

Skiffergas och biogen gas i alunskiffern i Sverige, förekomst och geologiska förutsättningar – en översikt

Mikael Erlström

juni 2014

SGU-rapport 2014:19

Dnr: 311-1124/2014



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Alunskifferbrottet i Andrarum, Skåne.
Foto: Mikael Erlström.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

FÖRORD

Rapporten syftar till att ge en översiktlig beskrivning av alunskifferförekomsterna i Sverige och dess innehåll av skiffergas och biogen gas.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har med bakgrund till skiffergasfrågans aktualitet sett ett stort behov av en rapport som visar hur situationen ser ut i Sverige. I internationella studier och rapporter visas ofta felaktiga kartor som anger alltför stora skifferområden med potential för skiffergas i Sverige. Därför presenteras i rapporten nya kartor som visar förekomsternas kända och begränsade utbredningar.

Rapporten syftar även till att klargöra att fracking endast kan vara tillämpbar inom mycket begränsade områden i Sverige. Dessa områden finns i delar av Skåne men de bedöms inte lämpliga för skiffergas, bl.a. på grund av läget i en tätbefolkad region, begränsade volymer med skiffer och, framför allt, att skiffern inte bedöms innehålla någon större mängd gas.

I rapporten beskrivs även skillnaden mellan skiffergas och biogen gas eftersom dessa ofta förväxlas. Den senare är den gas som förekommer på små djup i berggrunden i skifferområdena, som t.ex. i Östergötland och på Öland, där olika företag nu genomför undersökningar. Skiffergas däremot är termiskt bildad gas som påträffas i svarta skifferar som ligger djupt ner i berggrunden (>600 m). Rapporten klargör att fracking inte är en tillämpbar teknik för utvinning av biogen gas, till skillnad från utvinning av skiffergas.

Grundinformation som används i rapporten är till merparten hämtad från alunskifferutredningen (Hessland & Armands 1978) och en SGU-publikation av Andersson m.fl. (1985). SGU poängterar att det finns en stor mängd opublicerat material som kan ge ytterligare värdefull information. Bland annat finns i detta material information som kan öka kunskapen om alunskiffers uppbyggnad i fjällkedjan. En genomgång av detta material har inte kunnat inrymmas i rapporten.

INNEHÅLL

Sammanfattning	6
Summary	7
Bakgrund och internationell utblick	8
Kunskapsläget avseende alunskiffern i Sverige	8
Geologiska förutsättningar	9
Skåne	9
Öland	12
Östergötland	12
Närke	12
Västergötland	16
Fjällranden och övriga områden	17
Dalarna	18
Härjedalen	18
Jämtland	18
Ångermanland	19
Västerbotten och Norrbotten	19
Alunskiffers sammansättning	19
Hur bildas olja och gas ur mörka skiffrar?	19
Pågående olje- och gasprospektering i Sverige	21
Termisk skiffergas i alunskiffer – förekomst och förutsättningar	22
Hur utvinns termiskt bildad skiffergas?	23
Vilka är det största riskerna med fracking?	23
Vilka förutsättningar finns för termiskt bildad skiffergas i Sverige?	24
Biogen gas i alunskiffer – förutsättningar i Sverige	24
Hur utvinns biogen skiffergas?	24
Risker vid utvinning av biogen gas	25
Skiffergas och biogen gas i sjö- och havsområden	25
Källor och referenser	26
Ordlista	28

SAMMANFATTNING

Rapporten klargör att förutsättningarna för gas i mörka skiffer i Sverige begränsas till mycket små områden med omogen alunskiffer i Östergötland, Västergötland, Närke och på Öland. Det är dessutom här inte frågan om förekomst av termiskt bildad skiffergas utan biogen gas som till merparten består av metan. Alunskiffern förekommer ytligt i berggrunden ner till maximalt 100 meters djup vilket gör att fracking inte är en användbar metod för gasutvinning. Gasen strömmar i dessa områden naturligt till borrhålen från sprickor och hålrum i skiffern och från gasfyllda porer i angränsande porösare berggrund. I Östergötland innehåller den kambriska sandstenen lokalt ansamlingar av biogen gas. Volymen och värdet av den gas som kan finnas i dessa områden är ur ett internationellt perspektiv mycket liten. Utvinning bedöms endast möjlig i mindre skala.

Alunskiffer, som är lämplig för fracking, ska vara mogen till övermogen. Den ska ligga på minst 600 m djup i berggrunden och ha mekaniska egenskaper som lämpar sig för fracking. Den ska dessutom ha en geologisk utvecklingshistoria som möjliggör bildandet och kvarhållandet av termisk skiffergas. I Skåne antog Shell att alunskiffern kunde ha dessa egenskaper. Deras undersökningar 2008–2011 i centrala Skåne visade dock att skiffern inte innehöll tillräckligt med gas. Sannolikt beror detta på att alunskiffern tidigare legat djupare ner i berggrunden och att tektoniska rörelser någon gång under Skånes geologiska utvecklingshistoria lyft upp den till ett läge där skiffern avgasats.

Termiskt bildad skiffergas kan möjligtvis endast finnas i ett begränsat område i sydvästligaste och nordvästra Skåne och eventuellt i sydligaste delen av Östersjön, angränsade till danskt område nordost om Bornholm. Områdenas storlek, läge, skiffers begränsade mäktighet samt sammansättning gör att områdena idag bedöms ointressanta för undersökningar. Förutsättningar för någon fracking i Sverige bedöms därför inte finnas.

Uppföljning och kunskapsuppbyggnad kring biogen gas och den undersökningsverksamhet som pågår i bl.a. Östergötland kommer att behövas för att kunna möta omvärldens behov av objektiv information om dessa okonventionella energiresurser. De nya kartor och den översiktiga sammanställning som presenteras här är ett första led i denna kunskapsuppbyggnad.

SUMMARY

The report describes that the potential for gas in dark shales in Sweden is limited to areas with immature alum shale in Östergötland, Västergötland, Närke and Öland. This gas is not thermogenic shale gas but biogenic gas, mainly consisting of methane. The biogenic gas occurs in areas where the alum shale occurs at relatively shallow depths in the bedrock. The alum shale in the above mentioned areas is generally found in the upper 100 m of the bedrock. Fracking is not an applicable method at these shallow depths. The biogenic gas in these areas flows naturally to the wells through fractures, cavities and pores in the rock. The gas is often also accumulated in adjacent porous rocks, such as the Cambrian sandstone in Östergötland. The volume and value of the biogenic gas in these areas is, in comparison to shale gas fields, very small. Only very limited local exploitation is judged to be possible and then without fracking.

Alum shale suitable for fracking should be mature or overmature, occur at depths of more than 600 m in the bedrock and have suitable mechanical properties. In addition, the shale must be in a suitable geological and tectonic setting that allows the gas to be captured in the shale. This so-called retention factor is often the most crucial parameter. Shell anticipated that the deep-lying alum shale in Skåne fulfilled all these prerequisites. Their investigations between 2008 and 2011 showed, however, that the shale only contained small amounts of gas. This was probably related to degassing of the shale during periods of uplift during the geologically complex tectonic history of Skåne, i.e. the retention was not good enough.

Apart from the area investigated by Shell in central Skåne, there is a small potential for shale gas in areas in south-west and north-west Skåne, in offshore areas between Bornholm and Skåne, in the southernmost part of the Swedish sector of the Baltic Sea, and offshore south-west Skåne. However, the location, limited size and thickness, composition and judged unsuitable retention factor makes these areas unsuitable for shale gas investigations. This leads to the conclusion that there are no prerequisites for fracking in Sweden.

Even though there are a great number of studies on the alum shale in Sweden, there is a need to follow these up with complementary research. Focus should especially be put on the occurrence of biogenic gas and the petrophysical and chemical characteristics of the alum shale. The demand of knowledge and objective information about unconventional energy resources such as shale gas and biogenic gas is increasing. The maps and descriptions presented in this report are a first step in this work at the Geological Survey of Sweden.

BAKGRUND OCH INTERNATIONELL UTBLICK

Internationellt, men främst i USA, har exploateringen av s.k. okonventionella kolväten i mörka skiffrar ökat kraftigt. Anledningen är bl.a. utvecklingen av teknik som gör det ekonomiskt möjligt att utvinna gas som normalt sett sitter hårt bundet i täta bergarter. Framför allt ny borrhåsteknik med borrhning av horisontella borrhål och fracking av berggrunden har möjliggjort utvinning i stor skala. Exploatering är idag enbart ekonomiskt möjlig på land.

Det finns en stor osäkerhet i den globala volymen exploaterbar skiffergas. Uppgifter från US Energy Information Administration (EIA) anger en *Technical Recoverable Resource* (TRR) för skiffergas i storleksordningen av drygt $200 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (200 Tcm) varav merparten finns i USA och Kina. De exploaterbara skiffergastillgångarna i Europa beräknas till ca 16 Tcm. Som jämförelse beräknas de globala konventionella gasreserverna idag till ca 425 Tcm.

Exploateringen av skiffergasfyndigheterna i USA har gjort att landet blivit världens största gasproducent. Hela 23 % av deras totala gasproduktion under 2010 kom från utvinning av skiffergas med hjälp av fracking. Merparten av produktionen går till kraftindustrin och till transportsektorn. USA täcker idag hela sitt gasbehov med intern produktion. För närvarande förekommer ingen exploatering i Europa men omfattande undersökningar pågår eller är planerade i flera medlemsstater, bl.a. i Polen, Storbritannien och Danmark.

Europas skiffergasfyndigheter har gjort att EU initierat och genomfört ett antal studier med fokus på risker och klimatpåverkan vid en eventuell exploatering. På EUs webbplats listas dessa rapporter (http://ec.europa.eu/environment/integration/energy/uff_studies_en.htm). Syftet är att resultaten från studierna ska utgöra underlag och stöd för medlemsstaternas hantering av skiffergasfrågan. Studierna har hittills omfattat översiktliga bedömningar av förekomst, reserver, och miljörisker i samband med undersökningar och exploatering samt klimateffekter.

KUNSKAPSLÄGET AVSEENDE ALUNSKIFFERN I SVERIGE

I Sverige bedöms alunskiffern vara den huvudsakliga källan till den gas och olja som påträffas i berggrunden. Skiffern har sedan länge varit av stort industriellt intresse och omnämns i en mängd rapporter och publikationer (t.ex. Dahlman & Eklund 1953). En av de mest omfattande beskrivningarna av alunskiffern finns i Statens Industriverks rapportserie (Hessland & Armands 1978). I en serie rapporter redovisas här i detalj data om alunskifferns förekomst, uppbyggnad, egenskaper och användningsområden med en historisk tillbakablick. Andersson m.fl. (1985) och Buchardt m.fl. (1997) ger kompletterade data om bl.a. mögenhet och kemisk uppbyggnad. Under senare år har uppföljning av dessa studier framför allt gjorts av danska geologer (t.ex. Schovsbo 2001, 2002, 2003, Nielsen & Schovsbo 2007). Merparten av befintlig kunskap härrör från dessa arbeten.

Det finns även ett omfattande material från den uranprospektering som gjordes under andra halvan av 1900-talet. Detta arbete utfördes av bl.a. Sveriges geologiska undersökning (SGU) och Sveriges Geologiska AB (SGAB) mellan 1960 och 1985. En stor del av detta material, som består av bl.a. borrhålsdata och kemiska analyser, finns arkiverat hos SGU. Förutsättningar finns att sammanställa och värdera detta, vilket skulle kunna öka kunskapen om framför allt alunskifferns uppbyggnad i fjällkedjan.

