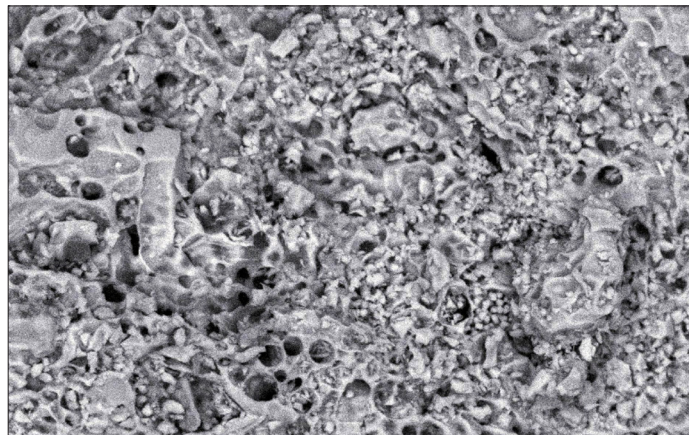


Bevarat maginnehåll hos mosasaurier

Ellen Jönsson

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 363
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2013

Bevarat maginnehåll hos mosasaurier

Kandidatarbete
Ellen Jönsson

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2013

Innehåll

1	Introduktion	5
2	Geologi och lokalbeskrivning	5
3	Material och metoder.....	5
	3.1 Svepelektron mikroskopi	7
	3.2 Röntgenfluorescens	7
	3.3 Tunnslipstillverkning och mikroskopering	7
	3.4 Sågning av Nodul	7
	3.5 Makroskopisk fotografering	7
4	Resultat	7
	4.1 Benbitar och noder	7
	4.2 Mosasauriers käkfunktion, födointag och tandmorfologi	8
	4.2.1 Födasett	8
	4.2.2 Tandmorfologi	8
	4.3 Rapporterade fall av bevarat maginnehåll	8
	4.3.1 Tylosaurinae	8
	4.3.2 Plioplatecarpinae	10
	4.3.3 Mosasaurinae	10
5	Diskussion	10
6	Slutsatser.....	12
7	Tack.....	13
8	Referenser.....	13
	Bilaga 1.....	15

Bevarat maginnehåll hos mosasaurier

ELLEN JÖNSSON

Jönsson, E., 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 363, 17 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Relationen mellan bytesdjur och rovdjur i forntida ekosystem kan rekonstreras med hjälp av olika fossil som t.ex. kololiter, det vill säga förstenat mag- och tarminnehåll. Mosasaurier (familjen Mosasauridae) är en grupp marina ödlor med världsvid utbredning under sen krittid. De var generellt opportunistiska i sina födoval, men några arter som specialiserat sig på skalförsedda djur förekommer också. Bevarat maginnehåll från mosasaurier är känt från flera släkter och utgörs av fisk, bläckfisk, mollusker, sköldpaddor, fåglar, andra mosasaurier samt svanödlor. Denna studie beskriver ett skelettfynd som påträffades under revbenen på en individ av släktet *Mosasaurus*. Fyndet utgörs av sex benfragment med tydlig ytkorrosion och tolkas här som bevarat maginnehåll. Benfragmenten anses tillhöra en sköldpadda och skalplåtarnas ytstruktur är karaktäristisk för familjen Trionychidae. Tillsammans med benbitarna påträffades även metalliska noder. Deras kemiska sammansättning och homogena inre struktur tyder på att de inte är del av maginnehållet. I stället rör det sig troligtvis om diagenetiskt bildade noder

Nyckelord: Maginnehåll, kololit, mosasaurier, *Mosasaurus*, Marlbrook-marlformationen.

Handledare: Mats Eriksson, Johan Lindgren

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Ellen Jönsson, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.

E-post: rutellen@hotmail.com

Gastric contents of mosasaurs

ELLEN JÖNSSON

Jönsson, E., 2013: Gastric contents of mosasaurs. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 363, 17 pp. 15 hp (15 ECTS credits) .

Abstract

Relationships between prey and predator in ancient ecosystems can be reconstructed by interpreting fossil remains such as kololites (fossilized stomach and intestinal contents). They function as a direct evidence of food ingested and thus provide insights into the diet and digestive system of extinct animals. Mosasaurs (family Mosasauridae) are a cosmopolitan group of extinct marine lizards that evolved and eventually perished during the Late Cretaceous. The variety of prey items suggests that mosasaurs were an opportunistic group in their choice of food, although some specialized species did exist. Preserved stomach contents are known from several genera and include fish, cephalopods, bivalves, turtles, birds, other mosasaurs and plesiosaurs. This study describes stomach content that was found underneath the ribcage of a *Mosasaurus*. Six bone fragments with signs of corrosion are interpreted as the remains of gastric content. Furthermore, the bones are identified as turtle bones, and certain surface structures are characteristic of the family Trionychidae. Metallic nodules were also found in association with the bone fragments. The chemical composition and homogenous internal structure do not indicate that they are remnants of undigested stomach content. On the contrary, it is likely that they were diagenetically formed.

Keywords: Gut content, cololite, mosasaur, *Mosasaurus* Marlbrook Marl Formation.

*Ellen Jönsson, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: rutellen@hotmail.com*

1 Introduktion

Insikter rörande utdöda djurs födopreferenser erhålls genom studier av deras käk- och tandmorfologi samt jämförelser med rov- och bytesdjur i nutida ekosystem. Fossil, såsom bevarat mag- och tarminnehåll (kololiter) eller förstenad avföring (koproliter), bidrar med kunskap om förhistoriska ekosystem och dess trofiska nivåer. Genom att studera graden av nedbrytning av materialet i dessa fossil får vi även indikationer på matsmältningssystemets effektivitet och födans tid i mag- och tarmkanalen hos värdjuret.

Mosasaurier är en artrik grupp av sekundärt anpassade marina ödlor som härskade i haven under sen krita (för omkring 98-66 miljoner år sedan). De tillhör ordningen fjällbärande kräldjur (Squamata), dit även dagens ormar och ödlor hör. Familjen Mosasauridae delas in i underfamiljerna Mosasaurinae, Plioplatecarpinae, Tylosaurinae och Halisaurinae. Deras tidiga evolutionära historia är inte fullständigt känd. Traditionellt anses mosasaurierna vara släkt med dagens varanödlor (Russell 1967; deBraga & Carroll 1993), men senare fylogenetiska studier har placerat dem som systergrupp till moderna ormar, dvs. en mer basal position inom ordningen fjällbärande kräldjur (Lee 1997; Lee et al. 1999). Mosasaurer dyker först upp under cenoman (äldre delen av sen krititid) (Grigor'ev 2009; Caldwell & Palci 2007), och genomgick därefter en snabb och framgångsrik diversifiering som toppredatorer fram till slutet av maastricht (Russell 1967; Polcyn & Bell 2005). Traditionellt har mosasaurierna avbildats som slanka, ållika djur med en lång och tillplattad svans och med ållikt simsätt. Senare års studier har dock visat att evolutionen gick mot ett mera välanpassat akvatiskt liv, med bland annat strömlinjeformad kroppsbyggnad och tudelad stjärtfena, vilket ger dem förbättrad hydrodynamisk verkan (Lindgren et al. 2007, 2009, 2010)

Mosasauriernas tandmorfologi är väl studerad och har gett indikationer på deras bytespreferenser (Ross 2009). De direkta bevisen, som bevarat maginnehåll, är magrare, men utgör ett ständigt växande register. Det första rapporterade maginnehållet publicerades 1887 av Dollo, och bestod av rester av en sköldpadda. Konishi et al. (2011) beskrev det senast rapporterade maginnehållet från en *Prognathodon overtoni*, vars sista måltid bestod av en sköldpadda, två benfiskar, samt möjligtvis en bläckfisk.

I det här arbetet presenteras, förutom en syntes av vad vi i dagsläget vet om mosasauriediet, ytterligare maginnehåll bestående av benfragment som påträffades under revbenen på en mosasaurie av släktet *Mosasaurus* i Marlbrook-marlformationen i Arkansas, USA. Förutom analyser och identifiering av maginnehållet är syftet med studien att undersöka om det nya materialet kan bidra med ökad kunskap om mosasauriernas diet och matsmältningssystem. Var de specialister eller omnivorer? Går det att säga något om hur lång tid innan döden som bytet intogs, matsmältningssystemets effektivitet och/eller tiden födan fanns i magen? För

att kunna besvara dessa frågor har även studier rörande nutida släktingar till mosasaurierna gjorts.

2 Geologi och lokalbeskrivning

Mosasauriefyndet påträffades i sediment från Marlbrook-marlformationen i Hempsted County, Arkansas USA. Formationen består av mörksten avsatt i mellersta neritiska sockeln på ett djup av 50-100 meter i Western Interior Seaway (Dane 1929; Irwin 2008) (Fig. 1). Åldersbestämning genom biostratigrafiska (Kennedy & Coban 1993) metoder har fastställt att berggrunden avsattes under sen campansk tid (för drygt 70 miljoner år sedan). Formationens mäktighet varierar mellan 15 och 67 meter, med en utbredning i sydvästra Arkansas, från Clark County i nordöst till Little River County i sydväst (Fig. 2). Marlbrook-marlformationen avgränsas diskonformt av den överlagrande Saratoga-marlformationen och underlagrande Annona-chalkformationen (Bottjer 1985; Irwin 2008; Friedman et al. 2013).

