruppen i större utsträckning ingår i bergartsbildande mineral, men också i lermineral och i utfällningar (tabell 2). Den lätta gruppens element är däremot inte lika koncentrerade som den tunga gruppens element, vilket anges av kvoten mellan maximal halt och medianhalt i tabell 2.

Korrelationer finns mellan sällsynta jordartsmetaller, Y och Sc beroende på den kemiska likheten mellan dem (tabell 6, Appendix 1). Generellt är korrelationerna starkare mellan elementen i respektive grupp (LREE och HREE) än mellan grupperna. Den lättare gruppens element har starkare korrelationer än den tyngre gruppens element med Al, K, Fe och Mn, vilket visar den lätta gruppens starka koppling till bergartsbildande mineral, lermineral och utfällningar.

Den geografiska fördelningen av sällsynta jordartsmetaller i morän visas på 15 kartor i figur 15. Kartorna är placerade i atomnummerordning, dvs. från det lättaste (La) till det tyngsta (Lu) elementet. Yttrium har placerats sist som tillhörande den tunga gruppen.

Generellt kan de geokemiska elementmönstren för praseodym (Pr), neodym (Nd) och samarium (Sm) förklaras som de tidigare beskrivna för lantan och cerium (se La respektive Ce). Gadolinium, (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm), ytterbium (Yb) och lutetium (Lu) förklaras och beskrivs i likhet med yttrium (se Y).

Det finns inte några uppenbara skillnader i de geokemiska distributionsmönstren mellan elementen i den lätta gruppen, dvs. för La, Ce, Pr, Nd and Sm. De relativa koncentrationerna kan dock skilja sig åt i respektive elementanomalier, beroende på moränens mineralinnehåll. Till exempel är anomalier för cerium starkare i östra Småland och svagare i östra delen av Ångermanland och Västerbotten än övriga LREE.

Det finns även en del skillnader i distributionsmönstren för den tunga gruppens element. De lättaste (Gd och Tb) i den tunga gruppen har förhöjda halter i norra Ångermanland och södra Västerbotten och anomalierna följer LREE, medan anomalier saknas i detta område

The rare earth elements form several minerals, e.g. monazite, bastnäsit, allanite and cerite, and can occur in trace amounts in, for example, apatite, biotite, pyroxene, tourmaline and zircon. The elements, especially from the LREE group, can occur in fluorite and replace calcium in feldspar.

Since rare earth elements have similar chemical properties, they can replace each other in the crystal structure of different minerals. This explains why many of the rare earth elements can be found in the same mineral. About 200 minerals contain rare earth elements, but only a few are of economic interest, e.g. monazite, bastnäsit and xenotime, from which cerium, lanthanum, neodymium and yttrium are extracted. The enrichment of rare earth elements in the minerals differs both within and between the groups of LREE and HREE. Monazite and bastnäsit contain more of the LREEs while xenotime mainly contains HREEs.

Basically all the rare earth elements can be found in many different mineral groups. The mineral structure in REE minerals means that a mineral may contain multiple elements but the dominance between them varies. One example is monazite which can be dominated by cerium, lanthanum or neodymium and is given the name monazite-(Ce), monazite-(La) and monazite-(Nd), respectively. Monazite can also contain small quantities of thorium and uranium and other rare earth elements. A number of mineral groups and related common metals are shown in Table 3.

All rare earth elements (except promethium) were analysed for in this atlas. The elements in the LREE group generally have higher concentrations than those of the HREE group. This is because the elements in the LREE group are more common in rock-forming minerals, in clay minerals and in precipitates (Table 2). The LREE group is though not as concentrated as the HREE group, as shown by the ratio between maximum values and median values in Table 2.

Tabell 2. Median, max och kvot för sällsynta jordartsmetaller i morän <63 µm. Kvoten är beräknad som maxhalt/medianhalt. Antal prov: 2 578. Analytisk metod: kungsvattenlakning och ICP-MS. Elementen är sorterade efter minskande medianhalter.

Median, maximum and ratio for the rare earth metals in till <63 µm. The ratio is calculated as maximum value/median value. Number of samples: 2 578. Analytical method: Aqua Regia extraction and ICP-MS. The elements are sorted according to decreasing median values.