Eftersom det finns ett behov av oberoende kunskapsuppbyggnad med inriktning på skiffergasfrågan, inte minst för kvalitativ och kvantitativ bedömning av biogen skiffergas, har SGU påbörjat ett FoU-projekt angående alunskiffern på Öland. Tre kandidatarbeten vid Lunds Universitet genomfördes också i samverkan med SGU under 2013 med inriktning på skiffergas i Närke, Östergötland och på Öland (Brådenmark 2013, Murase 2013, Svantesson 2013). En väsentlig brist idag är dock tillgången på borrhärnmaterial från alunskifferområdena.

GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Sveriges berggrund består till övervägande del av urberg. Endast en liten del utgörs av sedimentär berggrund, t.ex. sandsten, kalksten och skiffer. Uppskattningsvis utgör områden där det kan förekomma mörka skiffrar mindre än 1 % av Sveriges berggrund (jfr fig. 1). I Sverige är alunskiffern den bergart som har den största potentialen som skiffergasproducent. Skiffern har hög halt organiskt material och är den huvudsakliga moderbergarten för den olja och gas som påträffas i Östersjöområdet. Alunskiffer förekommer i delar av Skåne, Västergötland, Östergötland, Närke, Öland, fjällkedjan och i södra Östersjön (fig. 1). I förhållande till andra länder i Europa, till exempel Polen, bedöms potentialen för skiffergas vara mycket liten i Sverige. Med termiskt bildad skiffergas menas att skiffern måste ha utsatts för tillräckligt höga tryck och temperaturer för att innehålla skiffergas och att fracking är möjlig. Allmänt anses att skiffern måste ligga på ett djup större än 600 m för att fracking ska vara en lämplig teknik. Endast i delar av Skåne och i södra Östersjön ligger alunskiffern tillräckligt djupt ner i berggrunden för att vara lämplig för fracking.

Förutom alunskiffer finns, inom samma områden men i den yngre (ordoviciska och siluriska) berggrunden, också mörka skiffrar som kan innehålla skiffergas. I dessa yngre skiffrar är dock det organiska innehållet avsevärt lägre jämfört med i alunskiffern.

Mörka skiffrar kan, förutom termisk skiffergas, också bilda biogen gas. Skillnaden mellan termisk och biogen gas beskrivs längre fram i rapporten.

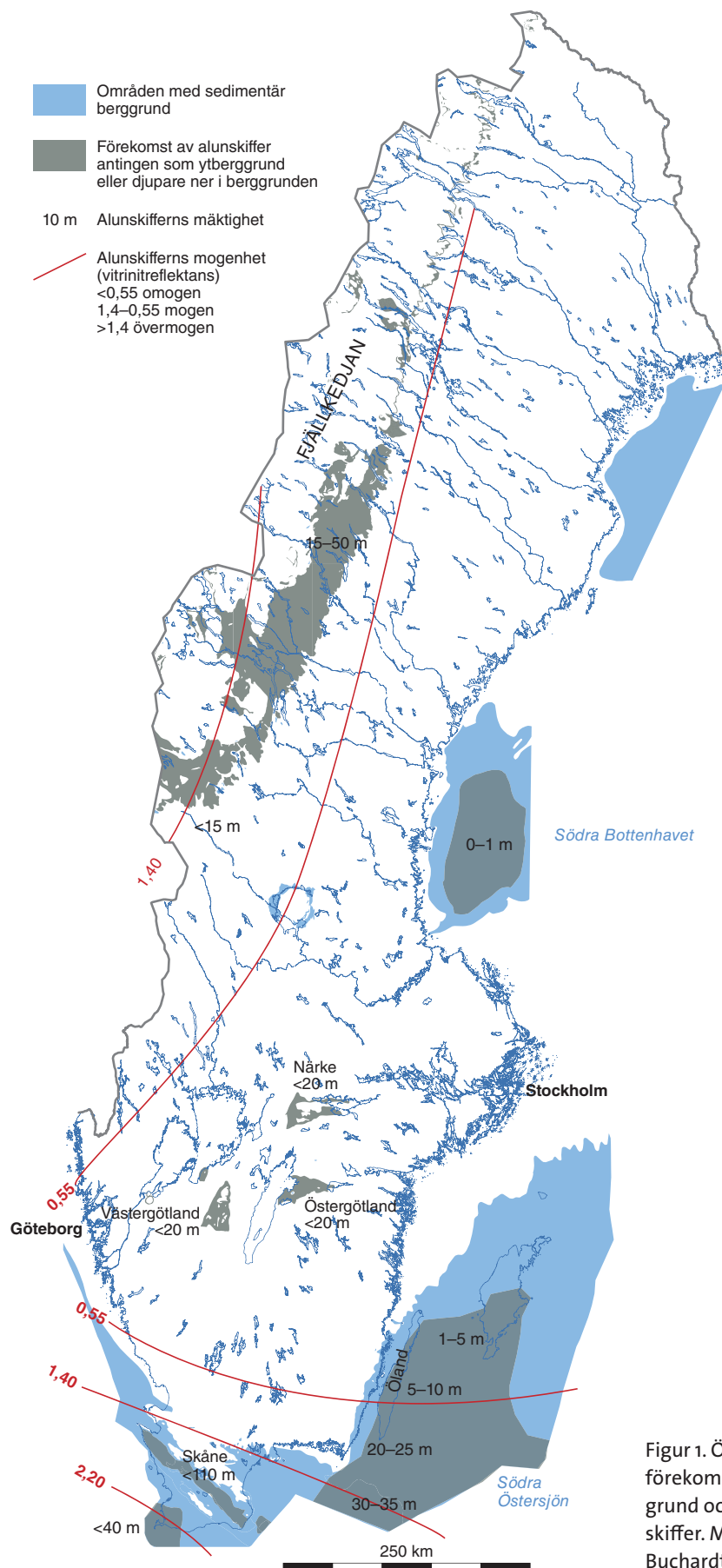
Benämningen alunskiffer går tillbaka till den tid då alun (kalium-aluminiumsulfat) framställdes ur dessa skiffrar. Alun har bl.a. framställts i Andrarum i Skåne mellan 1637 till 1912. Alunskiffern kan klassas som en s.k. "black shale" vilken är den bergartstyp som har störst potential att bilda och innehålla skiffergas. Den svenska alunskiffern kan definieras som en svart lerskiffer med hög organisk halt vilket är förutsättningen för bildandet av kolväten. Alunskiffern karaktäriseras ofta också av höga halter av svavel, kalium, fosfor och kväve samt uran och andra metaller. Skiffern har därför under olika perioder varit intressant som energiråvara, för metallutvinning, för framställning av konstgödsel, som byggmaterial (blåbetong) och för aluntillverkning.

Skåne

I Skåne förekommer alunskiffer huvudsakligen inom två områden. Det sydvästra området är beläget ungefärligen söder om en linje som sträcker sig från Smygehuk till Malmös södra delar. Större delen av detta område betecknas Höllvikengravsänkan. Det andra området är det s.k. Colonusskiffertråget (fig. 2). Det senare området löper diagonalt genom Skåne i sydost–nordvästlig riktning. Den södra gränsen löper ungefärligen från Sandhammaren i sydost till Helsingborg i nordväst. Den norra gränsen ungefär från Kivik i sydost till Ängelholm i nordväst.

Alunskiffern är i det sydvästra området känd genom de prospekteringsarbeten efter olja som utförts främst på 1970-talet i Skåne. I det sydvästra området lutar större delen av berggrunden åt sydväst vilket medför att djupet till alunskiffern ökar åt sydväst. I sydvästra delen av området (Höllviksnäs) påträffas alunskiffern på 2 567–2 602 m djup och i norra delen av området (Eskilstorp) på 2 420–2 464 m djup. Alunskifferns mäktighet varierar i området mellan 35 och 44 m och den överlagras av ordoviciska skiffrar följt av siluriska och yngre bergarter. Alunskifferformationen innehåller även kalksten och orsten.

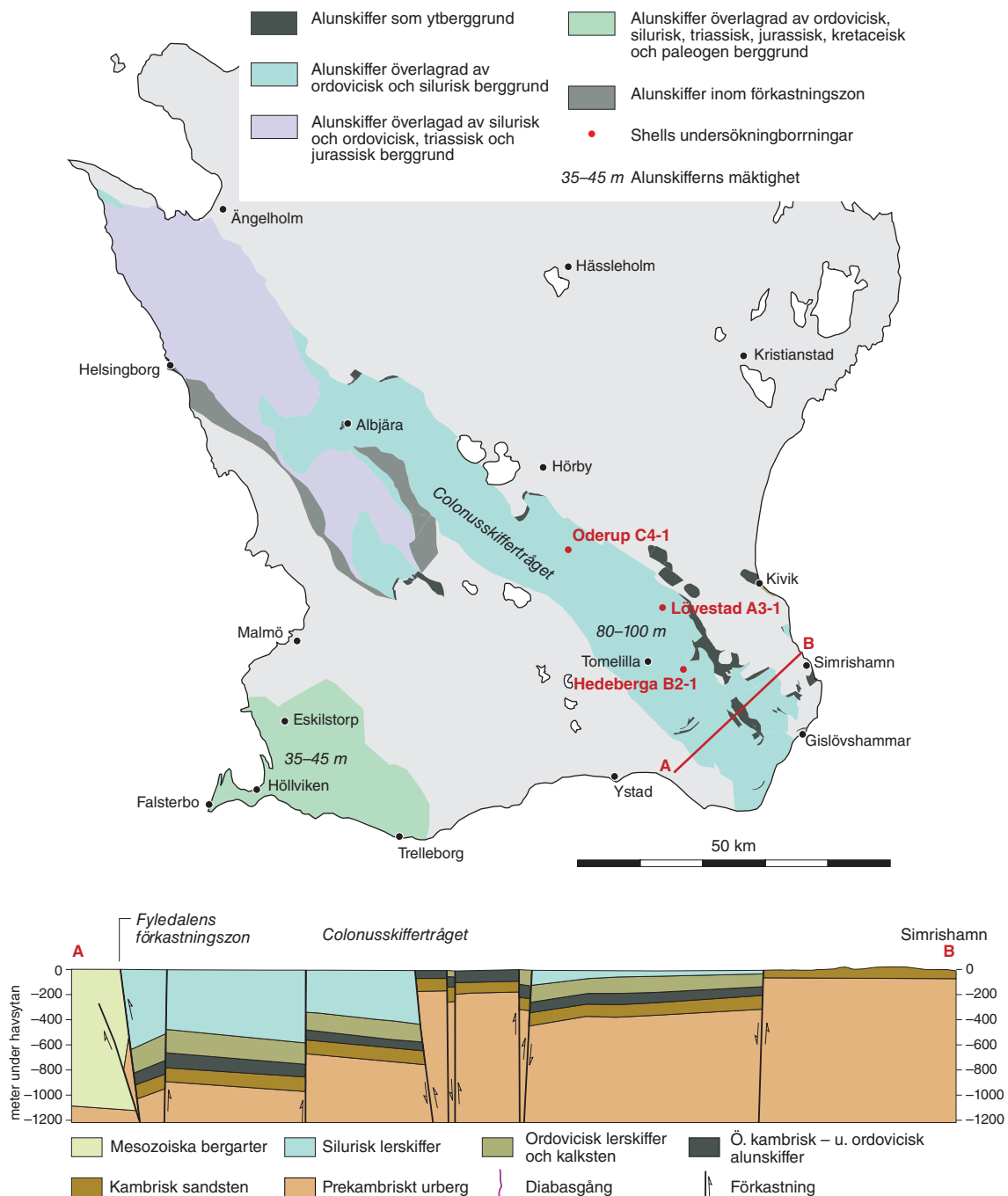
Colonusskiffertråget begränsas i sydväst och i nordost av förkastningar som huvudsakligen löper i nordväst–sydöstlig riktning. Inom Colonusskiffertråget förekommer också förkastningar med andra riktningar. Den komplicerade tektoniken har medfört att i vissa delar av området påträffas alunskiffern på stort djup täckta av yngre bergarter. I andra delar av området går den i dagen. På alunskiffern följer ordoviciska skiffrar och sedan succesivt yngre bergarter. I de områden där alunskiffern påträffats i dagen eller på litet djup är den väl dokumenterad. Undersöknings-



Figur 1. Översiktlig karta som visar förekomsten av sedimentär berggrund och var det förekommer alunskiffer. Mogenhetsdata kommer från Buchardt m.fl. (1997).

borrningar genom alunskiffern har utförts av såväl SGU som av andra organisationer. I området mellan Tomelilla och Hörby har Shell utfört tre undersökningsborrningar. Alunskiffern påträffades här på ca 900 m djup.