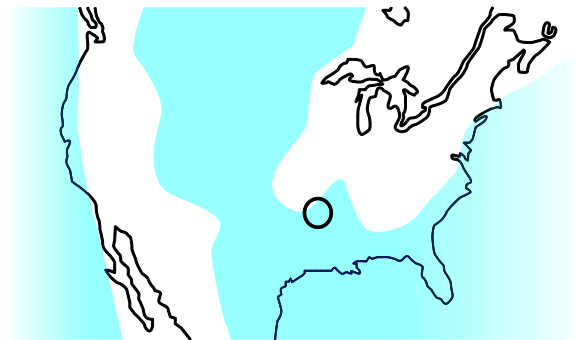


Fig. 1. Utbredningen av Western Interior Sea under campansk tid. Det inringade området motsvarar den ungefärliga positionen för Arkansas. Modifierad från Friedman (2013).

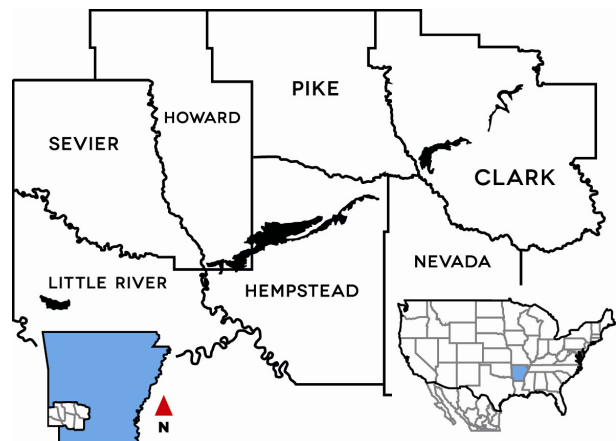


Fig. 2. Karta över Marlbrook-marlformationens nordöstliga till sydvästliga utbredning i Arkansas. Mosasauriefyndet påträffades i Hempsted County. Modifierad från Irwin (2008)

3 Material och metoder

Det undersökta materialet insamlades hösten 2010 från bröstskorgen på en mosasaurie av släktet *Mosasaurus* och består av sex benfragment och tre noder (Fig. 3).

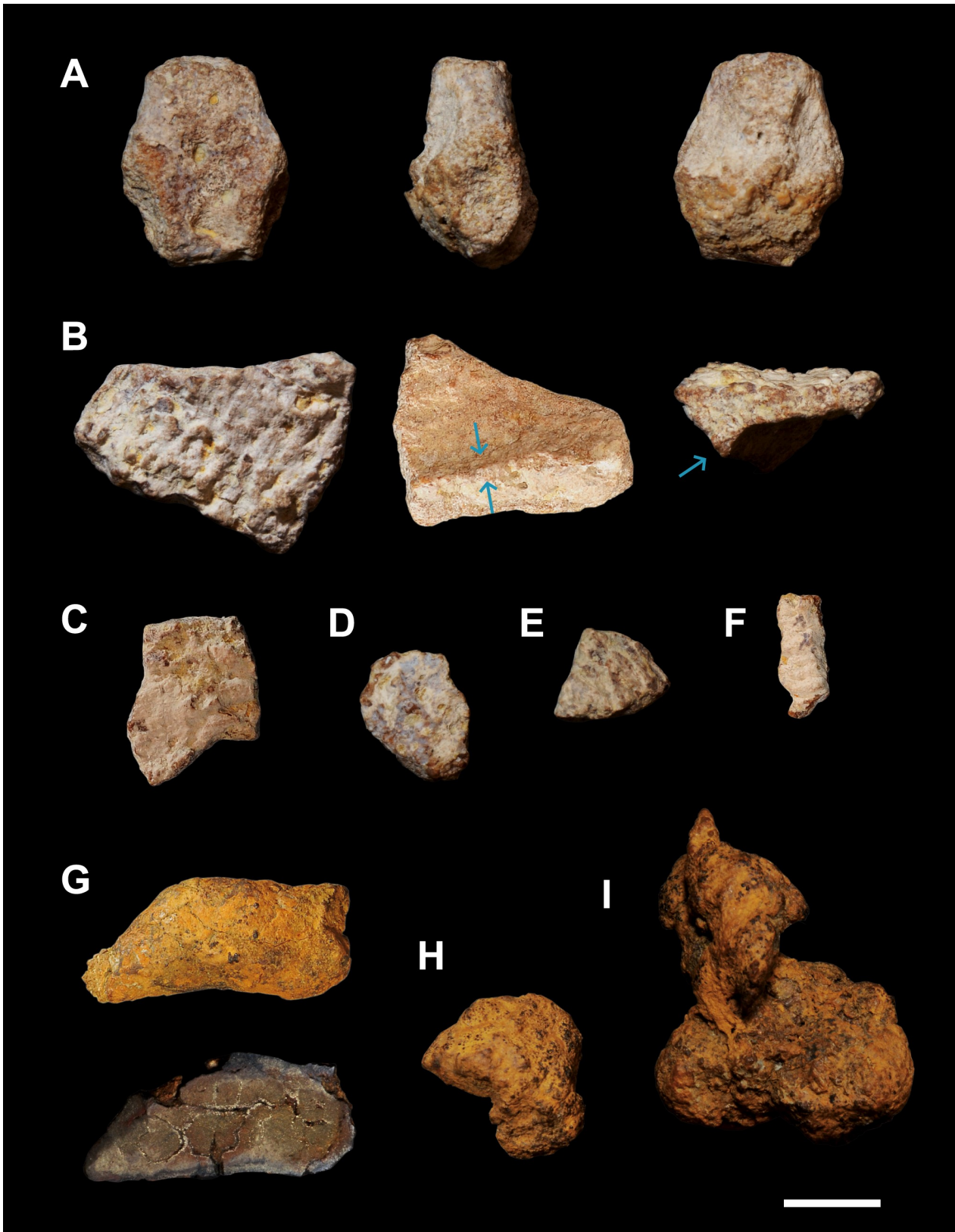


Fig. 3. De sex benfragmenten och tre nodulerna som påträffades i bröstregionen på mososaurien. A. Ett partiellt fingerben från en sköldpadda. B. En skalplåt från en sköldpadda. Ryggsidan uppvisar en knottig yta och längs buksidan löper en rygg (markerad med blå pilar). C-F. Fyra skalfragment. G-I Nodulerna, varav en är itusågad. Skalstrecket representerar 1 cm.

Även omkringliggande sediment insamlades för provtagning. Materialet finns på Geologiska institutionen, Lunds universitet.

3.1 Svepelektron mikroskopi

För detaljerad analys av mikroskopiska ytstrukturer fästes fem prover bestående av benmaterial, noder och omgivande sediment med hjälp av koltejp på ett objektglas och studerades obelagda under lågvakuum i ett Hiatchi S-3400N svepelektronmikroskop (Fig. 4A, B).

3.2 Röntgenfluorescens

Tre benfragment, två noder och sediment analyserades med avseende på kemisk sammansättning med röntgenfluorescens (XRF) i ett Niton XL3t GOLDD+ instrument med programinställning ”Soils & Minerals-Test all Geo”. Mätområdet valdes till 8 mm i diameter och varje prov analyserades 4 x 45 sekunder totalt tre gånger varpå ett medelvärde beräknades (se Bilaga 1).

3.3 Tunnslipstillverkning och mikroskopering

Ett av benfragmenten (Fig. 3C) göts in i tvåkomponents-epoxy. Efter ett dygn i en ugn med ca 50°C hade epoxyn härdat och två tunna skivor sågades ut och limmades fast på objektglas. Efter ytterligare härdning slipades dessa ner till lämplig tjocklek med hjälp av roterande poleringsskivor och diamantpasta. Tunnslipen studeras och fotograferades i ett ljusmikroskåp (Fig. 4C, D)

3.4 Sågning av Nodul

En av nodulerna sågades på mitten för att kunna studeras i genomskärning (Fig. 3G).

3.5 Makroskopisk fotografering

Makroskopisk fotografering utfördes med en digitalkamera (Nikon D300; 50 mm Nikkor lens) monterad på en fast bordsuppsättning med kamerahållare och fyra externa ljuskällor.

4 Resultat

4.1 Benbitar och noder

Benbitarna som studerades i SEM uppvisade håliga och spongiösa ytor som skiljer sig från opåverkat ben och sediment (Fig. 4A, B). I tunnslip observerades sekundära kristaller i hålrum och trasiga trabeculae (Fig. 4C, D). Sågningen av nodulen avslöjade endast en homogen inre struktur, bortsatt från troliga kompressionsprickor (Fig. 3G).

