



Sveriges
lantbruksuniversitet

Markförhållanden i svensk skogsmark
- data från Markinventeringen 1993-2002

*Soil conditions in Swedish forest soils
– data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002*

Torbjörn Nilsson
Johan Stendahl
Ola Löfgren



Institutionen för mark och miljö
Department of Soil and Environment

Rapport 19
Report 19
Uppsala 2015
ISBN 978-91-576-9340-2

Omslagsfoto: Åke Bruhn

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Nilsson, T., Stendahl, J. & Löfgren, O. 2015. Markförhållanden i svensk skogsmark – data från Markinventeringen 1993-2002. Rapport 19, Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Innehåll

Förord.....	5
Målet med inventeringen	6
Beskrivning av inventeringen, markprovtagningen och analyserna.....	7
Inventeringsmoment	9
Fältbedömda variabler	9
Markprovtagning.....	18
Viktigare förändringar av inventeringens innehåll och utförande	21
Regelförändringar gentemot föregående inventeringsperiod 1983-1987	21
Regelförändringar inom inventeringsperioden 1993-2002.....	22
Markkemiska analyser	22
pH-analyser.....	23
Kol- och kvävehalt.....	23
Utbytbart aluminium.....	23
Basmättnadsgrad och titrerbar aciditet.....	24
Kartframställning	25
Fördelningen av markinventerade ägoslag	26
Fördelningen av olika humusformer.....	27
Jordartsfördelningen	29
Fördelningen av olika texturtyper.....	31
Fördelningen av dominerande markfuktighetsklasser	32
Fördelningen av olika jordmånstyper	34
Humusformens inverkan på humuslagrets markkemiska parametrar.....	37
pH.....	37
Kol- och kvävehalten	38
Kol-kväveknoten.....	40
Utbytbart aluminium och titrerbar aciditet	42
Basmättnadsgrad	43
Jordartens inverkan på markkemin i olika markhorisonter.....	45
pH-H ₂ O	45
Kolhalt.....	46
Kvävehalt	47
Kol-kväveknoten.....	48
Utbytbart aluminium.....	49
Titrerbar aciditet.....	50

Basmättnadsgrad (pH=7)	51
Effektiv basmättnadsgrad.....	52
Markinventeringens betydelse nu – och i framtiden.....	53
Referenser	54
Bilagor.....	55
Bilaga 1	56
Bilaga 2	57
Bilaga 2 (forts.)	58

Förord

I denna rapport redovisas markkemiska data från den s.k. Ståndortskarteringens omdrev under åren 1993-2002. Då inventeringen 2003 bytte namn till Markinventeringen, används i rapporten fortsättningsvis detta senare namn.

Markinventeringen utförs på Riksskogstaxeringens permanenta provytor och är integrerad med denna när det gäller fältverksamheten. Markinventeringen finansieras av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram och SLU.

Riksskogstaxeringen och Markinventeringen utgör tillsammans en objektiv, spatialt riktad, nationell inventering av skog, mark och vegetation, som en viktig del av den nationella miljöövervakningen av landekosystemen. Under omdrevet 1993-2002 ingick vegetationsbeskrivning samt lav- och alginventering i Markinventeringen. Data från dessa inventeringar redovisas dock inte i denna rapport, som huvudsakligen redovisar markförhållandena och speciellt då markkemin i svensk skogsmark.



Skogsmark / Forest land.

Foto / Photo: Markinventeringens bildarkiv / Photo archive of Swedish Forest Soil Inventory



Tallbestånd / Scots pine stand.

Foto / Photo: Åke Bruhn.



Granbestånd / Norway spruce stand.

Foto / Photo: Ola Borin.

Målet med inventeringen

Samordningen mellan Markinventeringen och Riksskogstaxeringen ger förutsättning för en landstäckande datainsamling på Riksskogstaxeringens permanenta provytor, i syfte att skapa underlag för studier av tillstånd och förändringar i mark och vegetation inom ägoslagen skogsmark, naturbete, myr, berg, fjällbarrskog samt annat klimatimpediment.

De viktigaste syftena med dessa inventeringar är att:

- ta fram underlag till statistik över tillståndet i skog och mark,
- ge underlag för ställningstaganden om vård och nyttjande av skog och mark,
- studera förändringar orsakade av yttre miljöpåverkan (luftföroreningar, klimat, markanvändning),
- studera förändringar som följd av skogsbruket och trädbeståndens utveckling,
- tillhandahålla data för forskning med anknytning till landekosystemet.

Genom återkommande observationer på fasta provytor av mark, markvegetation, buskskikt, trädskikt, markanvändning samt insamling av markprover kan data från en stor del av ekosystemet kopplas samman. Inventeringarna är kontinuerliga och långsiktiga, vilket ger möjlighet till studier av långa tidsserier. Redovisade resultat från Markinventeringen ska belysa tillstånd och förändringar på regional och nationell nivå.

Beskrivning av inventeringen, markprovtagningen och analyserna

Markinventeringen utförs på Riksskogstaxeringens permanenta provvytor och omfattade under omdrevet 1993-2002 förutom markbeskrivning och markprovtagning också inventering av markvegetation och viss epifytisk vegetation. Inventeringen utfördes första gången vid de permanenta ytornas etablering 1983-1987, då ca 23 500 provvytor inventerades. Provytorna har sedan återinventerats av Markkarteringen under perioden 1993-2002, samt 2003-2012, på så sätt att varje provyta återinventerats vart 10:e år.

De drygt 2 000 provvytor som inventeras per år är jämnt fördelade över landet. Provytorna är belägna längs periferin av permanenta s.k. taxeringstrakter, som är systematiskt utlagda i ett regelbundet nät över Sverige. Avståndet mellan trakterna är längre i norra Sverige än i södra (ca 14 km i region 1 jämfört med ca 4 km i region 5; Fig. 1). De permanenta trakterna har kvadratisk form och sidlängden i dessa kvadrater varierar beroende på var i landet trakten är belägen (större sidlängd i norra Sverige, Fig. 1).

Inventeringen utförs på ägoslagen produktiv skogsmark (skogsmark som kan producera i genomsnitt minst en kubikmeter virke per hektar och år), myr, naturbete, berg, fjällbarrskog och annat klimatimpediment. Fridlysta områden inventeras enbart om provytan klassificerats som något av ovanstående ägoslag ifall ytan inte varit fridlyst. I denna rapport redovisas markförhållandena på produktiv skogsmark.

Antalet provvytor per trakt är åtta st, utom i region 5 (Fig. 1) där trakterna har fyra provvytor. Avståndet mellan provvytorna varierar från 300 m i söder till 600 m längst i norr. Anledningen till att avstånden mellan trakter och provvytor inte är lika över landet är att naturlig variabilitet och markutnyttjande är större i söder. Provytorna utgörs av cirkelytor med 10 meters radie (314 m²). Förhållandena på provvytorna styr vilka variabler som registreras och vilka markprover som skall samlas in.

Under omdrevet 1993-2002 fanns en eller två markkartörer i vart och ett av de 7-9 inventeringslag som utförde markinventering. Sammanlagt under de 10 åren medverkade 35 markkartörer i fältarbetet och de inventerade totalt 22 603 provvytor. Det samlades allt som allt in 20 881 jordprover, vars sammanlagda vikt uppgick till över 13 ton i lufttorrt tillstånd. Fältpersonalen erhöll fortlöpande utbildning, bland annat under en årlig kartörskurs där kartörerna fått öva på olika moment i syfte att fältbedömningen av markegenskaper (ex. textur, jordmån etc.) och vegetationen ska vara så samstämmig som möjligt.



Omberg år 2000.



Skinnskatteberg år 1998.

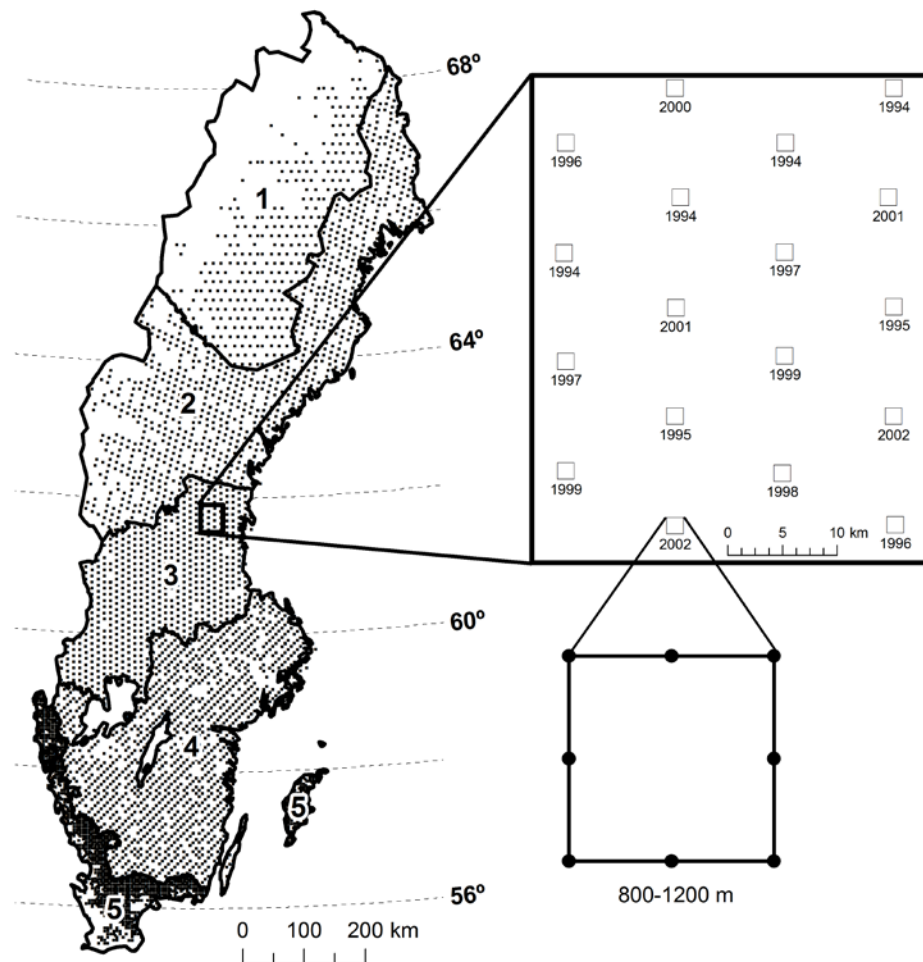


Uppsala år 1995.



Jämtland år 1994.

Fotografier från olika kartörsutbildningar för fältpersonalen inom Markinventeringen.
Photos from different courses for the field staff within the Swedish Forest Soil Inventory.
 Foto / Photo: Ola Löfgren



Figur 1. Schematisk illustration av fördelningen av Riksskogstaxeringens trakter och provytornas fördelning inom en trakt. Riket är i kartan indelat i fem regioner (1-5 i figuren). Denna regionindelning är kopplad till provtagningstätheten i respektive region. Det är tätare mellan trakterna i södra Sverige, beroende på att ägoslagsfördelningen och landskapet där vanligtvis är mer varierande.
Figure 1. Schematic illustration on the distribution of clusters (tracts) within the Swedish National Forest Inventory and the sample plots within a tract. In the map, Sweden is divided in five regions (1-5). This region division is connected to the sampling density in each region (closer between tracts in southern Sweden due to larger variation in distribution of land use and the variation in landscape types).

Inventeringsmoment

Inom Markinventeringens omdrev under åren 1993-2002 fanns i princip fyra inventeringsmoment: ståndortsbeskrivning, jordmånsbeskrivning inkl. markprovtagning och markkemiska analyser, vegetationsbeskrivning, samt lav- och alginventering som alla utfördes på de permanenta provytorna. Dessa moment ger tillsammans med Riksskogstaxeringens ståndortsinventering en översiktlig beskrivning av ståndortsförhållandena på provytorna under perioden. I denna rapport har vi använt data från de två första inventeringsmomenten tillsammans med vissa data från Riksskogstaxeringen.

Fältbedömda variabler

Inom Markinventeringen har ett flertal variabler bedömts i fält, dels på provytan i stort, dels i en grop som grävts på alla ytor (Tabell 1). Som grund för den fortsatta redovisningen av markens kemiska egenskaper redogörs i detta avsnitt för ett antal av de viktigaste markrelaterade variablerna som registreras på provytan. För en mer ingående beskrivning av metodik och definitioner, se Fältinstruktion 2002 (Lundin m.fl., 2002).

Tabell 1. Fältbedömda variabler inom Markinventeringen 1993-2002. (Vegetationsvariabler ej medtagna).

Table 1. Field assessed variables within the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002. (Vegetation variables are not included).

Ståndortsvariabler Site variables	Jordmånsbeskrivning Soil type description
Markfuktighet / <i>Soil moisture</i>	Humusform / <i>Humus form</i>
Torvmarksandel / <i>Peatland percentage</i>	Humifieringsgrad (torv) / <i>Degree of peat humification</i>
Rörligt markvatten / <i>Lateral soil water movement</i>	Humuslagrets mäktighet / <i>Depth of humus layer</i>
Jorddjup / <i>Soil depth</i>	Jordmånstyp / <i>Soil type</i>
Kulturpåverkan / <i>Influence of cultivation</i>	Blekjordens mäktighet / <i>Thickness of E horizon</i>
Ytblockighet (antal, spridning, diameter) / <i>Surface boulder frequency (amount, distribution, diameter)</i>	Förekomst av B-horisont med järnanrikning / <i>Presence of a B horizon with iron enrichment</i>
	Bedömning av diagnostisk horisont för podsol / <i>Assessment of diagnostic horizon for podzol</i>
	Jordart / <i>Soil parent material</i>
	Jordartens textur / <i>Texture of soil parent material</i>
	Jorddjup i provgrop / <i>Soil depth in soil sample pit</i>
	B-horisontens undre gräns / <i>Lower limit of B horizon</i>
	Jordart och textur i prov som togs, som C-horisontprov / <i>Soil parent material and texture in the sample that was taken as a sample representing the C horizon</i>

Humusform

Humuslagret består av dött organiskt material med inslag av mineraljordspartiklar. Förmultningsgraden hos växt- och djurdelarna i humusen varierar alltifrån att man ser strukturen hos växtdelarna, till en mer eller mindre homogen massa som när den är fuktig bildar en mörkbrun smet. Beroende på förmultningsgrad delas humuslagret i två skikt; förmultningsskikt (Of-skikt) och humusämnesskikt (Oh-skikt). Det övre skiktet, Of-skiktet, utgörs till > 50 volym-% av döda växtdelar som till viss del har kvar sin ursprungliga struktur. Det undre skiktet, Oh-skiktet, består av > 75 % av organiskt material som i sin tur utgörs av > 50 volym-% som bildar en mörk smet (i torrt tillstånd smulig). Växt- och ev. djurdelar med någorlunda bibehållen struktur utgör resten av det organiska materialet. I Oh-skiktet får högst 25 volym-% mineraljordsinblandning förekomma. Genom att studera proportionen mellan humuslagrets Of-skikt och Oh-skikt, dess mineraljordsinblandning samt aggregatbildningen klassas humuslagret i olika humusformer. Inom Markinventeringen sker indelningen i sju olika humusformer (Tabell 2).



Mår typ 1 / *Mor type 1*



Mår typ 2 / *Mor type 2*



Moder / *Moder*



Mulliknande moder / *Mull-like moder*



Mull / *Mull*



Torvartad mår / *Peat-like mor*

Olika humusformer / *Different humus forms*. Foto / *Photo*: Åke Nilsson.

Tabell 2. Beskrivning av de humusformer som används inom Markinventeringen. För mer ingående definitioner, se Fältinstruktion 2002, kapitel 4.7, sidorna 4:36-4:41 (Lundin m.fl., 2002). Of- resp. Oh-skikt anges med F- resp. H-skikt i tabellen.

Table 2. Short description of humus form classes, that are used within the Swedish Forest Soil inventory. The Of- and Oh-layer are denoted F- and H-layer in the table.

Kod	Benämning	Beskrivning
Code	Designation	Description
0	Humuslager saknas <i>No developed humus layer</i>	Humuslagret < 0.5 cm. <i>Humus layer < 0.5 cm.</i>
1	Mår typ 1 <i>Mor type 1</i>	F-skiktet utgör mer än halva humuslagrets mäktighet. Skarp gräns mot underliggande jordart. Inga aggregat. <i>More than 50% of the thickness of the humus layer is F-layer. Sharp limit to underlying soil types. No aggregates.</i>
2	Mår typ 2 <i>Mor type 2</i>	25-50 % av humuslagrets mäktighet utgörs av F-skiktet. Oftast skarp gräns mot underliggande jordart. Inga aggregat. <i>25-50 % of the thickness of the humus layer is F-layer. Sharp limit to underlying soil types. No aggregates.</i>
3	Moder <i>Moder</i>	Humuslagrets mäktighet består till mer än 75 % av H-skikt. F-skiktet är tunt. Maximalt 25 % mineraljordsinblandning i H-skiktet, vanligen obetydliga mängder. Oftast skarp gräns mot mineraljordshorisont. <i>More than 75% of the thickness of the humus layer is H-layer. Very shallow F-layer. At the most 25 % mineral soil admixture in the H-layer, usually small amounts. Most often sharp limit to the mineral soil horizon.</i>
4	Mulliknande moder <i>Mull-like moder</i>	Tunt F-skikt (i regel < 2 cm). Utöver förekomsten av ett fåtal aggregat har humuslagret dock till övervägande delen H-skiktsskarakter. Diffus övergång mot mineraljorden. Organiska materialet är till skillnad från i en mull koncentrerad till den övre delen av humuslagret. <i>Shallow F-layer (usually < 2 cm). Apart from the occurrence of a few Aggregates the humus layer mainly has the character of that of the H-layer. Transition zone to mineral soil diffuse but usually not deep. Typically for mull-like moder, as compared to mull, the organic material is concentrated towards the upper part of the humus layer.</i>
5	Mull <i>Mull</i>	Humuslagret är kraftigt mineraljordsuppblandat med förekomst av talrika och oftast stabila lerrika aggregat. Kan ha tunt F-skikt (som regel < 2 cm). Mycket diffus gräns mot mineraljorden och övergångszonen är oftast utdragen på djupet. <i>Humus layer with significant admixture of mineral soil including many and mainly stable aggregates with large clay content. May have a thin F-layer (often < 2 cm). The transition to mineral soil is very diffuse.</i>
6	Torvartad mår <i>Peat-like mor</i>	Förhållandet mellan F- och H-skikt samt mineraljordsinblandning liknar humusformen moder, men torvartad mår förekommer till skillnad från moder på fuktiga ståndorter eller djupare svackor där nedbrytningen av det organiska materialet hämmas p.g.a. stillastående vatten närmast ytan. H-skiktet är i fuktigt tillstånd oftast "smörigt". <i>Proportions between F- and H-layers, and mineral soil admixture are similar to Moder. However, in contrast to Moder the humus form Peat-like mor are found at moist sites or deeper depressions where decomposition of organic material is hampered because of stagnant water close to the soil surface. The H-layer is in moist conditions usually "buttery".</i>
7	Torv <i>Peat</i>	Det organiska lagret är ≥ 30.5 cm. <i>The organic horizon is ≥ 30.5 cm.</i>

Jordart

Med jordart avses de lösa avlagringar som förekommer ovan berggrunden. Man klassificerar jordarten utifrån genesen (bildnings sättet) och även kornstorlekssammansättningen om jordarten är minerogen. Huvudgrupperna är minerogena och organogena jordarter och beroende på tidpunkten då jordarten bildats görs även en indelning i glaciala jordarter, dvs. inlandsisens avlagringar bildade i samband med isavsmältningen och postglaciala jordarter, som bildats under postglacial tid, dvs. efter inlandsisens avsmältning för ca 10 000 år sedan eller under senare tid. Jordarter av olika slag bildar det lösa jordlagret som täcker berggrunden helt, i mer eller mindre mäktig omfattning. De består i allmänhet av bergartsfragment och mineralkorn av olika storlek.

Med utgångspunkt från bildningsbetingelserna skiljer man på sedimentära jordarter, som har transporterats med ett transportmedium innan avsättningen och sedimentära jordarter som bildats på platsen, *in situ*. Exempel på vanliga minerogena, sedimentära jordartstyper är morän, isälvsavlagringar, svallsediment och andra vatten- eller vindsorterade sediment, såsom olika typer av leror eller sandavlagringar. Under fuktiga förhållanden som begränsar nedbrytningen av växtrester kan det bildas organiska jordarter. De organogena jordarterna domineras av olika typer av torv, gyttja eller dy. Torv är en typisk sedimentär jordart, dvs. den har bildats *in situ*.

De geologiska processerna styr fördelningen av partiklarna i en jordart samt markpartiklarnas utseende. Fördelningen av de olika kornstorlekarna i jordarten benämns textur. Benämningen av de olika texturklasserna och kornstorleksgränserna framgår av Tabell 4. Jordartstypen i kombination med texturen är viktiga egenskaper som påverkar hydrologin och produktionsförmågan i marken.

Inom Markinventeringen bedöms jordarten okulärt och med hjälp av tester, såsom utrullningsprovet, på material ur grävda provgropar. Mineraljorden utgörs antingen av osorterat material, benämnt morän, som utgör en blandning av olika kornstorlekar och med viss ytblockighet. Som regel har moränen kantavrundade grus- och sandkorn till skillnad från sorterat material som transporterats av vatten eller vind och sedan sedimenterat med varierande hög eller låg sorteringsgrad. Partiklarna i det sorterade materialet karakteriseras av mer rundslipade korn. Inom Markinventeringen bedöms jordarten i den grävda provgropen enligt fem olika klasser (Tabell 3).

Tabell 3. Beskrivning av de jordartsklasser som används inom Markinventeringen.

Table 3. Description of the classes of soil parent material used within the Swedish Forest Soil Inventory.