Element <i>Element</i>	Undergrupp <i>Subgroup</i>	Median <i>Median</i> (ppm)	Maxvärde <i>Max value</i> (ppm)	Kvot <i>Ratio</i>
Ce	LREE	75	388	5
La	LREE	32	199	6
Nd	LREE	28	129	5
Y	HREE	18	163	9
Pr	LREE	7,7	38	5
Sm	LREE	5,4	24	4
Sc	LREE	4,5	21	5
Gd	HREE	4,4	22	5
Dy	HREE	3,5	23	6
Er	HREE	1,9	14	8
Yb	HREE	1,7	15	9
Eu	LREE	0,8	6	7
Ho	HREE	0,7	5	7
Tb	HREE	0,6	4	6
Tm	HREE	0,3	2	8
Lu	HREE	0,2	3	11

för de tyngsta elementen i gruppen (Tm, Yb och Lu). En viss skillnad syns även i Lappland och i sydvästra Sverige med en mer distinkt anomalibild ju tyngre elementen är.

Morän i nordligaste delen av Sverige har höga halter av den lätta gruppens element (LREE) vilket speglar förekomsten av arkeiska metamorfa bergarter och svekokarelska graniter, pegmatiter och gabbro. Även områden med metasedimentära bergarter har förhöjda halter av sällsynta jordartsmetaller. Anomalier i morän överlappar områden med kända förekomster av sällsynta jordartsmetaller, exempelvis vid Pajala, i Kirunas apatitjärnmalm och i pegmatiter i mellersta Lappland och centrala Jämtland. En europiumanomali i morän avspeglar dessa mineraliserade områden. Anomalier i nordvästra Ångermanland anknyter till sällsynta jordartsmetaller i fosforit, som är känt från Tåsjö. I kusttrakten i norra Ångermanland och södra Västerbotten kopplas relativt starka anomalier av terbium, gadolinium och LREE till järn-sulfidmineraliseringar och till gråvackor.

Europium hittas främst i allanit, bastnäsit, monazit, apatit, zirkon och fluorit. Europium skiljer sig dock kemiskt från övriga sällsynta jordartsmetaller, då elementet kan ersätta strontium och ingå i plagioklas och strontianit. Europium kan därför finnas i kalciumrika jordar, t.ex. i nordligaste Sverige där höga koncentrationer i morän härrör från svekokarelsk gabbro–diorit och granit. Den starka anomalin som uppträder i fjällkedjan och centrala Jämtland relateras till kalksten och skiffrar tillhörande Kaledoniderna och kölliskollan. Kvartergångar med fluoritmineraliseringar kan också bidra till förhöjda europiumhalter i området.

Distributionsmönstren för den tunga gruppens element (HREE) speglar inte, till skillnad från den lätta gruppen, de arkeiska bergarterna i norra Sverige. Inte heller är anomalierna lika starka i fjällkedjan eller i östra Småland. Den till ytan största anomalin av HREE finns i Lappland och kan kopplas till till granitoider, alkalina bergarter, pegmatiter och sura metavulkaniter, och till mineraliseringar med sällsynta jordartsmetaller, Mo, Be, Cu, Ag, Au, Ti och U samt med Fe, Pb, Zn och Cu i skarn.

I fjällkedjan kopplas förhöjda halter av sällsynta jordartsmetaller i morän till glimmerskiffer och graniter tillhörande kölliskollorna. Granitoider, fältspatrik sandsten och arkos kan också bidra till anomalibilden liksom utvecklade graniter och ett flertal mineraliseringar, exempelvis med fluorit, järnoxid och uran-zink-koppar, som förekommer i området.

I nordvästra Hälsingland och södra och östra delen av Jämtland speglar moränanomalierna för sällsynta jordartsmetaller granitiska till syenitiska bergarter (t.ex. Ljusdalsbatoliten och Revsundsgranit) som förknippas med pegmatit. Anomalier täcker även mineraliseringar med uran och torium och kända förekomster med sällsynta jordartsmetaller. Förhöjda halter av LREE, gadolinium och terbium i Medelpad och södra Ångermanland speglar sannolikt alkalina bergarter med förekomster av REE-förande fosforit och karbonatit (Alnön).

