

Klassificering av sura sulfatjordar i Finland och Sverige

Version 1.2018

Anton Boman^{a)}, Marina Becher^{b)}, Stefan Mattbäck^{a)}, Gustav
Sohlenius^{b)}, Jaakko Auri^{a)}, Christian Öhrling^{b)}, Peter Edén^{a)}

^{a)}Geologiska forskningscentralen (GTK), e-post: förnamn.efternamn@gtk.fi

^{b)}Sveriges geologiska undersökning (SGU), e-post: förnamn.efternamn@sgu.se



Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Definition av Sura sulfatjordsmaterial	2
2.1	Sulfidmaterial	2
2.2	Hypersulfidmaterial	2
2.3	Pseudohypersulfidmaterial	3
2.4	Hyposulfidmaterial	3
2.5	Monosulfidmaterial	3
2.6	Sulfatmaterial	4
2.7	Pseudosulfatmaterial	4
3	Klassificering av sura sulfatjordslokaler	4
3.1	Nivå 1: Sur sulfatjord	5
3.1.1	Pseudo sur sulfatjord	5
3.2	Nivå 2: Aktiva och potentiella sura sulfatjordar	5
3.3	Nivå 3: Diagnostiska material i sura sulfatjordar	6
4	Provtagning av sura sulfatjordsmaterial	6
5	Källförteckning	8

1 INLEDNING

Det här dokumentet beskriver klassificering av sura sulfatjordar i Finland och Sverige. Klassificeringsmetodik har tagits fram i projektet Vatten och människan i landskapet (VIMLA, finansierat av Interreg Botnia-Atlantica programmet). Avsikten med anvisningarna är att Finland och Sverige ska använda samma klassificeringsmetodik för sura sulfatjordar, vilket möjliggör gränsöverskridande kartläggning av sura sulfatjordar.

Den allmänna definitionen för sura sulfatjordar är jordar som innehåller sulfidmaterial (dvs. hypersulfidmaterial; kapitel 2.2) i sådana mängder att markens pH har sjunkit, eller kan sjunka, under 4 som följd av sulfidoxidation och bildning av svavelsyra. Till den svensk-finska definitionen har även inkluderats att för organiska jordartsmaterial (ex torv och gyttja) ska pH sjunka under 3 vid oxidation. Orsaken till detta är för att kunna särskilja mellan pH-sänkning som uppstår på grund av sulfidoxidation och pH-sänkning som uppstår på grund av förekomsten organiska syror (Hadzic et al., 2014).

Terminologin samt definitionerna som används för klassificering av jordlager i sura sulfatjordar följer så långt det är möjligt förslag från den internationella arbetsgruppen för sura sulfatjordar och som publicerats i Sullivan et al. (2010). Delar av arbetsgruppens förslag har också upptagits i befintliga internationella klassificeringssystem så som "World reference base for soil resources, WRB" (IUSS Working Group WRB, 2015) och den australiensiska jordartsklassificeringen (Isbell, RF and National Committee on Soils and Terrain, 2016). Mindre modifieringar av några materials definitioner har inkluderats i den svensk-finska klassificeringen för några viktiga sura sulfatjordsmaterial (exempelvis torv) som förekommer i Finland och Sverige. Några nya termer och material har också inkluderats i den svensk-finska klassificeringen.

Sura sulfatjordar består vanligen av lager av **minerogena jordarter** av varierande kornstorlekar (ex lera, silt, sand etc.) och/eller av **organiska jordarter** (ex torv och gyttja). Det räcker att ett av dessa lager består av diagnostiskt material för att lokalen ska klassas som en sur sulfatjord (läs mera i kapitel 3 om klassificering av sura sulfatjordslokaler.). Minerogena jordarter indelas ytterligare i **sorterat** och **osorterat material**. Sorterat material har oftast transporterats med vatten och vind och avlagrats i "sorterade" lager. Osorterat material, dvs. morän, utgörs av material som avsatts genom inlandsisens aktivitet och består vanligen av olika kornstorlekar. En stor del av de jordartsmaterial som bygger upp en sur sulfatjord i Finland och Sverige har alltså vanligen ett sedimentärt ursprung, och är antingen avsatta direkt som följd av den senaste inlandsisens aktivitet, d.v.s. morän (glaciala sediment), eller avsatta efter avsmältningen av den senaste inlandsisens (postglaciala sediment). Morän är den vanligaste jordarten i Finland och Sverige och underlagrar de flesta sura sulfatjordar. I naturtillstånd bildas ofta ett torvtäcke ovanpå mineraljorden och så gott som alla sura sulfatjordar i Finland och Sverige har tidigare varit täckta med torv men på grund av markanvändningen har torvtäcket många gånger försvunnit.