Kod	Benämning <i>Code Designation</i>	Beskrivning <i>Description</i>
1	Sediment med hög sorteringsgrad <i>Well sorted sediments</i>	Sorterad mineraljord med högst två dominerande kornstorleksklasser. Om två kornstorleksklasser dominerar ska de ligga i anslutning till varandra, t.ex. grovmo + finmo eller mellansand + grovsand. Övriga kornstorleksklasser saknas eller förekommer i betydligt mindre omfattning. Enstaka block kan förekomma i ett sediment med hög sorteringsgrad. Även högsorterade jordarter med inslag av organiskt material (t.ex. gyttja, lergyttja och gyttjelera) förs till denna klass. Marken är oftast plan eller svagt kuperad, utom t.ex. i nipor och på sådana platser av en isälvsås där högsorterat jordmaterial kan förekomma. <i>Sorted mineral soils with a maximum of two dominant textural classes. If two textural classes dominate these should be adjacent classes, e.g. fine sand + coarse silt or medium-grained sand + coarse-grained sand. Other textural classes are missing or occur in much smaller extent. Individual boulders may occur in a well sorted sediment. Even well sorted mineral soils with content of organic material (e.g. gyttja and clay mud with different organic matter content) are added to this class. The topography is often flat or gently undulating, except e.g. in the proximity of a glacial esker, where well sorted soil material may be present.</i>
2	Sediment med låg sorteringsgrad <i>Poorly sorted sediments</i>	Sorterad mineraljord med flera dominerande kornstorleks klasser. Om endast två kornstorleksfraktioner dominerar får de inte ligga i anslutning till varandra i korngruppskalan. Sediment med låg sorteringsgrad förekommer framför allt i svalsediment. Sediment med låg sorteringsgrad påminner ibland om morän, men mineraljordskornen är oftast mer rundade. <i>Sorted mineral soils with several dominant textural classes. If only two textural classes dominate these classes should not be adjacent to each other. Poorly sorted sediments usually occur in outwash sediments. Poorly sorted sediments sometimes resemble till, but the mineral soil particles are usually more rounded.</i>
3	Morän <i>Till</i>	Morän är osorterad mineraljord som mestadels innehåller samtliga kornstorlekar från block till ler. Sand- och grusfraktionerna är oftast kantiga och finmaterialet river mellan fingrarna. Markytan är oftast småkuperad . <i>Till is an unsorted mineral soil which mostly contains all textural classes from boulders down to clay. The sand and gravel particles are mostly edgy and the fine material scratch between the fingers. Gently undulating topography.</i>
4	Häll <i>Bedrock outcrop</i>	Häll är i egentlig mening ingen jordart. Denna klass används dock när jordmånstypen är hällmark, eller där jordmånstypen är lithosol och jordarten inte är torv. Observera att jordarten inte är häll om mineraljordslagret är tjockare än 10 cm. <i>Bedrock outcrop is strictly not a soil parent material. However, this class is used when the soil type is bedrock or lithosol and the soil material is not peat. Observe that the soil parent material is not classified as bedrock outcrop if the mineral soil layer is thicker than 10 cm.</i>
5	Torv <i>Peat</i>	Om humusformen är torv och humuslagrets mäktighet är ≥ 50.5 cm klassificeras jordarten som torv. <i>If the humus form is peat and the humus layer is ≥ 50.5 cm, the soil parent material is classified as peat.</i>

Texturtyp

Variabeln jordartens textur beskriver kornstorleksfördelningen i mineraljorden och avser i första hand den dominerande partikelstorleken i materialet som har kornstorlek ≤ 2 cm. Benämningen av texturklasserna skiljer sig åt beroende på om jordarten är morän eller sediment. I Markinventeringen används nio olika texturklasser (Tabell 4). Variabeln bedöms i den grävda provgropen.

För att i kartform kunna visa den på skogsmark dominerande jordarten, med viss texturklassificering, har vissa sammanslagningar och kombinationer gjorts (Tabell 5).

Tabell 4. Beskrivning av de texturklasser som används inom Markinventeringen. Angiven kornstorlek är den dominerande kornstorleken inom respektive texturtyp. Understrykning avser dominerande kornstorleksfraktion. I de fall block i gropen omöjliggör texturbestämning sätts koden till 0 (= bortfall).

Table 4. Description of the texture classes that are used within the Swedish Forest Soil Inventory. The underlined grain size is the predominant grain size within each texture class. If it is impossible to determine the texture (due to boulders in the pit), the code is set to 0 (loss of data).

Kod Code	Benämning Designation	Beskrivning Description
1	Klapper och sten / Blockig och stenig morän <i>Cobble and stone / Blocky and stony till</i>	Kornstorlek 20-200 mm. <i>Grain size 20-200 mm.</i>
2	Grus / Grusig morän <i>Gravel / Gravelly till</i>	Kornstorlek 2-20 mm. <i>Grain size 2-20 mm.</i>
3	Grovsand / Sandig morän <i>Coarse-grained sand / Sandy till</i>	Kornstorlek 0.6-2 mm. <i>Grain size 0.6-2 mm.</i>
4	<u>Mellansand</u> / <u>Sandig-moig</u> morän <i>Medium-grained sand / Sandy-silty till</i>	Kornstorlek 0.2-0.6 mm. <i>Grain size 0.2-0.6 mm.</i>
5	Grovmo / <u>Sandig-moig</u> morän <i>Fine sand / Sandy-silty till</i>	Kornstorlek 0.06-0.2 mm. <i>Grain size 0.06-0.2 mm.</i>
6	Finmo / Moig morän <i>Coarse silt / Silty till</i>	Kornstorlek 0.02-0.06 mm. <i>Grain size 0.02-0.06 mm.</i>
7	Mjåla / Mjålig morän <i>Fine silt / Fine silty till</i>	Kornstorlek 0.002-0.02 mm. <i>Grain size 0.002-0.02 mm.</i>
8	Lera / Lerig morän <i>Clay / Clayey till</i>	Kornstorlek < 0.002 mm. <i>Grain size < 0.002 mm.</i>
9	Torv / Peat	

Tabell 5. Beskrivning av hur jordarts- och texturklasser kombinerats för att skapa ett mindre antal jordartsklasser med texturklassificering, som redovisas i kartform (Fig. 8).

Table 5. Description of how classes of soil parent material and texture were combined to create fewer classes of soil parent material, with texture classification, as shown in Fig. 8.

Benämning <i>Designation</i>	Kombination av jordarts- och texturklasser <i>Combination of soil parent material and texture classes</i>
Finkorniga moräner <i>Fine-grained tills</i>	Moiga, mjäliga och leriga moräner. <i>Silty, fine silty and clayey tills</i>
Medelkorniga moräner <i>Medium-grained tills</i>	Sandig-moiga moräner. <i>Sandy-silty tills</i>
Grovkorniga moräner <i>Coarse-grained tills</i>	Blockiga + steniga, grusiga och sandiga moräner samt block i gropen. <i>Blocky + stony, gravelly and sandy tills, and boulder in the pit.</i>
Finkorniga sediment <i>Fine-grained sediments</i>	Sediment med hög eller låg sorteringsgrad och med texturen finmo, mjäla eller ler. <i>Well or poorly sorted sediments and with the grain-sizes coarse and fine silt or clay.</i>
Medelkorniga sediment <i>Medium-grained sediments</i>	Sediment med hög eller låg sorteringsgrad och med texturen mellansand eller grovmo. <i>Well or poorly sorted sediments and with the grain-sizes medium-grained or fine sand.</i>
Grovkorniga sediment <i>Coarse-grained sediments</i>	Sediment med hög eller låg sorteringsgrad och med texturen block, sten, grus eller grovsand. <i>Well or poorly sorted sediments and with the grain-sizes cobbles + stones, gravel and coarse-grained sand.</i>

Markfuktighetsklass

Markinventeringens bestämning av markfuktigheten baseras framför allt på grundvattenytans läge i förhållande till markytan. Inom Markinventeringen definieras markytan, som humuslagrets övre begränsningsyta (d.v.s. under förnalager eller s.k. S-lager), eller om humuslager saknas; gränsen mellan mineraljord och fri atmosfär. Bedömningen bygger på fuktigheten i markytan, men görs även med ledning av topografin, markvegetationens sammansättning och jordmånen. Markfuktigheten skall spegla den genomsnittliga fuktighetsgraden under vegetationsperioden; hänsyn tas således ej till tillfälligt rådande väderförhållanden, men däremot till mer varaktigt förändrat marktillstånd, t.ex. om ett hygge tagits upp. Fem olika klasser används (Tabell 6). Bedömningen görs på provytans inre del (radie 5.64 m, area 100 m²) där vegetationsbeskrivningen utförs. Bestämning av den dominerande fuktighetsklassen görs, men ifall en annan fuktighetsklass också förekommer på ytan registreras även denna.

Tabell 6. Beskrivning av de markfuktighetsklasser som används inom Markinventeringen. Markfuktigheten skall spegla den genomsnittliga fuktighetsgraden under vegetationsperioden.
Table 6. Description of the soil moisture classes that are used within the Swedish Forest Soil Inventory. The soil moisture class reflects the average conditions during the growing season.

Kod	Benämning <i>Code Designation</i>	Beskrivning <i>Description</i>
1	Torr mark <i>Dry soil</i>	Grundvattenytan bedöms ligga djupare än 2 m under markytan. <i>The ground water level is estimated to be deeper than 2 m below the soil surface.</i>
2	Frisk mark <i>Mesic soil</i>	Grundvattenytan bedöms vara belägen på ett djup av 1-2 m. <i>The ground water level is estimated to be at 1-2 m depth.</i>
3	Frisk-fuktig mark <i>Mesic-moist soil</i>	Grundvattenytan bedöms vara belägen på ett djup av mindre än 1 m. <i>The ground water level is estimated to be at less than 1 m depth.</i>
4	Fuktig mark <i>Moist soil</i>	Grundvattenytan bedöms vara belägen på ett djup av mindre än 1 m. Den är i regel synlig i markerade svackor inom provytan. <i>The ground water level is estimated to be at less than 1 m depth. It is usually visible in hollows within the sample plot.</i>
5	Blöt mark <i>Wet soil</i>	Grundvattnet bildar permanenta vattensamlingar i markytan. <i>Groundwater forms permanent pools of water at the soil surface.</i>

Jordmånstyp

Jordmånen är den övre delen av marken som påverkas av klimat, geologi, hydrologi och organismer under lång tid. Denna påverkan har ofta resulterat i att synliga jordmånshorisonter bildats. Fördelningen av jordmånstyper i Sverige är starkt förknippad med jordarternas utbredning och inom vissa områden även berggrunden, t ex inom södra Sveriges kalkbergsområden och längs fjällkedjan. Jordmånerna började utvecklas i samband med isavsmältningen för ca 9 000-14 000 år sedan, vilket betyder att de är unga och ofta relativt svagt utvecklade. Det kalla och humida klimatet, tillsammans med grovkorniga moräner skapar goda förutsättningar för podsolering i stora delar av landet, framförallt i skogsmarken.

Under omdrevet 1993-2002 urskiljdes 13 olika jordmånstyper (Tabell 7) enligt det svenska systemet för indelning i jordmånstyper som beskrivs närmare i Troedsson & Nykvist (1973), samt i Troedsson (1997). Vissa klasser (tät och grov jordart, blockmark, hållmark och störd jordmån) är specialfall, som inrättats inom inventeringen för att kunna beskriva de förhållanden som funnits inom vissa provtytor.

Vid framställningen av kartan som visar dominerande jordmånstyp inom landet (Fig. 13) har vissa jordmånklasser slagits samman (Tabell 8).

Tabell 7. Beskrivning av jordmånstyper som användes inom Markinventeringen under 1993-2002 enligt det svenska systemet för jordmånsindelning.

Table 7. Description of the soil types used within the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002 according to the Swedish system of soil classification.

Kod	Jordmåner <u>med</u> utbildad B-horisont	Kod	Jordmåner <u>utan</u> utbildad B-horisont ¹⁾
Code	Soil types <u>with</u> developed B-horizon	Code	Soil types <u>without a</u> developed B-horizon ¹⁾
1	Kulturjordmån <i>Previously cultivated soils</i>	7	Sumpjordmån <i>Hydromorphic soils</i>
2	Brunjord <i>Brown forest soils</i>	8	¹⁾ p.g.a. tät jordart ¹⁾⁾ <i>due to massive soil parent material</i>
3	Övergångstyp* <i>Transition type soils**</i>	9	¹⁾ p.g.a. grov jordart ¹⁾⁾ <i>due to coarse soil parent material</i>
4	Järnpodsol <i>Iron podzol</i>	10	Blockmark <i>Bouldery soils</i>
5	Järnhumuspodsol <i>Humus-iron podzol</i>	11	Lithosol <i>Lithosol</i>
6	Humuspodsol <i>Humus podzol</i>	12	Hällmark <i>Bedrock outcrops</i>
		13	Störd jordmån (specialfall) <i>Disturbed soils (special case)</i>

* Övergång mellan brunjord och jordmån av podsoltyp (eller vice-versa), t ex som följd av beskogning av åkermark.

** *Transition from brown soil to podzol soil type (or vice versa), for example following afforestation of former arable land.*

Tabell 8. Sammanslagningar av jordmånsklasser som gjordes för att framställa kartan över dominerande jordmånstyper (Fig. 13).

Table 8. Combined soil types to produce the map over dominating soil types (Fig. 13).

Dominerande jordmånstyp Dominating soil type	Sammanslagna jordmånsklasser (kod, se tabell 7) Combined soil type classes (code according to Table 7)
Brunjordar / <i>Brown forest soils</i>	1, 2, 3 och/and 8
Järnpodsol / <i>Iron podzol</i>	4
Humuspodsol / <i>Humus podzol</i>	5 och/and 6
Sumpjordmån / <i>Hydromorphic soils</i>	7
Lithosol / <i>Lithosol</i>	9, 10, 11 och/and 12
Störd jordmån / <i>Disturbed soils</i>	13



Järnpodsol / *Iron podzol*



Humuspodsol / *Humus podzol*



Övergångstyp / *Transition type*



Brunjord / *Brown forest soil*



Sumpjordmån / *Hydromorphic soil*



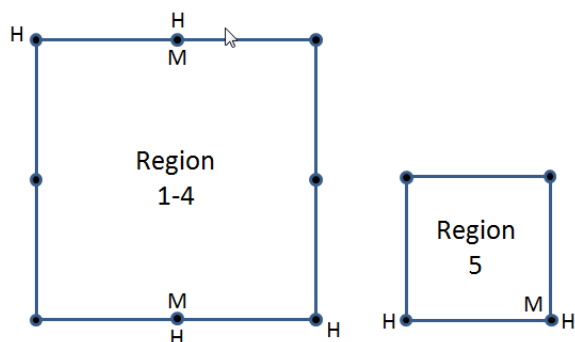
Kulturljordmån / *Previously cultivated soil*

Exempel på några jordmånstyper, enligt det system som användes under omdrevet 1993-2002.
Examples of some soil types according to the Swedish soil type system that was used in the Swedish Forest Soil Inventory during 1993-2002.
 Foto / *Photo*: Åke Nilsson.

Markprovtagning

Markprov samlades in från humuslagret och mineraljorden på ett urval av provytorna, beroende på region, provytans läge på trakten och ägoslaget. I region 1-4 (se Fig. 1) togs mineraljordsprov på två av traktens åtta provytor, om ägoslaget på ytan var skogsmark eller fjällbarrskog. De två provtagna ytorna är belägna på mitten av norra resp. södra traktens sidorna. I region 5 (där antalet provytor per trakt är hälften så stort) togs mineraljordsprov på en provyta, den sydöstra. Humusprover togs från samma ytor som mineraljordsproven, samt (för region 1-4) provytorna i traktens nordvästra och sydöstra hörn. I region 5 togs humusprov från provytan i traktens sydvästra hörn (Fig. 2).

Undantag från ovanstående regler gäller 1993, då humusprover togs på alla traktens provytor (se nedan under Regelförändringar under inventeringsperioden 1993-2002).



Figur 2. Läget inom trakterna för de provytor där mineraljordsprover (M) respektive humusprover (H) togs.

Figure 2. Location within tracts for those sample plots, where samples of the mineral soil (M) and the humus layer (H) were taken.

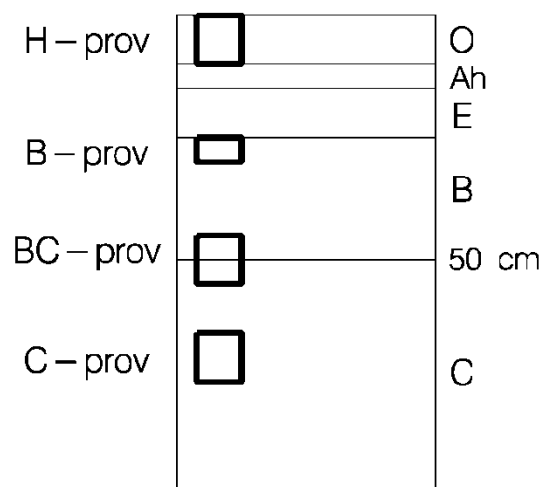
Markprover togs i särskilda punkter inom en provcirkel med radien 1 m, utlagd på förutbestämt läge på provytan. Provcirkelns läge inom provytan, samt var inom provcirkeln som provgroppen placerades, beskrivs i fältinstruktionen (Lundin m.fl., 2002), kapitel 4.3 resp. 4.4. Följande markprov insamlades (Fig. 3):

H-prov (humuslagret). Volymbestämda prov från hela humuslagret togs med en humusborr, med 100 mm diameter. För humusformerna mull och mulliknande moder begränsades provtagningsdjupet till de översta 10 cm från 1998. För att få ihop tillräcklig provmängd (minst 1.5 liter) krävdes olika antal borrstick upp till maximalt 9 st beroende på humuslagrets mäktighet.

B-prov. Detta prov insamlades i de övre 5 cm av rostjorden. Om rostjord saknades togs provet i de översta fem cm av mineraljorden. Provtagningsdjupet, mätt från markytan, registrerades. Provet utgick om humusformen var av mår- eller torvtyp och humuslagrets mäktighet överskred 50 cm.

BC-prov. Detta prov insamlades 45-55 cm under markytan. Provet representerade ofta övergången mellan B- och C-horisonterna. Den horisont provet togs ifrån registrerades även. Om jorddjupet var ≤ 50.5 cm, eller om humusmäktigheten i en mår eller torvtyp var ≥ 50.5 cm utgick BC-provet.

C-prov. Detta prov insamlades 55-65 cm under mineraljordens övre begränsningsyta. Vilken horisont provet togs i registrerades även. Provet utgick om humusformen var av mår- eller torvtyp och humusmäktigheten > 30.5 cm, eller om jorddjupet inte räckte till.



Figur 3. Provtagningsdjup för de markprov som togs inom Markinventeringen 1993-2002. De horisontella avgränsningarna på olika djup i figuren markerar gränser mellan horisonter i en tänkt markprofil. I verkligheten varierar djupet för horisonternas läge mellan olika provgropar.

Figure 3. Sample depth for soil samples taken within the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002. The horizontal boundaries at different depths in the figure marks the boundaries between horizons in an imaginary soil profile. The position depth of the horizons varies for different sampling pits.

Under inventeringsperioden 1993-2002 togs totalt 9384 humusprover, 3394 B-prover, 3066 BC-prover och 2609 C-prover inom ägoslaget skogsmark. Antalet mineraljordsprover minskar mot djupet beroende på främst begränsningar i jorddjupet, men även på grund av provtagning omöjliggjorts av stora block eller rötter, samt högt grundvattenstånd.



Spade och jordborr.

Humusprovtagningsborr.

Munsell färgkarta.

En del av markkartörens utrustning i fält / *Some field equipment used by the field staff.*

Foto / *Photo*: Gunnar Odell.



Humusprovtagning / *Sampling of the humus layer*

Bestämning av humuslagrets mäktighet / *Determination of the humus layer depth.*

Foto / *Photo*: Gunnar Odell.

Foto / *Photo*: Gunnar Odell.



Provtagning av mineraljords-
horisonter / *Sampling of mineral soil
horizons.*

Jordproverna i tygpåsar för transport till laboratoriet i Uppsala
/ *The soil samples are kept in cloth bags for transport to the
laboratory in Uppsala.*

Foto / *Photo*: Gunnar Odell.

Foto / *Photo*: Ola Borin.

Viktigare förändringar av inventeringens innehåll och utförande

Ett par viktiga principer för inventeringar av Markinventeringens typ är att innehållet ska motsvara relevanta och aktuella frågeställningar, att bedömningar och mätningar ska ha så god precision som resurserna tillåter, samt att jämförbarheten över tiden bibehålls. Under den långa tid som inventeringen har fortgått är det dock ofrånkomligt att det introduceras vissa förändringar i metodik och inventeringsupplägg. Bland orsakerna finns t.ex. att metoder utvecklas, nya frågeställningar tillkommer och tillgängliga resurser förändras.

Nedan redovisas de förändringar som gjorts i Markinventeringen 1993-2002; dels inom inventeringsperioden, dels förändringar gentemot föregående inventeringsperiod (1983-1987), med särskild vikt på de ändringar som bedöms kunna nämnvärt påverka förut-sättningarna för jämförelser av markförhållanden på ägoslaget skogsmark.

Regelförändringar gentemot föregående inventeringsperiod 1983-1987

- Arbetsmetodikerna på skogsmark beror inte längre av skogens huggningsklass. Framför allt innebär det att mineraljordsprovtagning utförs oberoende av huggningsklass (tidigare togs inga mineraljordsprover i kalmark, plant- eller ungskog, dvs. huggningsklasserna A och B).
- Den tidigare markfuktighetsklassen ”mycket torr mark” inkluderas i klassen ”torr mark”.
- Reglerna för jordmånsbeskrivning och markprovtagning är i vissa stycken uppstramade och anpassade till det internationella FAO-systemet (FAO, 1988). Bl.a. införs variabler som ger något bättre möjligheter att jämföra den svenska jordmåns-klassifikationen med FAO-systemet (Bs, Spodic B, jorddjup i provgropen).
- Jordmånsbeskrivning och markprovtagning utförs alltid på endast en punkt inom provytan. Tidigare användes i vissa fall 3 provpunkter, och de humusprover som togs från dessa slogs samman till ett generalprov för hela provytan (mineraljordsprovtagning skedde inte på dessa ytor). Användningen av 3 provpunkter innebar att det tagna, sammanslagna, humusprovet fick en bättre representativitet för provytan som helhet. Samtidigt uppstod dock uppenbara svårigheter att korrelera det sammanslagna humusprovets egenskaper med tre ibland ganska olika jordmånsbeskrivningar.
- Djupgrävning och mineraljordsprovtagning utförs även i ungskog (huggningsklass A-B) och i fjällbarrskog; detta medför bl.a. att antalet provytor med mineraljordsprovtagning ökar med ca 40 %. Ett tungt vägande skäl att provta alla huggningsklasser på samma sätt är att markkemin är annorlunda i ungskog än i äldre skog, dels p.g.a. direkt inverkan av huggningsingreppet, dels eftersom sämre boniteter är över-representerade i den äldre skogen.
- Jordmånstypen järnhumuspodsol särskiljs från de andra järnpodsolerna.
- Viss definitionsändring införs för humuspodsol; det krävs nu att man kan urskilja en blekjordshorisont, annars ska jorden bedömas som sumpjordmån. Förändringen medför vissa problem att jämföra H- och B-proverna för humuspodsoler och sump-jordmåner med föregående inventering 1983-1987.