I Gästrikland, Uppland och Södermanland är koncentrationer av sällsynta jordartsmetaller i morän relaterade till skarnmineraliseringar med järnoxid och utvecklade granitiska till syenitiska bergarter. I Bergslagen finns ett flertal kända förekomster med sällsynta jordartsmetaller i pegmatit, apatitjärnmalm och magnetitskarnmalm i Bastnästypens mineraliseringar. Moränen i området har lågt innehåll av sällsynta jordartsmetaller, men en nordvästlig–sydostlig anomali finns, främst med HREE. Den ibland lerrika moränen kan också bidra till förhöjda halter av sällsynta jordartsmetaller. Anomalier i

There are correlations between the rare earth elements, Y and Sc, due to the similar physicochemical properties of these elements as shown in Table 6, Appendix 1. Correlations are normally stronger between the elements in each group (LREE and HREE) than between groups. The LREE group has stronger correlations with Al, K, Fe and Mn than the HREE group, which shows the strong connection of the LREE group to rock forming minerals, clay minerals and precipitates.

The geographic distribution of rare earth elements in till is displayed on 15 maps in Figure 15. The order of the element maps follows the atomic number, from the lightest element La to the heaviest element Lu. Yttrium has been placed last as belonging to the HREE group.

In general, the geochemical distribution of praseodymium (Pr), neodymium (Nd) and samarium (Sm) are explained similarly to the earlier described lanthanum and cerium (see La and Ce, respectively). Gadolinium, (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb) and lutetium (Lu) are explained and described similarly to yttrium (see Y).

There are no obvious differences in the geochemical distribution patterns of elements in the LREE group (La, Ce, Pr, Nd and Sm). The relative concentrations, however, can differ in the anomalies of each element respectively, probably due to the mineral composition of the till. For instance, anomalies of cerium are stronger in eastern Småland and weaker in the eastern part of Ångermanland and Västerbotten than for the other LREEs.

There are also differences in the distribution pattern of the HREEs. The lightest (Gd and Tb) in the heavy group occur with elevated concentrations in northern Ångermanland and in southern Västerbotten, and the anomalies follow LREE, while anomalies lack for the heaviest HREEs (Tm, Yb and Lu). A difference can also be noted in Lappland and in south-western Sweden, with more distinct anomalies for elements with heavier atomic masses.

Till in the northernmost part of Sweden contain high concentrations of the LREE group elements, which reflects Archean metamorphic rocks and Sveccarelian granites, pegmatites and gabbros. Areas with metasedimentary rocks also contain higher concentrations of rare earth elements. Anomalies in till often overlap areas with known mineralisations of rare earth elements, for instance near Pajala, in the iron-apatite ores in Kiruna, and in pegmatites in central Lapland and central Jämtland. A europium anomaly in till reflects these mineralised areas. Anomalies in north-western Ångermanland connect to rare earth elements in phosphorite, which is known from Tåsjö. In the coastal areas of northern Ångermanland and southern Västerbotten, relatively strong anomalies of terbium, gadolinium and LREEs can be connected to iron-sulphide mineralisations and greywackes.

Europium is found mainly in allanite, bastnäsite, monazite, apatite, zircon and fluorite. Europium differs chemically from other rare earth elements, since the element can replace strontium and occur in plagioclase and strontianite. Europium may therefore be abundant in calcium-rich soils, for example in northernmost Sweden, where high concentrations in till originate from Sveccarelian gabbro–diorite and granite. The strong anomaly which is present in the mountain chain and in central Jämtland can be related to limestone and schists which belong to the Caledonides and the Köli Nappe. Quartz veins with

Värmland och Västergötland relateras till gnejser och fältspatrika bergarter, medan anomalier i södra delen av Östergötland kan kopplas till graniter och kvartsgångar.

I södra Sverige kan moränanomalier knytas till utvecklade graniter, alkaliska bergarter (syenit), pegmatit och sura metavulkaniter från svekokarelska till yngre åldersgrupper. Till exempel verkar hallandisk granitisk ortognejs vara en viktig litologisk källa för sällsynta jordartsmetaller i Blekinge. I Skåne relateras anomalier till utvecklade graniter, fältspat och fluoritförekomster samt till lerrik morän med innehåll av kaolinit och skiffer.