I den svensk-finska klassificeringen har en egen grupp definierats för sådana jordar som enligt nuvarande kriterier inte klassas som sura sulfatjordar men som ligger på gränsen att klassas som sådana. I dessa så kallade pseudo sura sulfatjordar ("gränsfalls sura sulfatjordar") förekommer förmodligen en förhöjd risk för miljöproblem. Dessa jordar är viktiga när miljöriskpotentialen för olika typer av sura sulfatjordar ska bedömas. Forskning har visat att miljöriskpotentialen kan variera en hel del mellan olika typer av sura sulfatjordar, exempelvis innehåller grovkorniga sura sulfatjordar vanligen

lägre halter av sulfid och metaller än finkorniga sura sulfatjordar, vilket betyder att miljörisken för en grovkornig sur sulfatjord förmodligen är mindre än för en finkornig. En finkornig (ex lera, silt) pseudo sur sulfatjord kommer förmodligen att utgöra ett större miljöproblem än en grovkornig (ex sand) sur sulfatjord, med den skillnaden att den med större miljöproblem i detta exempel inte klassas som en "riktig" sur sulfatjord medan den med mindre miljörisk gör det.

2 DEFINITION AV SURA SULFATJORDSMATERIAL

Med termen "sura sulfatjordsmaterial" avses jordarter (minerogent och organiskt) som innehåller sulfider (reducerat material) och/eller sulfat (oxiderat material) (kapitel 2.1 – 2.7). Sura sulfatjordsmaterial som är diagnostiska för sura sulfatjordar kallas för "diagnostiska material" och omfattar **hypersulfidmaterial** (kapitel 2.2), **hypermonosulfidmaterial** (kapitel 2.5) och **sulfatmaterial** (kapitel 2.6). När det är möjligt har de definitioner och terminologi för sura sulfatjordsmaterial som fastslagits av den internationella arbetsgruppen för sura sulfatjordar använts. Nya termer och modifieringar förekommer dock och dessa beskrivs i detalj nedan.

2.1 Sulfidmaterial

Befintlig definition som används i IUSS Working Group WRB (2015) och i den australiensiska klassificeringen (Isbell, RF and National Committee on Soils and Terrain, 2016).

Med sulfidmaterial avses jordarter (minerogena och organiska) som innehåller $\geq 0,01\%$ (torrvikt) svavel i sulfidform. Sulfidkoncentrationen kan bestämmas med den s.k. kromreduktionsmetoden som beskrivs i bl.a. Backlund et al. (2005), Boman (2008) och Dalhem et al. (2016). För finkorniga minerogena jordarter (ex lera- och silt) kan det räcka med analys av totalsvavel (ex aqua regia-upplösning och ICP-OES/MS bestämning) eftersom tidigare studier visat att största delen av svavel i sådana material vanligen är i sulfidform (Boman 2008). För organiska jordarter (ex torv) är det inte möjligt att använda totalsvavel eftersom en betydande andel av svavlet kan vara organiskt bundet.

2.2 Hypersulfidmaterial

Befintlig term för minerogena jordarter men inkluderar också organiska jordarter. Synonym: Potentiellt surt sulfatjordsmaterial, sulfidjordsmaterial.

Hypersulfidmaterial är ett diagnostiskt material för sura sulfatjordar och definieras som sulfidmaterial som är kapabel till kraftig försurning som ett resultat av oxidation av sulfider. Hypersulfidmaterial har ett fält-pH på $>4,0$ för minerogena jordarter och $>3,0$ för organiska jordarter och identifieras genom en kraftig sänkning* av pH till $<4,0$ för minerogent material och $<3,0$ för organiskt material när ett 2-10 mm tjockt lager av materialet inkuberas (oxideras) under fältkapacitet. Längden på inkubationen är antingen: **a)** tills materialets pH har förändrats med åtminstone 0,5 pH-enheter till pH-värdet $<4,0$ för mineraljordsmaterial eller $<3,0$ för organiska jordartsmaterial, eller **b)** tills ett stabilt** pH-värde har uppnåtts efter åtminstone 8 veckors inkubation.