Den kemiska analysen visade skillnader mellan sediment, benfragment och noder (Fig. 5). Benfragmenten uppvisade höga halter fosfat och kalcium i förhållande till sedimentet och nodulerna. Sedimentet innehöll signifikanta halter av kisel jämfört med nodulerna och benbitarna, men har även höga halter av alu-

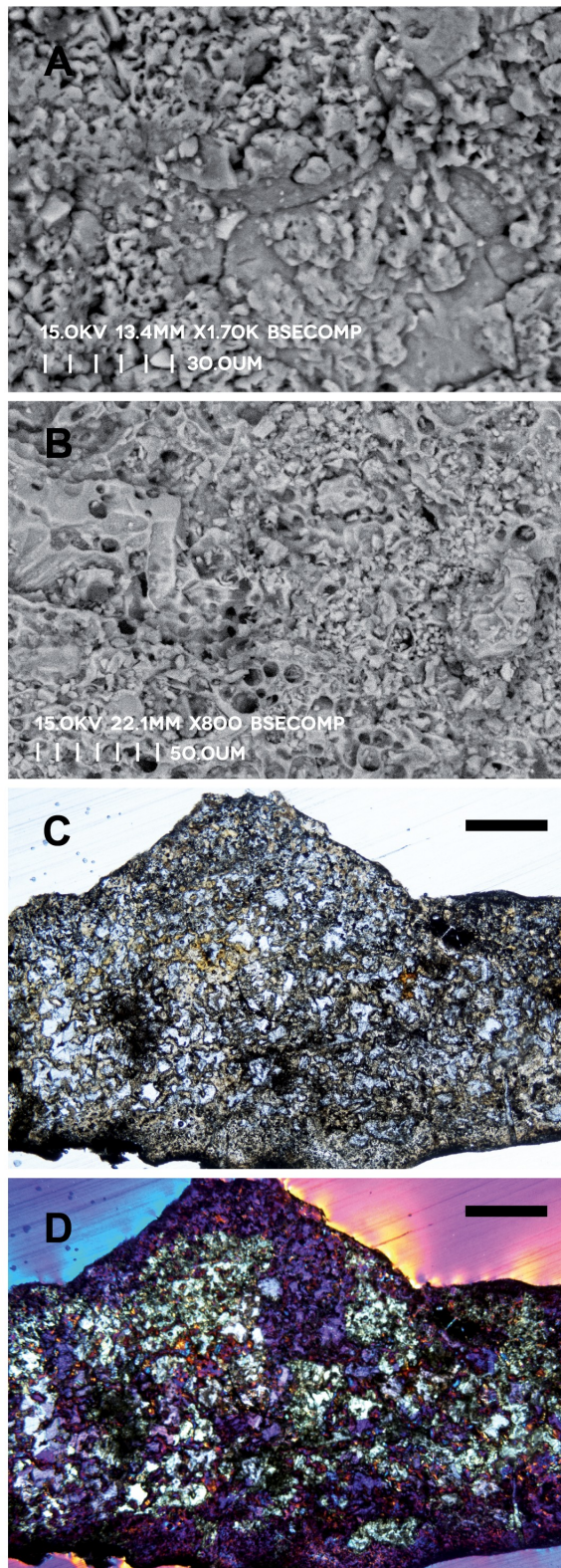


Fig. 4. A. SEM-bild som visar korroderad benyta på fingerbenet och B. korroderad benyta på ett skalfragment. C. Tunnslip av en skalplåt i planpolariserat ljus och D. i korspolariserat ljus som visar sekundära kristaller i hålrum och trasiga trabeculae. Svarta skalstreck representerar 1 mm.

minium och kalcium. Nodulerna innehöll höga halter av främst järn, men även magnesium och aluminium (och andra metaller) förekom i höga halter (se Bilaga 1). Sinsemellan uppvisar benbitarna en överrensstämmande kemisk sammansättning med ett märkbart undantag från provet ”Carapax 3B” som har högre halter kisel, aluminium och järn samt lägre halt fosfor och kalcium.

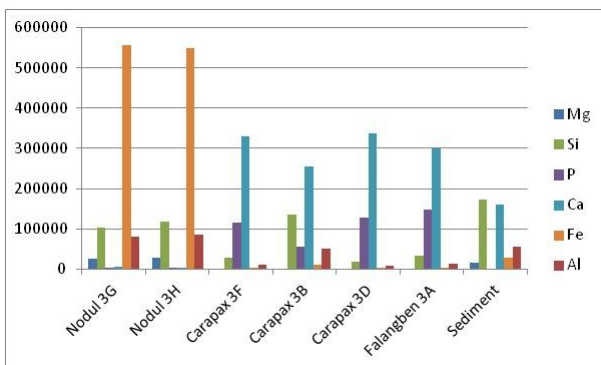


Fig. 5. Resultat av den kemiska analysen (XRF) med avseende på grundämnena magnesium (Mg), kisel (Si), fosfor (P), kalcium (Ca), järn (Fe), aluminium (Al). Y axeln visar innehåll i ppm. För fler grundämnen se Appendix 1

4.2 Mosasauriers käkfunktion, födointag och tandmorfologi

4.2.1 Födoiset

Med undantag för några enstaka släkten (*Globidens* och *Carinodens*) anses inte mosasaurierna primärt ha använt sina käkar och tänder för att bearbeta sina byten, utan istället för att fånga, döda och hålla fast dem (Everhart 2005). Med en skallkonstruktion likartad dagens ormar kunde stora byten intas i mer eller mindre hela stycken genom att käklederna bredde ut sig i sidled (Lee et al. 1999; Lingham-Soliar 1995). Med hjälp av svalgtänder kunde bytet hakas fast medan det successivt svaldes. För ett marint djur kan man förstå att förfarandet med att svälja byten i mer eller mindre hela stycken var nödvändigt, annars skulle delar av bytet kunna sjunka mot botten eller bli tillgängligt för andra rovdjur.

4.2.2 Tandmorfologi

För att kunna dra slutsatser om födopreferenser hos utdöda djur studeras ofta deras tandmorfologi (t.ex. Konishi et al. 2011; Ross 2009). Massare (1987) grupperade tänder från utdöda marina reptiler i olika kategorier (så kallade ’guilds’), där varje kategori delades in efter tandmorfologi och funktion samt vilken typ av bytesdjur de var anpassade för att fånga. I de flesta fall är det en gradvis och delvis överlappande gång mellan de olika tandmorfologierna, precis som de tänkbara bytesdjur de var lämpade för (Massare 1997).

Vid slutet av maastricht hade mosasaurierna diversifierat och utvecklats till att representera fem av sex olika kategorier, ’cut’, ’pierceII/general’, ’smah’, ’crunch’ och

’crush’ (Tabell 1) med en tandmorfologisk mångfald även inom varje kategori (Ross 2009). Majoriteten av mosasaurier hamnar inom kategorin ’cut’, dvs. tänder med formen av en robust och spetsig kon med två vassa skärande egg som kunde hantera stora, köttiga byten med kraftiga ben. Karaktäristiskt för denna grupp är att de kan hantera en mängd olika typer av bytesdjur. Inom familjen Mosasauridae finns också några specialiserade former, som t.ex. släktet *Globidens* vars tänder är väldigt olika den generella tandmorfologin hos mosasaurier. Som släktnamnet antyder är tänderna klotformiga och de bedöms ha varit anpassade till att hantera djur med hårt yttre skelett (Massare 1987). Djur som lever på detta sätt kallas för durofager. Mosasauriesläktena *Platecarpus* och *Plioplatecarpus* tillhör kategorin ’pierce’, det vill säga en tandform anpassad till att spetsa mjuka byten såsom olika typer av bläckfisk, men även fisk, där de slanka tänderna kunde genomborra fjäll och fiskben. Inom släktet *Prognathodon* finns representanter från både ’cut’ och ’crunch’.

4.3 Rapporterade fall av bevarat maginnehåll



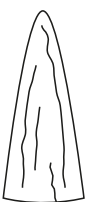
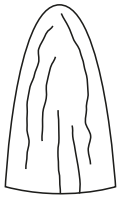

Det finns ett antal kända fall med bevarat maginnehåll hos mosasaurier vilka beskrivs nedan uppdelade på olika underfamiljer (se även Tabell 2).

4.3.1 Tylosaurinae

Ett av de tidigast beskrivna maginnehållen från en mosasaurie är rester från en sköldpadda som påträffades i en individ av släktet *Hainosaurus* (Dollo 1887). En annan medlem av samma underfamilj är *Tylosaurus proriger* där två individer har bevarats med sina sista måltider. Ett av dessa exemplar visade sig innehålla en bred variation bytesdjur som påträffades i den bakre regionen av tarmkanalen (Martin & Björk 1987). Fyndet omfattar rester av en strålfenig fisk (*Bananogmius*), en marin fågel (*Hesperornis*), och, mer uppseendeväckande, en mindre individ av mosasauriearten *Platecarpus tympaniticus*. Fyndet av *Platecarpus* utgör bevis för att mosasaurier var kannibaler, något som det spekulerats kring redan av Williston (1898).

Ett annat exemplar av *T. proriger* beskrevs för första gången av Sternberg (1922) och i sin rapport nämner han fyndet av delvis nedsmälta ben och gastroliter från en korthalsad svanödlas. Han poängterar även att närvaron av gastroliter tyder på att plesiosaurien svaldes på ett sådant sätt att dess mage behölls intakt. Plesiosauriens skelett undersöktes omkring 80 år senare av Everhart (2004) och artbestämdes till *Dolichorhynchops osborni*. Han konstaterade att svanödlans ben är anfrätta av magsyra vilket tyder på att den förtärdes ett flertal timmar före tylosauriens död. Den 2.5 meter långa och 60-70 kg tunga plesiosaurien måste ha varit en stor måltid att svälja för den 8.8 m långa *T. proriger*, och vittnar om s.k. makrofagi. Inga synliga tecken på bitmärken kunde ses på benen, men

Tabell 1: Tabellen visar de olika tandkategorierna, deras funktion samt vilka mosasauriesläkten som hör till vilken kategori. För fler släkten, se Ross (2009). Modifierad från Massare (1997) och Ross (2009).