Tabell 3. Mineralgrupper med viktiga sällsynta jordartsmetaller, skandium och yttrium. Källa: International Mineralogical Association (IMA). Notera att alla grupper inte följer den huvudsakliga gruppindelningen enligt IMA. *Mineral groups containing important rare earth elements (REE), scandium and yttrium. Source: International Mineralogical Association (IMA). Note that not all groups follow the main group division according to IMA.*

Mineralgrupp	Mineral group	Element
Ankylitgruppen	Ancylite group	Ce, La, Nd
Apatitgruppen	Apatite group	Ce, La
Bastnäsitgruppen	Bastnäsite group	Ce, La
Britolitgruppen	Britholite group	Ce, La
Chevkitgruppen	Chevkinite group	Ce, La
Crandallit-(alunit-jarosit)-gruppen	Crandallite-(alunite-jarosite) group	Ce, La, Nd
Donnayitgruppen	Donnayite group	Nd, Y
Epidotgruppen	Epidote group	Ce, La, Nd
Eudialytgruppen	Eudialyte group	REE, Y
Euxenitgruppen	Euxenite group	Ce, Y
Gadolinit-datolitgruppen	Gadolinite-datolite group	Ce, Nd, Y
Gagarinitgruppen	Gagarinite group	La, Nd, Y
Hellanditgruppen	Hellandite group	Ce
Hilairitgruppen	Hilairite group	Gd, Dy, Y
Kordylitgruppen	Cordylite group	Ce, La
Kukharenkoitgruppen	Kukharenkoite group	Ce
Lantanitgruppen	Lanthanite group	Ce, La, Nd
Monazitgruppen	Monazite group	Ce, La, Nd
Mosandritgruppen	Mosandrite group	Ce, La
Norditgruppen	Nordite group	Ce, La
Parisitgruppen	Parisite group	Ce, La
Pyroklorgruppen	Pyrochlore group	Ce, Y
Remonditgruppen	Remondite group	Ce, La, Nd
Samarskitgruppen	Samarskite group	Y, Yb, HREE
Synchysitgruppen	Synchysite group	Ce, Nd, Y, La
Thortveitgruppen	Thortveitite group	Sc, Y, Yb
Trimonsitgruppen	Trimonsite group	Dy, Er, Yb, Y
Tritomitgruppen	Tritomite group	Y, Ce
Uraninitgruppen	Uraninite group	Ce, La
Wöhleritgruppen	Wöhlerite group	Y
Xenotimgruppen	Xenotime group	Y, Yb, HREE, Ce

fluorite mineralisations may also contribute to the elevated concentrations of europium in the area.

Unlike the LREEs, the distribution patterns for the HREEs do not reflect the Archean rocks in northern Sweden. Neither are the anomalies as strong in the Caledonian mountain chain or in eastern Småland. The geographically largest anomaly of the HREEs is found in Lappland in connection with granitoids, alkaline rocks, pegmatites and acid metavolcanic rocks, and to mineralisations with REEs, Mo, Be, Cu, Ag, Au, Ti and U, and with Fe, Pb, Zn and Cu in skarn.

In the mountain chain, the elevated concentrations of rare earth elements in till can be related to mica schist and granites belonging to the Köli nappe. Granitoids, feldspar-rich sandstone and arcose can also contribute to the anomaly, as can well-developed granites and a number of mineralisations, for instance of fluoroite, iron oxide or uranium-zinc-copper, which occur in the region.

In north-western Hälsingland and the southern and eastern parts of Jämtland, the rare earth element anomalies in till reflect granitic to syenitic rocks (e.g. the Ljusdal batholith and Revsund granite) which are associated with pegmatite. Anomalies also coincide with mineralisations of uranium and thorium, and known rare earth element mineralisations. Elevated concentrations of LREE, gadolinium and terbium in Medelpad and in southern Ångermanland probably reflect alkaline rocks with occurrences of REE-bearing phosphorite and carbonatite (Alnön).

In Gästrikland, Uppland and Södermanland, concentrations of rare earth elements in till relate to skarn mineralisations with iron oxide and well-developed granitic to syenitic rocks. In Bergslagen, there are a number of known mineralisations with rare earth elements in pegmatite, apatite-iron ores and magnetite-skarn ores in Bastnäs-type mineralisations. The till in the area contains low concentrations of rare earth elements, but a north-west-south-east striking anomaly enriched mainly in HREE is present. The sometimes clay-rich till can also contribute to the elevated concentrations of rare earth elements. Anomalies in Värmland and Västergötland can be related to gneiss and rocks rich in feldspar, whereas anomalies in the southern part of Östergötland reflect granites and quartz veins.

In southern Sweden, till anomalies can be connected to well-developed granites, alkaline rocks (syenite), pegmatite and acid metavolcanic rocks from Svekokarelian and younger age groups. In Blekinge, for instance, Hallandian granitic orthogneiss may be an important lithological source of rare earth elements. In Skåne, the anomalies are related to well-developed granites, feldspar and fluorite occurrences, and clay-rich till containing kaolinite and schists.