- Provtagningen av B-horisonten i podsoler ändras så att blekjord aldrig får förekomma i B-provet. Tidigare togs blekjord med i B-provet om blekjordsmäktigheten var ≤ 2.5 cm. Denna sammanblandning skapade problem och för att upprätthålla jämförbarheten införs under inventeringen 1993-2002 ett extra B-prov (kallat EB-prov) på podsoler med blekjordsmäktighet < 2.5 cm.
- BC-prov tas från 10 cm-intervallet 45-55 cm räknat från markytan (humuslagrets övre kant) istället för "50 cm" som det stod i instruktionerna under inventeringen 1983-1987. Detta var en anpassning till hur provtagningen utfördes i praktiken under inventeringen 1983-1987.
- Ett nytt djupare mineraljordsprov tillkommer; C-provet taget från intervallet 55-65 cm under mineraljordens övre begränsningsyta.
- För att öka noggrannheten i skattningar av humusmängd införs en bedömning av tillvaratagandegrad i humusprovtagningen, dvs. hur stor andel av humusprovet som följt med vid provtagningen.

Regelförändringar inom inventeringsperioden 1993-2002

- Under perioden (från och med 1994) tillkommer regler (med återkommande detaljusteringar) för hur humusskiktet ska beskrivas och provtas när ett nytt humuslager utvecklats ovanpå ett tidigare, till följd av ändrad markanvändning. Ett vanligt exempel är när mår utvecklats ovanpå en mull, till följd av skogsplantering på tidigare åkermark.
- Antalet provytor där humusprov ska tas halveras efter det första året, delvis p.g.a. kostnadsskäl. Antalet ytor med humusprovtagning är dock fortfarande dubbelt så stort som antalet ytor med mineraljordsprovtagning.
- Reglerna vid provtagning av mull och mulliknande moder ändrades 1998; dessa humusformer provtas nu konsekvent inom det fasta intervallet 0-10 cm. Orsaken är att dessa humusformer ofta har en otydlig avgränsning nedåt, vilket innebar att provtagningsdjupet med de tidigare reglerna blev osäkert.

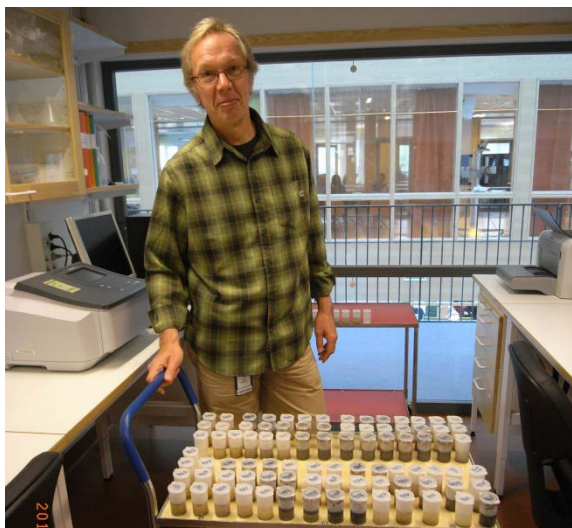
Markkemiska analyser

De markkemiska analyser som utfördes inom Ståndortskarteringen beskrivs utförligt av Karlton (1996). Inom Markinventeringen gjordes analyserna på i stort samma sätt. En sammanfattning ges nedan. Alla analyser utförs på texturfraktionen < 2 mm.

Omfattningen av de kemiska analyserna har skiljt sig något mellan olika typer av markprov. Samtliga prover från humuslagret och mineraljorden har analyserats för pH mätt i H_2O och pH mätt i $CaCl_2$, samt kol och kväve. Mineraljordsprovtagningen utfördes på ungefär hälften av alla provytor där det gjordes humusprovtagning, de s.k. "djupgrävningsytorna". De prover som samlades in från djupgrävningsytorna (såväl humus- som mineraljordsprover) analyserades, utöver variablerna ovan, också för utbytbara baskatjoner, utbytbart aluminium, pH mätt i KCl och titrerbar aciditet.

pH-analyser

Vid bestämning av pH-värdet i markproven används tre olika lösningar; avjoniserat vatten (pH-H₂O), 0.01 M CaCl₂-lösning (pH-CaCl₂) och 1 M KCl-lösning (pH-KCl). Mätningen av pH-KCl görs endast i samband med analys av utbytbar aluminium (se nedan) och därmed på ett mindre antal prov. pH-KCl-värdena redovisas inte i denna rapport. Inför mätningen av pH-H₂O och pH-CaCl₂ görs två invägningar per prov, en för pH-H₂O och en för pH-CaCl₂. För prov från humuslagret invägs normalt 2.0 g jord. Men vid påtaglig inblandning av mineraljord i provet invägs 5.0 g och om provet bedöms ha mycket låg volymvikt (exempelvis om provet består av låghumifierad vitmossetorv) invägs enbart 1.0 g. Från mineraljordsprover vägs 5.0 g jord in. Proven vägs in i 50 ml plaströr. Till vart och ett av de invägda proven tillsätts 25 ml avjoniserat vatten respektive 25 ml 0.01 M CaCl₂-lösning. Proven skakas därefter så att jordprovet suspenderas i lösningen. Proven får därefter stå över natten i rumstemperatur och skakas på nytt på morgonen. När suspensionen sedimenterat görs pH-mätningen med hjälp av ett automatiserat titreringssystem från Metrohm bestående av två titreringsmoduler, Titrino 719S och 721 Net Titrino samt en automatisk provväxlare, 730 Sample changer. Mätningen styrs från en PC med programmet TiNet 2.1. En kombinerad glaselektrod med 3 M KCl elektrolyt och en keramisk diffusionskanal används vid själva pH-mätningen.



pH-analyser vid marklaboratoriet / *Analyses of pH in the soil laboratory.* Foto / *Photo:* Ola Löfgren



Beredning av humusprover / *Preparation of humus samples.* Foto / *Photo:* Johan Stendahl

Kol- och kvävehalt

Ett väl homogeniserat och lufttorkat prov (0.03 - 0.5 g, beroende på bedömt kolinnehåll) vägs in och försluts i en kapsel av aluminiumfolie. Halten bestäms sedan i en CNS-analysator (LECO CNS-1000), där provet förbränns och förbränningsgaserna separeras, varefter gasmängderna bestäms med en termisk konduktivitetdetektor. Kol- och kvävehalten anges i viktprocent av torrsbstanshalten (t.s.). Torrsbstanshalten bestäms, genom att väga in ett lufttorkat delprov och sedan låter man provet torka i 105 °C i 16-24 timmar och väger provet igen.

Utbytbar aluminium

Cirka 10 g lufttorkat humus- eller mineraljordsprov vägs in i en skakflaska av polyeten (250 ml). Därefter tillsätts 100 ml 1 M KCl-lösning och provet skakas därefter i en skakmaskin i två timmar. Lösningen filtreras genom ett pappersfilter (askfritt filtrerpapper, Munktell 00K,

diameter: 18 cm). Därefter tas 10 ml av extraktet ut och 40 ml 0.125 M HCl-lösning tillsätts. Aluminiumkoncentrationen i detta prov analyseras på ICP-AES (induktivt kopplad plasma-emissionsspektrofotometer med kvantifiering genom emissionsspektroskopi). På de resterande 90 ml av extraktet mäts pH (pH-KCl).

Basmättnadsgrad och titrerbar aciditet

För att kunna räkna ut basmättnadsgraden i ett jordprov måste koncentrationerna av utbytbara baskatjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ och Na^+) och den titrerbara aciditeten (TA) bestämmas. De utbytbara baskatjonerna bestäms genom att först väga in 2.00 g humus eller 15.00 g mineraljord i en 250 ml skakflaska av polyeten. Därefter tillsätts 100 ml 1N NH_4OAc -lösning (buffrad till pH 7.0). Provet skakas 90 minuter i en skakmaskin. Suspensionslösningen filteras genom pappersfilter (samma typ som för utbytbar aluminium, se ovan). Koncentrationen av baskatjoner i 10 ml av extraktionslösningen analyseras med en ICP-AES. För bestämning av den titrerbara aciditeten används 50 ml av ovanstående extraktionslösning. Lösningen titreras tills den når pH-värdet 7.00 med antingen 0.1 M NaOH (om initialt pH var lägre än 7.00) eller 0.1 M HNO_3 (om initialt pH var högre än 7.00). Titringen utförs med samma automatiska titreringsystem som vid pH-mätningen. Summeras koncentrationerna (i $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$) av de utbytbara baskatjonerna och den titrerbara aciditeten erhålls provets katjonutbyteskapacitet vid pH 7 ($\text{CEC}_{\text{pH}=7}$). Basmättnadsgraden ($\text{BS}_{\text{pH}=7}$) räknas ut genom följande uttryck:

$$\text{BS}_{\text{pH}=7} = \frac{\sum (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+)}{\sum (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{TA})}$$

Katjonutbyteskapaciteten (CEC) kan också bestämmas vid det pH-värde som jordprovet har. Detta CEC-värde kallas för effektiv katjonutbyteskapacitet (CEC_{eff}). Bestämningen av CEC_{eff} sker vanligtvis efter extraktionen med ett icke buffrad extraktionsmedel och summering av de förträngda katjonerna som är mest förekommande i marken (vanligtvis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ och Al^{3+}). För Markinventeringens prov görs en uppskattning av CEC_{eff} genom att summera koncentrationen av de utbytbara baskatjonerna från extraktionen med NH_4OAc -lösningen (se ovan) med koncentrationen av utbytbar aluminium extraherat i 1 M KCl. Den effektiva basmättnadsgraden (BS_{eff}) motsvarar basmättnadsgraden vid jordens pH-värde och beräknas genom följande uttryck:

$$\text{BS}_{\text{eff}} = \frac{\sum (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+)}{\sum (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Al}^{3+})}$$

Både basmättnadsgraden ($\text{BS}_{\text{pH}=7}$) och den effektiva basmättnadsgraden (BS_{eff}) brukar anges i procent (%).

Statistisk analys

I dataanalysen har den s.k. arealfaktorn använts både för arealskattningarna och som viktningsfaktor i de statistiska beräkningarna för att undvika bias p.g.a. provtagningsdesignen. Arealfaktorn anger hur stor areal varje provyta representerar och tar hänsyn till: provytetätheten inom olika regioner, ifall provytan är delad (p.g.a. exempelvis en ägoslagsgräns), vilket ägoslag provytan representerar, samt arealen av olika ägoslag inom olika regioner.

Beräkningen av arealfaktorn (AF) för en provyta på ett visst ägoslag inom ett län kan illustreras genom nedanstående uttryck:

$$AF(\text{ha}) = \frac{P(\text{ha})}{I(\text{ha})} \times A(\text{ha})$$

P = provytans, alt. delytans areal vid delning
 I = inventerad areal av ägoslaget inom länet
 A = total area av ägoslaget inom länet

Beräkningarna av arealfaktorn baseras på ett års inventeringsdata. Arealen av ägoslagen inom länet (A) har beräknats från ägoslagsfördelningen för inventeringsåret och den totala länsarealen. Urvalet för beräkningarna har varit samtliga permanenta provtytor.

Arealviktade medelvärden och övrig statistisk utvärderingen av datamaterialet gjordes med hjälp av det statistiska programpaketet SAS, version 9.2 (SAS Institute Inc., 2009, 2010). För att bestämma om de arealviktade medelvärdena för respektive markkemisk variabel skiljer sig signifikant mellan olika marktyper (exempelvis humusform) har en variansanalys genomförts på datamaterialet med proceduren GLM i programpaketet SAS. Eftersom antalet observationer i regel skiljer sig kraftigt mellan de olika marktyperna har Bonferroni t-testmetoden använts i denna procedur.

I datamaterialet förekommer dels s.k. outliers (extremvärden) som beror på felanalyser eller felinmatning, dels analysvärden som är insignifikanta på grund av att halterna understiger analysmetodens detektionsgräns. Vi har därför valt att exkludera de 5 % lägsta resp. högsta värdena för varje variabel för att vara säkra på att få bort dessa outliers innan datamaterialet analyserats vidare och presenterats i figurer och tabeller. Alla värden som redovisas i figurerna och tabellerna är arealviktade.

Kartframställning

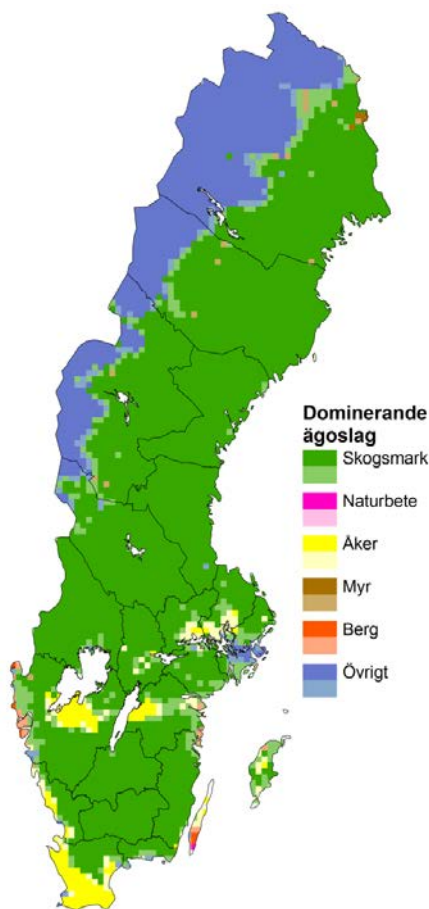
De kartor som redovisas i rapporten baseras på alla de av Markinventeringens provtytor där en eller flera av aktuella provtyper (H-, B-, BC- och C-prov) insamlats och som ligger på ägoslaget produktiv skogsmark; Ett undantag utgör kartan över ägoslagsfördelningen (Fig. 4) som baseras på Riksskogstaxeringens permanenta ytor på samtliga ägoslag. Provytorerna är objektivt utlagda och kan därmed användas för beräkning av frekvensen av olika företeelser och variabelklasser inom ett geografiskt område.

Kartformatet är rasterbaserat och vid kartframställningen har omgivande provtytor inom en radie av 18-40 km (beroende på landsdel) använts för beräkning av frekvenser eller medelvärden för rastercellerna. I medelvärdeskartorna har viktning gjorts med inversen av avståndet mellan omgivande provtytor och rastercellens centrum. I samtliga kartor har hänsyn tagits till arealen som varje yta representerar (arealfaktorn, se ovan). Kartorna som visar dominerande klasser för ägoslag (Fig. 4), humusform (Fig. 6), jordart (Fig. 8), markfuktighet (Fig. 11), respektive jordmånsklass (Fig. 13), har framställts genom att först ta fram frekvenskartor för enskilda klasser och sedan för varje rastercell välja ut klassen med högst frekvens. Dominansgraden har redovisats i två nivåer; stark dominans vid frekvenser högre än eller lika med 50 % (mörkare färgnyans i kartan) och svag dominans vid frekvenser lägre än 50 % (ljusare färgnyans i kartorna). Kartorna som redovisas i figur 15, 17, 18, 20, 22 och 24 finns även att tillgå i MarkInfo (<http://www-markinfo.slu.se/>), ett informationssystem om mark och vegetationen, baserat på data från Markinventeringen (<http://www.slu.se/markinventeringen>).

Fördelningen av markinventerade ägoslag

Utgående från Riksskogstaxeringens permanenta provytor på samtliga ägoslag har kartan över dominerande ägoslagsklass framställts (Fig. 4). Denna karta visar att en mycket stor andel av Sveriges landareal domineras av produktiv skogsmark (i fortsättningen enbart kallad skogsmark).

Som tidigare nämnts utförs Markinventeringen enbart inom ägoslagen skogsmark, naturbete, myr, berg, fjällbarrskog och annat klimatimpediment. Av dessa ägoslag dominerar skogsmark kraftigt i alla delar av landet. Myrandelen och andelen fjällbarrskog är högst i Norrland, medan andelen naturbete samt andelen berg är högst i Götaland (Tabell 9).



Figur 4. Dominerande ägoslagsklass under omdrevet 1993-2002.

Figure 4. Dominating land use classes during the inventory 1993-2002. See Table 9 for explanation of land use classes. A dark shade of color emphasizes a strong dominance of respective land use.

Tabell 9. Procentuell fördelningen och areal (miljoner ha) av olika ägoslag i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002.

Table 9. Percentage distribution and areas (million ha) of different land use (skogsmark=productive forest land, naturbete=pasture land, myr=mires, berg=rock, fjällbarrskog=subalpine woodland, annat klimatimp.=other climate impediment) in different regions and for the whole country, Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002.

Ägoslag	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Skogsmark	75.42	12.47	84.11	5.23	82.72	4.94	78.82	22.64
Naturbete	0.09	0.015	1.16	0.072	6.12	0.37	1.58	0.45
Myr	20.76	3.43	11.06	0.69	4.88	0.29	15.36	4.41
Berg	1.81	0.30	3.51	0.22	6.28	0.37	3.10	0.89
Fjällbarrskog	1.75	0.29	0.14	0.009	0	0	1.04	0.30
Annat klimatimp.	0.17	0.029	0.03	0.002	0	0	0.11	0.030
Totalt	100	16.53	100	6.22	100	5.97	100	28.72

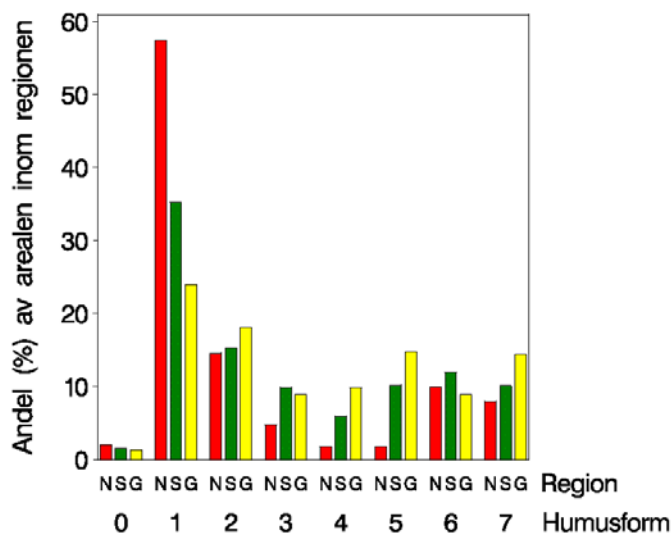
Fördelningen av olika humusformer

Den vanligaste humusformen är mår, typ 1, som finns på 45 % av hela landets skogsmarksareal. De därefter vanligast förekommande humusformerna är mår, typ 2 (15.5 %) och torvartad mår (10.2 %). I Norrland utgör mår typ 1 drygt 57 % av skogsmarksarealen, medan den i Götaland endast utgör 24 % av skogsmarksarealen. Mull och mulliknande moder är däremot mer vanligt förekommande i Götaland än i Norrland (Tabell 10, Fig. 5-6). I de östra delarna av Götaland och Svealand är andelen mull hög (Fig. 6).

Tabell 10. Procentuell fördelning och areal (milj. ha) av olika humusformer på ägoslaget skogsmark i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002.

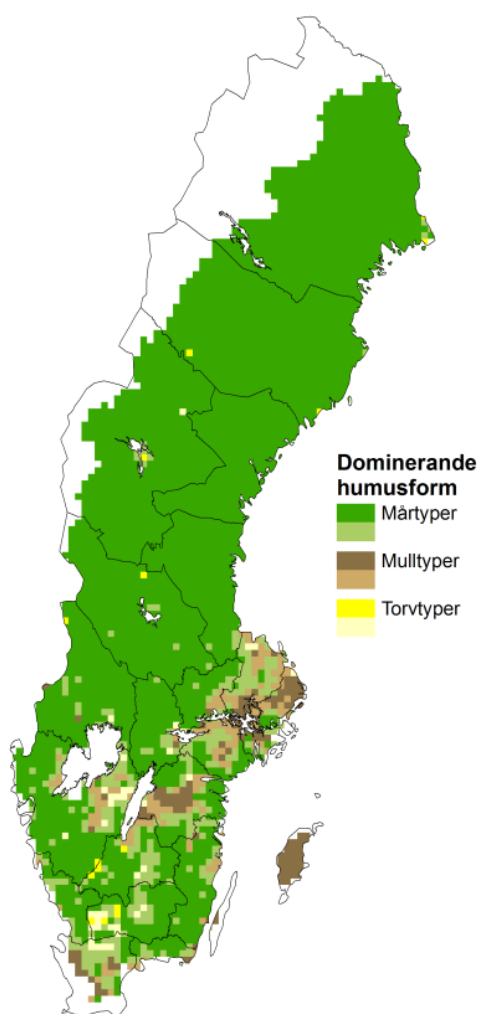
Table 10. Percentage distribution and areas (million ha) of different humus forms (for explanation of the different classes in this table, see Table 2) on productive forest land in different regions and for the whole country. Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002. Description of the different humus forms in Table 2.

Humusform	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Humuslager saknas	1.99	0.25	1.48	0.077	1.32	0.065	1.73	0.39
Mår, typ 1	57.39	7.16	35.19	1.84	23.94	1.18	44.96	10.18
Mår, typ 2	14.55	1.81	15.33	0.80	18.05	0.89	15.49	3.51
Moder	4.78	0.60	9.86	0.52	8.89	0.44	6.85	1.55
Mulliknande moder	1.73	0.22	5.93	0.31	9.79	0.48	4.46	1.01
Mull	1.70	0.21	10.18	0.53	14.77	0.73	6.51	1.47
Torvartad mår	9.91	1.24	11.93	0.62	8.88	0.44	10.15	2.30
Torv	7.96	0.99	10.10	0.53	14.35	0.71	9.85	2.23
Totalt	100	12.47	100	5.23	100	4.94	100	22.64



Figur 5. Procentuella andelen av olika humusformer inom Norrland (N), Svealand (S) och Götaland (G). 0 = humuslager saknas, 1 = mårtyper 1, 2 = mårtyper 2, 3 = moder, 4 = mulliknande moder, 5 = mull, 6 = torvartad mår, 7 = torv.

Figure 5. Percentage of different humus forms in the regions Norrland (N), Svealand (S) and Götaland (G). 0 = no developed humus layer, 1 = mor type 1, 2 = mor type 2, 3 = moder, 4 = mull-like moder, 5 = mull, 6 = peat-like mor, 7 = peat. For explanation of the humus forms, see Table 2.



Figur 6. Dominerande humusformsklass på skogsmark under omdrevet 1993-2002. Kartan har skapats genom sammanslagningar av följande humusformsklasser:

Mårtyper = mårtyper 1 + mårtyper 2 + torvartad mår.
Mulltyper = mull + mulliknande moder + moder.

Figure 6. Dominating class of humus form on productive forest land during the inventory 1993-2002. The map was made by merging the following classes: Green color; Mor types = mor type 1 + mor type 2 + peat-like mor. Brown color; Mull types = mull + mull-like moder + moder. Yellow color; peat. A dark shade of color emphasizes a strong dominance of respective humus form.