**En kraftig sänkning vid inkubation kännetecknas av en sänkning med 0,5 pH-enheter eller mera.*

***Ett stabilt pH antas ha nåtts efter 8 veckor av inkubation när antingen pH-sänkningen är $< 0,1$ pH-enhet under en 14-dagars period, eller när pH börjar öka.*

2.3 Pseudohypersulfidmaterial

Ny term sin inkluderar sulfidmaterial som ligger på gränsen till att klassificeras som hypersulfidmaterial. I Fitzpatrick et al. (2008) används termen "pseudo sulfidic" (engelska) för sulfidmaterial med inkubations-pH värden mellan 4 och 5.

Pseudohypersulfidmaterial är sulfidmaterial som är kapabel till måttlig försurning som ett resultat av oxidation av sulfider. Pseudohypersulfidmaterial har ett fält-pH på >4,0 för minerogena jordarter och >3,0 för organiska jordarter och identifieras genom en mycket kraftig sänkning* av pH till 4 – 4,5 för minerogent material och 3 – 3,5 för organiskt material när ett 2–10 mm tjockt lager av materialet inkuberas (oxideras) under fältkapacitet tills ett stabilt** pH-värde har uppnåtts efter åtminstone 8 veckors inkubation.

**En mycket kraftig sänkning vid inkubation kännetecknas av en sänkning med 1,0 pH-enheter eller mera.*

***Ett stabilt pH antas ha nåtts efter 8 veckor av inkubation när antingen pH-sänkningen är < 0,1 pH-enhet under en 14-dagars period, eller när pH börjar öka.*

2.4 Hyposulfidmaterial

Befintlig term men med något modifierad gräns för inkubations-pH för minerogena jordarter samt inkluderande av organiska jordarter (dock med annan gräns för inkubations-pH).

Hyposulfidmaterial är sulfidmaterial som inte är kapabel till kraftig eller måttlig försurning som ett resultat av oxidation av sulfider. Hyposulfidmaterial har ett fält-pH på 4,0 eller mera för minerogena jordarter och 3,0 eller mera för organiska jordarter och identifieras genom att pH inte sjunker till mindre än 4,6 för minerogent material och mindre än 3,6 för organiskt material när ett 2-10 mm tjockt lager av inkuberas (oxideras) under fältkapacitet tills ett stabilt pH-värde har uppnåtts efter åtminstone 8 veckors inkubation.

**En mycket kraftig sänkning vid inkubation kännetecknas av en sänkning med 1,0 pH-enheter eller mera.*

***Ett stabilt pH antas ha nåtts efter 8 veckor av inkubation när antingen pH-sänkningen är < 0,1 pH-enhet under en 14-dagars period, eller när pH börjar öka.*

2.5 Monosulfidmaterial

Befintlig term. Synonym: Svartmocka

Med monosulfidmaterial avses sulfidmaterial som innehåller $\geq 0,01\%$ (torrvikt) syralösliga sulfider (eng. acid volatile sulfide; AVS). Koncentrationen syralösliga sulfider kan bestämmas med den s.k. AVS-metoden som beskrivs i bl.a. Backlund et al. (2005), Boman (2008) och Dalhem et al. (2016). Monosulfider omfattar oorganiska järnsulfider så som mackinavit (FeS) och greigit (Fe₃S₄) (Boman et al., 2008) och är vanligen orsaken till att sulfidmaterialet får en mörk eller svart färg. I grovkorniga (exempelvis sand) minerogena jordarter kan det vara svårt att i fält påvisa förekomsten av monosulfidmaterial medan det i finkorniga (exempelvis lera- och silt) minerogena jordarter ofta är enklare. Förslagsvis används termen monosulfidmaterial enbart i de fall då materialet uppvisar en väldigt mörk färg (enligt Munsell-färgkartan) och förekomsten av monosulfider påvisats med godkänd analysmetod.

På samma sätt som för sulfidmaterial indelas även monosulfidmaterial beroende på hur pH-värdet utvecklas under inkubation:

- **Hypermonosulfidmaterial**, om materialet består av både monosulfidmaterial och hypersulfidmaterial (kapitel 2.2). Diagnostiskt material.
- **Pseudohypermonosulfidmaterial**, om materialet består av både monosulfidmaterial och pseudohypersulfidmaterial (kapitel 2.3).
- **Hypomonosulfidmaterial**, om materialet består av både monosulfidmaterial och hyposulfidmaterial (kapitel 2.4).

2.6 Sulfatmaterial

Befintlig definition för minerogena jordarter men inkluderar organiska jordarter (dock med lägre fält-pH gräns). Synonym: Aktivt surt sulfatjordsmaterial.