Kategorier ('guilds')	Tandmorfologi	Typ av bytesdjur	Mosasauriesläkten (mod. efter Ross 2009)
 <p>Cut</p>	<p>Rubost spetsig kon. Två eller flera longitudinella carinae eller ryggar (kan vara tandade). Bars troligen av många opportunistiska arter</p>	<p>Stora köttiga byten med stora ben som kan bryta och polera tänderna.</p>	<p><i>Prognathodon</i> <i>Mosasaurus</i> <i>Tylosaurus</i> <i>Hainosaurs</i></p>
 <p>Pierce II/General</p>	<p>Spetsiga, något slanka och böjda tänder av måttlig längd. Ofta två carinae eller fina longitudinella ryggar.</p>	<p>Köttiga djur som saknar hårt yttre. Bytet spetsas vid infångandet.</p>	<p><i>Plotosaurus</i> <i>Platecarpus</i> <i>Plioplatecarpus</i></p>
 <p>Smash</p>	<p>Smala, raka eller lätt böjda tänder. Apex är rundat men spetsigt.</p>	<p>Extremt mjuka byten men med hårdare invärtes delar. Bytesdjuret greppas snarare än spetsas.</p>	<p>Inget med känt maginnehåll</p>
 <p>Crunch</p>	<p>Liten robust, rak eller lätt kurvad tand med trubbigt apex.</p>	<p>Bytesdjur med hårt men tunt exoskelett. Bytet greppas snarare än spetsas.</p>	<p><i>Prognathodon</i></p>
 <p>Crush</p>	<p>Lökformiga tänder, väldigt trubbiga och kupiga</p>	<p>Bytesdjur med väldigt hårt exoskelett.</p>	<p><i>Globidens</i></p>

närvaron av små benfragment talar för att de större benen krossades innan de svaldes (Everhart 2004)

4.3.2 Plioplatecarpinae

Fiskrester är rapporterade i två olika individer av släktet *Platecarpus*, först av Williston (1899), där han i bukområdet fann fiskben och en kота tillhörig en 1,2 m individ av släktet *Climolichthys*. Stewart (1993) och senare Lindgren et al. (2010) beskrev en delvis nedbruten fisk påträffad i området som motsvarar tjocktarmen hos en välbevarad *Platecarpus tympaniticus*. Ett exemplar av *Plioplatecarpus* omnämns av Dollo (1913), ha påträffats med två belemniter i halsområdet.

4.3.3 Mosasaurinae

Fynd av sköldpaddrester (*Nichollsemys baieri*) har hittats nederst i bukområdet hos en individ av *Prognathodon overtoni*, tillsammans med fragment från två benfiskar, samt en möjlig bläckfiskkäke (Konsihi et al. 2011). De bevarade sköldpaddsbeneden utgjordes av skallben, men inga delar av plastron eller carapax återfanns. Av de två benfiskfragmenten kunde det största hänföras till Elopidae (familj inom strålfeniga fiskar) och dess längd uppskattades till 1.6 m, vilket är ca 25 % av mosasauriens kroppslängd på 5.9 meter (Konishi et al. 2011). Detta tyder på att makrofagi var ett betydande inslag hos *Prognathodon*. Konishi et al. (2011) konstaterade att *P. overtoni* överlappar mellan kategorierna 'cut' och 'crunch'; dvs. robusta och trubbiga tänder (crunch) väl anpassade till att krossa sköldpaddskal, men samtidigt utrustade med sågtandade skärande egg (cut) (se Tabell 1). Av detta drog de slutsatsen att både tandmorfologin och bytesdjuren speglade bilden av *P. overtoni* som en opportunistisk topp-predator som livnärde sig på en rad olika sorts byten. En individ av *Plotosaurus bennison* med slanka spetsande tänder omnämns av Camp (1942) att innehålla rester av en mindre fisk. *Globidens*, från samma underfamilj har korta, trubbiga och klotformiga tänder, och spekulationer kring denneras diet har omfattat sköldpaddor och mollusker. Bevis för sådan föda finns i form av krossade fragment från sex olika taxa mollusker (fyra Inoceramidae, en Anomidae, en Ostreidae) (Martin & Fox 2007). Fragmenten är av storleksordningen 2-10 cm och majoriteten av dessa skalfragment hade skarpa kanter vilket tyder på liten påverkan av magsyra.

5 Diskussion

De kända maginnehållen speglar väl den allmänna uppfattningen om mosasaurier som en artrik grupp som var opportunistiska i sina födoval, där framförallt de former som har robusta, spetsiga och skärade tandformer inom kategorin 'cut' livnärde sig på en rad olika sorters byten. Den stora mångfalden av byten som återfunnits tillsammans med två exemplar av *Tylosaurus proriger* tyder på en art med förmåga att konsumera byten av varierande storlek och sort. Inte minst det faktum att den livnärde sig på andra marina

reptiler tyder på en roll som toppkonsumenter i näringspyramiden, där de troligen inte behövde undvika andra djur. *Platecarpus* och *Plioplatecarpus* något slankare tänder har tolkats som att vara anpassade till att genomborra mjukare byten som bäckfisk och fisk (Jagt et al. 2005). Maginnehåll från *Platecarpus* tyder också på en specialisering mot fisk. Bläckfiskar och andra djur som består av mjukare delar torde lättare ha brutits ned än de med ben och skal. Ett resonemang som förklarar frånvaron av mjukare djurvävnader bland bevarat maginnehåll hos såväl *Plioplatecarpus* och *Platecarpus* som andra mosasauriesläkten. *Globidens* tänder tyder på en diet riktad mot att krossa djur med hårt yttre skal, vilket fragmenterade bivalvskalen också visar. Det är dock inte osannolikt att tänka sig att de även kunde sluka mindre och mjukare djur i ett stycke som inte krävde någon mekanisk bearbetning. Fisk finns representerat i hälften av alla redovisade maginnehåll från mosasaurier, och inom alla underfamiljer (Tabell 2), vilket tyder på att fisk utgjorde en stor del av födan. De många fall av byten av ansevärd storlek tyder på att flera mosasauriesläkten tillämpade makrofagi. De mindre benfragmenten från en svanödlas som påträffats i maginnehållet hos en individ av arten *Tylosaurus proriger* tyder på att större ben krossades, samtidigt som närvaron av svanödlans gastroliter tyder på att djuret svaldes i bitar som varit stora nog att hålla svanödlans mage intakt. (Stenberg 1922; Everhart 2004). Detta talar för att mosasaurierna generellt inte utförde mer oral bearbetning än vad som krävdes för att kunna svälja sina byten.

Materialet under revbenen på mosasaurien från Arkansas som nu har analyserats bidrar med ytterligare en pusselbit till vad mosasauriernas diet bestod av. Runt dessa fynd kan även en diskussion om hur mosasaurierna processade och bröt ner sin föda göras. XRF-analysen (Fig. 5) av materialet påvisade kemiska skillnader mellan benfragment, noder och sediment. Fosfat och kalcium i benfragmenten speglar deras innehåll av kalciumfosfat. Sedimentets höga halter av kisel, aluminium och kalcium speglar en siliciklastisk, karbonat- och lerhaltig sammansättning av murgeln. De högre halterna av kisel, aluminium och järn, och lägre halterna av fosfor och kalcium i provet "Carapax 3B" i förhållande till övriga benprover kan förklaras med att den analyserade ytan på denna bit var täckt av en betydande mängd sediment. De håliga och spongiösa benytorna (Fig. 4A, B) tyder på anfrätning av magsyra, vilket tillsammans med lokaliseringen av benresterna under revbenen gör det rimligt att anta att dessa är magrester. Frånvaro av liknande anfrätt yta på mosasaurieskelettet (M.E. Eriksson, pers. kom., 2013) styrker ytterligare att korrosion med stor sannolikhet orsakades av magsyra.

Det största benfragmentet identifierades som ett inkomplett fingerben (Fig. 3A) tillhörande en sköldpadda och de platta benfragmenten kommer från den övre sköldplåten hos en sköldpadda. Således utgör detta det tredje fyndet av sköldpaddrester som maginnehåll inom familjen Mosasauridae och det andra inom

Tabell 2: Lista över rapporterade exemplar av mosasaurier med bevarat maginnehåll.