Alunskifferns mäktighet varierar i området, från dryga 60 m (Gislövshammar) i den sydostligaste delen av området till nära 100 m (Albjära beläget ca 5 km nordost Svalöv) i den nordvästliga delen. Sammanfattningsvis kan sägas att den skånska alunskiffern är mäktigare än alunskif-



Figur 2. Översiktlig karta som visar förekomst av alunskiffer i Skåne och en tvärsnitt av berggrundens uppbyggnad i sydöstra delen av Skåne, över Colonusskiffertråget.

fern på andra platser i Sverige. Den innehåller mindre mängd organiskt material och vanadin-innehållet är exceptionellt högt.

I nordvästra Skåne är alunskifferns sammansättning och mäktighet dåligt känd. Detta beror på att alunskiffern här överlagras av yngre sedimentära bergarter med betydande mäktighet. Det är möjligt att alunskiffern här uppvisar större mäktigheter än i övriga Skåne, eftersom en mäktighet på 160 m har uppmätts i borrhningen Terne-1 belägen i den danska delen av södra Kattegatt.

Öland

Den sedimentära berggrunden på Öland stupar svagt åt öster. Utmed Kalmarsundskusten påträffas underkambrisk och mellankambrisk sandsten, siltsten och skiffer (fig. 3). Denna lagerföljd överlagras av alunskiffer och ordovicisk kalksten. Alunskiffern förekommer som ytberggrund i ett stråk utmed Västra Landborgen mellan Ottenby och Djupviks hamn. Den förekommer också relativt ytligt upp till i höjd med Degerhamn och Kastlösa.

Alunskiffern är som mäktigast i söder. Uppgifter från borrhål visar en successiv tilltagande tjocklek från ca 1 m på norra Öland till knappt 25 m i söder (fig. 4). Från Borgholm och norrut är alunskiffern bara någon eller några meter mäktigt och består till stor del av orsten. Skiffern förekommer på djup mellan 0 och 20 m, dvs. relativt ytligt. Där den inte utgör berggrundsytan överlagras den av ordovicisk kalksten.

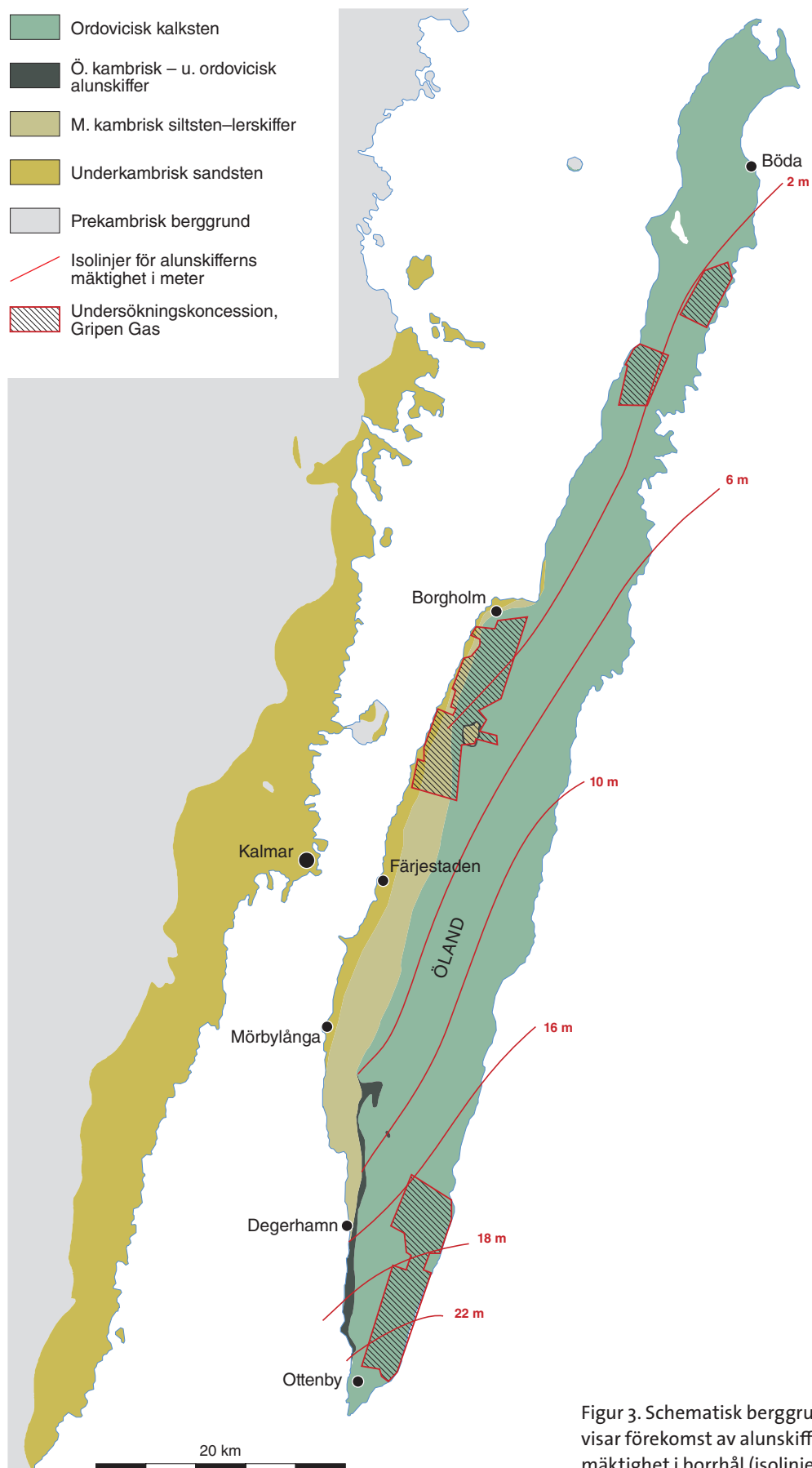
Östergötland

Alunskifferformation förekommer inom större delen av Östgötaslätten (fig. 5). Den paleozoiska berggrunden i Östergötland förekommer i en ca 15 km bred och 55 km lång sänka (synklinal) som i norr avgränsas av förkastningar och en urbergshorst. Alunskiffern ligger djupast (ca 100 m under markytan) vid synklinalens axel, som ligger ungefär i samma höjd som Motala. Från förkastningen i norr till synklinalaxeln stupar lagerföljden kraftigt. Söder om axeln går lagerföljden uppåt i en betydligt svagare lutning. Alunskiffern går sedan upp och bildar berggrundens översta lager längs ett stråk i ostnordostlig riktning, från Omberg i väst till sjön Roxen i öst. Även mellan sjöarna Roxen och Boren blottas en mycket tunn del av alunskiffern, bortsett de kvartära avlagringarna. Tillsammans bildar stråken en båge och utgör gräns för formationens utbredning. Hela formationen begränsas till stor del i väst av Vättern, men en mindre del sträcker sig ut i sjön. Totalt täcker formationen en yta på ca 500 km².

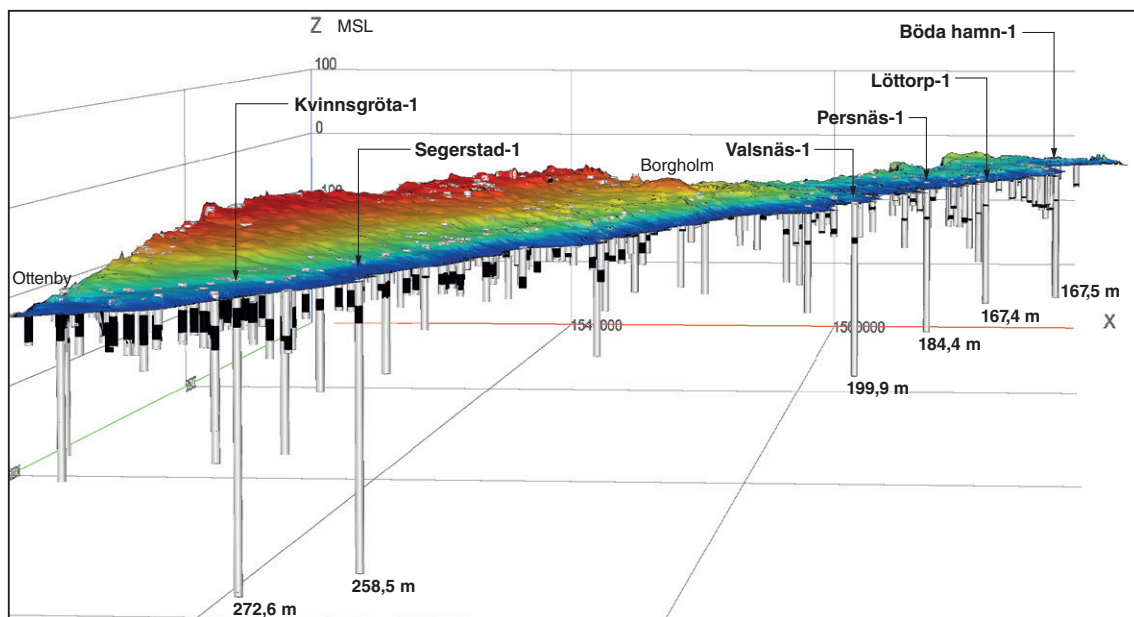
Alunskiffern är ungefär lika mäktig (ca 15–20 m) över hela området, men något tunnare i de östra delarna. Störst mäktighet har uppmätts i ett borrhål utanför Vadstena. Här är alunskiffern ca 25 m mäktig. I norr avgränsas alunskifferformationen av en väst-östlig förkastningszon där urberget är uppträckt och bildar en horst. Även i de sydöstra delarna löper en mindre förkastningszon mellan Grankulla och Linköping som utgör en geologisk gräns för alunskifferns utbredning. Lösa jordlager täcker hela utbredningsområdet med en mäktighet på 5–10 m. De är något tunnare vid förkastningen i norr.