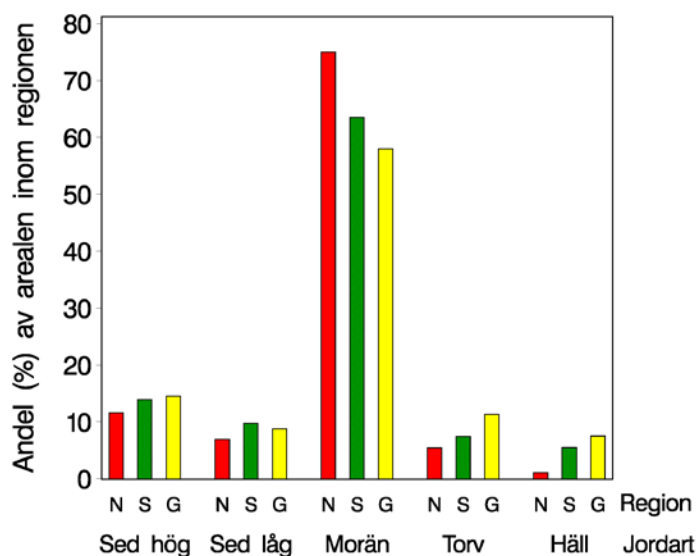
Jordartsfördelningen

Morän är den dominerande jordarten (58 % av den inventerade arealen för hela landet, alla ägoslag inräknade). Av Sveriges totala skogsmarksareal utgörs nästan 69 % av morän och i Norrland är andelen 75 % (Tabell 11). Välsorterade sediment täcker nästan 13 % av landets skogsmarksareal och är som högst i Götaland (14.5 %). I Götaland, speciellt de nordvästra delarna, är även hällandelen som högst (Tabell 11, Fig. 7-8).

Tabell 11. Procentuell fördelning och areal (miljoner ha) av olika jordarter på ägoslaget skogsmark i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002.

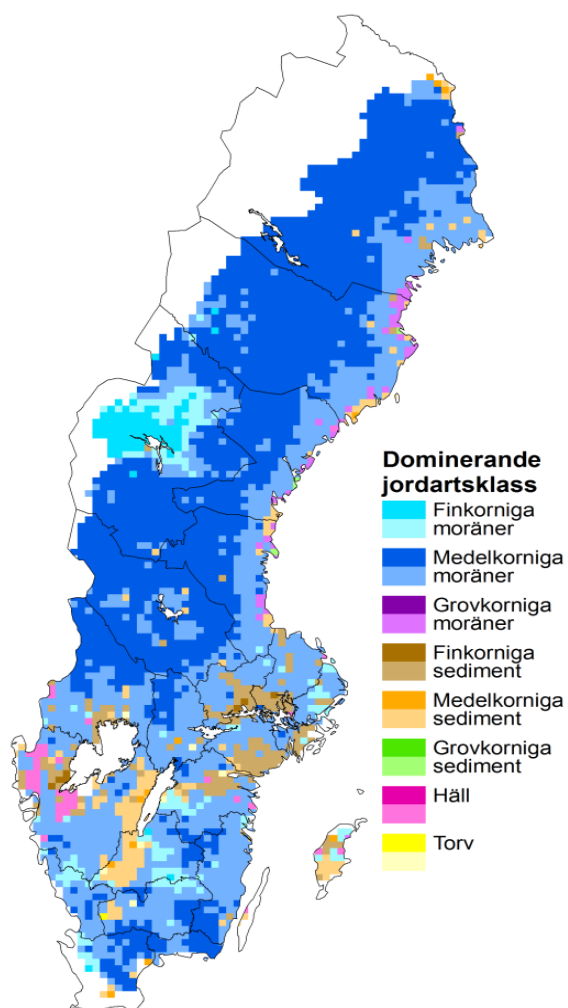
Table 11. Percentage distribution and areas (million ha) of different soil parent material (for explanation of the different classes, see Table 3) on productive forest land in different regions and the whole country. Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002.

Jordart	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Sediment med hög sorteringsgrad	11.61	1.45	13.88	0.73	14.53	0.72	12.77	2.89
Sediment med låg sorteringsgrad	6.91	0.86	9.72	0.51	8.74	0.43	7.96	1.80
Morän	75.00	9.35	63.47	3.32	57.94	2.86	68.62	15.54
Häll	1.06	0.13	5.49	0.29	7.50	0.37	3.49	0.79
Torv	5.42	0.68	7.43	0.39	11.29	0.56	7.16	1.62
Totalt	100	12.47	100	5.23	100	4.94	100	22.64



Figur 7. Procentuella andelen av olika jordarter inom Norrland (N), Svealand (S) och Götaland (G). Sed hög = sediment med hög sorteringsgrad, Sed låg = sediment med låg sorteringsgrad.

Figure 7. Percentage of different soil parent material in different regions (N, S and G). Sed hög = well sorted sediments, Sed låg = poorly sorted sediments, Morän = till, torv = peat, Häll = bedrock outcrop.



Figur 8. Dominerande jordart, med viss texturklassificering, på skogsmark under omdrevet 1993-2002. Denna karta har skapats genom sammanslagningar och kombinationer av klasser för jordart och textur enligt Tabell 5.

Figure 8. Dominating soil parent material, with some texture classification, for productive forest land during the inventory 1993-2002. The map was made by merging and combinations of classes for soil parent material and texture according to Table 5. A dark shade of color emphasizes a strong dominance of respective soil parent material.



Djupgrävning i sediment med hög sorteringsgrad.
Digging a deep pit in a well sorted sediment.
Foto / Photo: Gunnar Odell.



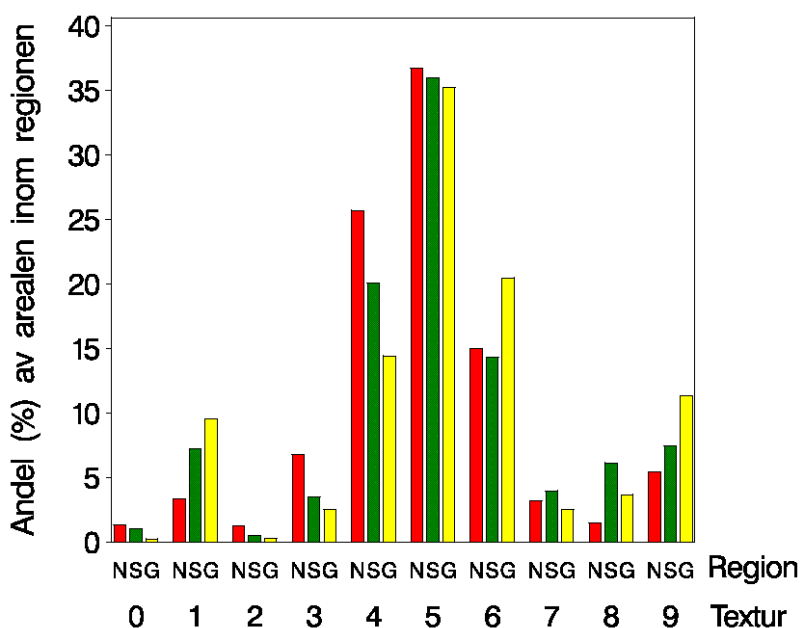
Humusprovtagning i torvmark.
Sampling of the organic soil in a peatland.
Foto / Photo: Åke Bruhn.

Fördelningen av olika texturtyper

Sandig-moig morän är den vanligaste texturtypen och tillsammans med grovmo täcker denna texturtyp 36.2 % av skogsmarksarealen och variationen mellan landsdelarna är låg (Tabell 12). Sandig-moig morän + mellansand utgör den näst största texturtypen och den är vanligare i Norrland än i Götaland och Svealand. Även texturtypen sandiga moräner + grovsand är betydligt vanligare i Norrland jämfört med Svealand och Götaland. Moig morän + finmo är däremot en vanligare texturtyp, i Götaland än i Norrland och Svealand. På skogsmark påträffas leriga moräner eller lera betydligt oftare i Svealand jämfört med i Norrland och Götaland. I Götaland däremot är torv vanligare än i Norrland och Svealand (Tabell 12, Fig. 9).

Tabell 12. Procentuell fördelning och areal (miljoner ha) av olika texturtyper för ägoslaget skogsmark i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002. Understrykning markerar dominerande kornstorleksklass. Beskrivning av texturklasserna, se tabell 4. Table 12. Percentage distribution and areas (million ha) of different texture classes (explanation, see Table 4) on productive forest land in different regions and the whole country. Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002. Explanation of texture classes in Table 4.

Textur	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Bortfall / Loss of data	1.31	0.16	1.03	0.054	0.22	0.011	1.01	0.23
Klapper och sten/blockig och stenig morän	3.30	0.41	7.23	0.38	9.49	0.47	5.56	1.26
Grus/grusig morän	1.22	0.15	0.50	0.026	0.27	0.013	0.85	0.19
Grovsand/sandig morän	6.76	0.84	3.49	0.18	2.51	0.12	5.08	1.15
Mellansand/sandig-moig morän	25.67	3.20	20.05	1.05	14.41	0.71	21.91	4.96
Grovmo/sandig-moig morän	36.70	4.58	35.93	1.88	35.20	1.74	36.19	8.19
Finmo/moig morän	14.97	1.87	14.30	0.75	20.45	1.01	16.01	3.62
Mjåla/mjålig morän	3.18	0.40	3.95	0.21	2.51	0.12	3.21	0.73
Lera/lerig morän	1.47	0.18	6.11	0.32	3.65	0.18	3.02	0.68
Torv	5.42	0.68	7.43	0.39	11.29	0.56	7.16	1.62
Totalt	100	12.47	100	5.23	100	4.94	100	22.64



Figur 9. Procentuella andelen av olika texturtyper inom Norrland (N), Svealand (S) och Götaland (G). 0 = bortfall, 1 = klapper och sten/blockig och stenig morän, 2 = grus/grusig morän, 3 = grovsand/sandig morän, 4 = mellansand/sandig-moig morän, 5 = grovmo/sandig-moig morän, 6 = finmo/moig morän, 7 = mjäla/mjälilig morän, 8 = lera/lerig morän, 9 = torv. Närmare beskrivning av texturklasserna, se tabell 4.

Figure 9. Percentage of different texture classes in different regions (N, S and G). Explanation of texture classes in Table 4.

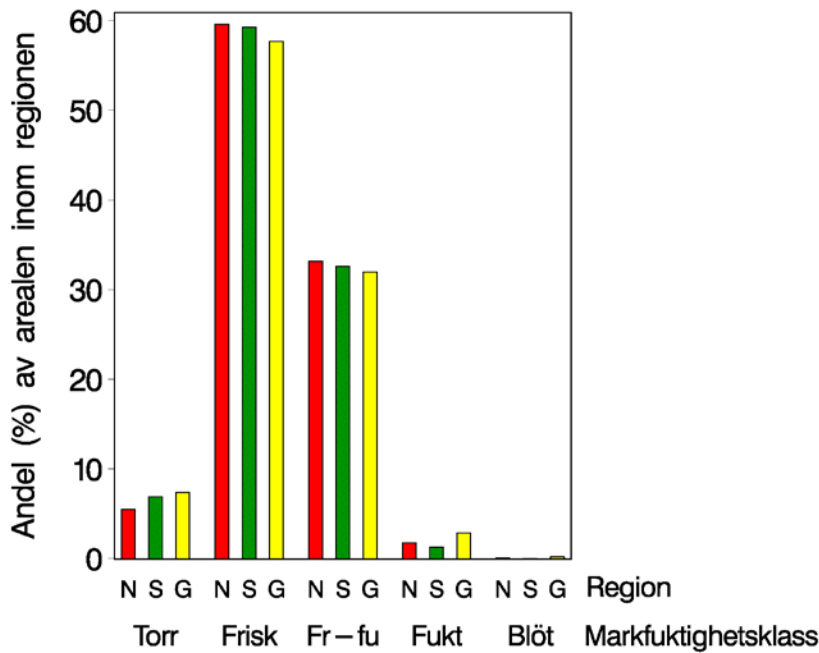
Fördelningen av dominerande markfuktighetsklasser

Den vanligaste markfuktighetsklassen är frisk mark som, på skogsmark, täcker strax under 60 % i alla landsdelar. Därefter kommer frisk-fuktig mark, som i landsdelarna täcker 32-33 % av skogsmarken. Torr mark utgör drygt 6 % av landets totala skogsmark, medan fuktig mark bara utgör 1.9 %. Sett över hela landet utgör andelen fuktig inklusive blöt mark mindre än 2 % av skogsmarksarealen (Tabell 13, Fig. 10). Exempel på områden med relativt stor andel frisk-fuktig mark är de västra delarna av Småland, östra delarna av Västerbotten och Norrbottens län, samt nordväst och nordost om Storsjön i Jämtlands län (Fig. 11).

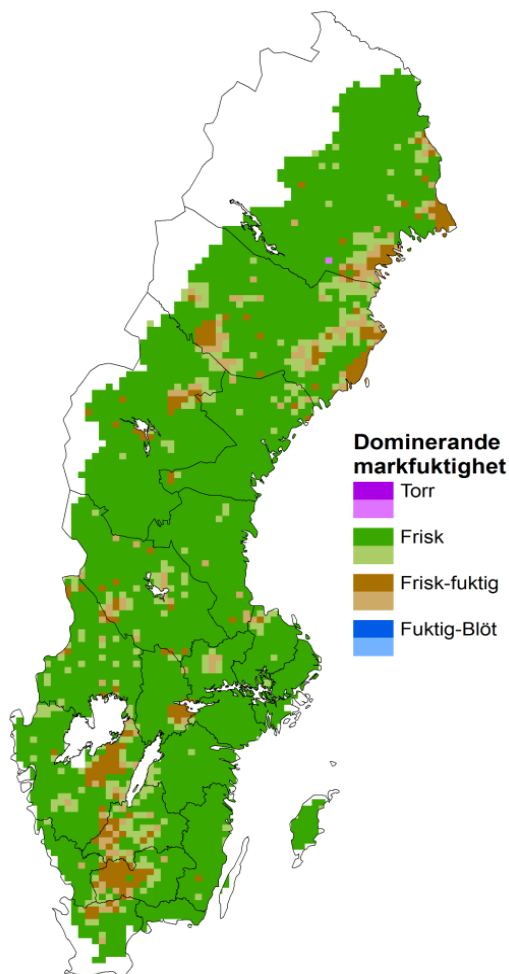
Tabell 13. Procentuell fördelning och areal (milj. ha) av olika dominerande markfuktighetsklasser på ägoslaget skogsmark i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002.

Table 13. Percentage distribution and areas (million ha) of different soil moisture classes (explanation, see Table 6) on productive forest land in different regions and the whole country. Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002.

Dominerande markfuktighetsklass	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Torr mark	5.50	0.68	6.88	0.36	7.37	0.36	6.22	1.41
Frisk mark	59.58	7.43	59.27	3.10	57.66	2.84	59.09	13.37
Frisk-fuktig mark	33.14	4.13	32.58	1.70	31.96	1.58	32.75	7.41
Fuktig mark	1.74	0.22	1.27	0.066	2.85	0.14	1.87	0.42
Blöt mark	0.04	0.005	0.01	0.001	0.17	0.008	0.06	0.014
Totalt	100	12.47	100	5.23	100	4.93	100	22.63



Figur 10. Procentuella andelen av olika markfuktighetsklasser inom Norrland (N), Svealand (S) och Götaland (G). Fr-fu = frisk-fuktig mark, Fukt = fuktig mark.
 Figure 10. Percentage of different soil moisture classes in different regions (N, S and G). Explanation of the soil moisture classes, see Table 6.



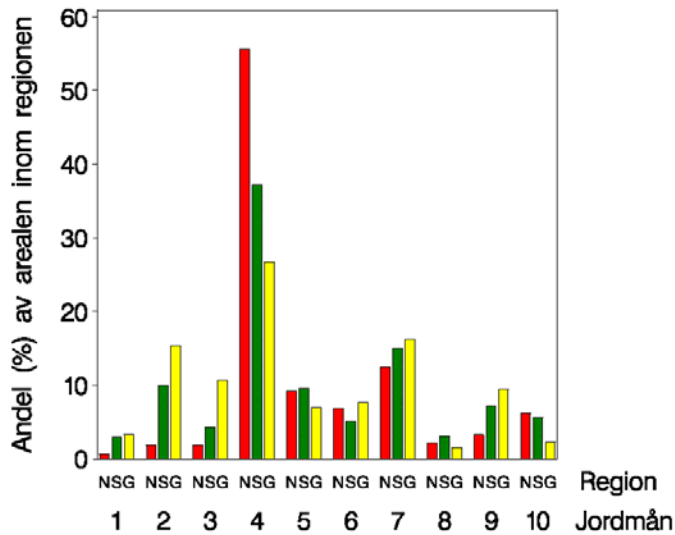
Figur 11. Dominerande markfuktighetsklass på skogsmark under omdrevet 1993-2002. I denna karta har klasserna fuktig och blöt mark sammanförts i klassen fuktig-blöt mark.
 Figure 11. Dominating soil moisture class on productive forest land during the inventory 1993-2002. In this map the classes moist soil and wet soil is merged to the class moist-wet soil.
 Purple color = dry soil. Green color = mesic soil, brown color = mesic-moist soil, blue color = moist-wet soil. A dark shade of color emphasizes a strong dominance of respective texture class.

Fördelningen av olika jordmånstyper

På skogsmark utgör järnpodsol den vanligaste jordmån (45.1 % av landets skogsmarksareal). Därefter följer sumpjordmån (13.9 %) och järnhumuspodsol (8.8 %). Brunjordarna täcker 6.7 % av skogsmarksarealen och humuspodsolerna 6.6 %. Järnpodsole är betydligt vanligare i Norrland (55.7 %) än i Svealand (37.2 %) och Götaland (26.7 %). Speciellt i de inre delarna av Norrland och Svealand dominerar järnpodsolerna. Brunjordar däremot är vanligare i Götaland (15.4 %) och Svealand (10 %) än i Norrland (1.9 %) (Tabell 14, Fig. 12). Sverigekartan över dominerande jordmånklasser (Fig. 13), visar på den höga andelen brunjordar i de östra delarna av Götaland och Svealand, hög förekomst av Lithosoler i västra Götaland och sydvästra Värmland, torvmarkernas dominans i de inre delarna av södra Götaland, södra delarna av Gävleborgs län, samt östra delarna av Västerbottens län. Järnpodsolerna dominerar i de inre delarna av Norrland och Svealand.

Tabell 14. Procentuell fördelning och areal (milj. ha) av olika jordmånstyper på ägoslaget skogsmark i Norrland, Svealand, Götaland och hela landet. Data från Markinventeringen 1993-2002.
Table 14. Percentage distribution and areas (million ha) of different soil types on productive forest land in different regions and the whole country. Data from the Swedish Forest Soil Inventory 1993-2002. The soil types are explained in Table 7.

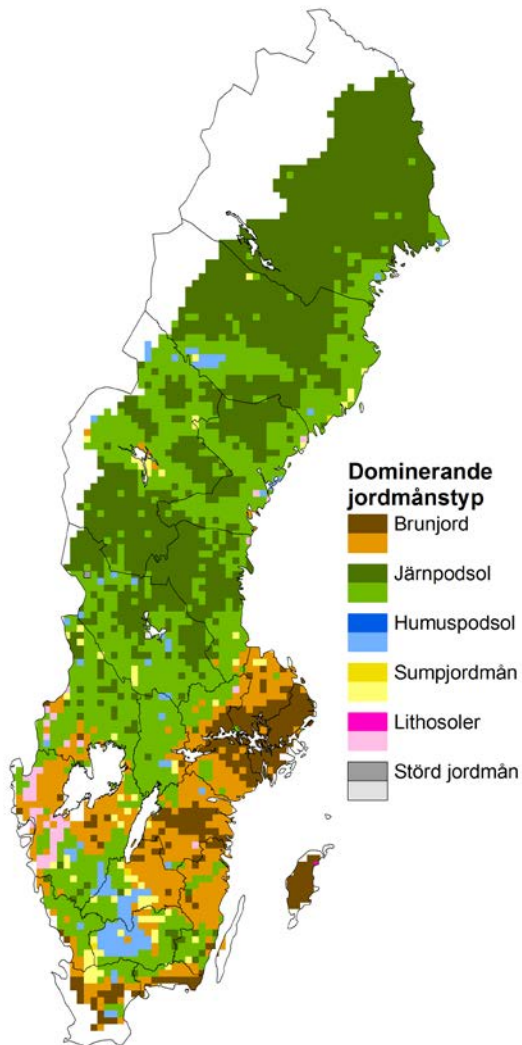
Jordmånstyp	Norrland		Svealand		Götaland		Hela landet	
	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)	(%)	(Milj. ha)
Kulturjordmån	0.62	0.078	3.00	0.16	3.25	0.16	1.75	0.40
Brunjord	1.86	0.23	9.95	0.52	15.35	0.76	6.67	1.51
Övergångstyp	1.81	0.23	4.26	0.22	10.65	0.53	4.30	0.97
Järnpodsol	55.65	6.94	37.25	1.95	26.69	1.32	45.08	10.21
Järnhumuspodsol	9.16	1.14	9.50	0.50	7.00	0.35	8.76	1.98
Humuspodsol	6.82	0.85	5.11	0.27	7.62	0.38	6.60	1.49
Sumpjordmån	12.44	1.55	15.05	0.79	16.21	0.80	13.87	3.14
Utan utbildad B-horisont, p.g.a. tät jordart	1.57	0.20	2.61	0.14	1.26	0.062	1.74	0.39
Utan utbildad B-horisont, p.g.a. grov jordart	0.62	0.077	0.49	0.025	0.27	0.013	0.51	0.12
Blockmark	2.17	0.27	1.68	0.088	1.92	0.095	2.00	0.45
Lithosol	0.98	0.12	5.19	0.27	6.90	0.34	3.24	0.73
Hällmark	0.09	0.012	0.28	0.015	0.58	0.029	0.24	0.055
Störd jordmån	6.20	0.77	5.65	0.30	2.31	0.11	5.23	1.18
Totalt	100	12.47	100	5.23	100	4.94	100	22.64



Figur 12. Procentuella andelen av olika jordmånstyper inom Norrland (N), Svealand (S) och Götaland (G).

1 = kulturjordmån, 2 = brunjord, 3 = övergångstyp, 4 = järnpodsol, 5 = järnhumuspodsol, 6 = humuspodsol, 7 = sumpjordmån, 8 = jordmåner utan utbildad B-horisont p.g.a. tät jordart eller grov jordart, 9 = blockmarker + Lithosoler + hållmarker, 10 = störd jordmån.

Figure 12. Percentage of different soil types in different regions (N, S and G). The soil types are explained in Table 7.



Figur 13. Dominerande jordmånstyp på skogsmark under omdrevet 1993-2002. Sammanslagningar av jordmånsklasser har gjorts enligt tabell 8.

Figure 13. Dominating soil type class on productive forest land during the inventory 1993-2002. Combined soil type classes according to Table 8. A dark shade of color emphasizes a strong dominance of respective soil type.



Färgbestämning enligt Munsells färgkarta / *Determination of soil color with Munsell soil color chart.*
Foto / *Photo:* Ola Borin.



Järnpodsol / *Iron podzol.*
Foto / *Photo:* Ola Borin.