Sulfatmaterial är ett diagnostiskt material för sura sulfatjordar och definieras som jordarter som på grund av sulfidoxidation har ett fält-pH <4,0 för minerogent material och <3,0 för organiska material. Bevis på sulfidoxidation är en av följande:

- Anrikning av jarosit ($\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$) eller andra järn- och aluminiumsulfatmineral eller hydrosulfatmineral så som natrojarosit ($\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), schwertmannit ($\text{Fe}_{16}(\text{OH},\text{SO}_4)_{12-13}\text{O}_{16} \times 10-12\text{H}_2\text{O}$), sideronatriit ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \times 3\text{H}_2\text{O}$), tamarugit ($\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) etc.
- $\geq 0,05\%$ (viktprocent) vattenlösligt sulfat.
- Underliggande hypersulfidmaterial (kapitel 2.2).

2.7 Pseudosulfatmaterial

Ny term som inkluderar "sulfatmaterial" som har ett pH-värde mellan 4 och 4,5. Gäller enbart för minerogena jordarter.

Minerogent material som på grund av sulfidoxidation har ett fält-pH mellan 4,0 och 4,5 och som kan utgöra ett miljöproblem då aluminium blir lösligt och lakas ut. Se definition på "sulfatmaterial" för bevis på sulfidoxidation. Pseudosulfatmaterial är ensamt inget diagnostiskt material för sura sulfatjordar utan kräver också underliggande hypersulfidmaterial (kapitel 2.2.) för att hela profilen ska klassas som en sur sulfatjord.

3 KLASSIFICERING AV SURA SULFATJORDSLOKALER

Samlingsnamnet 'sura sulfatjordar' är brett och innefattar lokaler där sulfat-, hypersulfid-, och/eller hypermonosulfidmaterial förekommer i profilen. Då de olika materialen kan förorsaka olika miljöproblem finns ett behov av ytterligare indelningar där varje nivå är mera beskrivande än den föregående (se Figur 1). I den här manualen beskrivs de tre första nivåerna som är viktiga på lokalnivå och vid översiktsskartering av sura sulfatjordar. Nivå 1 utgörs av huvudgruppen "sur sulfatjord" (kapitel 3.1), nivå 2 utgörs av aktiva och potentiella sura sulfatjordar (kapitel 3.2) medan nivå 3 (kapitel 3.3) beskriver de diagnostiska material som förekommer i jorden (Tabell 1).

Jordar som inte klassas som sura sulfatjordar utgående från de kriterier som beskrivs i den här manualen men som ligger på gränsen har tilldelats en egen klass och kallas ”**pseudo sur sulfatjord**” (kapitel 3.1.1).

Tabell 1. Indelning av sura sulfatjordar.

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Sur sulfatjord	Aktiv sur sulfatjord	Jord med sulfatmaterial Jord med sulfat- och hypersulfidmaterial Jord med pseudosulfat- och hypersulfidmaterial
	Potentiell sur sulfatjord	Jord med hypersulfidmaterial

(Pseudo sur sulfatjord)

3.1 Nivå 1: Sur sulfatjord

Omfattar själva huvudgruppen *sur sulfatjord* och här ingår alltså alla typer som klassas som sura sulfatjordar. För att klassas som en sur sulfatjord måste jorden innehålla minst ett diagnostiskt material, dvs. antingen *sulfatmaterial* och/eller *hypersulfidmaterial* (inklusive *hypermonosulfidmaterial*). Om jorden innehåller *pseudosulfatmaterial* (pH 4,0–4,5; kapitel 2.7) måste det även finnas hypersulfidmaterial i underliggande lager för att hela profilen ska klassas som en sur sulfatjord.

3.1.1 Pseudo sur sulfatjord

Ny term. Observera! Uppfyller inte kraven för att klassas som en sur sulfatjord men kan utgöra en potentiell miljörisk under särskilda omständigheter och miljöer.

Definieras som jordar som ligger på gränsen att klassas som sura sulfatjordar utgående från de kriterier som anges i den här manualen. En pseudo sur sulfatjord innehåller antingen: **1)** en måttligt sur jordhorisont där pH ligger mellan 4 – 4,5 (pseudosulfatmaterial; kapitel 2.7) i det minerogena materialet men där underliggande material inte uppfyller kriterierna för hypersulfidmaterial (kapitel 2.2) (dvs. en aktiv pseudo sur sulfatjord), eller **2)** icke-sulfatmaterial (pH >4,5) tillsammans med underliggande pseudohypersulfidmaterial (kapitel 2.3) (dvs. en potential pseudo sur sulfatjord). Pseudo sura sulfatjordar kan vidare indelas i undergrupper på samma sätt som sura sulfatjordar men detta har utelämnats från denna manual.