Närke

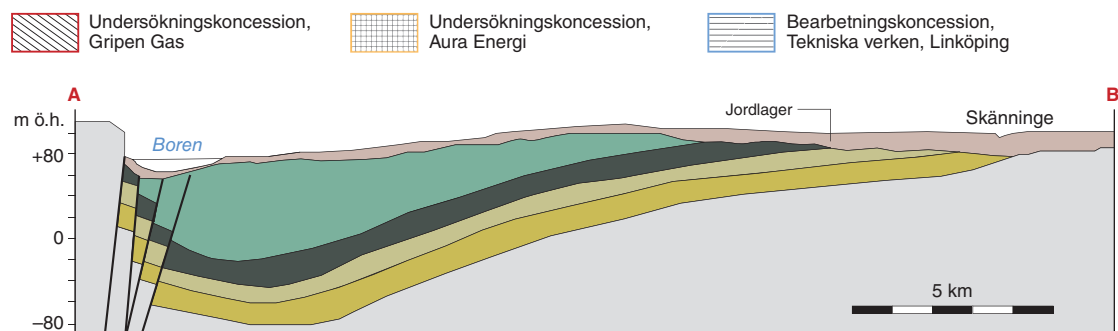
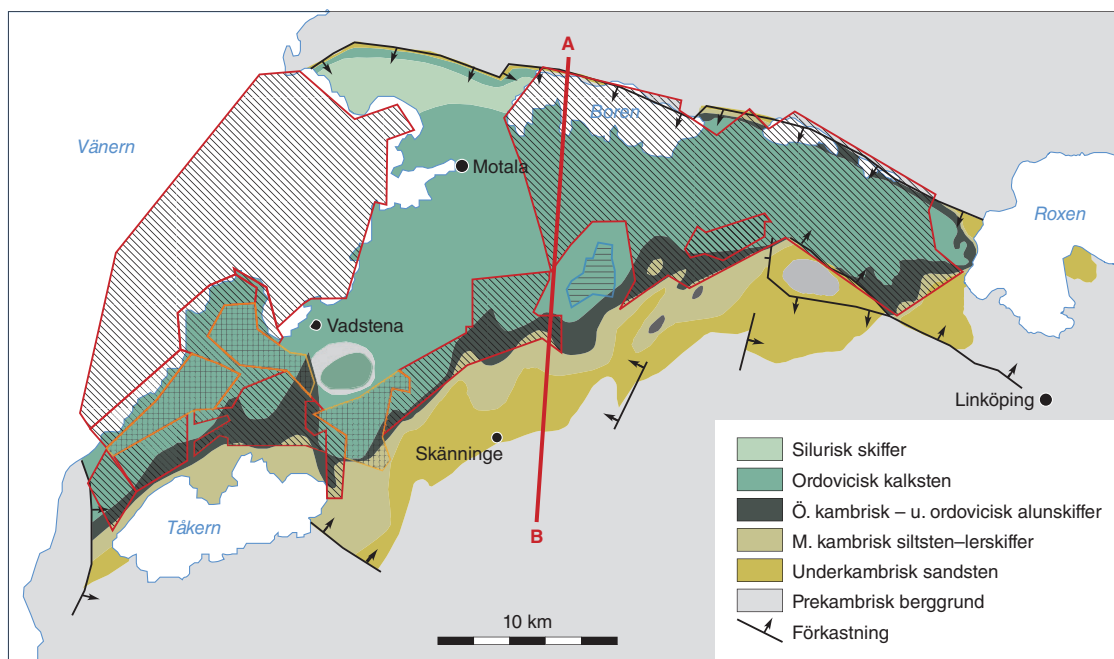
I Närke är det centrala kambro-ordoviciska området triangelformat (fig. 6). Området avgränsas av förkastningar i väster och söder. Den nordliga gränsen är en erosionsgräns. De kambro-ordoviciska bergarterna lutar 0,5–1° åt söder. Tre tydliga sprick- och förkastningssystem präglar geologin i området. Riktningssmaxima är sydsydväst–nordnordost, västnordväst–ostsydost och nordväst–sydost. Förkastningarna har medfört att berggrunden delats upp i ett antal stora block som lutar svagt åt söder. Den sedimentära berggrunden (kambrium–ordovicium) har därmed i vissa lägen, som t.ex. vid Kvarntorp sjunkit ner och kommit att skyddas mot erosion av urberget i söder (fig. 7). I nordvästra delen av området har sedimentär berggrund sjunkit ner öster om



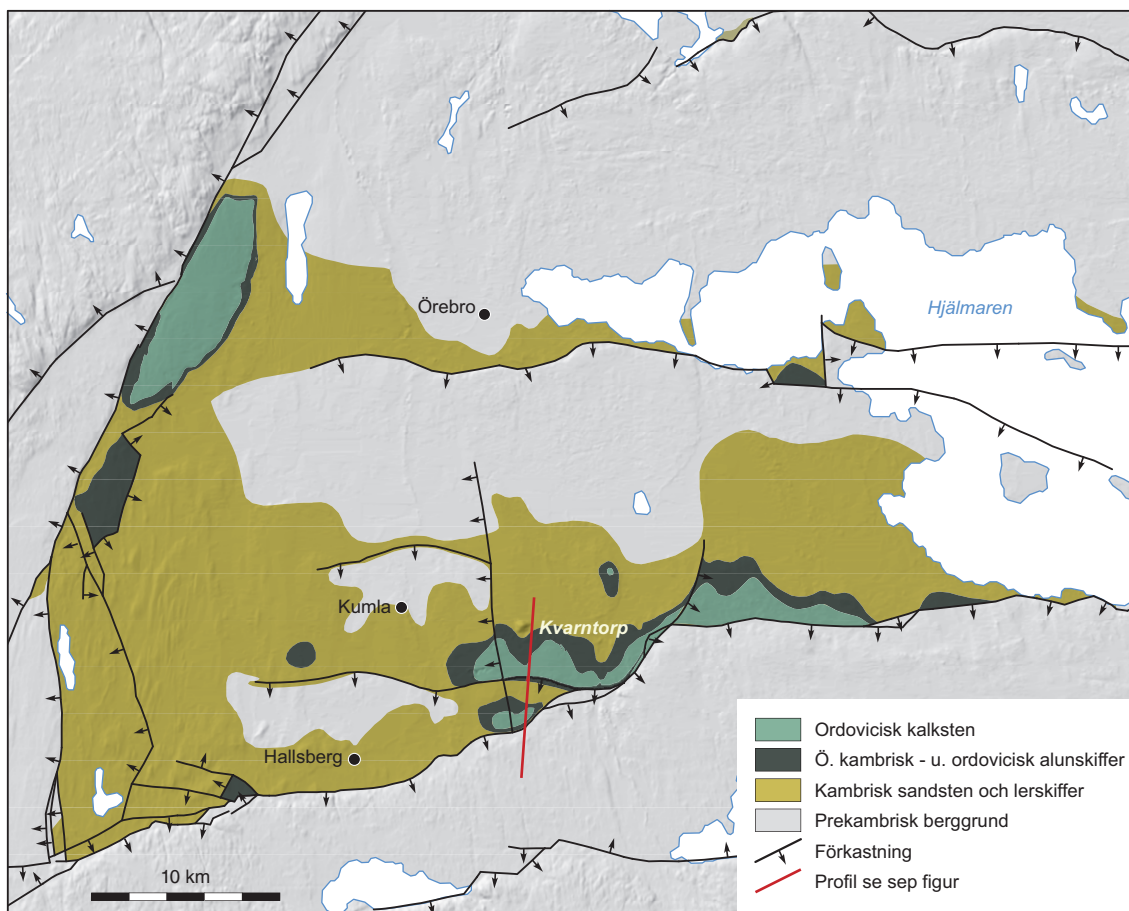
Figur 3. Schematisk berggrundskarta som visar förekomst av alunskiffer och dess mäktighet i borrhål (isoliner).



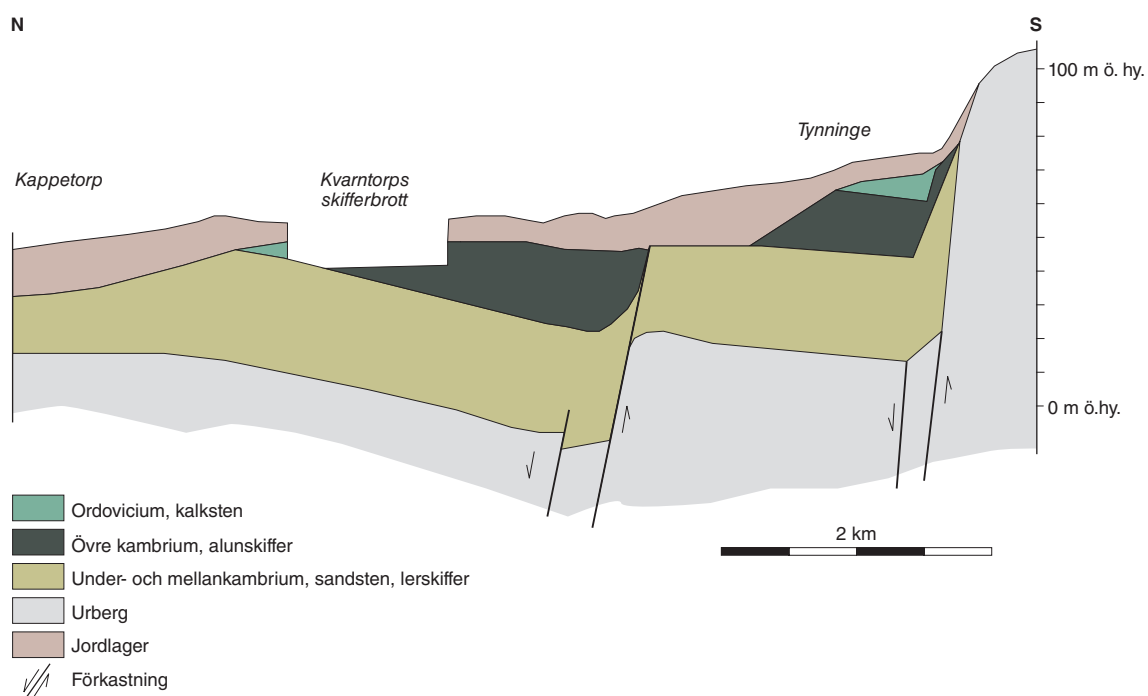
Figur 4. Översiktlig 3D-illustration av alunskifferns förekomst i borrhål på Öland. De svarta markeringarna illustrerar förekomst av alunskiffer i borrhålen. Höjdreliet i graderad färgskala från blå till röd.



Figur 5. Översiktlig berggrundskarta och tvärprofil av den kambrosiluriska berggrundens, inklusive alunskifferns, utbredning i Östergötland.



Figur 6. Översiktlig karta som visar förekomst av alunsiffer som ytberggrund i Närke.



Figur 7. Schematisk profil i södra delen av Närke. Profilens läge anges i figur 6.

förkastningszonen och skyddats mot erosion av urberg i väster. Alunskiffern är överlagrad av ordoviciska kalkstenar eller förekommer direkt under jordlagren. Kalkstenstäckets maximala tjocklek är några tiotal meter mäktigt. Alunskiffern underlagras av mellanordoviciska lerskiffer.

Den på organiskt material rika delen av alunskiffern är ca 12 m mäktig i östra Närke. Den har sin största mäktighet (19,3 m) vid Hynneberg beläget några kilometer sydsydväst om Kvarntorp. I västra Närke varierar mäktigheten mellan 12 och 18 m. Organiskt material kan uppgå till nära 30 % i skiffern med ett medelvärde på ca 20 %.

Den oljerika delen av alunskiffern, den s.k. Ctenopygeskiffern, varierar i mäktighet mellan 2,5 m och 7 m. Oljehalten varierar i samma skiffer mellan 5 och 7 % och kerogenhalten mellan 20 och 25 %. I alunskiffern förekommer orsten och tre nivåer med kolm. Under åren 1941–1966 framställdes oljeprodukter av olika slag vid anläggningen i Kvarntorp. En mindre mängd uran har också utvunnits i anläggningen.