Hällmark / *Bedrock outcrop.*
Foto / *Photo:* Gunnar Odell.



Blockmark / *Bouldery soil.*
Foto / *Photo:* Åke Bruhn.

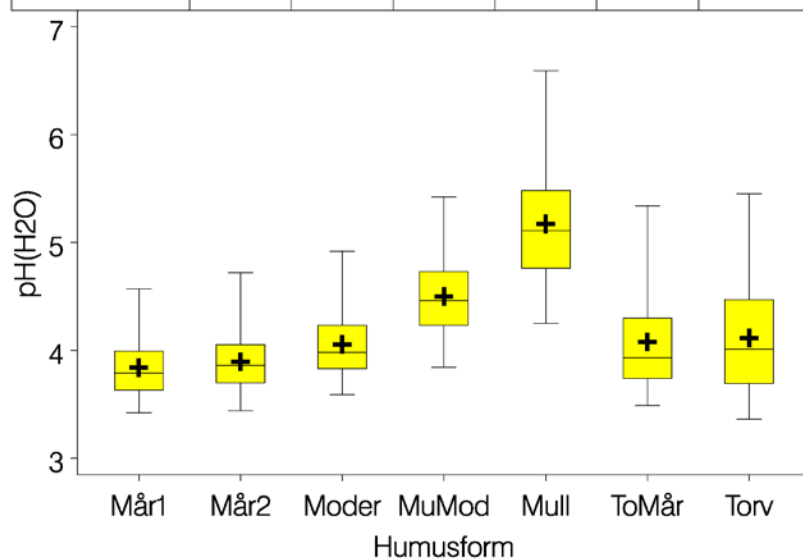
Humusformens inverkan på humuslagrets markkemiska parametrar

pH

Humusformen har en markant inverkan på pH-H₂O i humuslagret (Fig. 14). De lägsta genomsnittliga pH-värdena påträffas i mårtyperna, medan det högsta medelvärdet som väntat återfinns i humusformen mull. Signifikanta skillnader i pH-H₂O för humuslagret förekommer mellan i stort sett alla humusformer, utom mellan moder och torvartad mår, mellan moder och torv, samt mellan torvartad mår och torv (Bilaga 1).

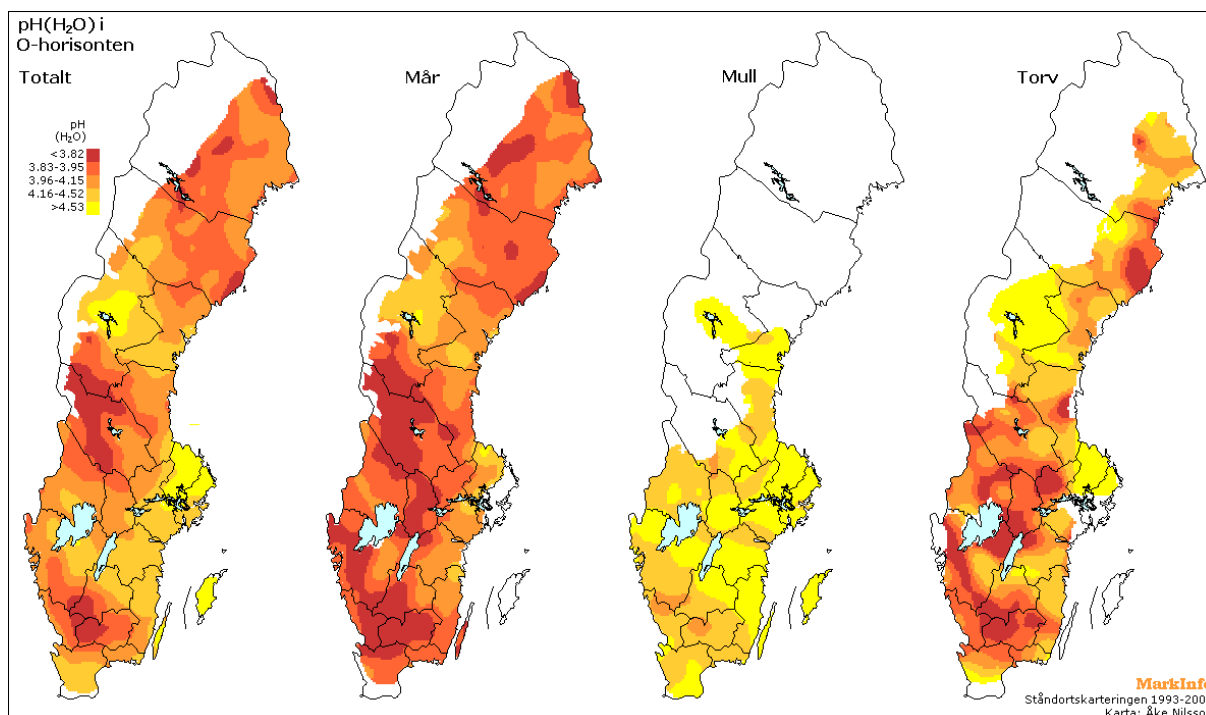
Låga pH-värden i humuslagret förekommer främst i sydvästra delarna av Götaland och områden i de inre delarna av Götaland, Svealand och Norrland. De låga pH-värdena i dessa områden beror främst på hög nederbörd (SV Götaland), samt att mineraljorden och berggrunden innehåller bergarter med relativt hög andel kvarts (SiO₂) samt en låg halt kiselsyrafattiga mineral. Kalciumkarbonat från kalkstensområdena kring Storsjön i Jämtland och i Gävlebukten har via inlandsisen spridits och medför fortfarande att pH-värdena även i humuslagret för områden kring Storsjön och i östra Svealand är relativt höga (Fig. 15).

Antal	3198	1351	659	508	891	870	955
Medelv.	3.84	3.89	4.06	4.50	5.17	4.08	4.11
Median	3.79	3.86	3.98	4.46	5.11	3.93	4.01
Min.	3.42	3.44	3.59	3.84	4.25	3.49	3.36
Max.	4.57	4.72	4.92	5.42	6.59	5.34	5.45



Figur 14. pH-H₂O i humuslagret uppdelat på olika humusformer i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Outliers har tagits bort genom att de 5 % lägsta resp. högsta värdena inom varje humusform har raderats. MuMod = Mulliknande moder, ToMår = Torvartad mår. Figuren visar, för varje humusform, sex värden: medelvärde (plustecknet i resp. box), medianvärde (horisontella strecket i resp. box), undre och övre kvartilvärde (gulfärgad box), samt minimum och maximum.

Figure 14. pH-H₂O in the humus layer for different humus forms on productive forest land in Sweden during the inventory 1993-2002. Outliers have been omitted by removing 5% of the lowest and highest values respectively. Explanation of the humus forms, see Table 2. For each humus form, the figure shows six values: mean value (the plus sign in each box), median (horizontal line in each box), the 25th and 75th percentiles are marked by the bottom and the top of the yellow boxes, minimum and maximum values.



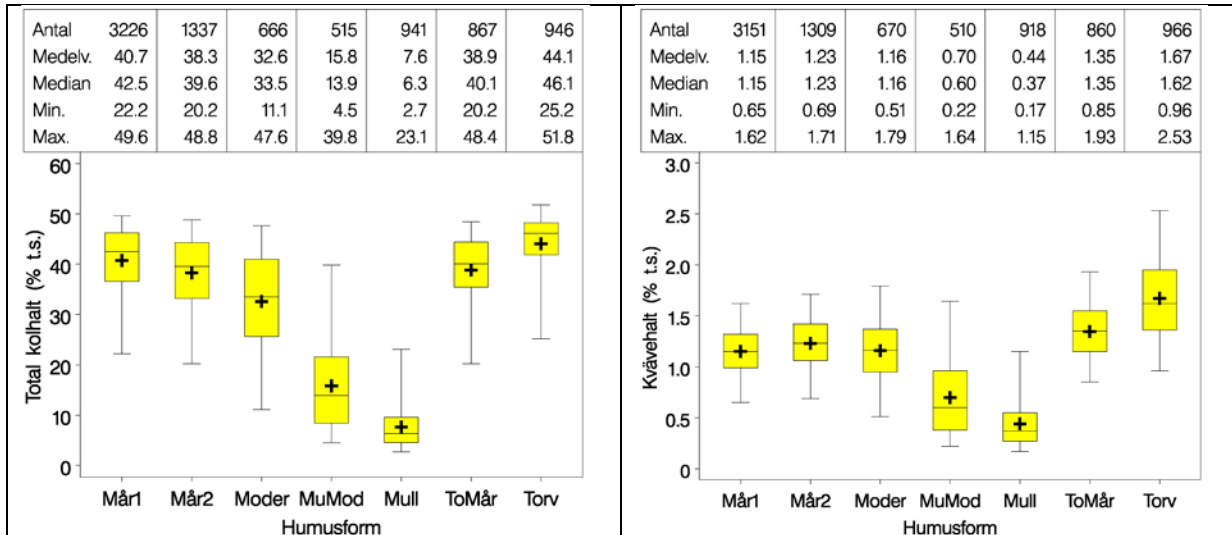
Figur 15. pH-H₂O i humuslagret för olika humusformer på skogsmark under omdrevet 1993-2002.
Figure 15. pH-H₂O in the humus layer for different humus forms on productive forest land during the inventory 1993-2002.

Variationen i pH-CaCl₂, med olika ståndsvariabler, liknar i stort sett den variation som pH-H₂O uppvisar (Bilaga 1). Värdena för pH-CaCl₂ är dock lägre än för pH-H₂O. I medeltal är pH-CaCl₂ ca 0.60 pH-enheter lägre än pH-H₂O i humuslagret.

Kol- och kvävehalten

Kolhalten i humuslagret uppdelat på olika humusformer uppvisar ett nästan spegelvänt mönster jämfört med motsvarande figur för pH. De klart lägsta kolhalterna återfinns i humusformen mull, följt av mulliknande moder. Högst kolhalt finns i humusformen torv, följt av mår typ 1, torvartad mår och mårtyp 2. Variationen i kolhalt är dock stor inom varje humusform (Fig. 16). Medelvärdena för kolhalten skiljer sig signifikant åt mellan de olika humusformerna, utom mellan mårtyp 2 och torvartad mår (Bilaga 1).

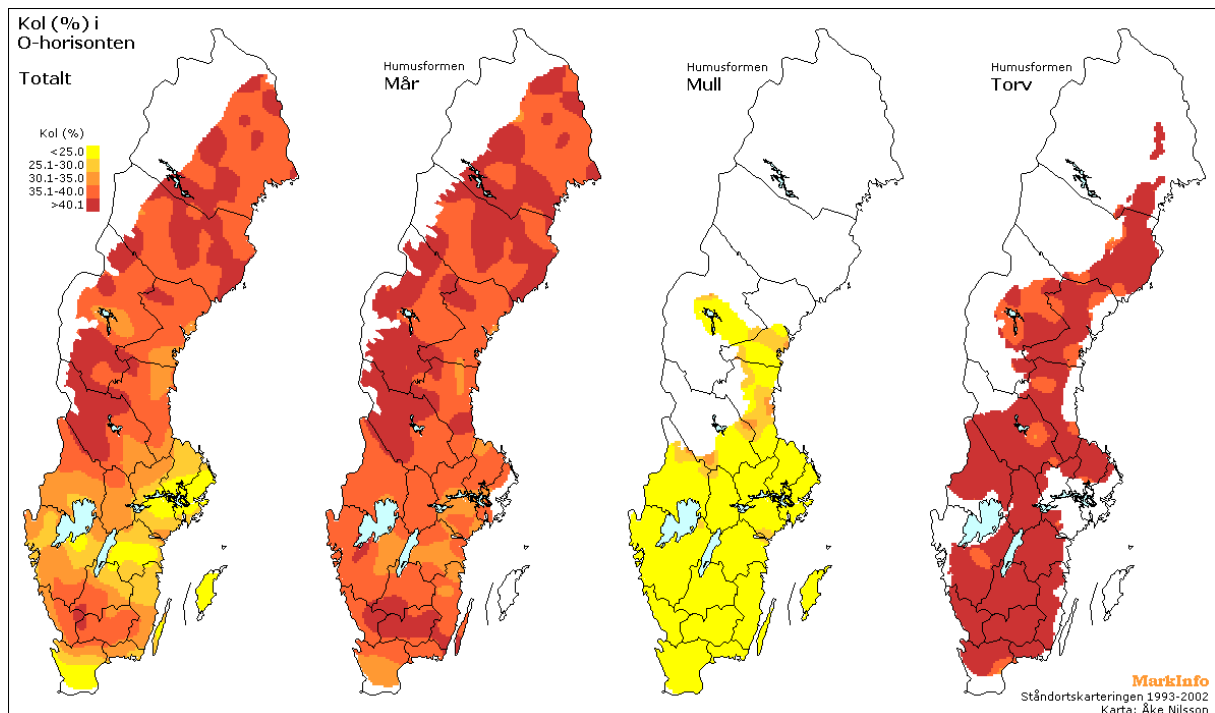
Kvävehalten i humuslagret har ett liknande mönster som kolhalten vid uppdelningen i olika humusformer (Fig. 16). Mår typ 2 har dock, i medeltal, något högre kvävehalt än mår typ 1. Man skulle kanske förvänta sig att kvävehalten skulle öka ytterligare för humustyperna moder, mulliknande moder och mull. Istället minskar kvävehalten, vilket beror på att mineraljordsinblandningen ökar (=kolhalten minskar) i humuslagret när humusformen går mot dessa former. De högre halterna av kol och kväve i torv, jämfört med torvartad mår (Fig. 16) beror troligen också på att mineraljordsinblandningen är högre i torvartad mår jämfört med torv. Signifikanta skillnader i kvävehalten förekommer i stort sett mellan alla humusformer, utom mellan mårtyp 1 och moder (Bilaga 1).



Figur 16. Boxplottar över totalhalterna av kol- och kvävehalt i humuslagret uppdelat på olika humusformer i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. MuMod = Mulliknande moder, ToMår = Torvartad mår. Övrig figurförklaring, se figur 14.

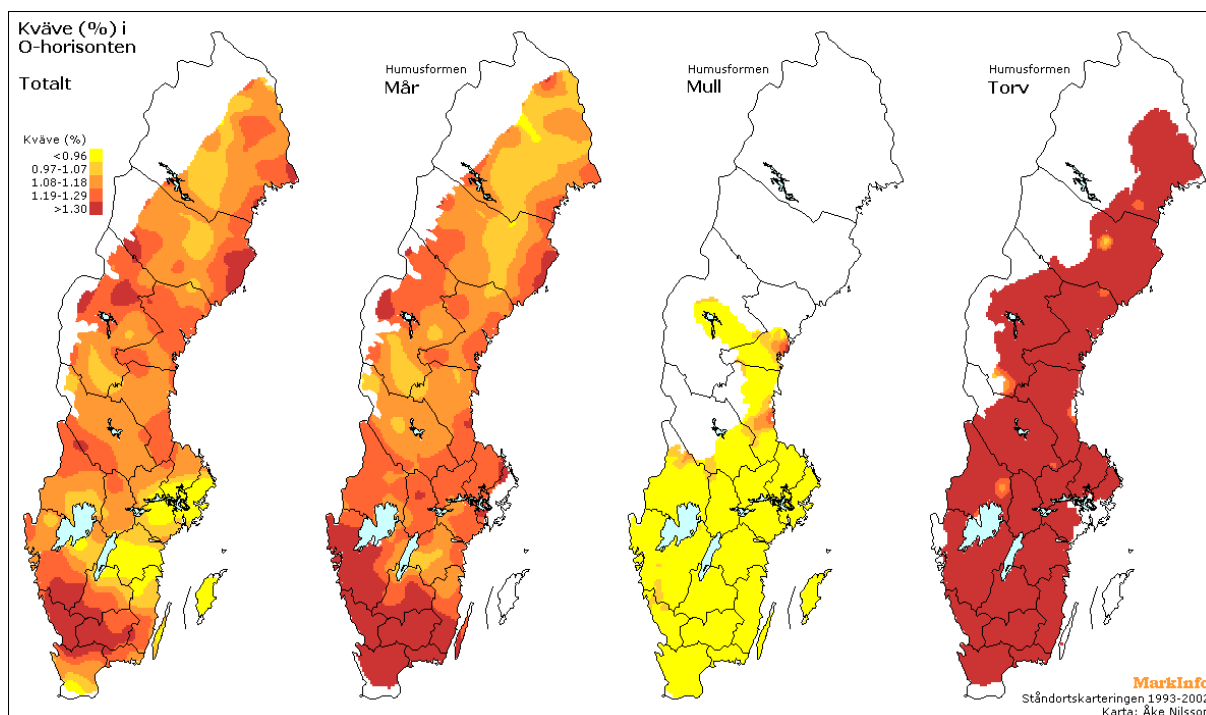
Figure 16. Box plots on total concentrations of carbon and nitrogen in the humus layer for different humus forms on productive forest land during the inventory 1993-2002. Figure explanation, see Fig. 14.

Kartor över kolhalten i humuslagret (Fig. 17), för olika humusformer, visar att mönstret för kolhalten delvis följer mönstret för pH-värdet. Låga pH-värden i humuslagret är således i regel kopplat till höga kolhalter i humuslagret. För kvävehalten syns en klar tendens till ökning i mårtyper mot söder, vilket kan vara orsakat av kvävedepositionen, som ju är högre i södra Sverige (Fig. 18).



Figur 17. Kolhalten i humuslagret för olika humusformer i skogsmark under omdrevet 1993-2002.

Figure 17. Total carbon concentration in the humus layer for different humus forms in productive forest land during the inventory 1993-2002.



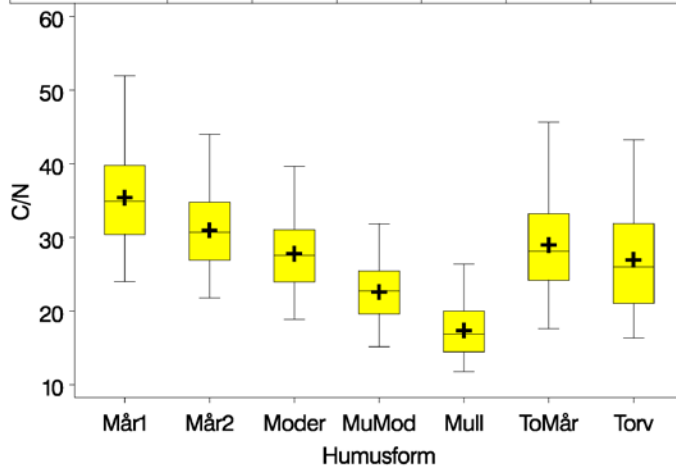
Figur 18. Kvävehalten i humuslagret för olika humusformer i skogsmark under omdrevet 1993-2002.
Figure 18. Total nitrogen concentration in the humus layer for different humus forms in productive forest land during the inventory 1993-2002.

Kol-kväveknoten

De i genomsnitt högsta CN-kvoterna återfinns i mårtyp 1. En tydlig minskning av CN-kvoten kan observeras när humusformen går från mår till mull. Detta innebär att andelen kväve i det organiska materialet ökar när humusformen går mot en mer näringsrik typ. Mellan moder och torv finns den enda icke-signifikanta skillnaden i CN-kvot (Fig. 19, Bilaga 1).

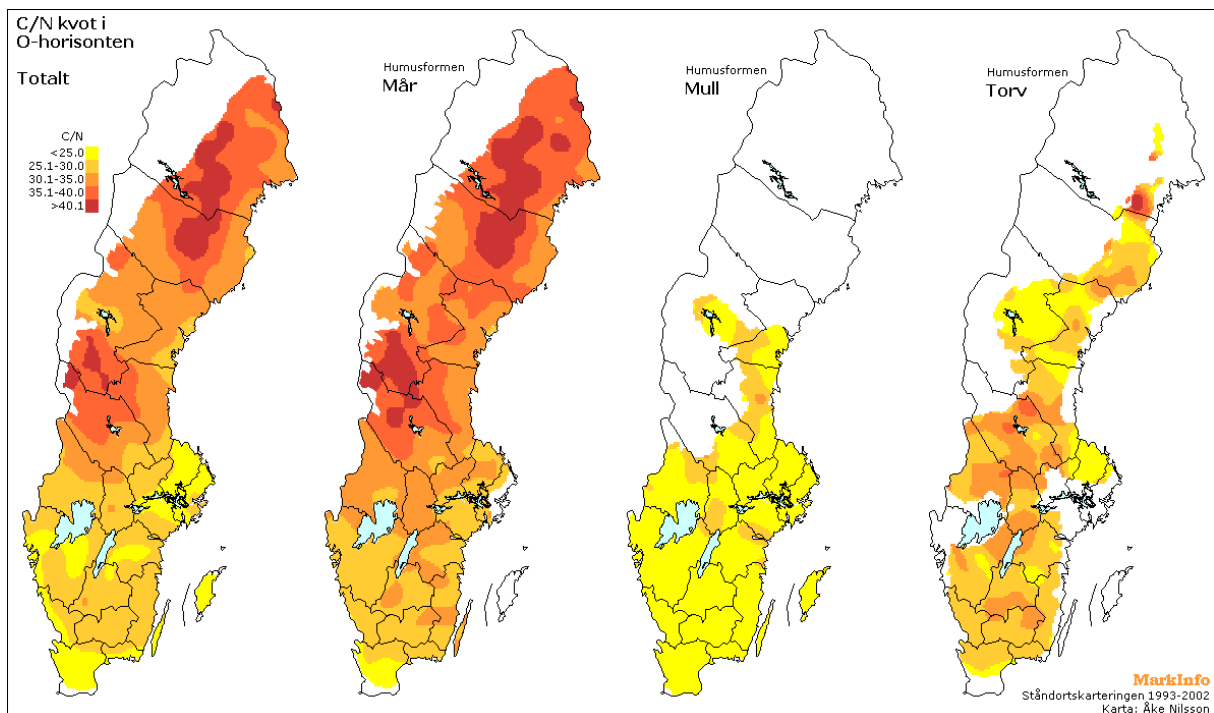
Kartan över kol-kväveknoten i humuslagret uppvisar av naturliga skäl nästan ett liknande mönster som kartan över kvävehalten. Höga kvävehalter medför låga CN-kvoter och vice versa. Således återfinns normalt de högsta CN-kvoterna i de inre delarna av Norrland. Dessutom finns ett område mellan Siljan och Storsjön med höga CN-kvoter i humuslagret. Mineraljorden i dessa områden utgörs till stor del av relativt grovkorniga moräner, som bildats från oftast ganska svårvittrade och näringsfattiga bergarter. Låga CN-kvoter återfinns främst i Skåne, Öland, Gotland, samt områden påverkade av kambrosilurområden med sedimentära bergarter i Västergötland, Östergötland och östra Svealand (Fig. 20).