3.2 Nivå 2: Aktiva och potentiella sura sulfatjordar

Hos en aktiv sur sulfatjord har sulfidoxidation kommit igång och pH i fält uppfyller de diagnostiska kraven för sulfatmaterial och/eller pseudosulfatmaterial med underliggande hypersulfidmaterial. En potentiell sur sulfatjord kan utvecklas till en aktiv sur sulfatjord om hypersulfidmaterialet exponeras för luftens syre. Viktigt att notera är att en potentiell sur sulfatjord kan innehålla en oxiderad horisont som tidigare uppfyllt diagnostiska kriterier för sulfatmaterial och/eller pseudosulfatmaterial, men som utlakats i sådan

grad att kriterierna inte längre uppfylls. I sådana fall har en aktiv sur sulfatjord övergått till en potentiell sur sulfatjord, som igen kan utvecklas till en aktiv ifall grundvattennivån ytterligare sänks.

3.3 Nivå 3: Diagnostiska material i sura sulfatjordar

Beskriver de diagnostiska material som förekommer i jorden. Exempel: *Jord med sulfatmaterial* och *jord med sulfat- och hypersulfidmaterial*.

På den här nivån görs ingen åtskillnad mellan mineraljordar och organiska jordar och det kan därför i samma profil finnas både mineraljordsmaterial och organiska jordartsmaterial som uppfyller diagnostiska kriterier. Notera att termen "monosulfid" inte används i lokalnamnet men att termen kan användas vid mera detaljerad klassificering av jordprofilen (högre nivå).

4 PROVTAGNING AV SURA SULFATJORDSMATERIAL

Syftet med provtagningen är att fastställa om provlokalen består av sura sulfatjordar eller ej. Nedan följer ett förslag på hur provtagning av sura sulfatjordar kan gå till vid översiktskartering. Ifall provtagningen har ett annat syfte kan nedanstående anvisningar modifieras enligt behov. Markprov tas alltid från varje lokal, förutom om det vid lokalen förekommer blockig morän (eller berg) vilket utgör problem för provtagaren.

Observationer före provtagning:

1. Kontrollera före provtagningen att inga dräneringsrör, elkablar, gasledningar, vattenledningsrör etc. finns i närheten som eventuellt kan skadas eller utsätta personer i omgivningen för fara.
2. Miljön vid provtagningslokalen fotograferas och fotot sparas tillsammans med provtagningsresultatet.

Provtagning:

1. Jordprofilen fotograferas (som t.ex. 1m långa sektioner) och fotona sparas tillsammans med provtagningsresultatet. Använd gärna en mätsticka eller ett måttband för att markera djupet på markmaterialet som fotograferas.
2. Provtas om möjligt från ytan (ex O, A- horisont) och ner till reducerat modermaterial (C- horisonten). Detta djup påträffas ofta inom 2-3 m men kan i torvmarker befinnas på ännu större djup. Viktigt vid torvmarker är att försöka komma åt underliggande minerogent material.
3. Beskriv jordarternas färg, textur, kontakter, start och slutdjup samt möjlig lukt av svavel eller vätesulfid. Notera även andra iakttagelser som kan vara av nytta för kartering eller forskning (t.ex. förekomsten av jarosit eller andra intressanta mineral). Iakttagelse av oxidationsdjupet (övergångsskiktet) på basis av färg (t.ex. färgskiftning från rödaktig till grå) och/eller pH-mätningar ska alltid noteras. Notera även hur skarp övergången är, t.ex. "skarp", "gradvis" eller "gradvis 40 cm".
4. pH-mätningar från det oxiderade markskiktet och övergångsskiktet görs med 10–20 cm mellanrum.