Västergötland

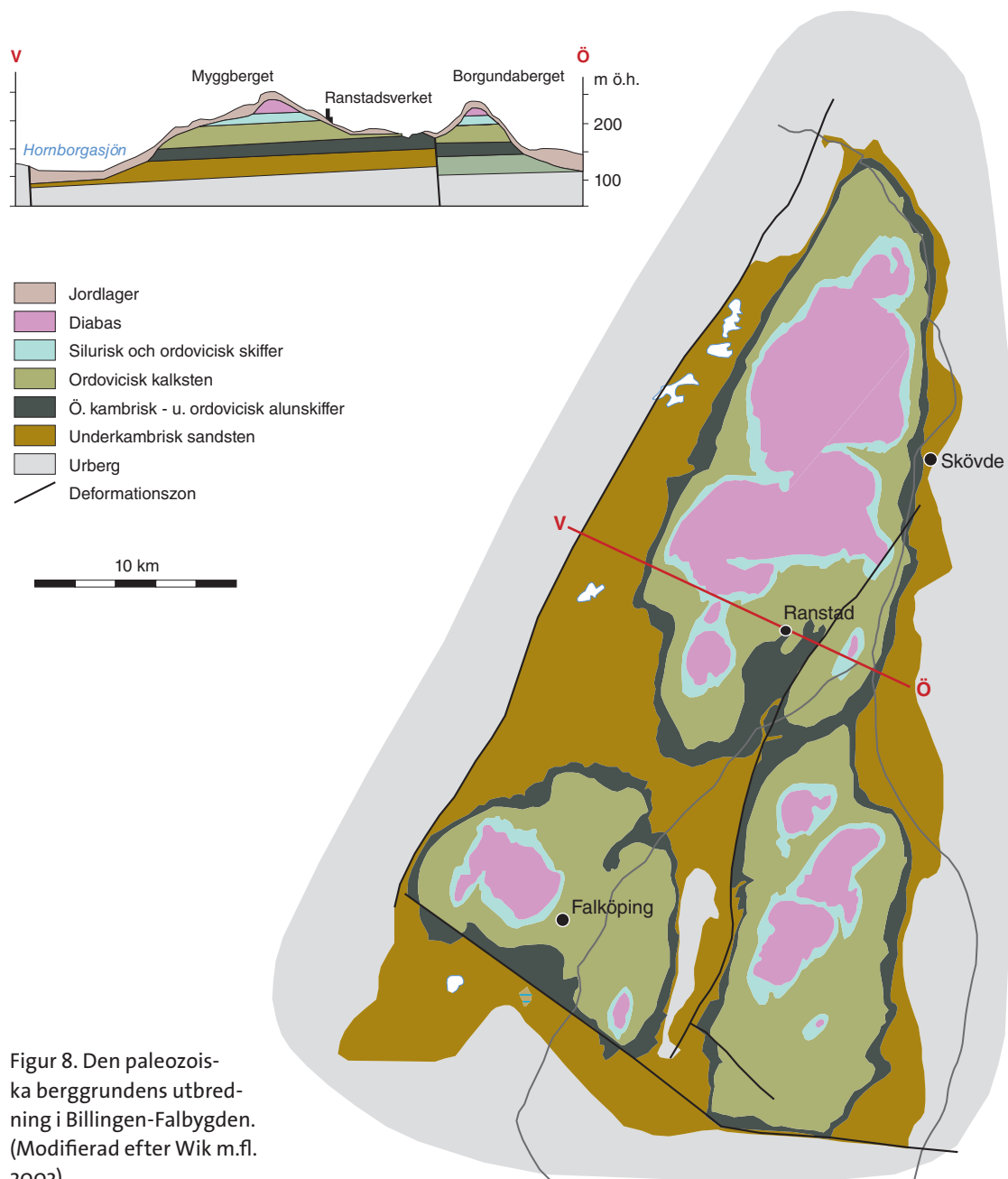
I Västergötland förekommer alunskiffer på litet djup, mindre än 100 m. Resterna av ett tidigare sammanhängande täcke med äldre (kambrosiluriska) sedimentära bergarter (inklusive alunskiffer) finns främst bevarade i och i anslutning till platåbergen. Dessa har bildats genom att ett täcke av diabas (yngre perm i ålder) har stått emot erosion och därmed även skyddat de underliggande lagren (silur och äldre bergarter) mot erosion så att de har bevarats fram till våra dagar (fig. 8). Platåbergen kan ha en höjd på upp till 250 m. De mer eller mindre isolerade förekomsterna av kambro-siluriska bergarter är bl.a. Billingen-Falbygdens platåberg (fig. 8), Halleberg och Hunneberg, Kinnekulle (fig. 9) och Lugnäsberget. Inom områden med kambrosiluriska bergarter är urbergsytan i det närmaste plan eller lutar svagt mot norr.

Alunskiffern underlagras av underkambriska sandstenar och överlagras av ordoviciska kalkstenar. Alunskifferformationen är uppbyggd av mörka skiffer (alunskiffer) och kalkstenar (orstenar). Den har en mäktighet på 20–25 m. Alunskiffern är daterad till mellankambrium, yngre kambrium och äldre ordovicium. Den mellankambriska delen av Alunskifferformationen har en mäktighet som varierar mellan 6 och 8 m. Den överkambriska delen uppvisar en större mäktighetsvariation, 15–16 m på Halleberg och Hunneberg, 14–15 m på Kinnekulle, 12 m på Billingen och 10 m i Falbygden. Den underordoviciska delen av alunskiffern har en mäktighet på ca 1 m. Den översta delen av alunskiffern är rik på uran och benämns Ranstadsledet. Det har en mäktighet som varierar från 2 m i norra delen av Billingen-Falbygden till 4–5 m i dess sydvästra del.

Förutom kolm innehåller alunskiffern betydande mängder organiskt kol som är finfördelat i alunskiffern. I Billingen-Falbygden ökar halterna successivt från den undre delen (medelvärde 4–5 %) till den övre, Ranstadsledet (medelvärde ca 14 %). Alunskiffern på Kinnekulle uppvisar ett motsvarande mönster medan halterna är lägre på Halleberg och Hunneberg.

De höga halterna av organiskt kol i form av kol och kolväten medför att delar av alunskiffern har använts som bränsle vid kalkbränning. Den vanligaste metoden var att alunskiffer och kalksten (kambrisk eller ordovicisk) varvades i "fältugnar". Alunskiffern antändes och kalkstenen var färdigbränd efter omkring en veckas tid (Johansson m.fl. 1943). Ett annat sätt var att genom destillation utvinna gas ur alunskiffern. Gasen användes sedan för att bränna kalk i schaktugn. Denna metod användes vid Flottans Skifferoljeverk på Kinnekulle.

Den höga kolvätehalten i alunskiffern medförde att det redan 1873 bildades ett bolag för utvinning av olja ur skiffern. Olika försök gjordes och dessa är beskrivna av Johansson m.fl. 1943. Svenska staten köpte in Kinnekulleverket i Kinne-Kleva 1932. Oljan som producerades, ca 500 ton per år, ansågs vara lämplig för örlogsfartyg, och anläggningen förvaltades av marinen. Anläggningen drevs under namnet Flottans Skifferoljeverk. Under 1941 byggdes anlägg-

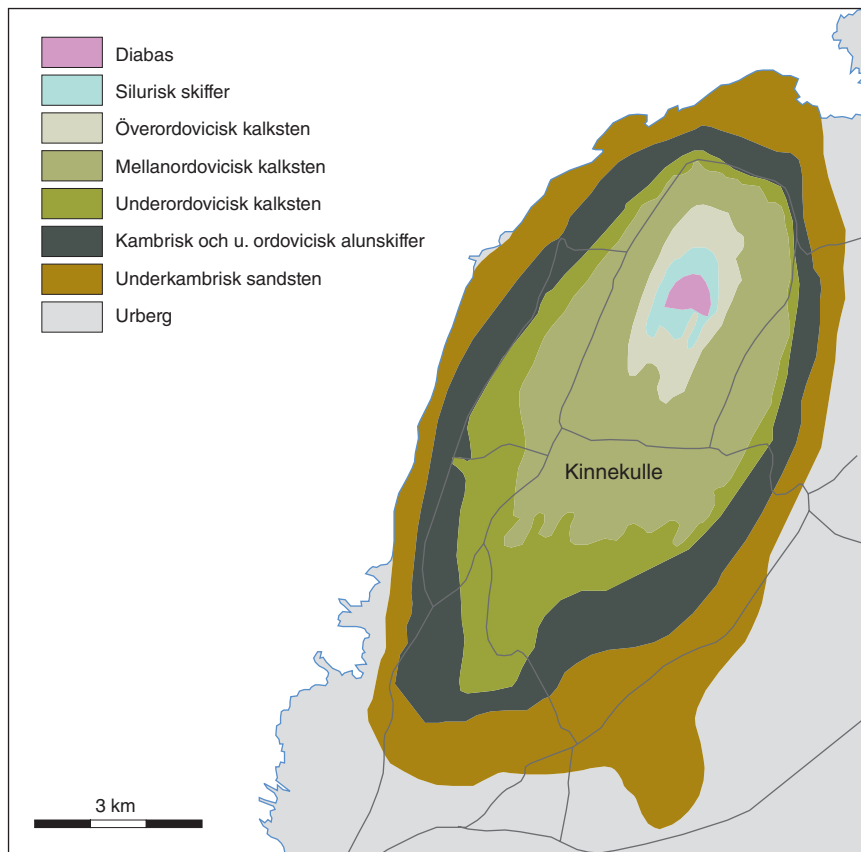


Figur 8. Den paleozoiska berggrundens utbredning i Billingen-Falbygden. (Modifierad efter Wik m.fl. 2002).

ningen om och fick en kapacitet av 20 ton råolja och 2–2,5 ton ”lätbensin” samt 8 ton svavel per dygn. Produktionen lades ner 1946.

Fjällranden och övriga områden

Den svenska fjällkedjan är en del av Kaledoniderna. Den skandinaviska fjällkedjan bildar ett 100–300 km brett bälte från trakten av Stavanger i söder till Nordkap och Varangerfjorden i norr (jfr fig. 1). Den kaledoniska berggrunden är överskjuten på äldre urbergsberggrund. Alunskeffern har kunnat agera som smörjmedel vid överskjutningen eftersom alunskeffern är mjuk och lätt att deformera. Alunskeffern är tillgänglig i fjällranden, dvs. överskjutningens gräns mot öster, som sträcker sig från Idre i söder via Östersund, Täsjöfältet i Ångermanland till Torneträsk och Treriksroset.



Figur 9. Den paleozoiska berggrundens utbredning vid Kinnekulle. (Modifierad efter Wik m.fl. 2002)

Primärt var alunskiffern ett tiotal meter mäktig, men genom överskjutningar har alunskifferlagerföljden i en del fall repeterats. Detta har medfört att uppemot 400 m mäktiga alunskifferlager har uppmätts i Täsjöområdet när överskjutningar och upprepade veckningar har staplat upprepade alunskifferlager på varandra.