Mosasaurie	Byte	Källa
Tylosaurinae		
<i>Tylosaurus proriger</i> (SDSM&T 10439)	Marin fågel (Hesperornis) Strålfenig fisk (Bananogmus) Mosasaurie (Platecarpus tympaniticus)	Martin & Bjork 1987
<i>Tylosaurus proriger</i> (USNM 8898)	2,5m plesiosaurie (Dolichorhynchops osborni)	Sternberg 1922 (se även Everhart 2004)
<i>Hainosaurus bernardi</i>	Sköldpadda	Dollo 1887
Plioplatecarpinae		
<i>Platecarpus sp.</i>	1,2 m lång fisk Climolichthys (Everhart 2004)	Williston 1899
<i>Platecarpus tympaniticus</i> (LACM 128319)	Medelstor fisk	Stewart 1993; Lindgren et al. 2010
<i>Plioplatecarpus sp.</i>	2 belemniter	Dollo 1913
Mosasaurinae		
<i>Plotosurus bennisoni</i>	Mindre fisk	Camp 1942
<i>Prognatodon overtoni</i>	Havssköldpadda (Nichollsemys baieri) 1,6m Elopidae fisk, mindre benfisk, bläckfisk?	Konishi et al. 2011
<i>Globidens</i> (SDSM 74764)	Bivalver	Martin & Fox 2007
<i>Mosasaurus sp.</i>	(?Trionychidae)	Den här studien

underfamiljen Mosasaurinae. Ryggen, (markerade med blå pilar i fig.3) på det största fragmentet i samlingen tyder på att de härrör från en neuralplatta.

Ryggsidan av sköldplåtarna uppvisar ett ojämnt mönster av knotttror och gropar (Fig. 3B) vilket uppvisar stora likheter med de strukturer som Scheyer et al. (2007, 2012) tillskrev sköldpaddsfamiljen Trionychidae. Den unika plywood-liknande benarkitektur familjen också besitter (Scheyer et al 2007;2012) kunde emellertid inte observeras i tunnslip. Eftersom benmaterialet var relativt dåligt bevarat kan dock sådana eventuella primära strukturer vara svåra att urskilja. Det kan alltså inte uteslutas att det rör sig om en trionychid sköldpadda.

De metalliska nodulerna funna tillsammans med benresterna är mer svårbedömda (Fig. 3G-I). De skulle

kunna röra sig om bildningar under tidig diagenes då nodulbildning är vanligt i många sedimentära miljöer (Klinghammer 1980; Collison et al. 2006), men om liknande noder är känt från samma område är oklart. Deras placering tillsammans benbitarna gör det hela svårare att tolka, varför jag inte kan utesluta en koppling till maginnehållet.

Ett terrestriskt bytesdjur kanske inte är vad man förväntar sig att hitta i en marin predator och har tidigare inte rapporterats. Sköldpaddan levde troligen i nära anslutning till kusten där den vid en simtur i havet kanske blev till ett byte för mosasaurien. Det är dock inte heller omöjligt att tänka sig att sköldpaddan efter sin död på spolats ut i havet och där blivit en lättserverad måltid för den förbisimmande mosasaurien. Inga tidigare fynd av bevarat maginnehåll från släktet *Mo-*

sasaurus har hittills rapporterats. Tillsammans med de tidigare beskrivna maginnehåll av sköldpaddor från *Prognathodon overtoni* (Konishi et al. 2011) och *Hainosaurus* (Dollo 1887), styrker detta uppfattningen att dessa topp-predatorer hade förmågan att hantera en rad olika typer av byten.

De fragmenterade benbitarna tyder på att sköldpaddans skal till viss del sönderdelades innan den svaldes. Några nulevande köttätande däggdjur tuggar och maler ner ben för att bättre utnyttja dess näringsämnen (Haynes 1980; 1983). Detta fenomen har dock inte observerats hos nutida reptiler (Fiorillo 1991) och således har rovlevande dinosaurier generellt inte heller ansetts tugga sina byten (Fiorillo 1991; Varrichio 2001). Chin et al. (1998) är dock av en annan uppfattning. De hittade fragmenterade ben i en koprolit från en theropod dinosaurie som indikerade en hög grad av bearbetning av födan innan den svaldes. Detta väcker funderingar kring ett liknande beteende även bland marina, rovlevande ödlor. Troligen hade marina predatorer som mosasaurier förlorat mer på att finfördela sitt byte, då köttstycken som riskera gå förlorade i vattenrymden torde vara mer näringsmässigt värda, än vad en oral nedmalning skulle resulterat i. Sönderdelningen av sköldpaddan kan ha skett då den greppades för att sväljas, men viss grad av tuggning är även tänkbart och skulle ha bidragit med att effektivare komma åt att bryta ner det köttiga innanmätet. Sköldpaddsskalet försvårar troligen annars nedsmältningen då det skyddar mot predatorns magsyra. Med så lite material är det dock svårt att avgöra fragmenteringens omfattning eftersom det är oklart om det saknade benmaterialet även det var småbitar eller bestod av mer kompletta skelettdelar. Det senare skulle snarare tyda på att fragmenteringen skedde då mosasaurien bet tag i sköldpaddan vid infångandet än att sönderdelning skedde på grund av tuggning. .

Kear et al. (2003) beskrev maginnehåll från en ichthyosaurie (fisködl) med svaga tecken på nedbrytning. De drog slutsatsen att måltiden konsumerades strax innan ichthyosaurien dog. I kontrast till detta indikerar maginnehållet i mosasaurien från Arkansas, bestående av delvis nedbrutna sköldpaddsben, att bytet intogs relativt lång tid före döden. Alternativt hade mosasaurien effektivare nedbrytningsförmåga än fisködlan. Ett flertal forskare är eniga om att nutida krokodiler (Skoczylas 1978; Fisher 1981), ormar (Skoczylas 1970) och komodoaraner (Auffenberg 1981) till stor del smälter ned ben även om det kan förekomma mindre benrester i avföringen om en stor mängd intagits vid ett och samma tillfälle. Hos köttätande däggdjur passerar födan tarmen på några timmar medan processen hos reptiler kan ta flera dagar, varför dessa också bryter ner mer av ben (Mellet 1981). Vid studier av karnivorers ekskrement kan graden av nedbrutna ben ge indikationer på mag- och tarmkanalens effektivitet, och/eller spegla uppehållstiden i magtarmsystemet (Duke 1975; Denys et al. 1995). Det är däremot svårare att precisera matsmältningens effektivitet baserat på bevarat maginnehåll jämfört med koproliter. Detta

eftersom fekalier representerar en avslutad matsmältningssprocess och därmed kan man dra slutsatser genom att undersöka hur fullbordad nedbrytningen var. Material som inte kan preciseras till var i magtarmsystemet det kommer ifrån blir därmed svårbedömt eftersom man inte vet hur pass långt gången matsmältningen var vid tiden för döden. Skulle mer ha brutits ner om det fått mer tid? Tack vara exceptionell bevaring lyckas Lindgren et al. (2010) definiera positionen för fiskbensrester till området för tjocktarmen hos en välbevarad *Platecarpus* och drog därmed slutsatsen att de delvis nedbrutna benen i slutet av tarmsystemet tyder på låg effektivitet och/eller kort uppehållstid i magtarmsystemet. Om denna bedömning gäller för mosasaurier generellt tyder detta på att dessa djur troligtvis inte bröt ned ben till den grad som vi ser hos nutida reptiler. Kan specifikare position för var i mag- och tarmkanalen materialet härrör inte göras blir en liknare bedömning svårare. I många fall beskrivs de bevarade maginnehållen vara belägna i nedre regionen av tarmsystemet eller bukhålan (Dollo 1887; Camp 1942; Martin & Bjork 1987; Konishi et al. 2011;). Om detta är de primära positionerna för benmaterialen, det vill säga att ingen förflyttning skett efter döden skulle det, precis som i fallet med Lindgren et al. (2010), tyda på en ofullständig nedbrytning på grund av ett ineffektivt matsmältningssystem och/eller kort uppehållstid i magen. Dock beskrivs inte dessa fynd av mosasaurier vara lika välbevarade som i fallet med Lindgren et al. (2010) varför en sådan tolkning inte kan göras.

Den ringa mängden material som tros utgöra maginnehåll kan antingen förklaras genom att övrigt benmaterial redan kan ha brutits ned på grund av ett effektivt matsmältningssystem och/eller lång uppehållstid i magen. Dock tyder de relativt skarpa och spetsiga kanten på de flesta benen att matsmältningen inte varit fullt så effektiv. Om de härstammat från större nedsmälta ben torde de varit betydligt mer rundade. Ett annat scenario är att alla skaldelar aldrig svaldes, men det förklarar inte varför åtminstone inte ytterligare skelettdelar återfanns under revbenen på mosasaurien. Ytterligare en möjlighet är att dessa bitar inte följde med den senast tömningen av tarmen eller att de försvann efter mosasauriens död. Kanske genom asätare som slet bort material då de åt på mosasauriekadavret. Förklaringen kan sannolikt även ligga i att bitar finns kvar i sedimentet som hittills inte upptäckts.

6 Slutsatser

Baserat på benfragmentens position under revbenen, samt deras anfräta ytan, dras slutsatsen att dessa är bevarat maginnehåll. Benbitarna identifieras som ett fingerben, samt fragment av carapax tillhörandes en sköldpadda. Ytstrukturerna på sköldbenen är ytterst lika de strukturer som återfinns hos familjen Trionychidae. Viss fragmentering av ben har bevisligen utförts. Om denna fragmentering endast skedde vid infångandet av bytet eller genom aktivt tuggande av benen kan inte avgöras utifrån materialet. Utan att

kunna specificera position var i magtarmsystemet materialet befann sig är bedömning av effektivitet eller uppehållstid svår eller till och med omöjlig att göra. Likaså är det svårt att fastställa hur lång tid före mosasuriens död som bytet åts eftersom graden av nedbrytning, som skulle kunna påvisa detta, även är kopplat till magsyrans effektivitet.