Antal	3166	1327	665	502	926	881	951
Medelv.	35.4	31.0	27.8	22.6	17.4	29.0	26.9
Median	34.9	30.7	27.6	22.7	16.9	28.1	26.0
Min.	24.0	21.8	18.9	15.2	11.8	17.6	16.3
Max.	51.9	44.0	39.6	31.8	26.4	45.7	43.2



Figur 19. Boxplot över kol-kväveknoten i humuslagret uppdelat på olika humusformer i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. MuMod = Mulliknande moder, ToMår = Torvartad mår. Övrig figurförklaring, se figur 14.

Figure 19. Box plot on the carbon-to-nitrogen ratio in the humus layer for different humus forms on productive forest land during the inventory 1993-2002. Figure explanation, see Fig. 14.



Figur 20. Kol-kväveknoten i humuslagret för olika humusformer i skogsmark under omdrevet 1993-2002.

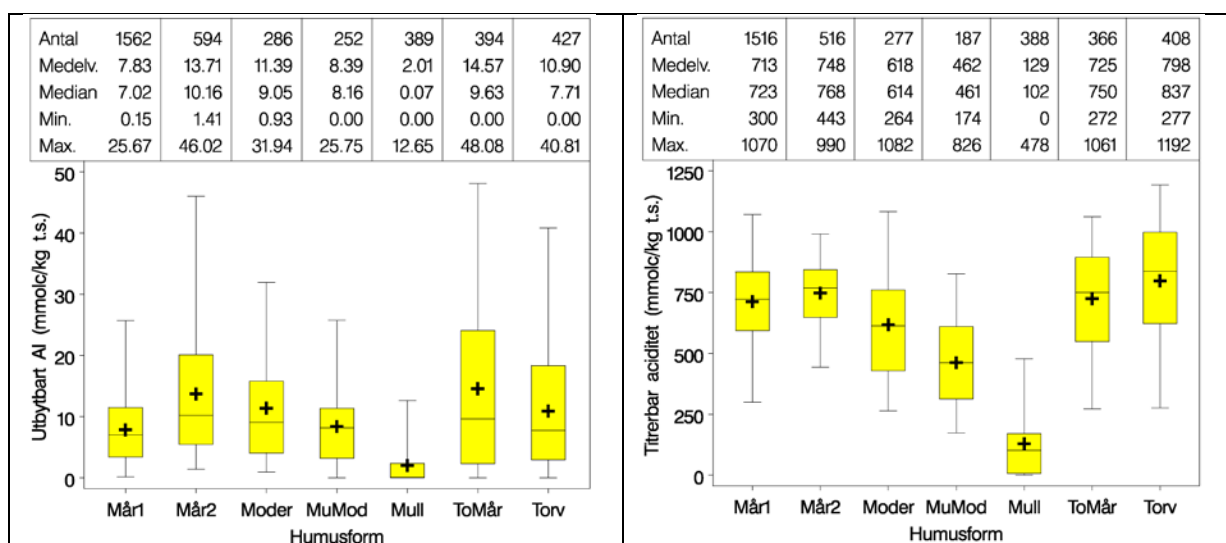
Figure 20. Carbon-to-nitrogen ratio in the humus layer for different humus forms in productive forest land during the inventory 1993-2002.

Utbytbart aluminium och titrerbar aciditet

De i medeltal högsta halterna av utbytbart aluminium fanns i torvartad mår, medan humusformen mull hade de lägsta halterna. Skillnaderna i medelvärdena mellan humusformerna var i de flesta fall signifikanta, utom mellan mårtyp 1 och mullikande moder, mårtyp 2 och torvartad mår, moder och mulliknande moder, samt mellan moder och torv (Fig. 21, Bilaga 1).

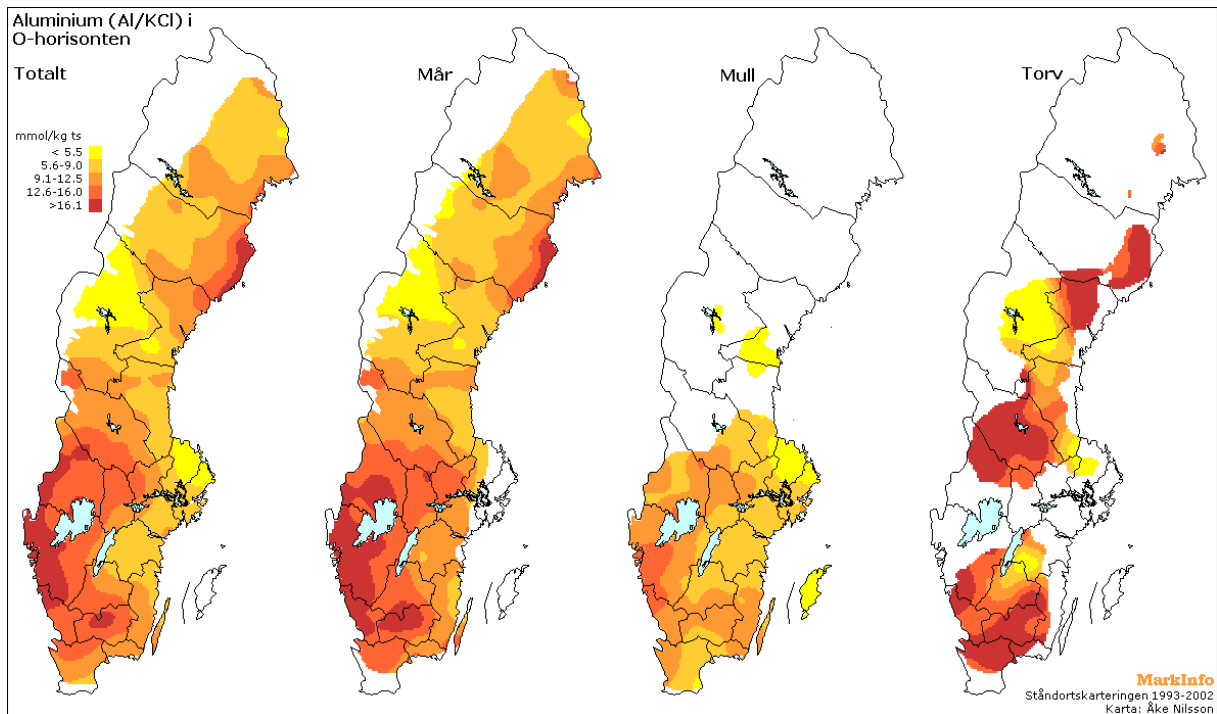
Humusformen mull hade också i medeltal de klart lägsta värdena på titrerbar aciditet, medan humusformen torv hade de i genomsnitt högsta värdena (Fig. 21). Signifikanta skillnader fanns mellan de flesta humusformerna, dock inte mellan mårtyp 1 och 2, samt torvartad mår.

Kartan över utbytbart aluminium i humuslagret visar att de högsta halterna finns i de västra delarna av Västra Götalands län och Värmlands län samt i de kustnära områdena av Västerbottens län (Fig. 22).



Figur 21. Boxplottar över halterna utbytbart aluminium och titrerbar aciditet i humuslagret uppdelat på olika humusformer på skogsmark i hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14.

Figure 21. Box plots on concentrations of exchangeable aluminium and titratable acidity in the humus layer for different humus forms on productive forest land during the inventory 1993-2002. Figure explanation, see Fig. 14.



Figur 22. Halten utbytbar aluminium i humuslagret för olika humusformer i skogsmark under omđrevet 1993-2002.

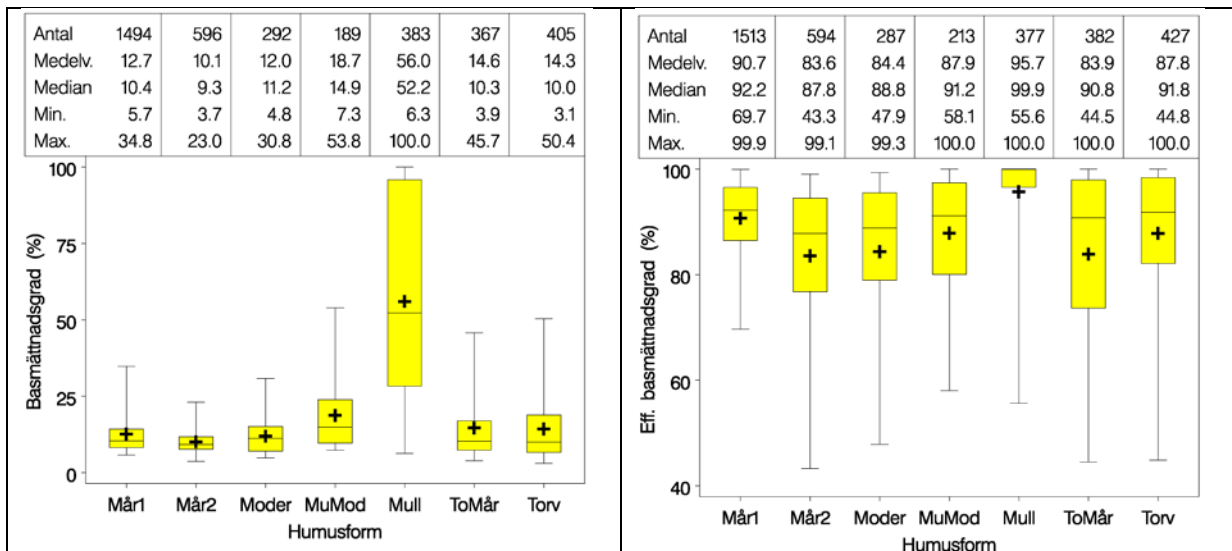
Figure 22. Exchangeable aluminium in the humus layer for different humus forms in productive forest land during the inventory 1993-2002.

Basmättnadsgrad

Inom de enskilda humusformerna fanns i regel en stor spridning i värdena på basmättnadsgraden ($BS_{pH=7}$). Humusformen mull hade dock det klart högsta medelvärdet; 56.0 %, medan mårtyp 2 hade det lägsta värdet; 10.1 % (Fig. 23). Signifikanta skillnader i medelvärdet förelåg mellan de flesta humusformerna, utom mellan mårtyp 1 och moder, mellan mårtyp 2 och moder samt mellan torvartad mår och torv (Bilaga 1).

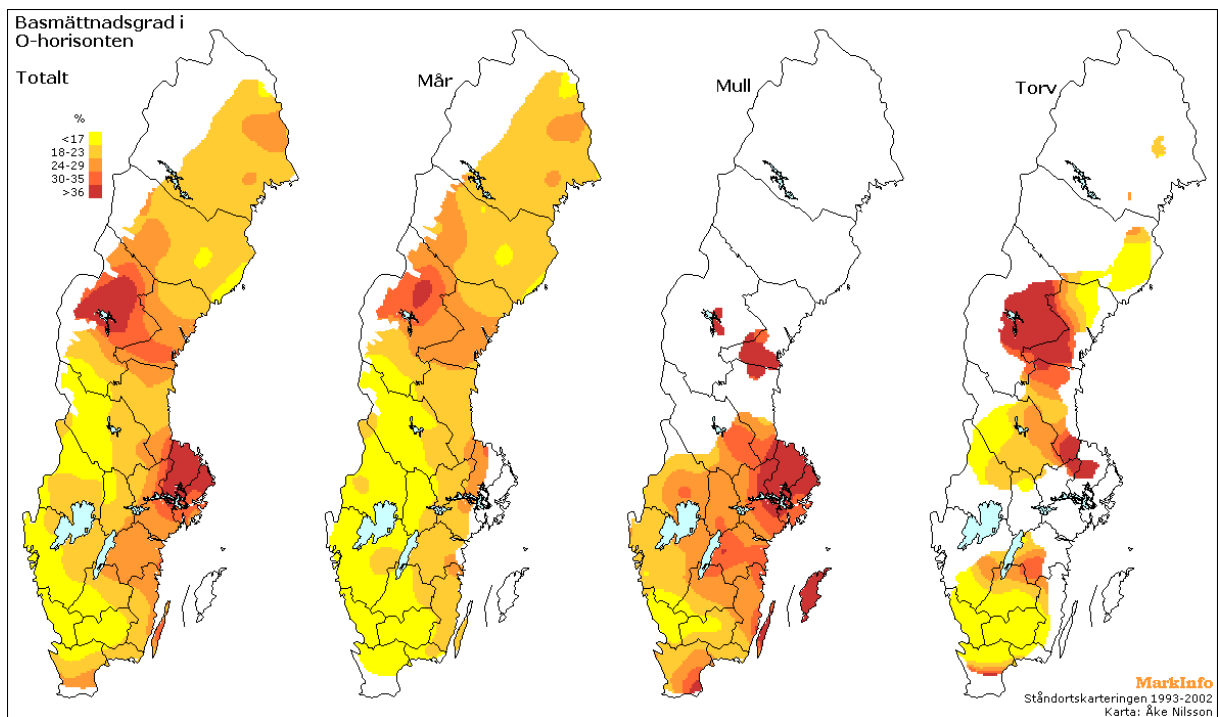
När det gäller den effektiva basmättnadsgraden (BS_{eff}), så låg medelvärdet för alla humusformer över 83 %, med 95.7 % för mull som det högsta medelvärdet. Mårtyp 1 hade ett förhållandevis högt medelvärde; 90.7 % (Fig. 23, Bilaga 1).

Kartan över basmättnadsgraden ($BS_{pH=7}$) i humuslagret visar att de högsta värdena återfinns kring Storsjön i Jämtland och Uppland. Båda dessa områden är påverkade av kalkstenar från kambrosilurberggrund. Låga värden på basmättnadsgraden finns i de västra delarna av Götaland och Svealand (Fig. 24).



Figur 23. Boxplot över basmättnadsgrad ($BS_{pH=7}$) resp. effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) i humuslagret uppdelat på olika humusformer i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14.

Figure 23. Box plots on base saturation ($BS_{pH=7}$) and effective base saturation (BS_{eff}) in the humus layer for different humus forms on productive forest land during the inventory 1993-2002. Figure explanation, see Fig. 14.



Figur 24. Basmättnadsgraden ($BS_{pH=7}$) i humuslagret för olika humusformer i skogsmark under omdrevet 1993-2002.

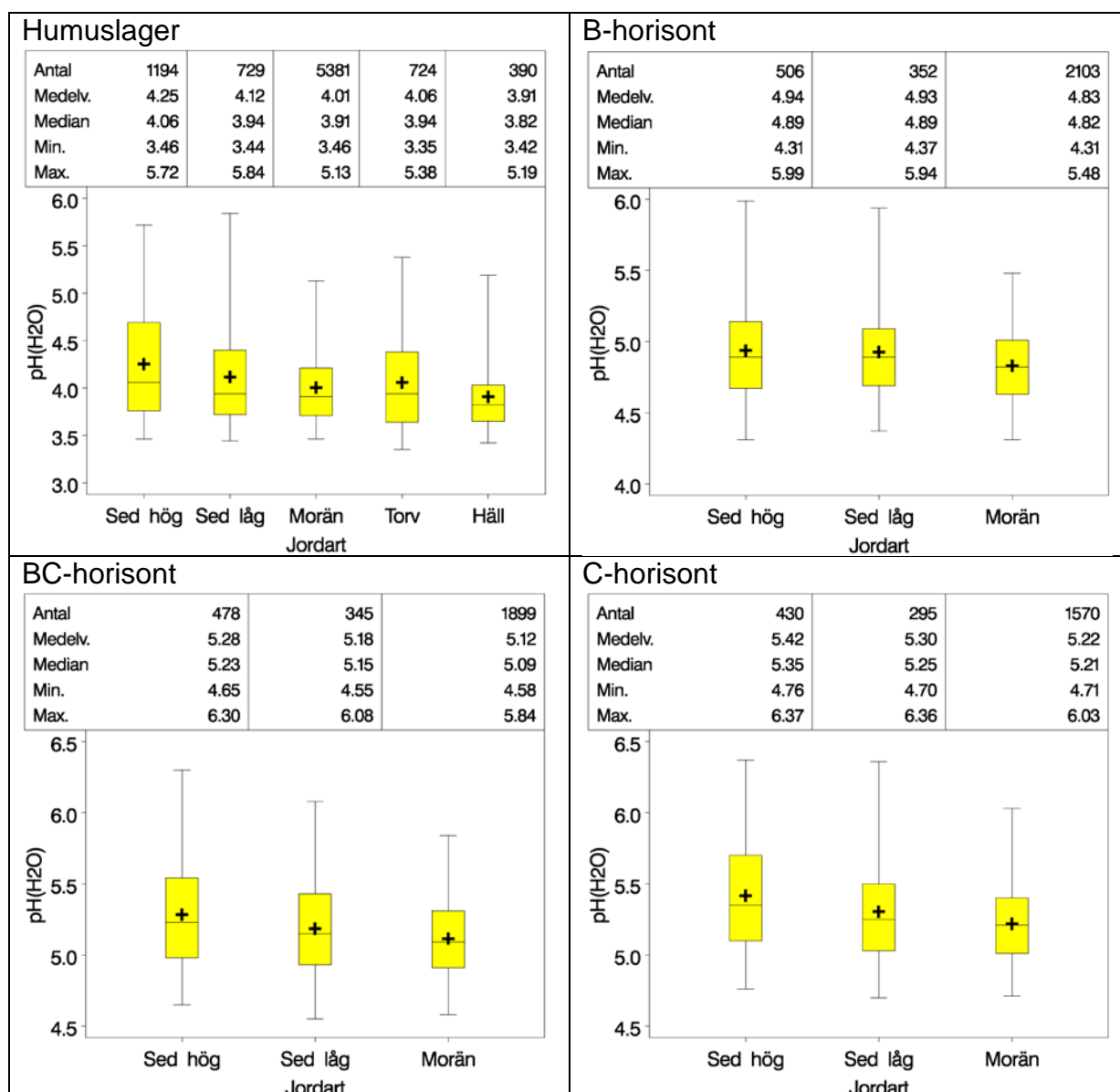
Figure 24. Base saturation ($BS_{pH=7}$) in the humus layer for different humus forms in productive forest land during the inventory 1993-2002.

Jordartens inverkan på markkemin i olika markhorisonter

pH-H₂O

Det högsta genomsnittliga pH-värdet i humuslagret finns i minerogena sediment med hög sorteringsgrad (Fig. 25). Skillnaden i medel-pH mellan de olika jordartsklasserna är dock ganska liten och spridningen inom resp. jordartsklass stor. Trots detta existerar signifikanta skillnader mellan de flesta jordartsklasser, m.a.p. medelvärdet för pH-H₂O (Bilaga 2).

Även för de övriga horisonterna är skillnaden i medelvärdet för pH mellan jordartsklasserna liten. I BC- och C-horisonten ser man dock att pH-värdet minskar från minerogena sediment med hög sorteringsgrad till sediment med låg sorteringsgrad och vidare till morän (Fig. 25).



Figur 25. pH-H₂O i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Jordart: Sed hög=Sediment med hög sorteringsgrad, Sed låg=Sediment med låg sorteringsgrad. Övrig figurförklaring, se figur 14.

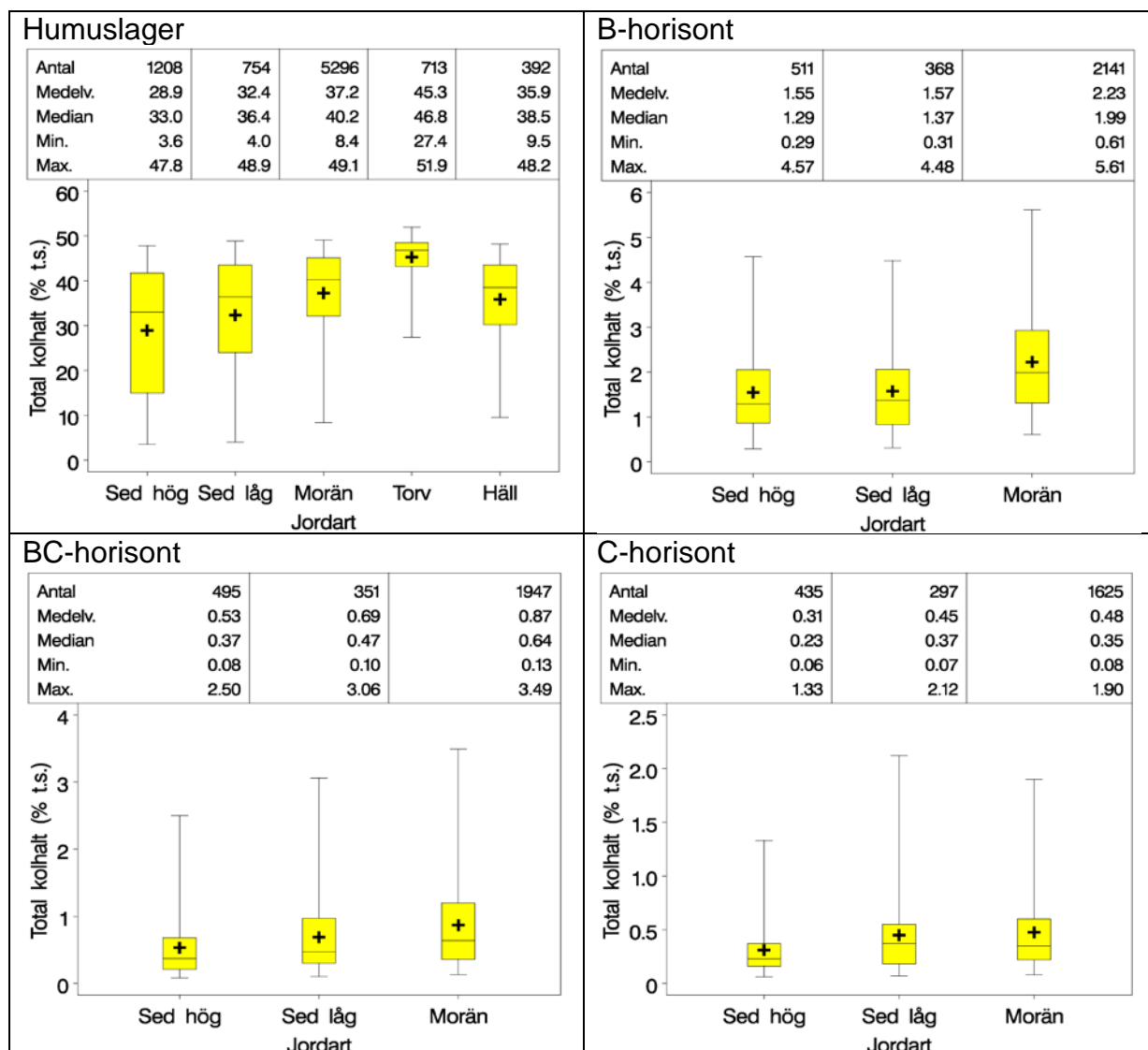
Figure 25. pH-H₂O in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Sed hög = well sorted sediments, Sed låg = poorly sorted sediments, Morän = till. Figure explanation, see Fig. 14.