Dalarna

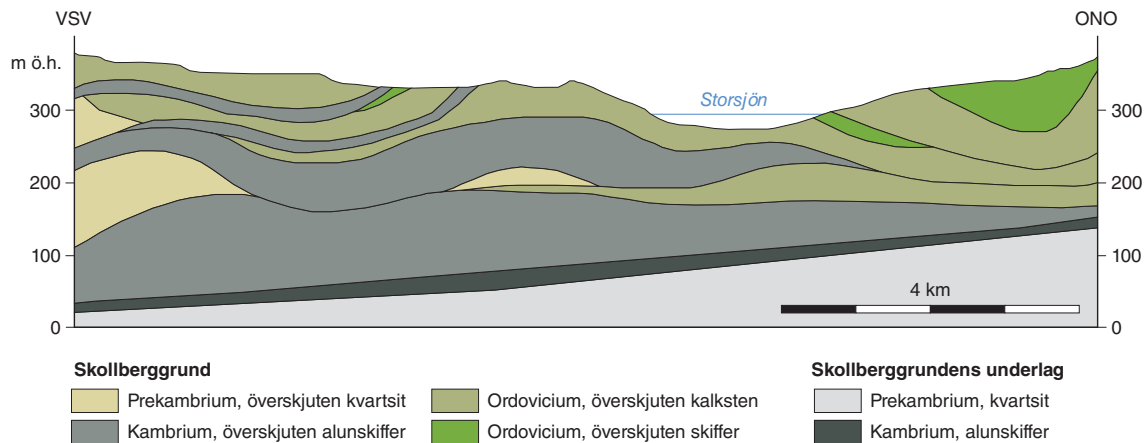
I Dalarna ligger alunskiffern mellan den blyförande underkambriska sandstenen och en överskjuten skolla med bl.a. sandsten. Alunskifferns mäktighet varierar mellan några meter och ca 30 m. Överskjutningen av skollan har medfört både uttunning och förtjockning av alunskiffern. Skifferns ursprungliga mäktighet bedöms ha varit 12–15 m.

Härjedalen

Publicerade analysdata saknas. Skollorna är av samma typ som de i Dalarna.

Jämtland

Skollorna i södra Jämtland är av samma typ som de i Dalarna. De når fram till Storsjöns sydligaste udde. De uppträder därefter först norr om Strömsunds Vattudal tillsammans med kambrosiluriska skollor. Det mellanliggande, stora centraljämtländska området kännetecknas av kambrosiluriska skollor som anses ha transporterats relativt måttliga sträckor. I Jämtland finns det största området med kambrosiluriska bergarter på Sveriges fastland. Längst i öster finns ett smalt bälte, oftast en till några kilometer brett, med kambrosiluriska bergarter inklusive alunskiffer. Alunskifferns ursprungliga mäktighet överstiger 15 m. I Storsjöområdet har emellertid



Figur 10. Schematisk berggrundsprofil genom södra Storsjöområdet. (Modifierad efter Andersson m.fl. 1985).

mäktigheter på 180 m uppmätts då skolltektoniken medfört en repetition av lagerföljden. I figur 10 visas en berggrundsprofil genom södra Storsjöområdet.

Ångermanland

Täsjöfältet i nordvästra delen av Ångermanland har varit föremål för omfattande uran- och blyprospektering. Alunskifferformationens mäktighet varierar vanligtvis mellan 15 och 50 m. På grund av skolltektoniken har emellertid alunskiffern en mäktighet som uppgår till 400 m i Täsjöberget. Fokus på undersökningar i området har varit den s.k. Lycophoriaskiffern som överlagrar alunskiffern. Av denna anledning saknas publicerade data för alunskiffern.

Västerbotten och Norrbotten

Den geologiska situationen i Norr- och Västerbotten påminner om den i Jämtland och Täsjö. Alunskiffern har troligtvis en begränsad utbredning utanför skollberggrunden. Alunskiffern är maximalt några tiotal meter mäktig i opåverkat tillstånd. De tektoniska processerna har emellertid medfört att mäktigheten kan uppgå till 100 m. Endast ett begränsat antal analyser av alunskiffern har varit tillgängliga.

ALUNSKIFFERNS SAMMANSÄTTNING

I tabellerna 1 och 2 redovisas en översiktlig sammansättning av det organiska innehållet i alunskiffern från olika delar av landet. Några metaller som uran, krom, koppar och vanadin redovisas också. Analysvärdena visar max- och minhalter för respektive komponent i hela alunskifferlagerföljden. De högsta respektive lägsta värdena representerar ofta enskilda tunna lager (<1 m) i alunskiffern. Det ska poängteras att inom alunskifferformationen varierar halterna av de angivna komponenterna mycket beroende på plats och nivå i lagerserien. De redovisade värdena är hämtade från Hessland & Armandts (1978), Andersson m.fl. (1985) och Buchardt m.fl. (1994). Mängden data från de olika områdena varierar kraftigt. I vissa områden finns stora mängder data från borrhål medan det i andra är ganska glest med data.

HUR BILDAS OLJA OCH GAS UR MÖRKA SKIFFRAR?

Olja och gas bildas ur en organisk substans kallad kerogen. Organiskt material, som avsätts tillsammans med sedimenten som senare bildar bergarter, bryts normalt ned under påverkan av mikroorganismer och syre. Under syrefattiga förhållanden, som råder t.ex. i finkorniga mörka

Tabell 1. Översiktlig sammanställning av alunskifferns uppbyggnad. Uppgifterna hämtade från Hessland & Armandts (1978), Andersson m.fl. (1985) och Buchardt m.fl. (1994).

	Skåne	Öland	Västergötland	Östergötland	Närke
TOC, %	2–15	9–10	4–14	i.u.	i.u.
Kerogen, %	8–15	12	13–18	14–15	20–25
Bitumen, mg/g		36–45	4–85	42	7–8
Svavel, %	1,–5,9	2,7–10,5	1–9	3,5–7,9	7
Uran, g/ton	10–180	10–120	7–490 ¹	10–265	125–210 ²
Bly, ppm	40–70	15–40	70–140	20–35	50–60
Krom, ppm	90–170	50–120	93–117	90–100	100
Koppar, ppm	150–300	10–210	130–230	130–145	120–200
Vanadin, ppm	100–3700	100–2600	450–680	300–2100	430–500

1. De högsta värdena i övre delen av Alunskifferformation. I kolm 3000–5000 g/ton.

2. Kolm med höga uranhalter förekommer.

i.u. Ingen uppgift.

Tabell 2. Översiktlig sammanställning av alunskifferns. Uppgifterna hämtade från Hessland & Armandts (1978), Andersson m.fl. (1985) och Buchardt m.fl. (1994).

	Dalarna ¹	Jämtland	Tåsjö ²	Tåsjö ³	Västerbotten Norrbotten
TOC, %	10	10–12		0,4–3,6	i.u.
Kerogen, %	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Bitumen, mg/g	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Svavel, %	i.u.	i.u.	1,3–2,8	0,4–6	1–5
Uran, g/ton	150	350–450	50–250	270–1060	100–200
Bly, ppm	360	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Krom, ppm	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.	i.u.
Koppar, ppm	140	i.u.	i.u.	40–60	140
Vanadin, ppm	2700	1500–2000	i.u.	140–200	920

1. Analysdata från en 3 m mäktig pall.

2. Alunskiffer.

3. S.k. Lycophoriaskiffer.

i.u. Ingen uppgift.

skiffrar, bryts det inte ner fullständigt utan bildar istället ett organogent slam. Under bergartsbildningen drivs flyktiga ämnen, som vatten och koldioxid, ut ur slammet och kerogen bildas. Kerogen har ingen specifik sammansättning utan definieras som en olöslig vaxliknande substans bestående av organiskt material. Dess sammansättning bestäms av det ursprungliga organiska materialets uppbyggnad och består av komplexa kedjor av kol (C) och väte (H). Kvoten mellan väte och kol (H/C) ligger till grund för vilka typer av kolväten som bildas. Kerogen delas in i tre typer. Från Typ I bildas princip bara flytande kolväten (olja). Ur Typ III (huminkerogen) bildas mest gas och kol. Typ II kan ses som ett mellanting, som ger både olja och gas. Alunskifferns kerogen klassas som typ II vilket innebär att det kan bildas både olja och gas ur alunskiffern om den utsätts för gynnsamma tryck och temperaturer.

När en kerogenrik bergart (t.ex. alunskiffer) ligger djupt ner i berggrunden där tryck och temperatur är tillräckliga startar en process som kallas katagenes. Den innebär att de långa kolvätekedjorna i kerogenet bryts ner och olja och gas bildas. Detta sker inom ett temperaturintervall på mellan 100 och 200 °C (något högre för gas) och betecknas som ”oljefönstret”. Olja och gas migrerar sedan uppåt i lagerföljden där de antingen stängs in i en porös reservoar-

bergart med omliggande tät bergart eller migrerar upp till markytan där det snabbt bryts ned och förstörs. En kerogenrik bergart som påverkats av katagenes betecknas som termiskt mogen. Mogenhet bestäms normalt på vitrinit, som är en kolförening med ursprung i vedartade landväxter. Eftersom alunskiffern bildades då det inte fanns några landväxter analyseras mogenheten på organiskt material från fossil av marina organismer och alger. De värden på alunskiffers mogenhet som visas i figur 1 härrör från en undersökning av Buchardt m.fl. (1997). Har det organiska materialet en vitrinitreflektans lägre än 1,1 anses det omoget, högre än 1,1 moget och högre än 1,4 som övermoget. Som framgår av figur 1 är det organiska materialet i alunskiffern i Sverige till övervägande del omoget.

Den olja och gas som påträffas i strukturella fällor i södra Östersjön har sitt ursprung i djupt liggande, mogen alunskiffer i södra Östersjön. Här finns ett område där skiffern ligger inom det s.k. oljefönstret. Inom övriga områden med alunskiffer i Sverige är skiffern omogen eller, som i Skåne, termiskt övermogen (påverkad av för höga tryck och temperaturer). Förutom den olja och gas som frigörs från alunskiffern i samband med katagenesen kan, under gynnsamma förhållanden, en del gas och olja stanna kvar i skiffern. Detta gäller även för områden där skiffern anses som övermogen. Fossil skiffergas bildad i samband med katagenes, dvs. termisk skiffergas (*thermogenic shale gas*), förekommer mikroskopiskt och hårt bundet till organiska partiklar och lermineral, som fri gas i mikroskopiska porer eller i lösning tillsammans med vatten i berggrunden (formationsvatten) samt tillsammans med bitumen och olja.

Svart skiffer som är omogen bildar inte termisk skiffergas utan istället, under gynnsamma förhållanden, så kallad biogen skiffergas. Denna typ bildas genom biologisk nedbrytning av det organiska materialet och består, till skillnad från termisk skiffergas, nästan uteslutande av kolvätegasen metan (endast ringa mängd etan). Biogen gas består ofta även av koldioxid, kvävgas och svavelgaser (svavelväte). Generellt är förhållande mellan andelen metan och etan i biogen gas större än 1 000 medan i termiskt bildad gas är förhållandet mindre än 10.

I våra ytligt liggande alunskifferområden i Sverige finns förutsättningar för bildandet av biogen skiffergas. Till skillnad från den fossila termiskt bildade skiffergasen är den biogena gasen inte lika hårt mikrostrukturellt bunden utan den förekommer i naturliga sprickor och hålrum eller löst bundet till det organiska materialet i bergarten. Vanligen förekommer ansamlingar av biogen gas i angränsande porös berggrund, t.ex. den kambriska sandstenen i Östergötland. Inom områden där det bildas biogen gas är det också vanligt att gasen sipprar upp genom berggrunden och når markytan. Gasinströmning i brunnar, stenbrott, källare m.m. är relativt vanlig i dessa områden. Ytligt förekommande biogen gas har inte lika stort ekonomiskt värde. Det ytnära läget medför att volymen gas per volym berggrund inte är lika stor i jämförelse med den hårt bundna fossila skiffergasen på större djup där gasen är kraftigt komprimerad.

PÅGÅENDE OLJE- OCH GASPROSPEKTERING I SVERIGE

I Sverige krävs provningar enligt bl.a. minerallagen och miljöbalken för såväl undersökning som utvinning av skiffergas. Minerallagen uppställer särskilda krav på tillgång till tekniskt kunskande och ekonomiska resurser för den som vill undersöka och utvinna gasförekomster. Ansökan om tillstånd enligt minerallagen görs till Bergsstaten, på vars webbplats det finns ytterligare information om tillståndsprocesserna.