5. Rutinprov för inkubation och eventuella multielementanalyser tas vanligen från den övre, tydligt reducerade jorden. Markprov kan också tas från den oxiderade delen av jorden. Beroende av syftet med provtagningen kan prover tas med olika tjocka provavsnitt. I översiktskartering provats 20 cm tjocka provavsnitt, med särskilt fokus på det reducerade och ooxiderade modermaterialet. I vissa så kallade typprofiler provtas 20 cm tjocka provavsnitt kontinuerligt genom hela jordprofilen med början från markytan och ner till ooxiderat modermaterial. Man bör sträva efter att provta varje enskild jordart i det reducerade modermaterialet. Ta i beaktande redox-djupet och kontakterna mellan olika jordarter och undvik att blanda olika jordarter. Kom ihåg att mäta markprovets pH genast i fält, efter att dessa homogeniserats och överförts till provpåsar, "chip trays" eller andra behållare för inkubation (se Figur 2). Inkubationsprovets tjocklek bör vara mellan 2–10 mm. Även om pH i det oxiderade skiktet är <math><4,0</math> för minerogent material eller <math><3,0</math> för organiskt material (dvs. aktiv sur sulfatjord) tas det alltid prov från de underliggande reducerade jordarterna.



Figur 2. Inkubation av jordprov i så kallad chip tray. Foto: Pentti Kouri, GTK.

- För multielementanalyser och kvalitetskontroll av inkubationsmetoden används markprov från ungefär 10% av provtagningslokalerna (ex vid översiktskartering i Finland). Varje markprov delas upp i två inkubationsprov (ett rutinprov och ett dubbelprov) som inkuberas parallellt. I praktiken kan man göra så att varje provavsnitt överförs i en provpåse och därefter knådar provpåsen för att homogenisera provet och sedan flyttar över material från provpåsen till två behållare för inkubation. Se till att det återstår tillräckligt med material i provpåsen för multielementanalys. Kom ihåg att mäta markprovets pH genast i fält, efter att inkubationsproven homogeniserats och flyttats över till provpåsar, chip trays eller andra behållare för inkubation.
6. Om markprofilen är oxiderad ända ner till provtagningens slutdjup tas alltid ett prov från det nedersta markskiktet. Vid behov kan markprov även tas från de överliggande oxiderade jordarterna.
 7. Vid ungefär 5% av provtagningslokalerna (var 20:e lokal) görs ett fältreplikat för kvalitetskontroll av karteringen (ex vid översiktskartering i Finland). Detta innebär att man gör en ny markobservation inom 1m från den tidigare provpunkten och beskriver denna provpunkt på nytt (helt oberoende av den tidigare observationen).

5 KÄLLFÖRTECKNING

Backlund, K., Boman, A., Fröjdö, S. och Åström, M., 2005. An analytical procedure for determination of sulphur species and isotopes in boreal acid sulphate soils and sediments. *Agricultural and Food Science* 14, p. 70-82.

Boman, A., 2008. Sulphur Dynamics in Boreal Potential and Actual Acid Sulphate Soils Rich in Metastable Iron Sulphide, Doktorsavhandling, Åbo Akademi, 70 sidor.

Boman, A., Åström, M. och Fröjdö, S., 2008. Sulfur dynamics in boreal acid sulfate soils rich in metastable iron sulfide – The role of artificial drainage. *Chemical Geology* 255, p. 68-77.

Dalhem, K., Mattbäck, S., Österholm, P. och Boman, A., 2016. A miniaturized distillation method for determining reduced sulfur species in sulfidic soil materials. Abstract in "8th International Acid Sulfate Soils Conference, College Park, Maryland, USA, July 17-23, 2016, p. 26-27.

Fitzpatrick, R. W., Shand, P., Merry, R. H., Thomas, B., Marvanek, S., Creeper, N., Thomas, M., Raven, M. D., Simpson, S.L., McClure, S. och Jayalath, N., 2008. Acid Sulfate Soil in the Coorong, Lake Alexandria and Lake Albert: properties, distribution, genesis, risks and management of subaqueous, waterlogged and drained soil environments, CSIRO Land and Water Science Report, 52/08.

Hadzic, M., Postila, H., Österholm, P., Nystrand M., Pahkakangas, S., Karppinen, A., Arola, M., Nilivaa-ra-Koskela, R., Häkkinen, K., Saukkoriipi, J., Kunnas, S. och Ihme, R. 2014. Identifiering och användning av sulfidhaltiga torvmarker – SuHE-projektets slutrapport, Finlands miljöcentrals rapporter 17/2014. 88 sidor. På finska.

Isbell, RF and National Committee on Soils and Terrain, 2016. The Australian soil classification (2nd ed.), CSIRO Publishing, Clayton, Australia.

IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World soil resources reports No. 106, FAO, Rome.

Sullivan, L. A., Fitzpatrick, R. W., Bush, R. T., Burton, E. D., Shand, P. och Ward, N. J., 2010. The classification of acid sulfate soil materials: further modifications. Southern Cross GeoScience Technical Report No. 310. Southern Cross University, Lismore, NSW, Australia.