Kolhalt

Kolhalten i humuslagret var som väntat i genomsnitt högst i jordarten torv. Lägsta medelvärdet noterades för minerogena sediment med hög sorteringsgrad (Fig. 26). Signifikant skillnad förekommer mellan alla jordarter (Bilaga 2).

Moränerna har i regel klart högre kolhalt i B-horisonten än sedimenten. Skillnaden i medelvärdet för kolhalt mellan sedimentklasserna var inte signifikant (Bilaga 2).

I BC-horisonten noterades den i genomsnitt högsta kolhalten i jordarten morän (0.87 vikt-%), men det fanns en signifikant skillnad mellan alla jordarter.



Figur 26. Halten totalkol (viktprocent av torrsubstanshalten) i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

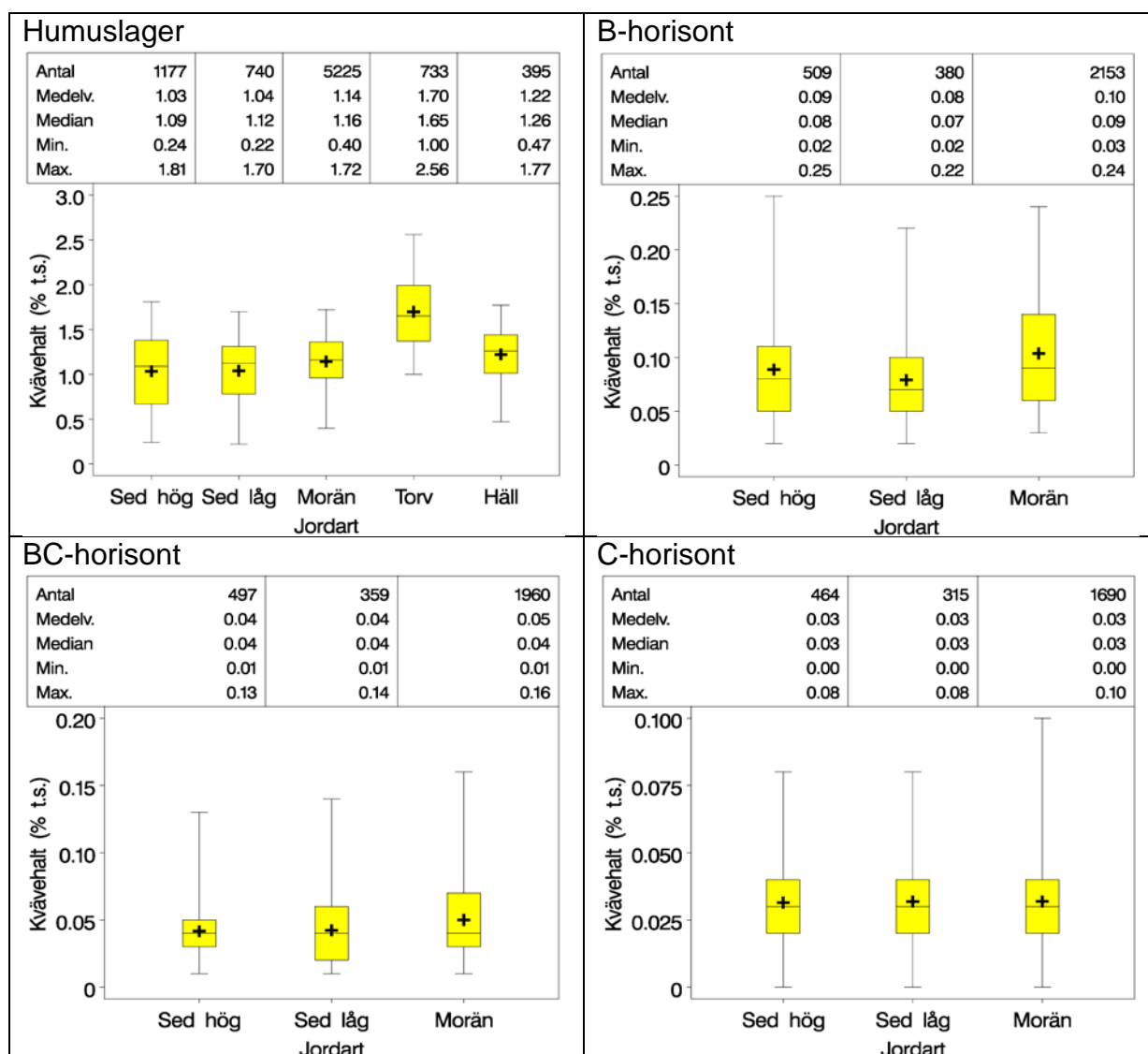
Figure 26. Concentration (weight-% of dry substance) of total carbon in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002.. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

I C-horisonten fanns flera prov med en kolhalt som översteg 1 vikt-%. Även i denna horisont hade morän den i medeltal högsta kolhalten, men det var inte signifikant skiljt gentemot medelvärdet för sediment med låg sorteringsgrad (Bilaga 2).

Kvävehalt

I humuslagret hade jordartsklassen torv den i genomsnitt klart högsta kvävehalten, medan sedimentklasserna hade de i medeltal lägsta kvävehalten (Fig. 27). Signifikanta skillnader förekom mellan alla jordarter utom mellan sedimentklasserna (Bilaga 2).

I B-horisonten hade moränerna den i medeltal högsta kvävehalten (0.10 % t.s.), följt av sediment med hög sorteringsgrad (0.09 % t.s.) och sediment med låg sorteringsgrad (0.08 % t.s.) (Fig. 27).



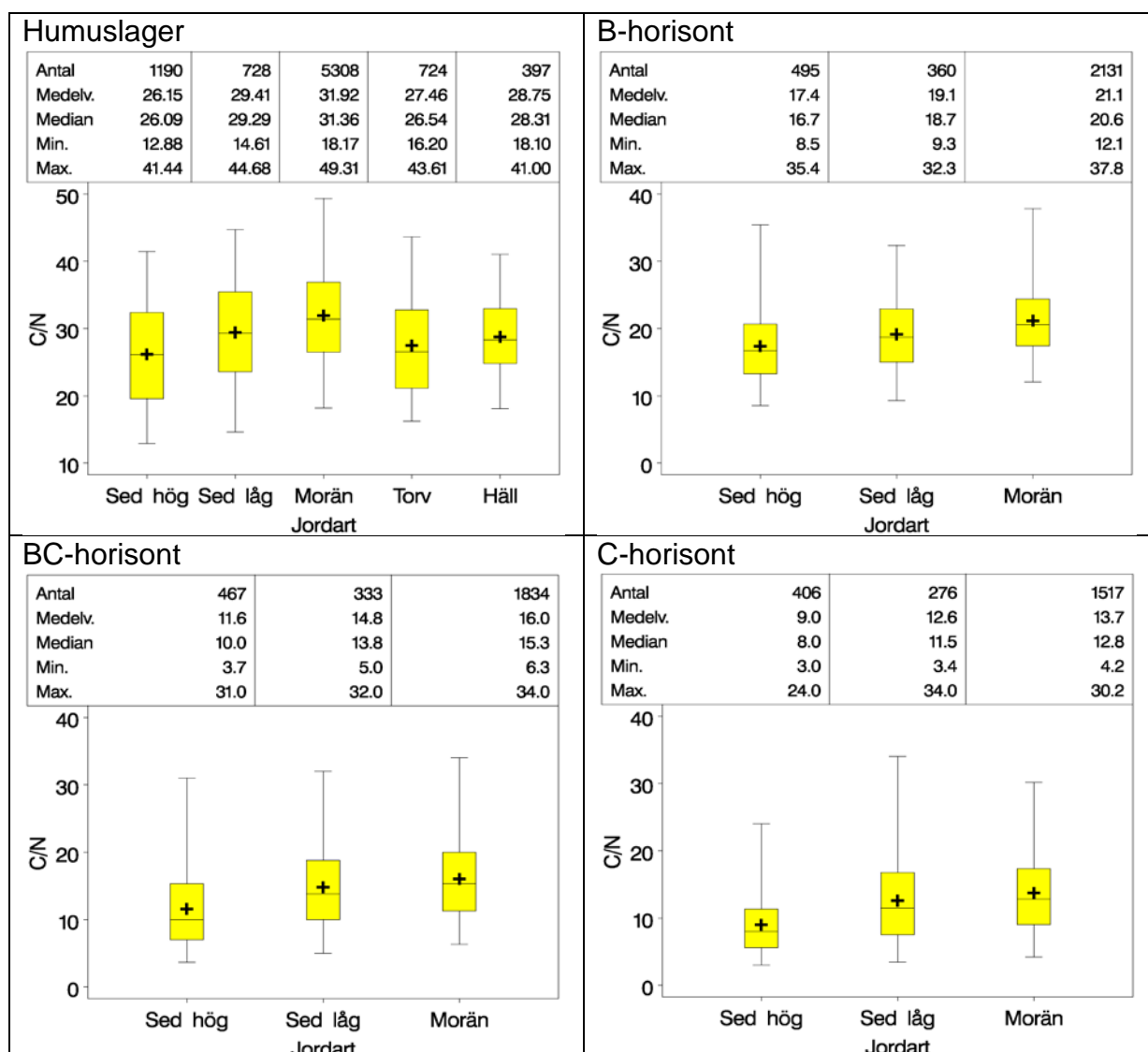
Figur 27. Kvävehalten (viktprocent av torrsubstanshalten) i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 27. Concentration (weight-% of dry substance) of nitrogen in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Kvävehalterna i mineraljordshorisonerna är låga eller mycket låga. Ju djupare man kommer i mineraljorden desto mindre blir skillnaderna mellan jordarterna med avseende på kvävehalten. I C-horisonen finns inga signifikanta skillnader i kvävehalten mellan jordarterna (Fig. 27, Bilaga 2).

Kol-kväveknoten

CN-kvoten varierar relativt mycket inom varje jordartsklass för alla provtagna markhorisoner. I humuslagret fanns de lägsta CN-kvoterna i sediment med hög sorteringsgrad och de högsta värdena i moräner, där medelvärdet översteg 30. Även i de övriga horisonerna, så hade moränerna de i genomsnitt högsta CN-kvoterna. Medelvärdet för CN-kvoten minskar med markdjupet i alla jordarter (Fig. 28, Bilaga 2).

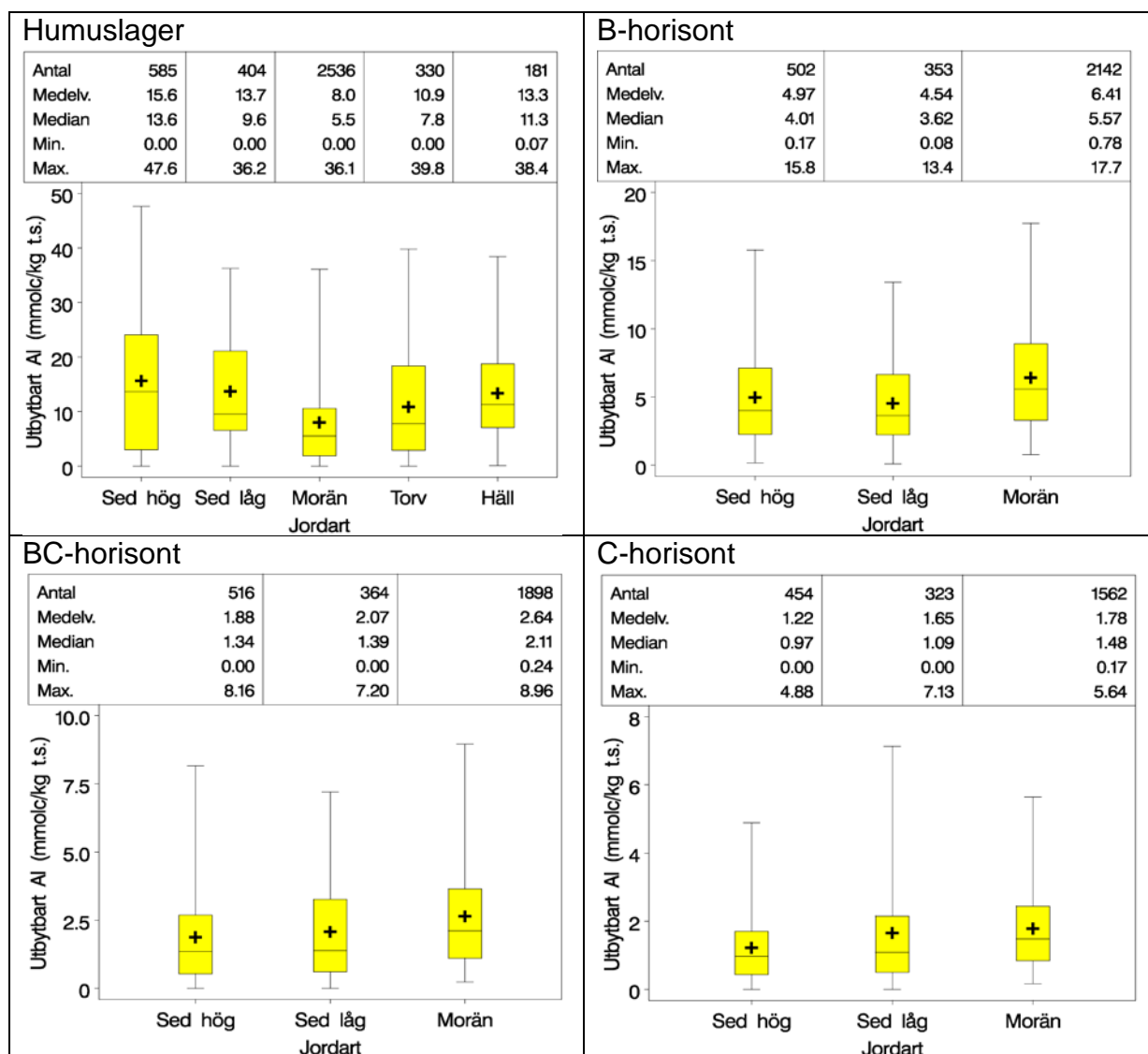


Figur 28. CN-kvoten i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 28. Carbon-to-nitrogen ratio in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Utbytbart aluminium

I humuslagret var halten utbytbart aluminium i medeltal högst i sediment med hög sorteringsgrad och lägst i morän. I B-horisonten var det relativt små skillnader mellan sedimenten och moränen. Den genomsnittliga halten i moränerna var dock signifikant högre än i de båda sedimentklasserna. Trots enstaka höga halter i BC-horisonten var dock de genomsnittliga halterna ganska lika i de tre jordartsklasserna. Även här var emellertid halten i moränerna signifikant högre än i de båda sedimentklasserna. I C-horisonten var som förväntat halterna som lägst, med den i medeltal högsta halten i moränerna (Fig. 29, Bilaga 2).



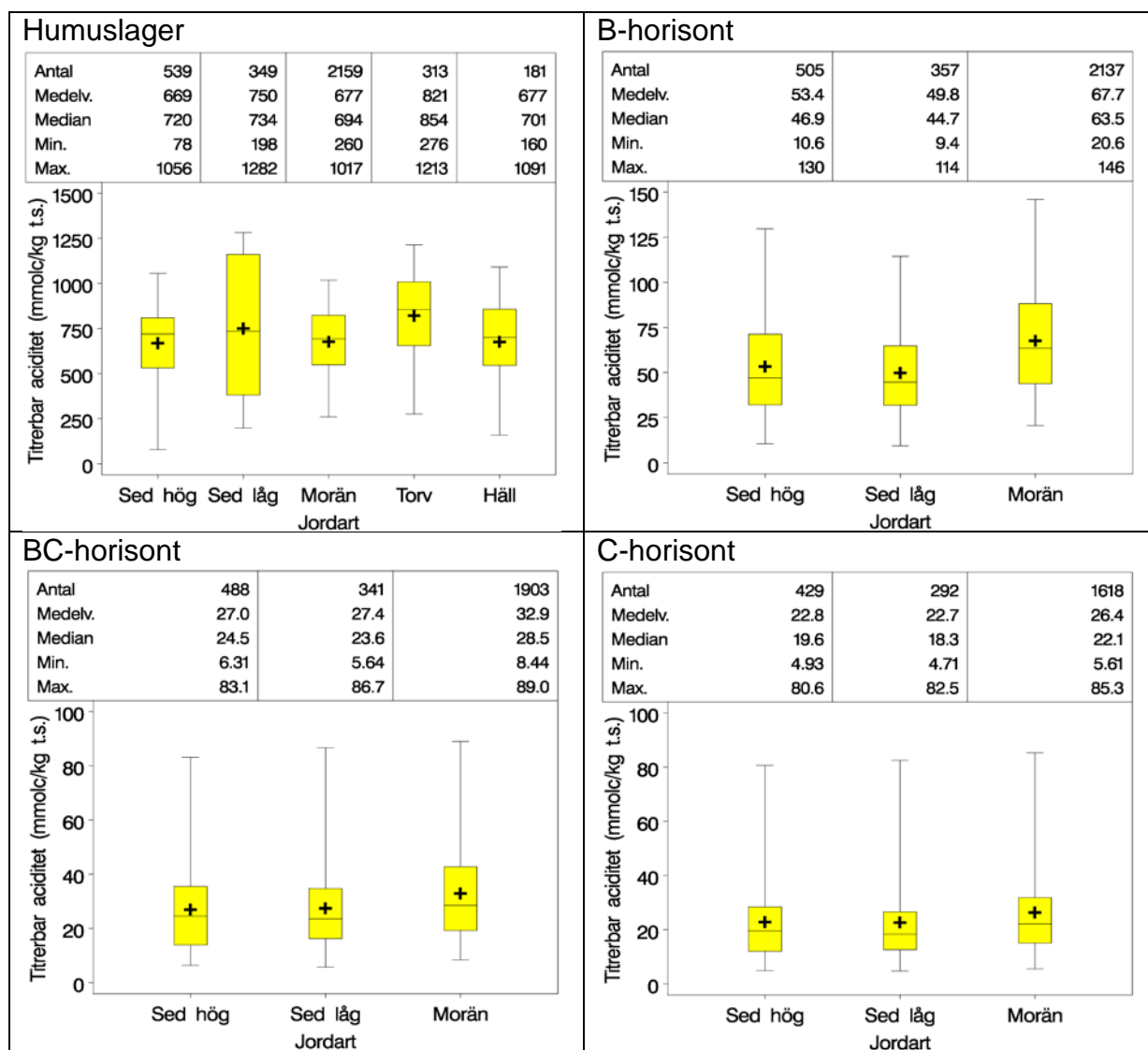
Figur 29. Halten utbytbart Al i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 29. Concentration of exchangeable aluminium in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Titrerbar aciditet

Mönstret för titrerbar aciditet i de olika markhorisonerna, uppdelat med avseende på jordart, liknar delvis mönstret för utbytbart aluminium och motsatt det för pH. I humuslagret noterades dock den i medeltal högsta titrerbara aciditeten bland torvjordarna (Fig. 30). Mellan de övriga jordarterna fanns ingen signifikant skillnad för medelvärdet.

I B-, BC- och C-horisonerna har moränerna en i medeltal signifikant högre titrerbar aciditet än de båda sedimentklasserna (Fig. 30, Bilaga 1).



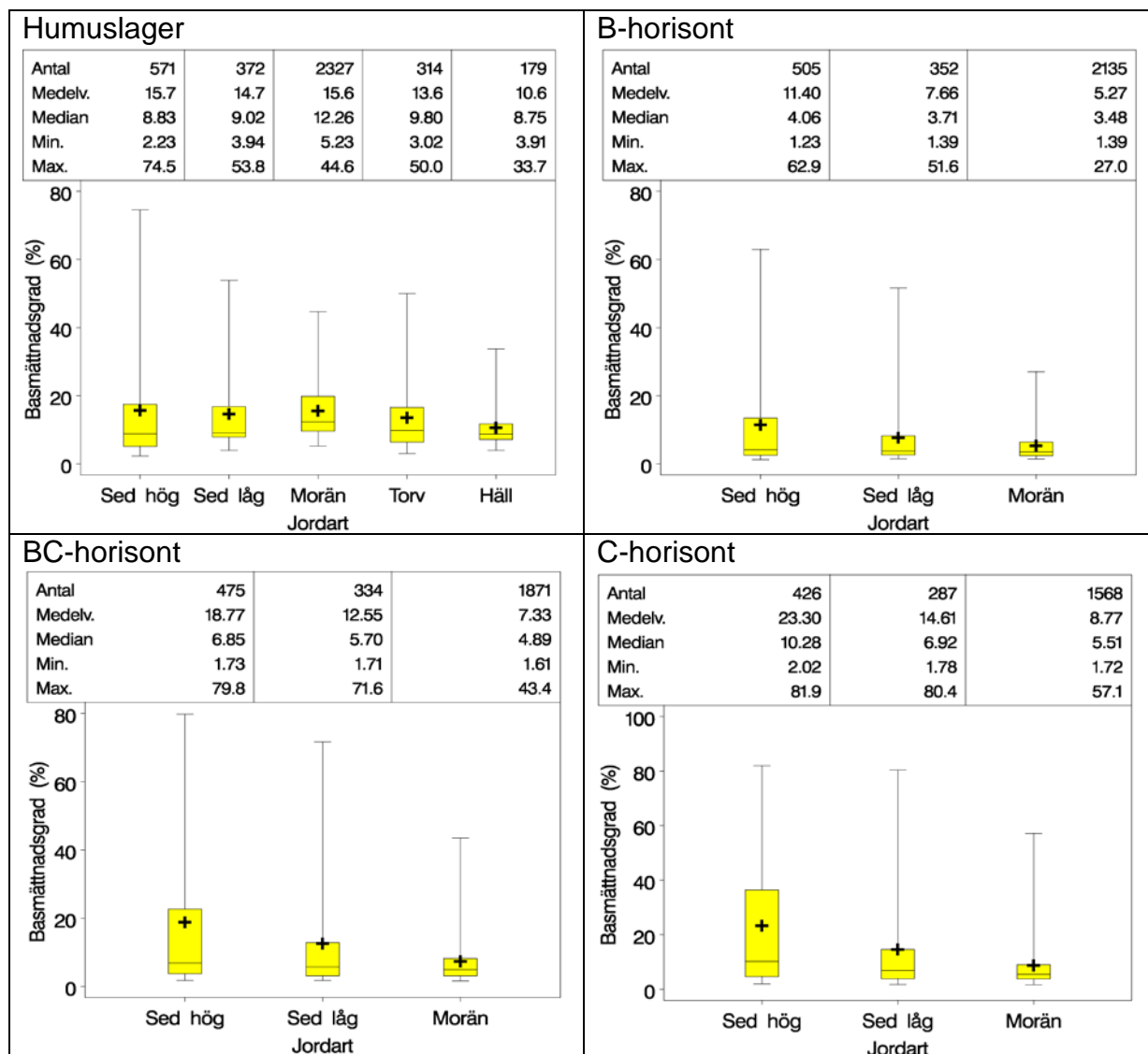
Figur 30. Titrerbar aciditet i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 30. Concentration of titratable acidity in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Basmättnadsgrad (pH=7)

Basmättnadsgraden ($BS_{pH=7}$) i humuslagret har en stor variation inom varje jordartsklass, men medelvärdena är förhållandevis lika. Hällmarkerna hade det lägsta medelvärdet och det var signifikant lägre än motsvarande medelvärde för de övriga jordarterna. Moränerna hade ett signifikant högre medelvärde jämfört med torvjordarna (Fig. 31).