I Sverige finns för närvarande (maj 2014) sjutton undersökningstillstånd enligt mineralagen, som uttryckligen avser gas i områden med alunskiffer. Fem av dessa finns på Öland och de övriga tolv i Östergötlands län. Nedan listas de undersökningstillstånd som både avser olja och gas i övrig berggrund samt gas i alunskiffer. Som framgår är det i Östergötland och på Öland som det finns intresse att undersöka möjligheten till utvinning av gas som kommer från alunskiffer.

- Företaget Igrene har 20 undersökningstillstånd på gas (ett avser även olja) koncentrerade runt Siljansringen i Dalarna.
- Gotland Exploration AB, numera ägt av det nybildade Gripen Oil & Gas AB har ett antal tillstånd på Gotland med huvudsakliga syften att prospektera efter olja i den ordoviciska kalkstenen. Borrningar har utförts under 2013 inom koncessionsområdena Gotland syd och Gotland öst. Gripen Oil & Gas AB har också två egna tillstånd på Gotland (Vallstena och Buttle).
- Gripen Oil & Gas AB har fem tillstånd på Öland (fig. 3) och tolv tillstånd i Östergötland (fig. 4) avseende prospektering efter biogen gas. Bolaget har ansökt om två ytterligare tillstånd i Östergötland där tre andra tillstånd har upphört (tidigare tillhörande Aura Energy).
- Tekniska verken i Linköping AB har den enda bearbetningskoncessionen på gas i Östergötland (fig. 5).

Samtliga gällande tillstånd av gas i alunskiffern avser ytligt förekommande s.k. biogen skiffergas. Tidigare hade Shell ett undersökningstillstånd (2008–2011) i Skåne avseende termiskt bildad skiffergas i djupt liggande alunskiffer i Skåne. De utförde omfattande geofysiska förundersökningar och tre undersökningsborrningar till 800–900 m djup inom ett av deras två tillståndsområden. Av publicerade data framgår att skiffern var omättad med gas, dvs. gasen hade läckt ut från alunskiffern någon gång under Skånes komplicerade geologiska utveckling (Pool m.fl. 2012).

Shell avslutade sitt undersökningstillstånd i Skåne sannolikt på grund av detta skäl. Deras slutdokumentation har lämnats in till Bergsstaten och blir officiellt tillgänglig i maj 2015. Inom det andra tillståndsområdet som Shell hade, Falsterbohalvön-Vellinge-Trelleborg, gjordes inga borrningar. Här finns alunskiffern på mer än 1 500 m djup och det är inte uteslutet att den kan innehålla termiskt bildad skiffergas. En nyligen presenterad studie av US Geological Survey (USGS) för Danmarks och Grönlands Geologiska Undersökning (GEUS) avseende alunskiffers potential i Danmark anger detta som möjligt (Gautier m.fl. 2013).

TERMISK SKIFFERGAS I ALUNSKIFFER – FÖREKOMST OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

USGS har, med den erfarenhet man fått från exploatering av skiffergas i bl.a. Barnett Shale och jämförelse med andra områden i USA, tagit fram ett antal grundläggande förutsättningar, som måste uppfyllas för att en mörk skiffer ska vara intressant för exploatering av termiskt bildad skiffergas. Dessa är:

- Skiffern ska ligga på djup större än 600 m, bl.a. eftersom gasen ska hållas på plats av trycket i berggrunden och att det inte ska finnas risk att frackingsprickor ska nå markytan (jfr Davies m.fl. 2012).
- Skiffern måste ha en hög organisk halt, TOC högre än 2 %.
- Kerogenet i skiffern måste vara av typ II för att det ska kunna bildas gas ur det organiska materialet.
- Skiffern ska ha en termisk mognad mellan 1,1 och 3,5 % Ro (vitrinitetsreflektans). Det betyder att berggrunden måste ha varit påverkad av höga tryck och temperaturer.
- Skiffern ska ha varit moderbergart för olja.
- Skiffern bör vara minst 20 m mäktig eftersom mindre mäktigheter är svåra att tekniskt och ekonomiskt exploatera.
- Skiffern ska liggas så djup i berggrunden att det blir höga formationstryck (den ska vara ”overpressured”) vilket gör att gasen lättare kan produceras med fracking.

- Skiffern ska vara spröd och ha mekaniska egenskaper som gör den lämplig för fracking. Den ska dessutom lätt kunna bilda sprickor.
- Ovanliggande berggrund får inte ha en förmåga att spricka, dvs. sprickor som bildas vid fracking får inte lätt sprida sig uppåt.
- Berggrunden får inte ha varit ”upplyft” i samband med tektoniska rörelser under årmiljonerna sedan gasen bildades. I sådana fall har gasen försvunnit ur skiffern, s.k. ”retention factor”.

Hur utvinns termiskt bildad skiffergas?

Gasen förekommer i skiffern som fri gas i mikroskopiska porer, adsorberad till organiska partiklar och lermineral samt i lösning tillsammans med formationsvatten och bitumen eller olja. Eftersom skiffern på stora djup är relativt tät, dvs. har låg permeabilitet, är det mycket svårt att producera gas ur den. För att öka tillströmningen av gas till borrhålen används därför fracking. Det innebär att man med högt vattentryck i borrhålet spräcker upp skiffern och skapar sprickor kring borrhålet där gasen kan strömma. I samband med fracking injekteras kvartssand som håller sprickorna öppna. Förutom sand och vatten tillförs ca 1 % kemiska tillsatser för att bland annat minska friktion, lösa upp mineraliseringar, motverka rost, anpassa viskositeten, motverka algbildning m.m.

Borrhålen som borrar för skiffergasutvinning är ofta mer eller mindre horisontella i den gasförande skiffern. Antalet borrhål varierar beroende på gasinnehåll samt berggrundens täthet och djup. Från varje borrplats kan flera borrhål borrar och vinklas ut horisontellt i skiffern. Normalt krävs många fler borrhål än vid traditionell gasutvinning. Erfarenheter från USA visar att gasproduktionen från ett borrhål relativt snabbt avtar, och att man efter 3–5 år måste ersätta borrhålet med ett nytt.

Exploateringen av den termiska skiffergasen i USA innefattar en omfattande infrastruktur. Tekniken kräver en stor mängd transporter av borrarutrustning, vatten, sand och kemikalier. Tusentals kubikmeter vatten (10 000–70 000 m³) krävs för fracking i varje enskilt borrhål. Det stora antalet brunnar som krävs medför även anläggning av vägar och pipelines med tillhörande markanvändning. I USAs produktionsfält i Barnett Shale har sedan 2001 mer än 20 000 horisontella produktionsbrunnar borrats inom ett område ungefär motsvarande södra Sverige upp till en linje mellan Göteborg och Norrköping.

Vilka är det största riskerna med fracking?

Inom EU pågår arbeten med fokus på risker och klimatpåverkan vid en eventuell exploatering av Europas skiffergastillgångar. AEA publicerade 2012 en rapport på uppdrag av EUs Miljödirektorat som ger en mycket omfattande analys av risker i samband med fracking. SGU och Naturvårdsverket representerar Sverige i den arbetsgrupp med ett tjugotal medlemstater som EUs Miljödirektorat tillsatte år 2012 kring skiffergas. Syftet är främst kunskapsuppbyggnad och framtagning av underlag som stöd för medlemstaternas hantering av skiffergasfrågan. Arbetet har hittills omfattat översiktliga bedömningar av förekomst, reserver och miljörisker i samband med undersökningar och exploatering samt klimateffekter. Riskanalys av frackingmetoden utgör en mycket viktig del det arbete som pågår inom EU.

De största riskerna som identifierats vid fracking är främst att det skapas sprickor och vibrationer som kan skada grundvattenmagasin genom att det kan bli kemisk påverkat (förorenat) och att grundvattentryck samt grundvattennivå kan förändras. En annan påtaglig riskfaktor är påverkan på mark och markanvändning i samband med borrning och utvinning. Vid fracking krävs stora tillgångar på vatten vilket lokalt kan påverka grundvattenmagasinen.

Det har även framkommit att läckaget av metan till atmosfären i samband med gasproduktionen är större än vad som tidigare förväntats (Allen m.fl. 2013). Sammanfattningsvis kan man summera riskerna och påverkan enligt nedan:

- Vid fracking av berggrunden kan det uppstå sprickor och vibrationer som skadar grundvattenmagasin och fastigheter.
- Grundvattnet kan bli kemisk påverkat (förorenat) och grundvattentryck samt grundvattennivå kan förändras.
- Grundvattentillgången kan minska eller försvinna på grund av den stora vattenåtgång som krävs för fracking.
- Mark och grundvatten kan påverkas genom spill och läckage av drivmedel och oljor i samband med borrning och fracking.
- Störningar med buller och transporter kan uppstå kring borrhålsplatser.
- Anläggning av transportvägar och borrhålsplatser påverkar markanvändningen.
- Metan läcker från borrhålsplatserna till atmosfären.
- Otäta borrhål kan läcka gas och förorenat vatten till grundvatten och markytan.

Vilka förutsättningar finns för termiskt bildad skiffergas i Sverige?

Om man utgår från USGS lista på vad som krävs för att det ska finnas skiffergas är det endast de djupt liggande alunskifferförekomsterna i Skåne som skulle kunna vara lämpliga för termiskt bildad skiffergas. Shells undersökningar åren 2008–2011 visade dock att det troligen inte fanns någon exploaterbar mängd gas kvar i skiffern när de undersökte den i djupa borrhål i centrala Skåne. Det finns ett mindre område i sydvästligaste delen av Skåne där skiffern ännu inte undersökts och där det kan finnas termiskt bildad skiffergas. Detsamma gäller för nordvästra Skåne där alunskifferns utbredning och mäktighet är dåligt känd. Eventuellt kan resultat från två planerade djupa borrhåll på Själland och norra Jylland i Danmark av Total Gas ge värdefull information för bedömning av denna del av Skåne eftersom den har samma geologiska historia som de områden i Danmark som ska undersökas. Områdena i sydvästra och nordvästra Skåne är dock tätbefolkade, vilket begränsar möjligheten till undersökningar och exploatering. Dessutom bedömer SGU att volymen skiffer i dessa områden inte är tillräckligt stor för exploatering. Shells undersökningar har också visat att Skånes alunskiffer inte innehåller några större mängder gas, åtminstone inte i centrala Skåne. Detta gäller sannolikt även för sydvästra och nordvästra Skåne.

BIOGEN GAS I ALUNSKIFFER – FÖRUTSÄTTNINGAR I SVERIGE

Förekomsten av biogen gas är väl dokumenterad från alunskifferområdena på Öland samt i Östergötland, Västergötland och Närke. Lokalt kan skiffern här innehålla utvinningsbara mängder gas men i ett internationellt perspektiv rör det sig om mycket små volymer.

Gasen i dessa områden förekommer relativt löst bunden till sprickor och hålrum i skiffern men framför allt, som i Östergötland, ansamlad i den kambriska sandstenen. De borrhål som gjorts av Gripen Oil & Gas AB under 2013 visade alla att fri gas strömmade naturligt in i borrhålen utan någon extra åtgärd. Alunskiffern ligger i dessa områden som djupast ca 100 m under markytan.

Gripen Oil & Gas AB har i sin årsredovisning (2013) bedömt volymen utvinningsbar metan inom Östergötlands alunskifferområde (290 km²) vara 478,8–2 970,8 × 10⁶ m³. Deras beräkningar antyder att det är osäkert vilka volymer som finns. Enligt deras bedömning skulle utvinningsbar gas inom ett 10 km² stort område ha ett värde av 54,6 MSEK, om man antar ett medianvärde av volymen utvinningsbar gas per kvadratkilometer. I en internationell jämförelse är detta små förekomster, men som ur ett lokalt perspektiv kan vara intressanta för småskalig produktion.