7 Tack

Först och främst vill jag rikta det största tack till mina handledare Mats Eriksson och Johan Lindgren för deras engagemang och vägledning under arbetets gång samt för deras tillgänglighet och alltid snabba feedback. Ett stort tack även till Anders Lindskog för all hjälp under XRF-analysen och tunnslipstillverkningen. Vill också tacka min familj och mina vänner, speciellt den trogna skaran som sällskapade i datorsalen dagar som nätter, ni gjorde det till en dans på rosor. Tack!

8 Referenser

Auffenberg, W., 1981: The Behavioral Ecology of the Komodo Monitor. University Presses of Florida, Gainesville. 406 sidor.

Bottjer, D., K. 1985: Trace fossils and paleoenvironments of two Arkansas upper Cretaceous discontinuity surfaces. *Journal of Paleontology* 59, 282–298

Braga, M. de & Carroll, R.L., 1993: The origin of mosasaurs as a model of macroevolutionary patterns and processes, *Evolutionary biology* 27, 245–322.

Chin, K., Tokaryk, T.T., Erickson, G.M. & Calk, L.C., 1998: A king-sized theropod coprolite. *Nature* 393, 680–682

Caldwell, M.W. & Alessandro Palci., 2007: A new basal mosasauroid from the Cenomanian (U. Cretaceous) of Slovenia with a review of mosasauroid phylogeny and evolution. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27, 863–880.

Camp, C.L., 1942: Californian Mosasaurs. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. 67 sidor

Collinson, J., Mountney N. & Thompson, D., 2006: Sedimentary structures. Terra Publishing, Harpenden. 292 sidor.

Dane, C. H., 1929: Upper Cretaceous formations of southwestern Arkansas. *Arkansas Geological Survey Bulletin* 1, 216 sidor

Denys, C., Fernandez-Jalvo, Y. & Dauphin, Y., 1995: Experimental taphonomy; preliminary results of the digestion of micromammal bones in the laboratory, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie Ila* 321 803–809

Dollo, L., 1887: Le hainosaure et les nouveaux vertébrés fossiles du Musée de Bruxelles. *Revue des Questions Scientifiques* 21, 504–539

Duke, G. E., Jegers, A. A., Loff, G. & Evansson, O. A. 1975: Gastric digestion in some raptors. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 50A,

649–659

Everhart, M. J., 2004: Plesiosaurs as the food of mosasaurs; new data on the stomach contents of a tylosaurus proriger (Squamata; Mosasauridae) from the Niobrara Formation of western Kansas. *The Mosasaur* 7, 41–46

Everhart, M.J., 2005: Oceans of Kansas: A Natural History of the Western Interior Sea. Indiana University Press, Bloomington. 501 sidor.

Fisher, D.C., 1981: Crocodylian scatology, microvertebrate concentrations, and enamel-less teeth *Paleobiology*, 7, 262–275,

Fiorillo, R.A., 1991: Prey bone utilization by predatory dinosaurs. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 88, 157–166

Friedman, M., Shimada, K., Everhart M. J., Irwin, K. J., Grandstaff, B. S., & Stewart, J. D., 2013: Geographic and stratigraphic distribution of the late Cretaceous suspension-feeding bony fish *Bonnerichthys gladius* (Teleostei, Pachycormiformes), *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33, 35–47

Grigor'ev, D.V., Averianov, A.O., Arkhangelsky, M.S., Pervushov, E.M. & Zozyrev N. Yu., 2009: A Mosasaur from the Cenomanian of Russia. *Paleontological Journal*, 43, 311–317.

Haynes, G., 1980 of Carnivore Gnawing on Pleistocene and Recent Mammalian Bones. *Paleobiology* 6, 341–351

Haynes, G., 1983 A Guide for Differentiating Mammalian Carnivore Taxa Responsible for Gnaw Damage to Herbivore Limb Bones. *Paleobiology* 9, 164–172.

Irwin, K. J., 2008: Mosasaurs of the Marlbrook Marl Formation (late Campanian): with a historical review of the late Cretaceous marine reptile paleontology of Arkansas. *Proceedings of the second mosasaur meeting*, 63–72

Kear, B.P., Boles, W.E. & Smith, E.T., 2003: Unusual gut contents in a cretaceous ichthyosaur. *Proceedings of the Royal Society of London. Biological Sciences, Series B*270, 206–208

Kennedy, W. J., & Cobban, W.A., 1993: Ammonites from the Saratoga Chalk (Upper Cretaceous), Arkansas. *Journal of Paleontology* 67, 404–434

Klinkhammer, G.P., 1980: Early diagenesis in sediments from the eastern equatorial Pacific. II. Pore water metal results. *Earth and Planetary Science Letters* 49, 81–101

Konishi, T., Brinkman, D., Massare, J.A. & Caldwell, M.W., 2011: New exceptional specimens of *Prognathodon overtoni* (Squamata, Mosasauridae) from the upper Campanian of Alberta, Canada, and the systematics and ecology of the genus. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31, 1026–1046

Lee, M.S.Y., 1997: On snake like dentition in mosasaurian lizards. *Journal of Natural History* 31, 303–314.

Lee, M.S.Y., Bell Jr, G.L. & Caldwell, M.W., 1999:

- The origin of snake feeding. *Nature* 400, 655–659.
- Lindgren J., Jagt, J. W. M. & Caldwell M.W., 2007: A fishy mosasaur: the axial skeleton of *Plotosaurus* (reptilia, Squamata) reassessed. *Lethaia*, 40, 153–160.
- Lindgren, J., Caldwell, M.W., Konishi, T., Chiappe L.M., 2010: Convergent evolution in aquatic tetrapods: insights from an exceptional fossil mosasaur. *P L o S O N E* 5 (8) : e11998.doi:10.1371/journal.pone.0011998.
- Lindgren, J., Alwmark, C., Caldwell, M.W. & Fiorillo, A.R., 2009: Skin of the Cretaceous mosasaur *Plotosaurus*: Implications for aquatic adaptations in giant marine reptiles. *Biology Letters* 5, 528–531.
- Lingham-Soliar, T., 1995: Anatomy and functional morphology of the largest marine reptile known, *Mosasaurus hoffmanni* (Mosasauridae, Reptilia) from the Upper Cretaceous, Upper Maastrichtian of the Netherlands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences* 347, 155-180.
- Martin, J. E. & Bjork, P.R., 1987: Gastric residues associated with a mosasaur from the Late Cretaceous (Campanian) Pierre Shale in South Dakota. *Dakoterra* 3, 68–73
- Martin, J. E. & Fox Stomach, J. E., 2007: Stomach contents of *Globidens*, a shell-crushing mosasaur (Squamata), from the Late Cretaceous Pierre Shale Group, Big Bend area of the Missouri River, central South Dakota. I J E Martin & D. C Parris (red): *The Geology and paleontology of the Late Cretaceous Marine Deposits of the Dakotas*. Geological Society of America Special paper 42, 167–176.
- Massare, J. A., 1987: Tooth morphology and prey preference of Mesozoic marine reptiles: *Journal of Vertebrate Paleontology* 7, 12-137
- Massare, J. A., 1997: *Faunas, behaviour and evolution*. J. M. Callaway and E. L. Nicholls (red.): Ancient marine reptiles. Academic Press, San Diego, California. 322 sidor.
- Mellet, J. S., 1981: Dinosaurs, mammals and mesozoic taphonomy, Second symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems 28, 209–213
- Polcyn, M.J. & Bell Jr, G.L., 2005: *Russellosaurus coheni* n. gen., n. sp., a 92 million-year-old mosasaur from Texas (USA), and the definition of the parafamily Russellosaurina. *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw* 84 – 3, 321–333.
- Ross, R.M., 2009: Charting the late Cretaceous seas: mosasaur richness and morphological Diversification. *Journal of Vertebrate Paleontology* 29, 409–416
- Russell, D.A., 1967: Systematics and morphology of American mosasaurs (Reptilia, Sauria). Peabody Museum of Natural History, Yale University, Bulletin 23, 1–241.
- Scheyer, T.M., Sander, P.M., Joyce, W.G., Böhme W. & Witzel, U., 2007: A plywood structure in the shell of fossil and living soft-shelled turtles (Trionychidae) and its evolutionary implications. *Organisms, Diversity and Evolution* 7, 136–144.
- Scheyer, T. M., Mörs, T., Einarsson, E., 2012: First record of soft-shelled turtles (Cryptodira, Trionychidae) from the late Cretaceous of Europe. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32, 1027–1032.
- Skoczylas, R., 1970: Influence of temperature on gastric digestion in the grass snake, *Natrix natrix* L. *Comparative Biochemistry and Physiology* 33, 793–804
- Skoczylas, R., 1978: *Physiology of the digestive tract*. C. Gans and K. Adler (red.): *Biology of the Reptilia*. Academic Press, London. 1366 sidor.
- Sternberg, C. H., 1922: Explorations of the Permian of Texas and the chalk of Kansas, 1918. *Kansas Academy of Science Transactions* 30, 119–120.
- Stewart, J.D., 1993: A skeleton of *Platecarpus* sp. (Lacertilia: Mosasauridae) with stomach contents and extensive integument: *Journal of Vertebrate Paleontology* 13 (Supplement to 3), 58A.
- Varricchio, D.J., 2001: Gut contents from a cretaceous tyrannosaurid: implications for theropod dinosaur digestive tracts. *Journal of Paleontology* 75, 401–406
- Williston, S. W., 1899: Some additional characters of the mosasaurs. *Kansas University Quarterly* 8: 39–41

Bilaga 1

Mätresultat av ben, noduler och sediment från XRF-analysen. Värdena representerar medelvärden från tre mätningar på vardera 45 sekunder för varje enskilt prov.