Även i övriga horisonter fanns en stor variation i basmättnadsgraden inom varje jordartsklass. De högsta medelvärdena fanns på sediment med hög sorteringsgrad och de lägsta i moränerna (Fig. 31). Skillnaderna mellan jordarterna var signifikant i alla mineraljordshorisonter (Bilaga 2).



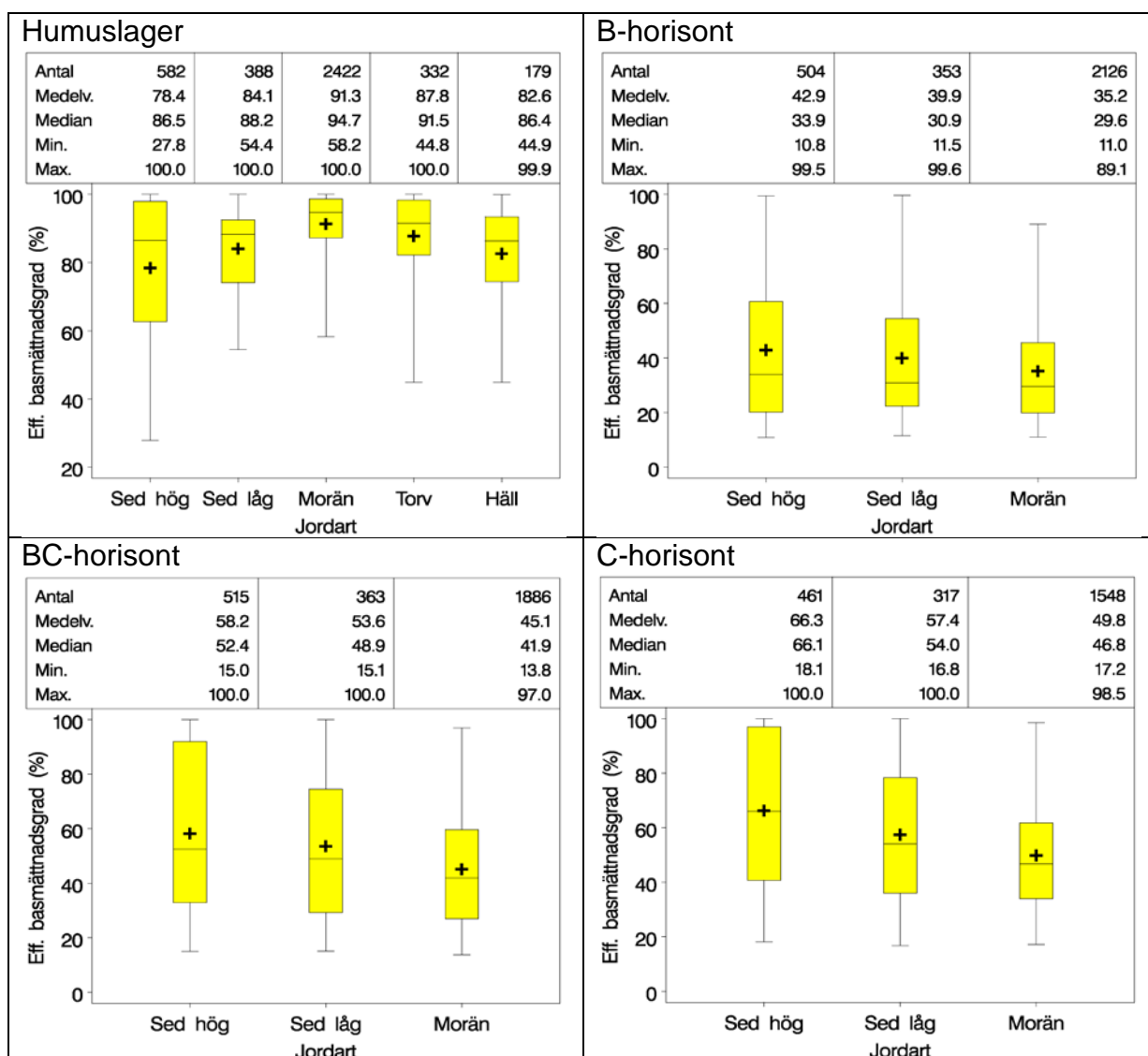
Figur 31. Basmättnadsgraden ($BS_{pH=7}$) i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 31. Base saturation ($BS_{pH=7}$) in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Effektiv basmättnadsgrad

Variationen i effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) inom jordartsklasserna var inte lika stor, som för basmättnadsgraden ($BS_{\text{pH}=7}$). I humuslagret fanns, i motsats till för basmättnadsgraden, det lägsta medelvärdet på sediment med hög sorteringsgrad och det högsta medelvärdet fanns bland moränerna (Fig. 32). Signifikanta skillnader i medelvärdet förelåg mellan de flesta jordartsklasserna (Bilaga 2).

I B-horisonten hade moränerna en effektiv basmättnadsgrad som i medeltal var lägre än motsvarande medelvärderna för båda sedimentklasserna (Fig. 32). Samma mönster, som i B-horisonten, upprepades i BC- och C-horisonten, dvs. högst medelvärde i sediment med hög sorteringsgrad och lägst medelvärde i moränerna (Fig. 32). I BC- och C-horisonterna var skillnaden i medelvärdet signifikant mellan alla jordartsklasser (Bilaga 2).



Figur 32. Effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) i olika marklager uppdelat på olika jordarter i skogsmark för hela landet under omdrevet 1993-2002. Övrig figurförklaring, se figur 14 och 25.

Figure 32. Effective base saturation (BS_{eff}) in different soil horizons divided for different soil parent materials on productive forest land during the inventory 1993-2002. Additional figure explanation, see Fig. 14 and 25.

Markinventeringens betydelse nu – och i framtiden

Förändringar i klimat och deposition, markanvändning samt skogsskötsel medför påverkan på skogsmarksvegetationen, skogsmarken och dess uthålliga produktionsförmåga. För att kunna följa förändringarna i miljön och dess konsekvenser finns ett tydligt behov av fortlöpande miljöanalys där Markinventeringen utgör en viktig komponent på både regional och nationell nivå. Under 2000-talet har Markinventeringen fortsatt och man har slutfört omdrevet 2003-2012, samt påbörjat omdrevet 2013-2022. Resultaten från dessa omdrev utgör en ytterst värdefull resurs, bl.a. när forskarsamhället skall bedöma hur naturliga och antropogena faktorer långsiktigt påverkar exempelvis markkemin.

Referenser

FAO. 1988. Soil Map of the World. *World Soil Resources Report 60*. FAO, Rome.

Karlton, E. 1996. Markkemiska analyser inom Ståndortskarteringen. *Inst. för skoglig marklära, Sveriges lantbruksuniversitet*. Uppsala. 17 sid.

Lundin, L., Karlton, E., Odell, G., Löfgren, O. 2002. Fältinstruktion för ståndortskartering av permanenta provytor vid Riksskogstaxeringen. *Institutionen för skoglig marklära, Sveriges lantbruksuniversitet*. Uppsala. 274 sid.

SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT[®] 9.2 User's Guide, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SAS Institute Inc. 2010. *SAS/GRAPH[®] 9.2: Statistical Graphics Procedures Guide, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Troedsson, T. 1997. Sveriges jordmåner. Beskrivning av jordmånskartan. *Kungliga skogs- och lantbruksakademien*. ISBN 91-88780-15-5.

Troedsson, T., Nykvist, N. 1973. Marklära och markvård. *Almqvist & Wiksell Läromedel AB, Stockholm*. 403 sid.



På väg mot nya trakter. Foto: Ola Borin.



Tre generationer tall. Foto: Åke Bruhn.

Bilagor

Bilaga 1.

Medelvärde \pm standardavvikelse, samt antal prov ($n=$) för pH-H₂O, pH-CaCl₂, kol- och kvävehalt, kol-kväveknot, utbytbart Al, titrerbar aciditet, basmättnadsgrad ($BS_{pH=7}$) och effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) i humuslagret för olika humusformer under omdrevet 1993-2002. Outliers har tagits bort genom att de 5 % lägsta resp. högsta värdena inom varje humusform har raderats. De arealviktade medelvärdena för respektive variabel (= rad) är signifikant skilda åt mellan humusformerna om bokstäverna efter medelvärde \pm standardavvikelse är olika. (Exempel: Medelvärdet för pH-H₂O är signifikant högre i mår typ 2 än i mår typ 1. Men det finns ingen signifikant skillnad i medelvärdet för pH-H₂O mellan torvartad mår och torv [angivit genom att bokstaven c ingår i bokstavsmarkeringarna efter medelvärde \pm standardavvikelse av pH-H₂O för båda dessa humusformer].)

Appendix 1.

Mean value \pm standard deviation and number of samples ($n=$) analyzed on pH-H₂O, pH-CaCl₂, concentrations of total carbon and nitrogen, carbon-to-nitrogen ratio, exchangeable aluminium, titrable acidity, base saturation ($BS_{pH=7}$) and effective base saturation (BS_{eff}) in the humus layer for different humus forms during the inventory 1993-2002. Outliers (the 5 % lowest and highest values respectively within each humus form) were removed. Areal weighted mean values for each variable (=row) is significantly different between humusforms if the letters (after mean value \pm standard deviation) are different.

Bilaga 2.

Medelvärde \pm standardavvikelse, samt antal prov ($n=$) för pH-H₂O, pH-CaCl₂, kol- och kvävehalt, kol-kväveknot, utbytbart Al, titrerbar aciditet, basmättnadsgrad ($BS_{pH=7}$) och effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) i humuslagret, B-, BC- och C-horisonten för olika jordarter. Förklaring i övrigt, se Bilaga 1.

Appendix 2.

Mean value \pm standard deviation and number of samples ($n=$) analyzed on pH-H₂O, pH-CaCl₂, concentrations of total carbon and nitrogen, carbon-to-nitrogen ratio, exchangeable aluminium, titrable acidity, base saturation ($BS_{pH=7}$) and effective base saturation (BS_{eff}) in different soil horizons (O, B, BC and C horizons) for different soil parent material. Other explanations, see Appendix 1.

Bilaga 1.

Medelvärde \pm standardavvikelse, samt antal prov (n=) för pH-H₂O, pH-CaCl₂, kol- och kvävehalt, kol-kvävekvot, utbytbar Al, titrerbar aciditet, basmättnadsgrad (BS_{pH=7}) och effektiv basmättnadsgrad (BS_{eff}) i humuslagret för olika humusformer under omdrevet 1993-2002. Outliers har tagits bort genom att de 5 % lägsta resp. högsta värdena inom varje humusform har raderats. De arealviktade medelvärdena för respektive variabel (= rad) är signifikant skilda åt mellan humusformerna om bokstäverna efter medelvärde \pm standardavvikelse är olika. (Exempel: Medelvärdet för pH-H₂O är signifikant högre i mår typ 2 än i mår typ 1. Men det finns ingen signifikant skillnad i medelvärdet för pH-H₂O mellan torvartad mår och torv [angivet genom att bokstaven c ingår i bokstavsmarkeringarna efter medelvärde \pm standardavvikelse av pH-H₂O för båda dessa humusformer].)

Kemivariabel	Humusform						
	Mår typ 1	Mår typ 2	Moder	Mullikn. Moder	Mull	Torvart. mår	Torv
pH-H ₂ O	3.84 \pm 0.27 f n=3198	3.89 \pm 0.26 e n=1351	4.06 \pm 0.32 d n=659	4.50 \pm 0.36 b n=508	5.17 \pm 0.53 a n=891	4.08 \pm 0.45 cd n=870	4.11 \pm 0.54 c n=955
pH-CaCl ₂	3.23 \pm 0.29 e n=3190	3.27 \pm 0.29 e n=1345	3.42 \pm 0.35 d n=674	3.89 \pm 0.36 b n=495	4.59 \pm 0.59 a n=899	3.47 \pm 0.50 cd n=885	3.52 \pm 0.61 c n=948
Kolhalt (vikt-% t.s.)	40.7 \pm 6.6 b n=3226	38.3 \pm 7.3 c n=1337	32.6 \pm 9.6 d n=666	15.8 \pm 8.9 e n=515	7.64 \pm 4.29 f n=941	38.8 \pm 6.9 c n=867	44.1 \pm 6.1 a n=946
Kvävehalt (vikt-% t.s.)	1.15 \pm 0.23 d n=3151	1.23 \pm 0.24 c n=1309	1.16 \pm 0.30 d n=670	0.70 \pm 0.37 e n=510	0.44 \pm 0.23 f n=918	1.35 \pm 0.27 b n=860	1.67 \pm 0.39 a n=966
Kol-kvävekvot	35.4 \pm 6.4 a n=3166	31.0 \pm 5.2 b n=1327	27.8 \pm 4.9 d n=665	22.6 \pm 3.9 e n=502	17.4 \pm 3.5 f n=926	29.0 \pm 6.5 c n=881	26.9 \pm 7.0 d n=951
Utbytbar Al (mmol _c /kg t.s.)	7.83 \pm 5.68 d n=1562	13.7 \pm 10.4 ab n=594	11.4 \pm 8.9 bc n=286	8.39 \pm 6.60 cd n=252	2.01 \pm 3.19 e n=389	14.6 \pm 13.7 a n=394	10.9 \pm 10.2 c n=427
Titrerbar aciditet (mmol _c /kg t.s.)	713 \pm 175 b n=1516	748 \pm 134 b n=516	618 \pm 209 c n=277	462 \pm 190 d n=187	129 \pm 127 e n=388	725 \pm 210 b n=366	798 \pm 236 a n=408
BS _{pH=7} (%)	12.7 \pm 6.5 d n=1494	10.1 \pm 3.9 e n=596	12.0 \pm 6.1 de n=292	18.7 \pm 11.2 b n=189	56.0 \pm 32.8 a n=383	14.6 \pm 10.8 c n=367	14.3 \pm 11.0 c n=405
BS _{eff} (%)	90.7 \pm 7.5 bc n=1513	83.6 \pm 13.9 f n=594	84.4 \pm 14.2 ef n=287	87.9 \pm 11.7 cde n=213	95.7 \pm 9.1 a n=377	83.9 \pm 16.7 ef n=382	87.8 \pm 13.0 d n=427

Bilaga 2.

Medelvärde \pm standardavvikelse, samt antal prov (n=) för pH-H₂O, pH-CaCl₂, kol- och kvävehalt, kol-kvävekvot i humuslagret, B-, BC- och C-horisonten för olika jordarter under omdrevet 1993-2002. Arealviktade medelvärden. Outliers har tagits bort genom att de 5 % lägsta resp. högsta värdena inom varje jordartsklass har raderats. De arealviktade medelvärdena för respektive variabel (= rad) är signifikant skilda åt mellan jordarterna om bokstäverna efter medelvärde \pm standardavvikelse är olika. (Exempel se bilaga 1).

Kemivariabel	Hori- sont	Jordart				
		Sed. högsort	Sed. lågsort	Morän	Torv	Häll
pH-H ₂ O	O/H	4.25 \pm 0.60 a n=1194	4.12 \pm 0.55 b n=729	4.01 \pm 0.39 c n=5979	4.06 \pm 0.53 b n=724	3.91 \pm 0.35 d n=390
	B	4.94 \pm 0.36 a n=506	4.93 \pm 0.33 a n=352	4.83 \pm 0.26 b n=2103	5.8 \pm 1.0 n=4	-
	BC	5.28 \pm 0.39 a n=478	5.18 \pm 0.34 b n=345	5.12 \pm 0.28 c n=1899	-	-
	C	5.42 \pm 0.41 a n=430	5.30 \pm 0.37 b n=295	5.22 \pm 0.28 c n=1570	-	-
pH-CaCl ₂	O/H	3.64 \pm 0.63 a n=1183	3.50 \pm 0.60 b n=739	3.40 \pm 0.42 c n=5358	3.44 \pm 0.59 bc n=723	3.25 \pm 0.36 d n=390
	B	4.35 \pm 0.31 a n=501	4.37 \pm 0.31 a n=356	4.31 \pm 0.26 b n=2126	5.1 \pm 1.0 n=4	-
	BC	4.70 \pm 0.34 a n=484	4.67 \pm 0.32 ab n=344	4.64 \pm 0.27 b n=1904	-	-
	C	4.81 \pm 0.36 a n=438	4.78 \pm 0.34 ab n=290	4.75 \pm 0.25 b n=1584	-	-
Kolhalt (vikt-% t.s.)	O/H	28.9 \pm 14.3 e n=1208	32.4 \pm 13.4 d n=754	37.2 \pm 9.9 b n=5296	45.3 \pm 5.1 a n=713	35.9 \pm 9.6 c n=392
	B	1.55 \pm 0.95 b n=511	1.57 \pm 0.96 b n=368	2.23 \pm 1.14 a n=2141	2.9 \pm 1.7 n=4	-
	BC	0.533 \pm 0.470 c n=495	0.689 \pm 0.574 b n=351	0.868 \pm 0.688 a n=1947	-	-
	C	0.311 \pm 0.244 b n=435	0.450 \pm 0.382 a n=297	0.475 \pm 0.371 a n=1625	-	-
Kvävehalt (vikt-% t.s.)	O/H	1.03 \pm 0.42 d n=1177	1.04 \pm 0.38 d n=740	1.14 \pm 0.29 c n=5225	1.70 \pm 0.40 a n=733	1.22 \pm 0.30 b n=395
	B	0.089 \pm 0.053 b n=509	0.079 \pm 0.046 c n=380	0.104 \pm 0.050 a n=2153	0.15 \pm 0.09 n=4	-
	BC	0.042 \pm 0.024 b n=497	0.042 \pm 0.025 b n=359	0.050 \pm 0.032 a n=1960	-	-
	C	0.031 \pm 0.018 a n=464	0.032 \pm 0.021 a n=315	0.032 \pm 0.020 a n=1690	-	-
Kol- kvävekvot	O/H	26.1 \pm 7.7 d n=1190	29.4 \pm 7.7 b n=728	31.9 \pm 7.2 a n=5308	27.5 \pm 7.3 c n=724	28.8 \pm 5.3 b n=397
	B	17.4 \pm 5.5 c n=495	19.1 \pm 5.3 b n=360	21.1 \pm 5.1 a n=2131	23 \pm 8 n=4	-
	BC	11.6 \pm 6.0 c n=467	14.8 \pm 6.2 b n=333	16.0 \pm 6.0 a n=1834	-	-
	C	8.99 \pm 4.42 c n=406	12.6 \pm 6.1 b n=276	13.7 \pm 6.0 a n=1517	-	-

Bilaga 2 (forts.).

Medelvärde \pm standardavvikelse, samt antal prov för utbytbart Al, titrerbar aciditet, basmättnadsgrad och effektiv basmättnadsgrad i humuslagret, B-, BC- och C-horisonten för olika jordarter. Arealviktade medelvärden. Outliers har tagits bort genom att de 5 % lägsta resp. högsta värdena inom varje jordartsklass har raderats. De arealviktade medelvärdena för respektive variabel (= rad) är signifikant skilda åt mellan jordarterna om bokstäverna efter medelvärde \pm standardavvikelse är olika. (Exempel se bilaga 1).

Kemivariabel	Hori- sont	Jordart				
		Sed. högsort	Sed. lågsort	Morän	Torv	Häll
Utbytbart Al (mmol _e /kg t.s.)	O/H	15.6 \pm 14.2 a n=585	13.7 \pm 11.2 ab n=404	8.00 \pm 8.29 c n=2536	10.9 \pm 9.8 b n=330	13.3 \pm 9.1 a n=181
	B	4.97 \pm 3.62 b n=502	4.54 \pm 3.15 b n=353	6.41 \pm 3.90 a n=2142	3.8 \pm 3.6 n=4	-
	BC	1.88 \pm 1.74 b n=516	2.07 \pm 1.90 b n=364	2.64 \pm 1.99 a n=1898	-	-
	C	1.22 \pm 1.08 b n=454	1.65 \pm 1.68 a n=323	1.78 \pm 1.21 a n=1562	-	-
Titrerbar aciditet (mmol _e /kg t.s.)	O/H	669 \pm 240 b n=539	750 \pm 344 ab n=349	677 \pm 190 b n=2159	821 \pm 230 a n=313	677 \pm 225 b n=181
	B	53.4 \pm 27.1 b n=505	49.8 \pm 24.4 b n=357	67.7 \pm 29.4 a n=2137	49 \pm 20 n=4	-
	BC	27.0 \pm 15.9 b n=488	27.4 \pm 16.0 b n=341	32.9 \pm 17.6 a n=1903	-	-
	C	22.8 \pm 14.6 b n=429	22.7 \pm 15.3 b n=292	26.4 \pm 16.1 a n=1618	-	-
Basmätt- nadsgrad (%)	O/H	15.7 \pm 16.9 ab n=571	14.7 \pm 13.8 ab n=372	15.6 \pm 8.8 a n=2327	13.6 \pm 10.6 b n=314	10.6 \pm 5.9 c n=179
	B	11.4 \pm 14.8 a n=505	7.66 \pm 9.86 b n=352	5.27 \pm 4.58 c n=2135	33 \pm 37 n=4	-
	BC	18.8 \pm 23.2 a n=475	12.5 \pm 16.5 b n=334	7.33 \pm 7.18 c n=1871	-	-
	C	23.3 \pm 25.1 a n=426	14.6 \pm 18.8 b n=287	8.77 \pm 9.40 c n=1568	-	-
Effektiv basmätt- nadsgrad (%)	O/H	78.4 \pm 21.9 d n=582	84.1 \pm 13.9 bc n=388	91.3 \pm 9.6 a n=2422	87.8 \pm 12.7 b n=332	82.6 \pm 13.3 c n=179
	B	42.9 \pm 27.9 a n=504	39.9 \pm 23.0 a n=353	35.2 \pm 19.3 b n=2216	61 \pm 31 n=4	-
	BC	58.2 \pm 29.4 a n=515	53.6 \pm 27.6 b n=363	45.1 \pm 21.0 c n=1886	-	-
	C	66.3 \pm 28.3 a n=461	57.4 \pm 26.4 b n=317	49.8 \pm 20.4 c n=1548	-	-

Distribution: SLU
Institutionen för Mark och miljö Box 7014
750 07 UPPSALA

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från Institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet. Serien spänner över ämnesområdena markkemi, markfysik, markbiologi och vattenvård.

In this series research results from the Department of Soil and Environment at the Swedish University of Agricultural Sciences are reported. The reports are issued within the areas biogeochemistry, biogeophysics, soil biology and water quality.