Hur utvinns biogen skiffergas?

Utvinning av ytligt förekommande biogen skiffergas kan i många fall ske utan någon fracking eller stimulering av borrhålet eftersom den ytligt liggande skiffern innehåller fler öppna sprickor än vad som är fallet med djupt liggande skiffer under höga berggrundstryck.

Fracking är inte en tillämpbar metod i dessa områden på grund av de låga berggrundstryck som råder, men framför allt för att alunskifferlagren ligger så ytligt vilket påtagligt ökar risken för att skapa sprickor upp till markytan med tillhörande risker för förorening av grundvatten och förändring av grundvattentryck samt grundvattennivåer.

Däremot kan det, som vid traditionell brunnborrning, behövas mindre stimulering av brunnarna, t.ex. genom sprängning, för att öka tillströmningen av gas. Det kan även vara av intresse att borra horisontella brunnar för att öka kontaktytan mellan brunn och skiffer. Det finns inga uppgifter angivna om hur många brunnar som skulle behövas för exploatering, men sannolikt behövs det ett ansevärt antal.

Risker vid utvinning av biogen gas

Den största risken vid utvinning av biogen gas är påverkan av ytligare grundvattenmagasin (nivåförändringar, kemiska föroreningar) i samband med borrning. Generellt sett finns alltid en risk att man vid borrning skapar kommunikationsvägar mellan olika grundvattenmagasin i berggrund och jordlager. Alunskiffern innehåller svavel, järn, mangan, uran och diverse andra tungmetaller. Grundvatten från alunskiffern har därför oftast en mycket låg kvalitet och bör inte komma i kontakt med andra grundvattenmagasin med bättre dricksvattenkvalitet.

En annan osäkerhet och riskfaktor är markanvändning för borrhälar, tillfartsvägar och transporter med tillhörande risk för spill och läckage som kan förorena yt- och grundvatten. Det är i dagsläget oklart om det kan krävas tillsats av kemikalier i borrhålen. Ifall detta måste göras finns ytterligare en riskfaktor att ta hänsyn till.

SKIFFERGAS OCH BIOGEN GAS I SJÖ- OCH HAVSOMRÅDEN

Det finns internationellt sett stora förekomster av svarta skiffrar i sjö- och havsområden som uppfyller många av de grundläggande kraven för skiffergas. Det finns inte några övergripande internationella bedömningar av hur stora dessa resurser är i förhållande till de på land, och i dagsläget pågår ingen aktivitet till havs. På lång sikt kan även dessa förekomster bli intressanta för undersökning och exploatering. Intresset för undersökning och exploatering beror bl.a. på teknikutveckling, energipriser m.m. Sannolikt måste dessa förekomster i så fall ha mycket hög potential för att vara lönsamma för utvinning.

I Sverige finns 30–35 m mäktig alunskiffer på 700 till 800 m djup i södra Östersjön, angränsande till danskt område (fig. 1). Alunskiffer finns även i den svenska delen av södra Kattegatt samt utanför Skånes sydkust mellan Trelleborg och Falsterbohalvön, i ett område mellan Skåne och Bornholm, och i den sydligaste delen av Öresund. Områdenas begränsade storlek, skifferlagrens uppbyggnad och den stora sannolikheten att skiffern avgasats gör att dessa områden bedöms ointressanta för skiffergas.

Alunskiffer har också påträffats i borrhälar i södra Bottenviken (fig. 1). Här är skiffern maximalt någon meter tjock vilket gör att den inte har någon potential för skiffergas.

I Vättern utanför Motala har Gripen Oil & Gas AB tillstånd för undersökningar av biogen gas. Hittills har man inte gjort några borrhälar men tekniken finns för att borra från enkla borrhälsformar i grunda områden. Eftersom borrning i så fall sker i en känslig miljö måste speciella hänsyn och åtgärder vidtas för att förhindra kontaminering av Vätterns vatten som utgör grundvattentäkt. Man måste också skydda sjöns ekosystem. Grumling på grund av spridning av borrhäls och läckage av vatten och gas från alunskiffern i samband med borrning är några av riskerna.

KÄLLOR OCH REFERENSER

- AEA Technology plc, 2012: Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. *European Commission DG Environment report, ref 07.0307/ENV.C.1/2011/604781/ENV.F1*.
- Allen, D.T., Torres, V.M., Thomas, J., Sullivan, D.W., Harrison, M., Hendler, A., Herndon, S.C., Kolb, C.E., Fraser, M.P., Hill A.D., Lamb, B.K., Miskims, J., Sawyer, R.F. & Seinfeld, J.H., 2013: Measurements of methane emissions at natural gas production sites in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States, vol 110 no 44*, 17768–17773.
- Andersson, A., Dahlman, B., Gee, D.G. & Snäll, S., 1985: The Scandinavian Alum Shales. *Sveriges geologiska undersökning Ca 56*, 1–50.
- Brådenmark, N., 2013: Alunskiffer på Öland: stratigrafi, utbredning, mäktighet samt kemiska och fysikaliska egenskaper. *Examensarbete i geologi, Lunds Universitet 348*, 1–14.
- Buchardt, B. & Cederberg, T., 1987: Stabil isotop geokemi i moderbjergarter, olie og gas i Danmark. *Afsluttende rapport, EFP-83 Projekt. Geologisk Centralinstitut, København*, 1–33.
- Buchardt, B., Nielsen, A.T., Schovsbo, N.H. & Wilken U.G., 1994: *Source rock potential and thermal maturity of Lower Palaeozoic black shales in southern Baltoscandia*. BMFT-project 032 66686 B Pre-Westphalian source rocks in northern Europe. Geologisk Centralinstitut, København, 1–58.
- Buchardt, B., Nielsen, A.T. & Schovsbo, N.H., 1997: Alun skiferen i Skandinavien. *Geologisk Tidsskrift 1997:3*, 1–30.
- Dahlman, B. & Eklund, J., 1953: *Sveriges uranförande alunskiffrar*. Opublicerad rapport, Sveriges geologiska undersökning, 1–66.
- Davies, R.J., Mathias, S.A., Moss, J., Hustoft, S. & Newport, L., 2012: Hydraulic fractures: How far can they go. *Marine and Petroleum Geology 37*, 1–6.
- Gautier, D.L., Charpentier, R.R., Gaswirth, S.B., Klett, T.R., Pitman, J.K., Schenk, C.J., Tenyson, M.E. & Whidden, K.J., 2013: Undiscovered gas resources in the alum shale, Denmark, 2013. *U.S. Geological Survey Fact Sheet 2013–3103*.
- Hessland, I. & Armands, G., 1978: Alunskiffer, underlagsmaterial geologi. Del 1 Sveriges alunskifferförekomst 1–146, Del 2 Tabeller 1–94, Del 3 Världens tillgångar på mörka skiffrar 1–38. *Statens Industriverk 1978:3*.
- Johansson, S., Sundius, N. & Westergård, A.H., 1943: Beskrivning till kartbladet Lidköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 182*, 1–197.
- Lewan, M.D. & Buchardt, B., 1989: Irradiation of organic matter by uranium decay in the Alum Shale, Sweden. *Geochemica et Cosmochimica Acta 53*, 1307–1322.
- Murase, T., 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. *Examensarbete i geologi, Lunds Universitet 352*, 1–19.
- Nielsen, A.T. & Schovsbo, N.H., 2007: Cambrian to basal Ordovician lithostratigraphy in southern Scandinavia. *Bulletin of the Geological Society of Denmark 53*, 47–92.
- Pool, W., Geluk, M., Abels, J. & Tiley, G., 2012: Assessment of an unusual European shale gas play – The Cambro-Ordovician alum shale, southern Sweden. *Proceedings of the Society of Petroleum Engineers/European Association of Geoscientists and Engineers Unconventional Resources Conference, Vienna, Austria, March 20–22, 2012*, 152339.
- Schovsbo, N., 2001: Why barren intervals? A taphonomic case study of the Scandinavian Alum Shale and its faunas. *Lethaia 34*, 271–285.
- Schovsbo, N., 2002: Uranium enrichment shorewards in black shales: A case study from the Scandinavian alum shale. *GFF 124:2*, 107–115.

- Schovsbo, N., 2003: The geochemistry of Lower Palaeozoic sediments deposited on the margins of Baltica. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 50:1, 11–27.
- Svantesson, F., 2013: Alunskiffern i Östergötland – utbredning, mäktigheter, stratigrafi och egenskaper. *Examensarbete i geologi, Lunds Universitet* 372, 1–15.
- Wik, N.G., Lundqvist, I., Selenius, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 108, 1–231.

ORDLISTA

- Bitumen:** Omvandlat organiskt material som tillsammans med kerogen utgör huvudbeståndsdelen i naturasfalt och jordvax. Bitumen är lösligt i organiska lösningsmedel.
- Borrkax:** Det material som kommer upp till markytan i samband med borrning och består av samma material som det genomborrade geologiska enheterna.
- Fracking:** Hydraulisk spräckning av berggrunden.
- Horst:** Ett mer eller mindre långsträckt parti av upphöjd berggrund, på ömse sidor begränsat av förkastningar.
- Huminkerogen:** Organiskt material som huvudsakligen är derivat från primitiva mossors cellulosa, hemicellulosa och ligninkomponenter.
- Kambrium:** Kambrium är en geologisk period under den paleozoiska eran. Den började för 545 miljoner år sedan och slutade när ordovicium tog vid för 488 miljoner år sedan.
- Kambrosilur:** Används ofta som samlande benämning på perioderna kambrium, ordovicium och silur.
- Kerogen:** Fasta organiska ämnen i sedimentbergarter och sediment. Kerogen består av en blandning av delvis oidentifierade och ofta svavelhaltiga vax-, harts- och fettämnen. Kerogen är inte lösligt i organiska lösningsmedel.
- Kolm:** Ett slags stenkolk som förekommer i den övre delen av den kambriska alunskiffern i Västergötland (Billingen), Närke och Östergötland. Den bildar centimetertjocka och decimeterlånga körtlar eller bollar. Kolm innehåller upp till 5 kg uran per ton.
- Ordovicium:** En geologisk period i den paleozoiska eran. Den började vid kambriums slut för 495 miljoner år sedan och slutade när silur tog vid för 443 miljoner år sedan.
- Orsten:** En på organiskt material rik kalksten. Orsten uppträder som linser och bankar i alunskiffern.
- Paleozoikum:** En geologisk era som sträcker sig från 545–252 miljoner år sedan. Paleozoikum delas in i perioderna kambrium, ordovicium, silur, devon, karbon och perm.
- Sedimentbergart:** Vanliga sedimentära bergarter är kalksten, sandsten och skiffer. Sedimentära bergarter bildas vid jordytan på huvudsakligen tre sätt: genom sedimentation eller avsättning av vittringsprodukter från andra bergarter vilket ger upphov till sandsten och skiffer. Genom avlagring av biokemisk aktivitet vilket ger upphov till biogena sedimentära bergarter som kalksten och kol. Kemisk utfällning t.ex. bildning av gips.
- Silur:** En geologisk period i den paleozoiska eran. Den började vid ordoviciums slut för 443 miljoner år sedan och slutade när devon tog vid för 417 miljoner år sedan.
- Tcm:** En biljon, dvs. 10^{12} , kubikmeter (teracubicmetre).
- Vitrinit:** Vitrinit är ett glänsande, glasliknande material som har sitt ursprung i cellulosa och lignin från växtceller. Vitrinit förändras med tryck och temperatur och kan därför användas för att mäta en bergarts mognadsgrad, dvs. vilket tryck och temperatur bergarten har utsatts för.