COR 2	Mg	Mg Error	Bal	Bal Error	Al	Al Error
Nodul 3G	26978.95	19240.10667	211900.35	5403.443333	80389.04	3800.42
Nodul 3H	28110.45667	10260.90667	195903.12	13124.21333	85132.45	3985.836667
Carapax 3F	< LOD	40666.78333	501867.96	1696.096667	10520.68667	2972.973333
Carapax 3B	< LOD	26241.42667	465995.17	1571.906667	51868.39	3623.906667
Carapax 3D	< LOD	36866.51	495019.86	1588.296	7472.426	2779.372
Falangben 3A	< LOD	37643.25667	475045.82	1855.376667	12187.45667	3059.87
Sediment	15228.935	10537.52333	554679.54	1594.663333	54703.44333	2604.23
COR 2	P	P Error	S	S Error	Cl	Cl Error
Nodul 3G	499.6033333	195.6	13000.37	204.9366667	1527.813333	66.42666667
Nodul 3H	363.6466667	161.9633333	4053.4267	120.1133333	745.3833333	50.78333333
Carapax 3F	115407.1	994.5666667	3660.4767	204.1633333	539.4766667	98.07666667
Carapax 3B	54586.15	633.55	3062.01	158.2666667	4733.45	119.7233333
Carapax 3D	129075.198	982.75	3604.998	191.402	901.622	93.14
Falangben 3A	147153.3767	1074.183333	4827.86	214.4733333	2645.886667	115.5533333
Sediment	< LOD	357.5366667	235.215	286.8033333	< LOD	94.63333333
COR 2	Ca	Ca Error	Sc	Sc Error	Ti	Ti Error
Nodul 3G	6330.793333	408.2033333	< LOD	< LOD	1498.64	111.8533333
Nodul 3H	3987.753333	297.33	< LOD	93.02	1577.563333	101.2833333
Carapax 3F	329674.1867	1560.556667	587.96	134.45	< LOD	172.8
Carapax 3B	255233.9433	1069.683333	1290.9	109.415	2067.3	106.6466667
Carapax 3D	336555.192	1490.978	743.2675	203.555	< LOD	119.83
Falangben 3A	300324.95	1518.866667	< LOD	< LOD	< LOD	256.64
Sediment	161031.8333	955.91	742.04	158.57	2772.366667	72.36
COR 2	Cr	Cr Error	Mn	Mn Error	Fe	Fe Error
Nodul 3G	1013.853333	86.84666667	< LOD	130.6233333	556188.23	3805.23
Nodul 3H	1153.873333	77.56333333	< LOD	331.82	549723.3133	8580.613333
Carapax 3F	250.79	72.28	782.41667	73.73666667	3312.606667	83.83
Carapax 3B	244.325	35.94	867.08333	45.51333333	12048.62	128.2833333
Carapax 3D	313.7075	31.318	762.3	48.038	1826.412	48.354
Falangben 3A	< LOD	122.3866667	1265.4667	66.23	3624.333333	74.05333333
Sediment	142.4	23.63	214.89	36.57666667	28592.66667	230.3166667
COR 2	Ni	Ni Error	Cu	Cu Error	Zn	Zn Error
Nodul 3G	301.41	62.72	67.87	29.08333333	970.43	40.66333333
Nodul 3H	319.985	309.4866667	67.41	109.8633333	333.81	62.44333333
Carapax 3F	< LOD	300000	20.6	16.19	62.56333333	7.916666667
Carapax 3B	211.7966667	19.2	57.723333	9.276666667	134.8333333	7.273333333
Carapax 3D	144.258	20.136	39.558	9.686	74.474	6.662
Falangben 3A	208.9466667	24.18666667	66.973333	11.78666667	117.78	8.71
Sediment	84.69666667	18.72333333	20.76	8.63	77.70333333	7.163333333
COR 2	Se	Se Error	Rb	Rb Error	Sr	Sr Error
Nodul 3G	< LOD	17.15666667	< LOD	3.32	38.07666667	2.92
Nodul 3H	< LOD	17.53333333	4.49	11.72666667	46.84333333	7.826666667
Carapax 3F	< LOD	200000.7667	< LOD	100001.08	1135.37	9.656666667
Carapax 3B	5.166666667	1.856666667	11.136667	2.036666667	1992.34	9.553333333
Carapax 3D	4.205	2.168	3.45	2.294	1835.73	10.238
Falangben 3A	5.046666667	2.33	5.68	2.456666667	2418.136667	13.31
Sediment	< LOD	2.556666667	27.01	1.096666667	588.6933333	5.9

COR 2	Si	Si Error	Zr	Zr Error	Nb	Nb Error
Nodul 3G	102152.98	1251.1867	29.426667	3.2533333	< LOD	3.1866667
Nodul 3H	118548.78	1818.8733	37.076667	8.6166667	< LOD	9.9733333
Carapax 3F	29457.563	1106.1767	7.6	3.6866667	< LOD	2.27
Carapax 3B	134954.26	1433.52	79.34	4.4233333	< LOD	1.9833333
Carapax 3D	19550.69	946.23	51.686	4.598	< LOD	2.154
Falangben 3A	33896.95	1112.8967	69.11	5.9566667	< LOD	2.6766667
Sediment	172747.74	1560.1167	155.82333	4.0033333	14.516667	1.29
COR 2	K	K Error	Cd	Cd Error	Sn	Sn Error
Nodul 3G	6444.7233	342.51	< LOD	11.24	< LOD	29.68
Nodul 3H	6308.2667	306.84667	< LOD	9.8933333	< LOD	29.606667
Carapax 3F	1898.1433	146.46667	< LOD	9.19	< LOD	17.61
Carapax 3B	11144.3	183.87667	12.34	5.3866667	17.35	10.096667
Carapax 3D	1605.648	139.778	12.305	6.358	13.61	11.456
Falangben 3A	4338.7833	181.82667	< LOD	6.9233333	< LOD	17.07
Sediment	13504.467	244.11333	< LOD	6.5466667	11.51	9.7933333
COR 2	V	V Error	La	La Error	Ce	Ce Error
Nodul 3G	409.90333	61.98	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Nodul 3H	423.59	54.596667	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3F	133.84	63.06	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3B	172.54667	31.316667	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3D	161.414	34.522	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Falangben 3A	233.29	82.813333	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Sediment	122.59667	24.77	< LOD	1.5	< LOD	1.5
COR 2	Co	Co Error	W	W Error	Au	Au Error
Nodul 3G	1154.1833	261.77333	< LOD	163.66667	< LOD	19.156667
Nodul 3H	492.6	1066.6433	< LOD	306.67	< LOD	49.84
Carapax 3F	83.376667	28.433333	170.08	37.246667	< LOD	300000
Carapax 3B	77.196667	38.016667	62.83	19.643333	9.11	3.6166667
Carapax 3D	156.832	25.88	87.506	21.714	6.77	4.644
Falangben 3A	253.84	37.423333	72.81	24.78	8.38	5.8966667
Sediment	126.725	74.126667	< LOD	27.626667	6.63	4.4133333
COR 2	As	As Error	Bi	Bi Error	Th	Th Error
Nodul 3G	541.77	36.276667	< LOD	29.316667	< LOD	11.666667
Nodul 3H	1270.9333	117.8	< LOD	77.7	< LOD	31.556667
Carapax 3F	9.84	200001.54	< LOD	15.333333	12.175	100004.19
Carapax 3B	4.79	6.2433333	< LOD	14.033333	32.806667	2.7733333
Carapax 3D	< LOD	4.976	< LOD	14.702	13.582	4.75
Falangben 3A	6.39	4.03	< LOD	19.696667	34.693333	3.5966667
Sediment	15.706667	4.27	< LOD	11.45	10.503333	2.3133333
COR 2	Y	Y Error	Te	Te Error	Cs	Cs Error
Nodul 3G	12.753333	3.27	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Nodul 3H	9.72	14.746667	157.56	47.35	131.64	16.46
Carapax 3F	722.54667	7.6733333	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Carapax 3B	815.79667	6.9833333	103.91	18.1	98.61	6.42
Carapax 3D	736.374	7.268	48.48	24.73	40.53	7.3566667
Falangben 3A	948.76667	9.5966667	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Sediment	11.413333	1.4866667	96.5	23.38	58.09	7.94

COR 3	Mo	Mo Error	Ag	Ag Error	Sb	Sb Error
Nodul 3G	386.77	9	14.91	7.43	33.803333	16.783333
Nodul 3H	439.14667	23.006667	12.105	6.5433333	31.695	17.303333
Carapax 3F	6.5366667	1.54	< LOD	6.8166667	< LOD	15.563333
Carapax 3B	14.29	1.8666667	8.7	3.81	28.75	10.5
Carapax 3D	10.304	1.956	5.53	5.07	16.95	11.068
Falangben 3A	12.03	2.31	< LOD	4.77	< LOD	14.526667
Sediment	11.713333	1.41	< LOD	4.31	15.35	12.256667
COR 4	Ba	Ba Error	Pr	Pr Error	Nd	Nd Error
Nodul 3G	681.77667	63.496667	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Nodul 3H	965.34333	65.34	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3F	487.81333	40.87	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3B	726.42	31.686667	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Carapax 3D	563.37	31.884	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Falangben 3A	707.28333	40.483333	< LOD	1.5	< LOD	1.5
Sediment	291.54	30.683333	< LOD	1.5	< LOD	1.5
COR 5	Hg	Hg Error	U	U Error	Pb	Pb Error
Nodul 3G	< LOD	300000	5.6966667	2.7266667	165.78667	20.663333
Nodul 3H	< LOD	300000	5.49	9.55	207.365	67.756667
Carapax 3F	< LOD	300000	30.943333	2.1566667	14.05	3.9033333
Carapax 3B	8.8633333	4.6766667	127.43667	5.4266667	27.056667	3.2766667
Carapax 3D	10.765	5.718	84.76	5.264	16.548	3.146
Falangben 3A	< LOD	8.7466667	114.05333	6.8033333	31.493333	4.35
Sediment	8.9	5.9166667	8.0566667	2.8133333	12.66	2.8466667
COR 6	Pd	Pd Error				
Nodul 3G	< LOD	< LOD				
Nodul 3H	31.48	14.43				
Carapax 3F	< LOD	< LOD				
Carapax 3B	12.07	5.07				
Carapax 3D	13.29	7.08				
Falangben 3A	< LOD	< LOD				

**Tidigare skrifter i serien
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds
universitet”:**

313. Kampmann, Tobias Christoph, 2012: U-Pb geochronology and paleomagnetism of the Westerberg sill, Kaapvaal Craton – support for a coherent Kaapvaal-Pilbara block (Vaalbara). (45 hp)
314. Eliasson, Isabelle Timms, 2012: Arsenik: förekomst, miljö och hälsoeffekter. (15 hp)
315. Badawy, Ahmed Salah, 2012: Sequence stratigraphy, palynology and biostratigraphy across the Ordovician-Silurian boundary in the Röstånga-1 core, southern Sweden. (45 hp)
316. Knut, Anna, 2012: Resistivitets- och IP-mätningar på Flishultsdeponin för lokalisering av grundvattenytor. (15 hp)
317. Nylén, Fredrik, 2012: Förädling av ballastmaterial med hydrocyklon, ett fungerande alternativ? (15 hp)
318. Younes, Hani, 2012: Carbon isotope chemostratigraphy of the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden. (45 hp)
319. Weibull, David, 2012: Subsurface geological setting in the Skagerrak area – suitability for storage of carbon dioxide. (15 hp)
320. Petersson, Albin, 2012: Förutsättningar för geoenergi till idrottsanläggningar i Kallerstad, Linköpings kommun: En förstudie. (15 hp)
321. Axbom, Jonna, 2012: Klimatets och människans inverkan på tallens etablering på sydsvenska mossar under de senaste århundradena – en dendrokronologisk och torvstratigrafisk analys av tre småländska mossar. (15 hp)
322. Kumar, Pardeep, 2012: Palynological investigation of coal-bearing deposits of the Thar Coal Field Sindh, Pakistan. (45 hp)
323. Gabrielsson, Johan, 2012: Havsisen i arktiska bassängen – nutid och framtid i ett globalt uppvärmningsperspektiv. (15 hp)
324. Lundgren, Linda, 2012: Variation in rock quality between metamorphic domains in the lower levels of the Eastern Segment, Sveconorwegian Province. (45 hp)
325. Härling, Jesper, 2012: The fossil wonders of the Silurian Eramosa Lagerstätte of Canada: the jawed polychaete faunas. (15 hp)
326. Qvarnström, Martin, 2012: An interpretation of oncoïd mass-occurrence during the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden. (15 hp)
327. Ulmius, Jan, 2013: P-T evolution of paragneisses and amphibolites from Romeleåsen, Scania, southernmost Sweden. (45 hp)
328. Hultin Eriksson, Elin, 2013: Resistivitetsmätningar för avgränsning av lakvattenplym från Kejsarkullens deponis infiltrationsområde. (15 hp)
329. Mozafari Amiri, Nasim, 2013: Field relations, petrography and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ cooling ages of hornblende in a part of the eclogite-bearing domain, Sveconorwegian Orogen. (45 hp)
330. Saeed, Muhammad, 2013: Sedimentology and palynofacies analysis of Jurassic rocks Eriksdal, Skåne, Sweden. (45 hp)
331. Khan, Mansoor, 2013: Relation between sediment flux variation and land use patterns along the Swedish Baltic Sea coast. (45 hp)
332. Bernhardson, Martin, 2013: Ice advance-retreat sediment successions along the Logata River, Taymyr Peninsula, Arctic Siberia. (45 hp)
333. Shrestha, Rajendra, 2013: Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of aeolian sediments of Skåne, south Sweden. (45 hp)
334. Fullerton, Wayne, 2013: The Kalgoorlie Gold: A review of factors of formation for a giant gold deposit. (15 hp)
335. Hansson, Anton, 2013: A dendroclimatic study at Store Mosse, South Sweden – climatic and hydrologic impacts on recent Scots Pine (*Pinus sylvestris*) growth dynamics. (45 hp)
336. Nilsson, Lawrence, 2013: The alteration mineralogy of Svartliden, Sweden. (30 hp)
337. Bou-Rabee, Donna, 2013: Investigations of a stalactite from Al Hota cave in Oman and its implications for palaeoclimatic reconstructions. (45 hp)
338. Florén, Sara, 2013: Geologisk guide till Söderåsen – 17 geologiskt intressanta platser att besöka. (15 hp)
339. Kullberg, Sara, 2013: Asbestkontamination av dricksvatten och associerade risker. (15 hp)
340. Kihlén, Robin, 2013: Geofysiska resistivitetsmätningar i Sjöcrona Park, Helsingborg, undersökning av områdets

- geologiska egenskaper samt 3D modellering i GeoScene3D. (15 hp)
341. Linders, Wictor, 2013: Geofysiska IP-undersökningar och 3D-modellering av geofysiska samt geotekniska resultat i GeoScene3D, Sjöcrona Park, Helsingborg, Sverige. (15 hp)
342. Sidenmark, Jessica, 2013: A reconnaissance study of Rävliiden VHMS-deposit, northern Sweden. (15 hp)
343. Adamsson, Linda, 2013: Peat stratigraphical study of hydrological conditions at Stass Mosse, southern Sweden, and the relation to Holocene bog-pine growth. (45 hp)
344. Gunterberg, Linnéa, 2013: Oil occurrences in crystalline basement rocks, southern Norway – comparison with deeply weathered basement rocks in southern Sweden. (15 hp)
345. Peterffy, Olof, 2013: Evidence of epibenthic microbial mats in Early Jurassic (Sinemurian) tidal deposits, Kulla Gunnarstorp, southern Sweden. (15 hp)
346. Sigeman, Hanna, 2013: Early life and its implications for astrobiology – a case study from Bitter Springs Chert, Australia. (15 hp)
347. Glommé, Alexandra, 2013: Texturella studier och analyser av baddeleyitomvandlingar i zirkon, exempel från sydöstra Ghana. (15 hp)
348. Brådenmark, Niklas, 2013: Alunskiffer på Öland – stratigrafi, utbredning, mäktigheter samt kemiska och fysikaliska egenskaper. (15 hp)
349. Jalnefur Andersson, Evelina, 2013: En MIFO fas 1-inventering av fyra potentiellt förorenade områden i Jönköpings län. (15 hp)
350. Eklöv Pettersson, Anna, 2013: Monazit i Obbhult-komplexet: en pilotstudie. (15 hp)
351. Acevedo Suez, Fernando, 2013: The reliability of the first generation infrared refractometers. (15 hp)
352. Murase, Takemi, 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. (15 hp)
353. Sjöstedt, Tony, 2013: Geoenergi – utvärdering baserad på ekonomiska och drifttekniska resultat av ett passivt geoenergisystem med värmeuttag ur berg i bostadsrättsföreningen Mandolinen i Lund. (15 hp)
354. Sigfúsdóttir, Thorbjörg, 2013: A sedimentological and stratigraphical study of Veiki moraine in northernmost Sweden. (45 hp)
355. Månsson, Anna, 2013: Hydrogeologisk kartering av Hultan, Sjöbo kommun. (15 hp)
356. Larsson, Emilie, 2013: Identifying the Cretaceous–Paleogene boundary in North Dakota, USA, using portable XRF. (15 hp)
357. Anagnostakis, Stavros, 2013: Upper Cretaceous coprolites from the Münster Basin (northwestern Germany) – a glimpse into the diet of extinct animals. (45 hp)
358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in metasediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund