

**Paleontologiska egenskaper och
syreisotopsutveckling i borrhärnan
Limhamn-2018: Kopplingar till klimat-
förändringar under yngre krita**

Melissa Sundberg

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 642
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2022

Paleontologiska egenskaper och syreisotopsutveckling i borrhärnan Limhamn-2018: Kopplingar till klimatförändringar under yngre krita

Kandidatarbete
Melissa Sundberg

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2022

Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
2. Geologisk bakgrund.....	7
2.1 Maastricht och dinosauriernas utdöende	7
2.2 Sverige och Limhamns kalkbrott	7
2.2.1 Borrkärnan Limhamn-2018	8
3. Material och Metoder	8
4. Resultat	8
4.1 Borrkärneanalys	8
4.1.1 Sammanställning av borrkärneanalys	10
4.2 Syreisotopdata	12
5. Diskussion	12
5.1 Limhamns avsättningsmiljö under maastricht	12
5.2 Fossilinnehållets relation till miljöförändringar	13
5.3 Geokemisk data	13
5.4 Förändringar i Limhamn ur ett globalt perspektiv	14
6. Framtida undersökningar	14
7. Slutsatser	14
8. Referenser	14
8. Tidigare arbeten	16

Sammanfattning

Melissa Sundberg

Sundberg, M., 2022: Paleontologiska egenskaper och syreisotopsutveckling i borrhärnan Limhamn-2018: Kopplingar till klimatförändringar under yngre krita. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 642, 15 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Krita är onekligen en av de mest omtalade tidsåldrarna inom paleontologin, inte minst på grund av massutdöendet som innebar slutet för alla icke-flygande dinosaurier. Nya studier visar att biodiversiteten hos storvuxna fågelhöftade dinosaurier började minska tiotals miljoner år innan utdöendet. Samtidigt tyder syreisotopdata ($\delta^{18}\text{O}$) och andra klimatproxies på ett instabilt och föränderligt klimat under maastricht, med sjunkande havsnivåer och ökande årstidsvariationer. Genom studier av fossilutvecklingen och syreisotopsvariationer i borrhärnan Limhamn-2018 kan man sluta sig till att temperaturen och vattendjupet sjönk i det hav som täckte Limhamnsområdet under maastricht. Detta baseras på ökad frekvens av fossil och kornstorlekar som associeras med lägre vattendjup samt en ökande variation i $\delta^{18}\text{O}$ -data med en långsiktig trend mot mer positiva värden, indikativt för sjunkande temperaturer och utveckling av polaris. Vidare är de flintfyllda *Thalassinoides*-grävgångarna karaktäristiska för limhamnskalken och tycks vara associerade med nedkylning. De intervaller i kärnan med högst förekomst av *Thalassinoides* påbörjas i närhet till positiva toppar i $\delta^{18}\text{O}$, vilket sannolikt beror på minskad primärproduktion och sedimentation till följd av sjunkande ytvattentemperaturer. Frekvensen av *Thalassinoides*-förekomster i Limhamn-2018 stärker på så vis evidensen om yngre kritas svala och instabila klimat.

Nyckelord: Klimatförändringar, maastricht, ichnofossil, bryozobiohermer, milankovitchcyklicitet

Handledare: Anders Lindskog & Mats Eriksson

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi, paleontologi

Melissa Sundberg, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: pe3150su-s@student.lu.se

Abstract

MELISSA SUNDBERG

Sundberg, M., 2022: Paleontological traits and oxygen isotope development in the drill core Limhamn-2018: Ties to climate change during the late Cretaceous. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 642, 15 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: The Cretaceous is without a doubt one of the most discussed geologic time periods within the field of paleontology, which can at least in part be credited to the mass extinction at its very end. Recent studies suggest that the biodiversity of ornithischians (bird-hipped dinosaurs) started to decline tens of millions of years before the mass extinction. Meanwhile, studies of stable oxygen isotopes ($\delta^{18}\text{O}$), in conjunction with other climate-proxies, indicate an unstable and changing climate with increasing seasonal patterns. Through studies of the paleontological development and the oxygen isotope variability within the Limhamn-18 core, it has been concluded that the temperature and depths of the ocean, which covered large parts of central and northern Europe, decreased during the upper Maastrichtian. This conclusion is derived from an upwards increasing frequency of fossils and grain sizes commonly associated with shallower water, and an increasing variation of $\delta^{18}\text{O}$ -values with a long-term trend towards more positive values, indicative of decreasing temperatures and the development of polar ice caps. Furthermore, are the black flint-filled *Thalassinoides* burrows characteristic to the Limhamn-chalk, which appears to be associated with climate cooling. The intervals with the highest abundance of black flint-filled *Thalassinoides* are initiated in close proximity to positive spikes in $\delta^{18}\text{O}$, which is likely the result of reduced primary production and sedimentation, following a decrease in surface water temperatures. The presence of *Thalassinoides* in the Limhamn-2018 core thus further fortifies the evidence of the cool and unstable climate of the late Cretaceous.

Keywords: Climate change, maastrichtian, ichnofossil, bryozoan bioherms, milankovitch cyclicality

Supervisors: Anders Lindskog & Mats Eriksson

Subject: Bedrock geology, paleontology

Melissa Sundberg, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: pe3150su-s@student.lu.se

1. Introduktion

Krita inleddes för ca 145 miljoner år sedan (Ma) och avslutades för 66 miljoner år sedan, i samband med ett massutdöende som bland annat ledde till att icke-flygande dinosaurier dog ut. Krita brukar delas upp i två epoker, där undre krita börjar vid ca 145 Ma och över krita börjar vid ca 100 Ma (Brusatte et al. 2015).

Under tidig krita uppträdde angiospermer, det vill säga gömfröiga växter, för första gången i det fossila arkivet och de första riktiga fåglarna utvecklades (Wang and Lloyd, 2016; Sauquet et al, 2017). Krita fick till synes ett relativt abrupt avslut i samband med ett meteoritnedslag i Chicxulub, Mexiko. Biodiversiteten hos dinosaurierna hade dock redan börjat minska flera miljoner år innan nedslaget, framförallt bland storvuxna ornithischier (fågelhöftade dinosaurier) (Sakamoto et al. 2016). Syreisotopdata ($\delta^{18}\text{O}$), som indirekt utgör en temperaturproxy, indikerar ett instabilt klimat under översta krita, med minskande havstemperaturer och sjunkande havsnivåer (Li och Keller 1999; Thibault 2016). Med andra ord pågick en förändring av den landlevande faunan under slutet av krita, men huruvida detta är kopplat till det avsvalnande klimatet är ännu inte klarlagt. Då terrestra sediment inte är passande för syreisotopanalys är det svårt att göra direkta korrelationer mellan temperaturvariationer och förändringar i den landlevande faunan. Genom att analysera kallvattenkarbonater kan man direkt korrelera syreisotopdata till associerade kropps- och spårfossil, och således undersöka om det finns några samband mellan globala temperaturvariationer och lokal ekologi. Limhamnskalken avsattes under slutet av krita till början av paleogen, och visar en övergång från coccolit- till bryozodominerad karbonatproduktion (Brotzen 1950). Målet med detta arbete är att undersöka hur Limhamns fauna och dess ekologiska sammansättning påverkades av klimatvariationer under slutet av krita, genom att studera $\delta^{18}\text{O}$ -variationer och kartlägga utbredningen av kropps- och spårfossil i limhamnskalkens kritaceiska intervall.

2. Geologisk bakgrund

2.1 Maastricht och dinosauriernas utdöende

Maastricht varade mellan ca 72 och 66 Ma och var kritis sista tidsålder. Det globala klimatet tycks mestadels ha liknat nutidens subtropiska klimat, men karakteriserades av gradvis sjunkande havstemperaturer (Golovneva 2000). Den latitudinella temperaturgradienten var lägre än idag, med högre polara och lägre tropiska temperaturer (Golovneva 2000). Årsnederbörden var sannolikt högre och mer jämnt fördelad över året, vilket antyder svagare säsongvariationer (Golovneva 2000). Under slutet av campan till tidig maastricht (ca 73–70 Ma) sjönk de intermediära vattenmassornas temperaturer med mellan fyra och fem grader Celsius vid medelhöga latituder enligt studier av $\delta^{18}\text{O}$ (Grossman, 2012). Därefter ökade vattenmassornas temperatur med två grader under mellersta maastricht (ca 70–68 Ma), innan de åter kyldes ned med tre till fyra grader under sena maastricht (ca 68–66 Ma; Grossman, 2012). Nära slutet av maastricht sjönk vattenmassornas temperatur med ytterligare två till tre grader (Grossman, 2012). Detta sammanföll

med en ökning av den latitudinella temperaturgradienten. De sjunkande temperaturerna medförde sjunkande havsnivåer. Detta kan indikera uppbyggnad av glaciärer vid höga latituder, men kan även vara ett resultat av omfördelningar av landmassor eller minskad aktivitet av de mittoceanska ryggsystemen (Li och Keller 1999; Thibault et al., 2015).

Orsaken bakom det instabila klimatet under sen krita är omdebatterad. Nedkylningen sammanföll med omfattande vulkanisk aktivitet, främst de så kallade deccanutbrotten i Indien-området (Schoene et al., 2019). Det är dock osäkert om denna vulkanism ledde till uppvärmning eller nedkylning; utbrotten bör ha släppt ut stora mängder koldioxid i atmosfären, vilket leder till uppvärmning, men även aerosoler som kan ha reflekterat bort värmeinstrålning i atmosfären. Den nyligen avsatta lavan kan också ha lett till en minskning av koldioxid i atmosfären, då nedbrytning av nybildade bergarter förbrukar koldioxid (Twitchett 2006; Tobin et al 2012; Schoene et al., 2019).

En majoritet av dagens forskare är överens om att ett stort meteoritnedslag i Chicxulub, Mexiko, var den huvudsakliga orsaken till massutdöendet vid slutet av krita (Alvarez et al. 1980). Som nämnts tidigare finns det indikationer på att klimatet var instabilt under maastricht, med sjunkande temperaturer och havsnivåer. Denna gradvisa klimatförändring sammanföll med en minskning av biodiversitet hos fågelhöftade dinosaurier (ornithischier), specifikt bland storvuxna former, såsom ceratopsider och sauropodomorfer (Sakamoto et al., 2016). Den theropoda faunan uppvisade dock inga större tecken på en minskad biodiversitet under maastricht (Brusatte et al., 2015).

2.2 Sverige och Limhamns kalkbrott

Under maastricht låg västra sydsandinavien och Limhamnsområdet under havsytan, i en bukt som täckte större delen av nordvästra Europa (Fig. 1; Surlyk 1997; Scotese 2014). Kalkstenen som avsattes i denna bukt under mesozoikum tillhör den nordvästeuropeiska kritgruppen, en mäktig ansamling kallvattenkarbonater

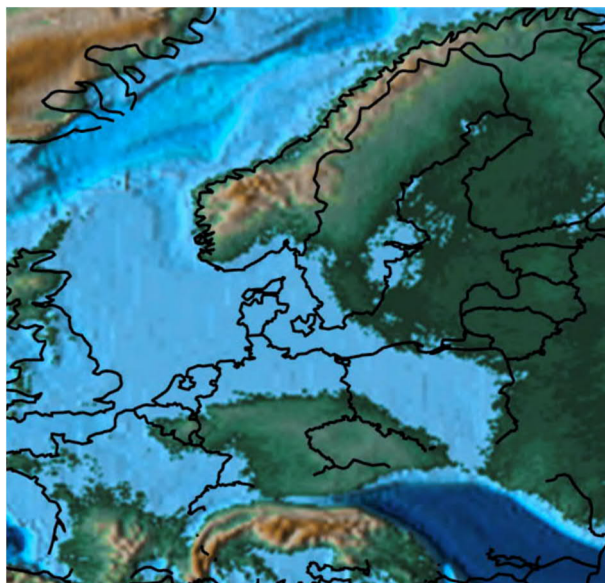


Fig 1. Karta över Europa under maastricht, ca 68 Ma, med dagens nationsgränser markerade i svart. Bild av Scotese (2014).

som innefattar ett flertal formationer i bland annat Danmark, Storbritannien och Frankrike (Surlyk 1997). I buktens centrala del låg den danska bassängen vid höga subtropiska latituder under maastricht och dan (äldsta paleogen), och drev norrut (Surlyk 1997; Scotese 2014).

Limhamns kalkbrott är beläget i sydvästra Malmö och startades 1866, men bruket av kalkstenen i området kan dateras åtminstone till 1600-talet (Länsstyrelsen Skåne 2016). Kalkbrottet var aktivt fram till 1994, då brottets lägsta punkt låg 65 m under den naturliga marknivån och 58 m under havsytan. På grund av kalkbrottets djup behöver det genomsnittligen pumpas ut 70 l vatten per sekund för att förhindra intrång av grund- och brackvatten. Sedan 2011 har Limhamns kalkbrott varit ett naturreservat, och ett natura-2000 område sedan 2016 (Länsstyrelsen Skåne 2016).

Den kretaceiska sekvensen av limhamnskalken bedöms vara pelagisk och består till minst 90% av partiklar som är mindre än 63 μm vilka utgör bergartens matrix (Malmgren 1981). Denna mellanmassa består huvudsakligen av coccoliter av arten *Nephrolithus frequens* (Malmgren 1981). De större partiklarna består främst av bentiska och/eller planktiska foraminiferer och/eller bryozoaer. I de delar där förekomsten av bryozoaer är hög, är förekomsten av foraminiferer typiskt låg och vice versa (Malmgren 1981). Limhamnskalken bedöms bestå av mellan 77 och 100% kalciumkarbonat (CaCO_3). Generellt är CaCO_3 -innehållet högre i limhamnskalkens övre delar, och kretasekvensen innehåller som mest 93% CaCO_3 (Malmgren 1981; Johansson et al. 2020). Geokemiska data från XRF-analyser indikerar att den kretaceiska lagerföljden generellt sett innehåller mer aluminium, kalium och kisel i jämförelse med den paleogena sekvensen. Dessa element tyder på att den kretaciska lagerföljdens matrix sannolikt har en relativt stor mängd siliciklastiska lermineral associerade med Al och K (Molin 2019; Johansson et al. 2020).

Den blottade kalkstenen i Limhamns kalkbrott består av bryozobiohermer som avsattes under dan, vilken överlagrar bäddformig kretaceisk coccolitkalksten (Brotzen 1950). Maastrichtlagerföljden i Limhamn kan jämföras med den vid Stevns Klint i Danmark (ca 45 km åt sydväst), där motsvarande sekvens tillhör høje-rupledet (Molin 2019). Den regionala lagerföljden har tidigare delats in i tre zoner baserade på förekomsten av dinoflagellater (Kjellström och Hansen, 2010). Den understa zonen karakteriseras av *Tanyosphaeridium magdali*, zonen ovanför av *Thalassiphora pelagica* och den översta av *Chiropteridium inornatum* och *Palynodinium grallator*. Den sistnämnda zonen tycks dock saknas i Limhamns kalkbrott, där det förekommer en lucka i lagerföljden som innefattar översta maastricht till understa dan. Som framgår av närvaron av *Chiropteridium inornatum* och *Palynodinium grallator* vid andra lokaler i omgivningen är denna hiatus i stort sett begränsad till Limhamnsområdet (Kjellström och Hansen, 2010).

2.2.1 Borrkärnan Limhamn-2018

Under en studie som utfördes 2018 togs en borrkärna med ett totalt spann på 50,26 m upp ur en ”platå” i kalkbrottets undre del, se Fig. 2. Vissa intervall i borr-



Fig 2. Från Johansson et al 2020. Satellitbild över Limhamns kalkbrott, med borrhålets position markeras med en röd punkt.

kärnan blev dock mycket fragmenterade under provtagningen, vilket medförde mycket kärnbortfall; således är borrkärnans intakta längd något kortare än 50,26 m (Johansson et al. 2020).

3. Material och Metoder

Det undersökta intervallet av Limhamn-2018 begränsades till maastricht, vilket utgör totalt ca 24,75 m (kärnbortfall inräknat) inom kärnintervallet 25,51–50,26 m, det vill säga från borrkärnans lägsta punkt fram till den hiatusnivå (en markant hårdbottenyta) som markerar K–Pg-övergången. Borrkärnan undersöktes systematiskt nedifrån och upp där förekomst och uppskattad frekvens av kroppsossil, spårossil och bioturbation noterades, med mått angivna i förhållande till avståndet från kärnans topp. Dessa noteringar kombinerades med tidigare beskrivningar av borrkärnornas litofacies (se Molin 2019) för att ge en helhetsbild av avsättningsmiljön. Sex tunnslip från Limhamn-2018 undersöktes som understöd för makroskopiska observationer, med fokus på fossilinnehåll. Syreisotopsdata ($\delta^{18}\text{O}$) från samma intervall undersöktes även, baserat på prover som analyserats vid National High Magnetic Laboratory i Tallahassee, Florida, USA. Analysmetoden beskrevs i detalj av Lindskog et al. (2019). Efter sammanställning av rådata kartlades utbredningen av flintafyllda grävgångar genom kärnan. Kärnintervall med särskilt hög frekvens (≥ 3 per meter) av stora och/eller sammanhängande flintafyllda grävgångar (med max 50 cm avstånd) tilldelades zoner. Dessa zoners utbredning jämfördes därefter med $\delta^{18}\text{O}$ -data.

4. Resultat

4.1 Borrkärneanalys

Resultaten av borrkärneanalysen presenteras i stratigrafisk ordning (nedifrån och uppåt). Observationer och huvudresultat presenteras i Fig 3.

Limhamnskärnans botten markeras av referenspunkt 50,26 m och utgörs till stor del av krossmaterial och ljusa flintanoduler. Ungefär en halvmeter ovanför kärnans botten finns ett kritkalkigt parti som är särskilt rikt på skalfragment, som huvudsakligen består av bryozo-fragment (se Fig. 4h). Sekvensen mellan 49 och 47 m utmärks huvudsakligen ut av bioturbation, ljusa grävgångar och märgel (se Fig. 4f–h). Ovanför följer ett intervall med bioturbation och ljusa flintafyllda grävgångar (45,5–41m), samt fossil av bryozoaer och kiselsvampar (se Fig. 4a–d). Grävgångarna runt 45

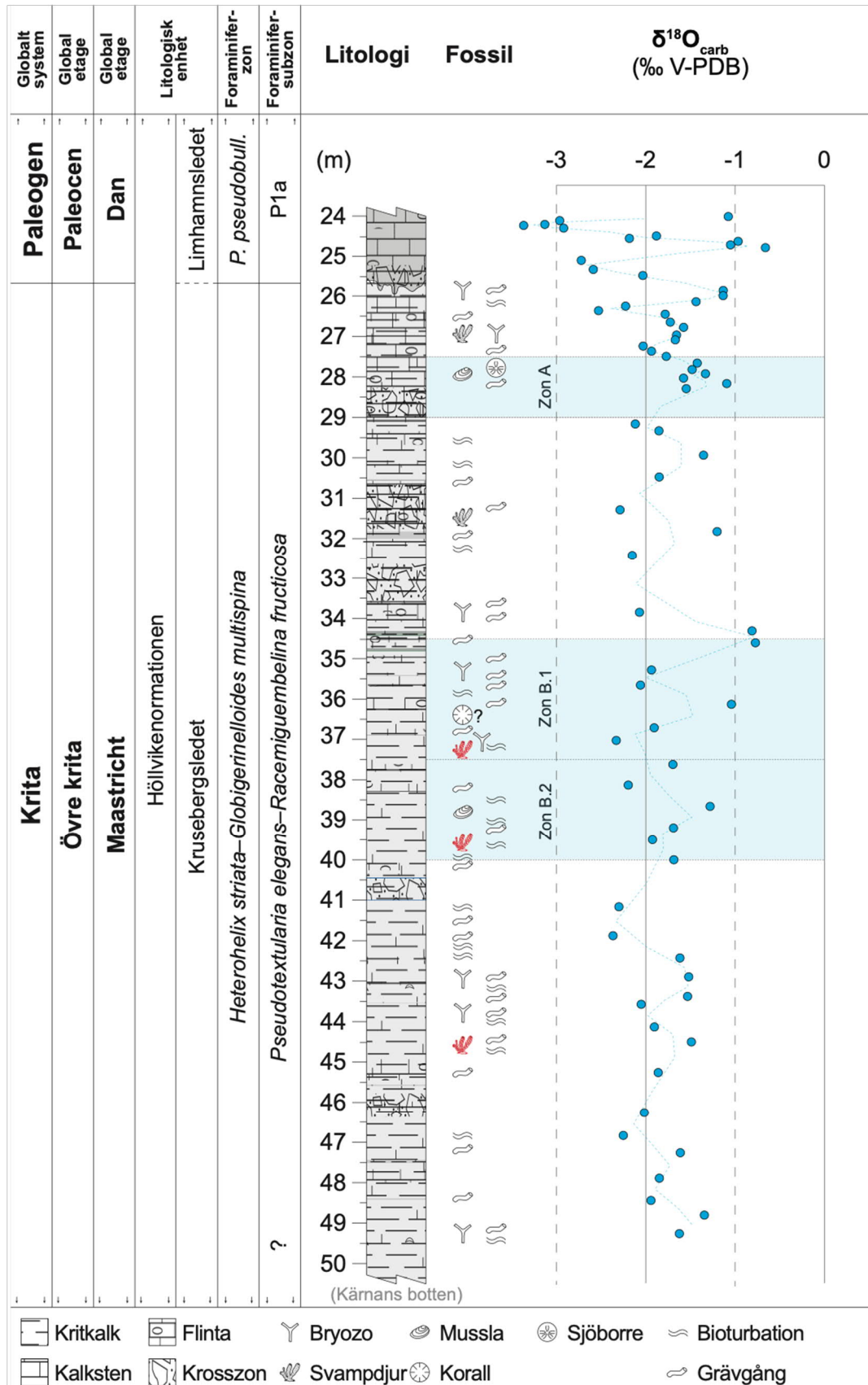


Fig. 3. Stratigrafisk logg över den kretaceiska delen av borkärnan Limhamn-2018, med tillhörande $\delta^{18}\text{O}$ -data. Till höger om kärnloggen markeras särskilt framträdande fossil. Röda fossilmarkörer innebär en osäkerhet i identifieringen. De blå markeringarna representerar zoner med hög förekomst av flintafyllda gräv gångar, A, B.1 och B.2.

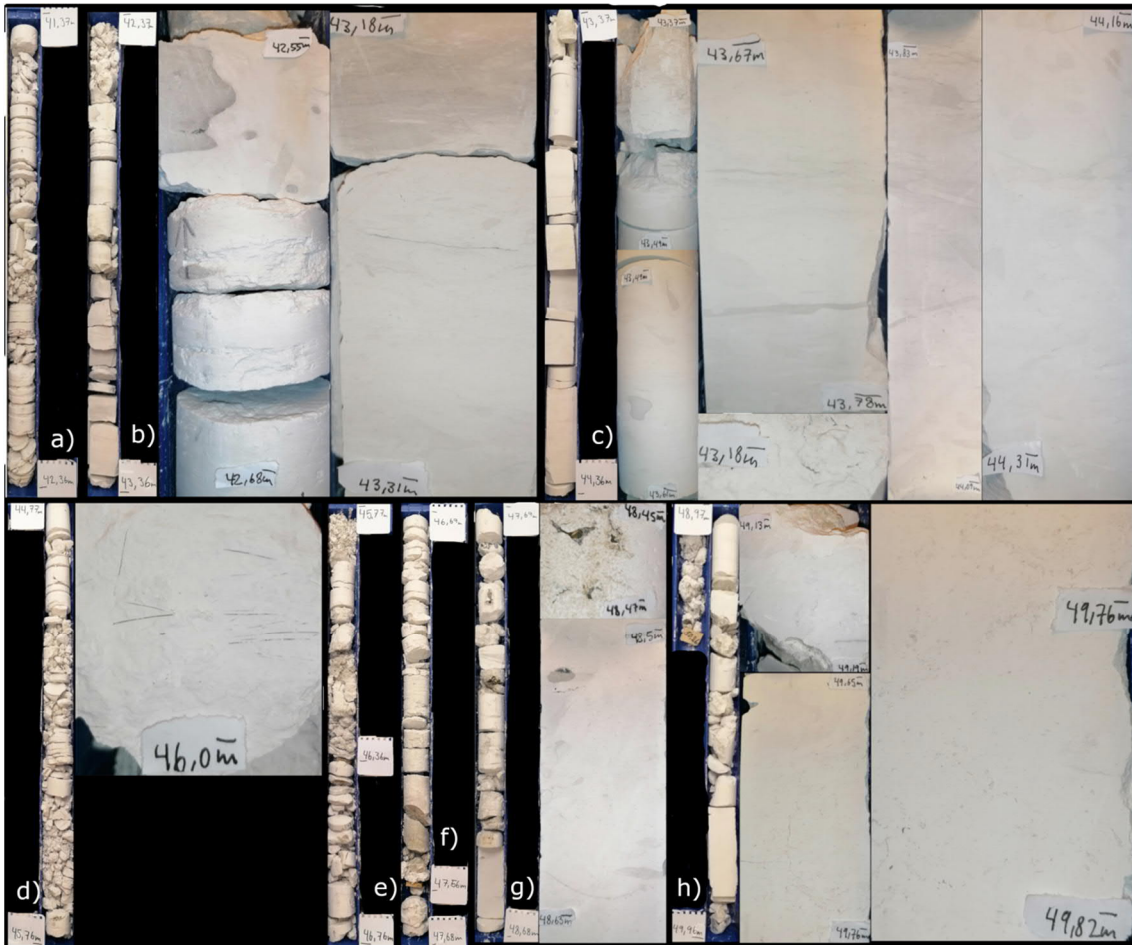


Fig. 4. Fotografier av Limhamn-2018 kärnan inom intervallet 50,26 m till 41,37 m.

m är särskilt stora, vissa över en decimeter i längd. Bryozofossilerna finns huvudsakligen mellan ~44 och 43 m intill ett område som är särskilt rikt på skalfragment (~43 m; se Fig. 4c).

Avsnittet omkring 40 m innehåller stora flintfyllda grävgångar. Detta följs av väl bioturberade lager (40–38,5 m) med kiselsvampar och fragment av en mussla (Fig. 5g). Mellan 38,5 och 37,5 m förekommer flera intervall med stora flintfyllda grävgångar (Fig. 5d, e). Därefter följer ett parti med fossil av bryozoa, kiselsvampar och förmodade koraller, samt frekventa grävgångar (37,5–33,5 m), som är särskilt markerade strax under 36 m, samt mellan 35 och 33,5 m (Fig. 5a–d). Tunnslipsanalyser av provet LIM18-93, som ligger vid 35,25 m, innehåller bentiska foraminiferer samt en benflisa från en oidentifierbar vertebrat. Tunnslipe LIM18-94 som är taget en halvmetr ovanför föregående prov, vid 34,75 m, innehåller foraminiferer och bryozoa.

Mellan 32,5 och 29,5 m finns frekvent bioturbation och grävgångar, samt ett fossil av en kisel-svamp. Tunnslipe LIM18-86 är taget vid 30 m och innehåller bentiska foraminiferer, sjöborretaggar, bryozoa, ostracoder och bivalver. Tunnslipe LIM18-85 togs en halvmetr ovanför, vid 29,5 m, och innehåller ett relativt stort fossil av en echinoderm, samt echinodermfragment och bryozoa. Tunnslipe skapar tyder på att bergarten är förhållandevis väl litifierad. Översta delen av maastricht-intervallet i borrh-

kärnan (28,5–25,51 m) innehåller frekventa flintfyllda grävgångar, bryozoa, skalfragment från echinodermer och musslor, samt bioturbation och kiselsvampar. Grävgångarna är särskilt frekventa vid 27,5 m och 26,5 m. Tunnslipe LIM18-79 togs vid 27,75 m och är förhållandevis fattigt på kroppsfossil, men rikt på spår-fossil. Provet uppvisar bioturbation med flera generationer grävgångar. Bergarten tycks vara förhållandevis dåligt litifierad. Tunnslipe LIM18-67 togs två meter ovanför LIM18-79, vid 25,75 m, i kritasekvansens alla översta del. Tunnslipe är väl bioturberat och innehåller en ostörd flintanodul, sannolikt en fylld gräv-gång. Provet innehåller även kiselsvampspikler, foraminiferer, ostrakoder (varav åtminstone en är orna-menterad), bivalver och frekventa bryozoa.

4.1.1 Sammanställning av borrhkärneanalys

Fossilfragmentens kornstorlek och förekomst varierar genom borrhkärnan. Nedanstående frekvenser är baserade på komparativa uppskattningar och inte kvantitativa data. I kärnans botten är fragmenten relativt stora och jämförelsevis frekventa, men börjar minska både i uppskattad frekvens och storlek runt 49 m. Andelen fossilfragment minskar kraftigt omkring 48 m i samband med att kritkalkstenen alterneras med lager av mörk mörk pyritinslag (se Fig. 4g). Kritan förblir väldigt finkornig fram tills omkring 34 m, där fossilfragment åter blir mer frekventa. Fragmentens storlek och frekvens är relativt konstant tills 27,5 m, då både fre-

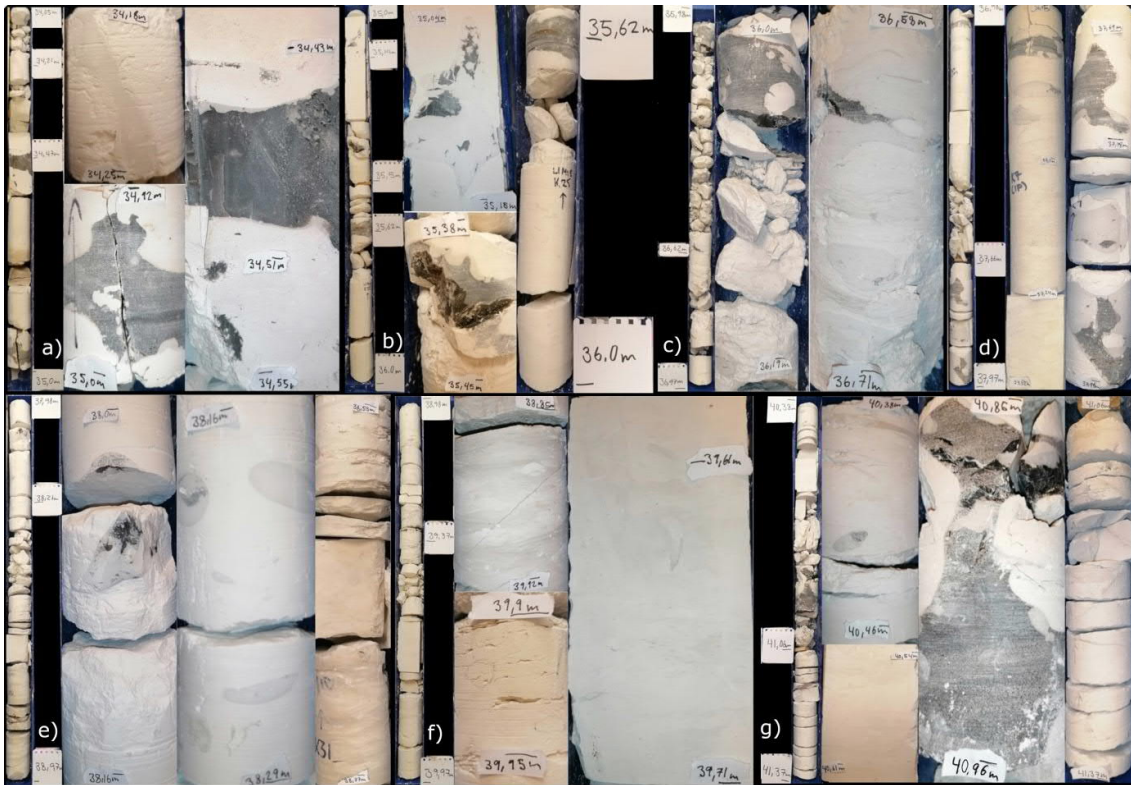


Fig. 5. Fotografier av Limhamn-2018 kärnan inom intervallet 41,37 m till 34,05 m.

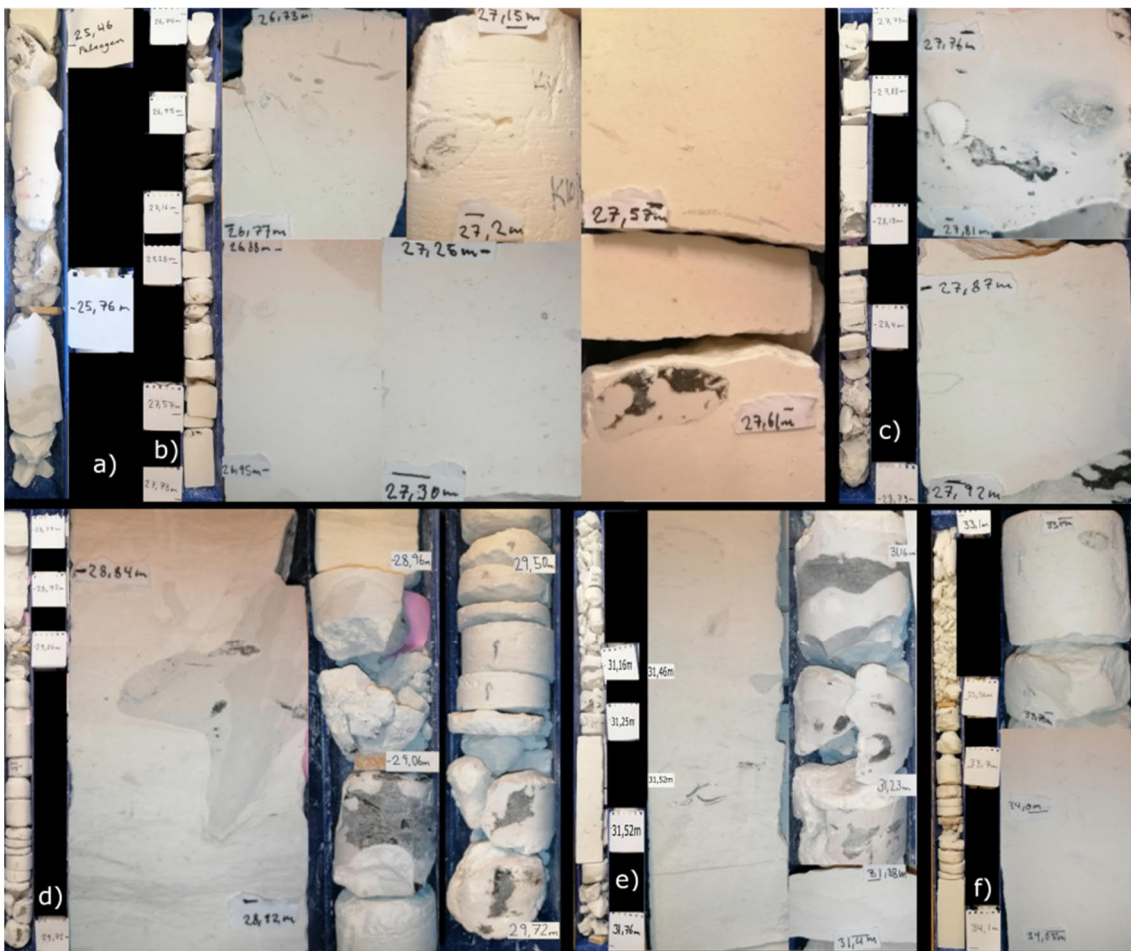


Fig. 6. Fotografier av Limhamn-2018 kärnan inom intervallet 26,95 m till 34,1 m. Hiatusen som täcker krita-paleogen bedöms ligga ovanför referenspunkt 25,76 m.

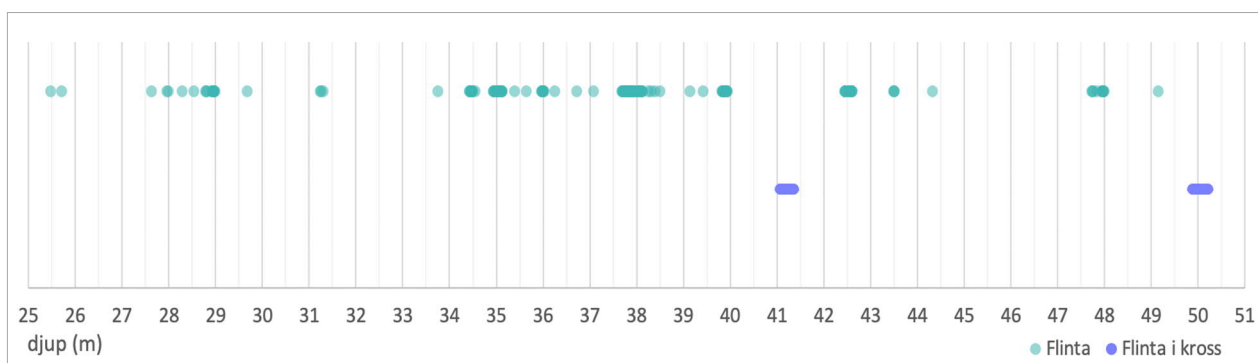


Fig. 7. Fördelningen av flintafyllda grävgångar genom borrhönan Limhamn-2018 inom intervallet 25,76 m till 50,26 m. Intakta flintafyllda grävgångar markeras i grönt, krossade områden med lösa flintanoduler markeras i violett.

vens och kornstorlek ökar relativt kraftigt.

Bioturbation och grävgångar liknande *Thalassinoides* förekommer genomgående, men är huvudsakligen flintafyllda i de mer finkorniga delarna av kärnan, speciellt där sedimentet är relativt väl-litifierat. Flintafyllda *Thalassinoides* är som vanligast inom intervallen 27,5 m till 29 m och 34,5 m till 40 m, vilka kan indelas i zon A respektive B, se Fig. 3 och 7. Zon B kan vidare indelas i zon B.1 (34,5–37,5 m) och B.2 (37,5–40,0 m). Där *Thalassinoides* inte är helt flintafyllda är de ofta fyllda med en homogen blandning av ljusgrå kalksten och flinta, ibland med en mindre flintanodul inuti.

Igenkännbara kiselsvampfossil förekommer enbart där det inte finns flintafyllda grävgångar, och oftare där sedimentet är något grövre.

Bryozoaer tycks huvudsakligen förekomma i kluster, i anslutning till områden med högre relativ kornstorlek och större andel skalkorn. Bortsett från klustret vid kärnans botten är bryozoaer mer frekventa och välbevarade i krita-skivans övre delar.

4.2 Syreisotopdata

Syreisotopdata från botten av borrhönan 50,26 m är svagt negativ och $\delta^{18}\text{O}$ ligger strax över -2‰ (Fig. 3). Mellan 50,26 m och 47 m har kurvan en svag negativ trend, där det lägsta värdet ligger under -2‰ , innan kurvan har en positiv exkursion till 44,5 m, där det högsta värdet ligger omkring $-1,5\text{‰}$. Därefter följer en negativ trend till mindre än -2‰ vid 41 m, vilket följs av en positiv trend med ett högsta värde på $\sim 0,75\text{‰}$ vid 39 m. Emellan mindre negativa exkursioner håller kurvan en positiv trend. Vid 35 m har $\delta^{18}\text{O}$ ett värde på över -1‰ , detta följs uppåt av spridda datapunkter med något lägre värden fram till 28,5 m, där högre provupplösning använts vid insamlingen. Datapunkterna visar en ökande variation i $\delta^{18}\text{O}$, med både mer positiva och mer negativa värden, i gränsvärdet mellan krita och paleogen. I paleogenskivans är variationen som störst, med över 2‰ skillnad i $\delta^{18}\text{O}$ bland prover inom ett intervall på endast en knapp meter.

5. Diskussion

5.1 Limhamns avsättningsmiljö under maastricht

Förekomst av siliciklastisk lera i kallvattenkarbonatmiljöer brukar typiskt tolkas som att vara resultatet av havsnivåhöjningar, då lera företrädesvis avsätts i lågenergimiljöer, vilket brukar sammanfalla med hög havsnivå (Schlager 2005). Detta förutsätter dock tillgång av terrigent material. Avsaknad av terrigent material kan bero på låg eolisk och fluvial transport, men även på långt avstånd från potentiella källor. Om det sker tidig avsättning på en plats med väldigt lugnt vatten kan även de finaste kornstorleksfraktionerna avsättas relativt tidigt i bassängen. Detta innebär att områden längre bort från källan förblir utan tillförsel av terrigent material. Dessa områden ligger ofta långt ifrån kontinentalsockeln, och sedimentet som avsätts här består huvudsakligen, om inte enbart, av biogent material. I dessa typer av miljöer, där tillförseln av terrigent material är så pass liten, indikerar således en ökad lerhalt inte havsnivåhöjning, utan sänkning, där regression lett till att avståndet från erosionskällan minskat. Limhamn låg dock i ett relativt kustnära hav, ändå avsattes väldigt lite siliciklastiskt material. Detta skulle kunna bero på att det fanns något slags hinder, såsom cirkulationsmönster eller topografi. Alternativt skulle den låga halten siliciklastiskt material kunna bero på en relativt hög primärproduktion och hög sedimentationshastighet av biogent material.

Pelagiska sediment definieras av otroligt låg sedimentationshastighet (<1 cm/1000 år), en mediankornstorlek på <5 μm , samt att maximalt en fjärdedel av partiklar större än 5 μm får ha terrigent, vulkanogent eller neritiskt ursprung. Om sedimentet innehåller mer än 30% biogent material benämns det som biogent slam (Libes, 2009). Huvuddelen av biogent slamsediment är ofta coccolitkalk, vilket är just vad Limhamnskalken består av. Bergarten har benämnts som ett pelagiskt sediment i tidigare studier: "It is unusual in the geologic history that such a pelagic sediment was deposited on a continental shelf, but this was probably because of the extremely high Late Cretaceous sea levels." (Malmgren, 1981, p. 357). Malmgren (1981) väcker

intressanta tankar kring huruvida pelagiska sediment faktiskt skulle kunna avsättas intrakontinentalt, och teoretiserar att detta skulle kunna ske om havsnivåerna var tillräckligt höga. Seismiska data från den nordvästeuropeiska kritgruppen motstrider idén av "horisontellt snöande" kalkdeposition i stilla vatten och tyder istället på att kalkdepositionen under maastricht skett under starka havsbottenströmmar, som styrts både deposition och havsbottens topografi i den danska bassängen. Samtidigt ska ett horstsystem ha separerat den nordvästeuropeiska kritgruppen från kustlinjen, och på så vis förhindrat deposition av siliciklastiskt material (Surlyk och Lykke-Andersen 2007). Limhamnskalken, som är en del av den nyss nämnda kritgruppen avsattes sannolikt under samma förhållanden, där den danska bassängens batymetri och bottenströmmar möjliggjorde pelagisk sedimentation i det epikontinentalta havet.

Havsbottenströmmar skulle kunna förklara förekomsten av disartikulerade fossilfragment som huvudsakligen associeras med relativt grunt vatten, t.ex. bryozoaer och musslor, vilka tenderar att förekomma i kluster i Limhamn-2018 borrhärnan. Avvikelsen mellan fossilens sannolika levnadsmiljö och sedimentets depositions miljö i kombination med tendensen till ansamling indikerar transport från levnadsmiljön (Anderson 2001). Förekomsten av kluster snarare än en jämn fördelning tyder även på att transport skett i samband med "event", såsom massflöden eller perioder med starkare bottenströmmar.

5.2 Fossilinnehållets relation till miljöförändringar

Fossilinnehållet visar inte introduktion av nya djurgrupper genom kärnan, men deras fördelning, bevaring och frekvens tyder på ett gradvist sjunkande vattendjup och/eller en ökad tillförsel av sediment från relativt kustnära miljöer. Kroppsfossilens uppskattade antal ökar uppåt i lagerföljden, liksom halten terrigent material (Fig. 3).

Den uppskattade frekvensen bryozoaer ökar uppåt i kärnan, i samband med att även närvaron av skalfragment av mollusker ökar, men dessa förekommer även i kärnans lägre del (men är dock näst intill frånvarande). Bryozoaerna är genomgående fragmenterade, ett tydligt tecken på omarbetning. Bryozoaernas förekomst är således sannolikt inte beroende på att de levtt *in situ*, utan snarare att de har transporterats från områden med grundare vatten och fragmenterats i processen.

Bioturbation förekommer i större delen av kärnan, men flintafyllda grävgångar liknande *Thalassinoides* förekommer skenbart cykliskt genom kärnan, främst i zon A och B. *Thalassinoides* är associerade med perioder med mycket låg eller frånvarande sedimentation (Surlyk 1997). *Thalassinoides*-grävgångarna grävdes alltså sannolikt inte i samtida sediment, utan huvudsakligen i sediment som avsattes under perioder med mer konsekventa och eventuellt högre sedimentationshastigheter. Skillnader i sedimentationshastighet och -mönster kan ha flera orsaker, såsom förändringar i bassängens bottenströmmar, havsnivå, primärproduktion eller massflöden. Mängden bioturbation utöver de flintafyllda grävgångarna talar emot omfat-

tande deposition via momentana eller tillfälliga massflöden. Samtliga fossilfragment av musslor, koraller och sjöborrar återfinns i zon A och B, vilket skulle kunna tyda på minskat vattendjup, och/eller ökad transport från grundare vatten, till exempel via stormevent eller starkare bottenströmmar.

Att förekomsten av bryozoaer och andra kroppsfossil ökar genom lagerföljden beror sannolikt på en gradvis minskning i vattendjup, och därmed ett minskat avstånd till djurens levnadsmiljö(er), en trend som observerats i andra delar av den danska bassängen (Surlyk och Lykke-Andersen 2007). Faunans förändring genom borrhärnan, specifikt molluskskalens och bryozoaernas ökning i antal, är således indikativt på ett minskande vattendjup.

5.3 Geokemiska data

För att korrekt tolka syreisotopdata bör det noteras att högre $\delta^{18}\text{O}$ -värden innebär en högre halt av den tyngre isotopen ^{18}O . Då prov inkorporerar (eller kontamineras av) diagenetiskt och/eller meteoriskt vatten – som kan ha mycket negativa $\delta^{18}\text{O}$ -värden, dvs. mycket ^{16}O – tenderar data att visa en snedvridning mot lägre ^{18}O -värden (Moore och Wade, 2013). För att undvika övertolkning av $\delta^{18}\text{O}$ -data från Limhamn-2018 analyseras därför inte individuella datapunkter, utan stratigrafiskt följbara trender. Syreisotopdata från borrhärnan tyder på stora fluktuationer i temperatur och/eller salinitet som tycks följa cykliska mönster.

Den positiva trenden i $\delta^{18}\text{O}$ tyder globalt på tillväxt av polaris, men i Limhamn skulle den även kunna tyda på avdunstning och en ökad salinitet i det relativt marginella havet (Grossman 2012). Detta är dock en osannolik förklaring till trenden i $\delta^{18}\text{O}$ i Limhamn, då kontinenten drev mot nordligare latituder under maastricht och bör således ha upplevt minskad evaporation (Scotese 2014). Det är därför mer sannolikt att den positiva långtidstrenden i $\delta^{18}\text{O}$ är resultatet av en periodvis växande ^{16}O -reservoar, med återkommande kortare perioder där reservoaren minskat. Denna reservoar skulle kunna vara i form av en relativt liten inlandsis, i mindre omfattning än utbredda glaciärer. Att $\delta^{18}\text{O}$ -trenden är global styrks av tidigare studier av $\delta^{18}\text{O}$ utanför den danska bassängen. (Li & Keller, 1999). Den skönjbara cykliciteten i $\delta^{18}\text{O}$ skulle kunna vara Milankovitch-cyklicitet, som observerats i andra delar av världen under samma tidsperiod (Yang et al. 2020; Naujokaitytė et al. 2021)

Det finns två zoner i kärnan med särskilt stora och frekventa flintafyllda *Thalassinoides* Limhamn-2018 kärnan; zon A (27,5–29 m) och zon B (34,5–37,5 m samt 37,5–40 m). Vid jämförelser av dessa områdens utbredning och syreisotopdata tycks det som att båda dessa områden sammanfaller med toppar i $\delta^{18}\text{O}$. Riklig *Thalassinoides*-aktivitet är associerat med låga sedimentationshastigheter (Surlyk 1997). Då sedimentationsmekanismen i Limhamn under maastricht huvudsakligen var beroende av primärproduktion, bestämdes sedimentationshastigheten till stor del av coccolitproduktivitet, som huvudsakligen beror på näringstillgänglighet, temperatur och ytvattnets turbiditet (Caveleiro 2020). Korrelationen med $\delta^{18}\text{O}$ tyder på att *Thalassinoides*-zonerna grävdes då det globala klimatet

var som svalast. Då *Thalassinoides*-zonerna sannolikt grävdes under perioder med låg sedimentationshastighet och lägre temperaturer, tycks det inte helt osannolikt att coccolit-produktivitet var lägre till följd av minskade vattentemperaturer. Denna temperaturvariation kan sannolikt vara resultatet av Milankovitch-cyklicitet, vilket även skulle kunna förklara gräv-gångarnas cykliska förekomst genom borrhäran Limhamn-2018. Att förekomsten av flintafyllda *Thalassinoides* skulle kunna reflektera Milankovitch-cyklicitet i den danska bassängen är inte en ny idé. Surlyk (1997) föreslog att den rytmiska förekomsten av flintafyllda *Thalassinoides*, i ett intervall från äldsta dan i Stevns Klint, sannolikt berodde på klimatvariationer, styrda av Milankovitch-cyklicitet.

5.4 Förändringar i Limhamn ur ett globalt perspektiv

Faunans förändring genom borrhäran Limhamn-2018 tyder på att det skett en långsiktig minskning av det relativa vattendjupet. Samtidigt tyder syreisotopdata på en minskning av den globala havsnivån. Detta innebär dock inte att regressionen i Limhamn enbart berodde på en minskande havsnivå, särskilt med tanke på att fossil med grundare faciesassociation även uppträder då syreisotopdatan skulle kunna tyda på en relativ ökning av den globala havsnivån. Det lokalt minskande vattendjupet var således sannolikt till följd av prograderande bryozobiohermer. Under transgressioner skedde sannolikt vertikal tillväxt, tills transgressionerna avstannade, varefter tillväxten skedde lateralt, och biohermen prograderade. Under efterföljande minskningar av havsnivån skedde erosion av de exponerade bryozobiohermerna. Detta hände sannolikt flera gånger, trots att endast en markant hiatus finns bevarad i borrhäran Limhamn-2018, nämligen den vid krita-paleogen-gränsen.

Det minskande vattendjupet lokalt var således inte ett direkt resultat av eustasi, utan av prograderingar som mycket väl kan ha styrts av klimatförändringarna, till exempel via uppvällningar av begränsade näringsämnen. Klimatets instabilitet skulle på kort sikt kunna vara resultatet av Milankovitch-cyklicitet, ett globalt fenomen som dokumenterats i samma tidsintervall i både Kina (Nenjiang-formationen) och Mississippi, USA (Yang et al. 2020; Naujokaitytė et al. 2021). Även den långsiktiga nedkylningen bär en global signal, som indikerar att klimatförändringarna var förhållandevis omfattande (Li and Keller, 1999).

6. Framtida undersökningar

Under arbetets gång utvecklades nya frågor som behöver besvaras för att få en helhetsbild av Limhamns avsättningsmiljö under maastricht, men låg utanför projektets begränsningar, i avseende på tid och ämnesområde. Den främsta undersökningen som behöver göras är att utföra punkträkningar för storleks- och frekvensanalyser, för att få en bättre uppfattning om faunans sammansättning och om den huvudsakligen är inhemsk eller transporterad. En annan viktig aspekt som behöver undersökas är depositionsmiljöns syreförhållanden. Den omfattande bioturbationen

tyder på riklig syretillgång, men det förekommer en mängd utfällningar i närhet till den lägre delen av kärnans mest genomgrävda delar. För att säkerställa vad dessa utfällningar innebär för avsättningsmiljön och dess endobentiska fauna behöver deras kemiska sammansättningar bestämmas.

7. Slutsatser

Limhamnskalkens coccolitdominerade maastricht-intervall representerar intrakontinental pelagisk sedimentation.

Ökad variation i syreisotopsammansättning, med en positiv trend i $\delta^{18}\text{O}$, indikerar sjunkande temperaturer och växande inlandsisar. Variationen i $\delta^{18}\text{O}$ tyder på att inlandsisarna växte och smälte i cykler, sannolikt Milankovitch-cyklicitet.

Maastricht-intervallet i borrhäran Limhamn-2018 visar en trend mot ökad kornstorlek, samt ökad frekvens av bryozoaer och andra skalförande organismer med grundare faciesassociationer.

Faunans förändring uppvisar ingen uppenbar cyklicitet, utan uppvisar en långsiktig trend mot ökad biodiversitet, sannolikt till följd av ett minskat vattendjup som lett till mer fördelaktiga lokala levnadsförhållanden.

Faunans utveckling bedöms inte vara ett direkt resultat av en långsiktig minskning av global eustasi, utan av progradationer. Progradationerna kan dock ha styrts av den globala nedkylningen, genom förändrade havsnivåcykler och/eller ökad uppvällning av näringsämnen.

Flintafyllda *Thalassinoides*, förekommer genom borrhäran med en cyklicitet som tycks matcha $\delta^{18}\text{O}$ -data. De två områden med mest omfattande flintafyllda gräv-gångar, zon A och B, påbörjas i närheten av positiva toppar i $\delta^{18}\text{O}$, vilket tyder på att de grävts under tidsperioder med ett svalare klimat. Då *Thalassinoides* associeras med låg sedimentationshastighet, verkar det som att coccoliters produktivitet i Limhamn var temperaturberoende.

8. Referenser

- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F., Michel, H.V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208, 1095.
- Anderson, L. C., 2001: 3.2.6 Transport and Spatial Fidelity / D., Briggs, P., Crowther: *Paleobiology II* pp 289-292. Blackwell Publishing, Bodmin, Cornwall.
- Brotzen, F., 1959: On *Tylocidaris* species (Echinodea and the stratigraphy of the Danian of Sweden: *Sve-riges Geologiska Undersökning*, v. 571, p.1-81.
- Bottjer, D. J., 2016 *Paleoecology – Past, Present and Future*, John Wiley & Sons Ltd, p. 128– 138.
- Brusatte, S. L., Butler, R. J., Barret, P. M., Carra no, M. T., Evans, D. C., Lloyd, G. T., Mannion, P. D., Norell, M. A., Peppe, D. J., Upchurch, P., and Williamson, T. E., 2015: The extinction of the dinosaurs: *Biological Reviews*, v. 90, no. 2, p. 628-642.
- Carballido, J., Pol, D., Otero, A., Cerda, I., Salgado, L., Garrido, A., Ramezani, J., Cúeno N., and Krause, J., 2017, A new giant titanosaur sheds light on body

- mass evolution among sauropod dinosaurs: *The Royal Society*, v. 284, issue 1860.
- Cavaleiro, C., Voelker, A., Stoll, H., Baumann, K., Kucera, M., 2020: Coccolithophore productivity at the western Iberian Margin during the middle Pleistocene (310-455 ka) - evidence from coccolith Sr/Ca data: *Climate of the past*, v. 16, issue 6, p. 2017-2037.
- Edinger, E.N., 2001: 3.2.2 Bioerosion / D., Briggs, P., Crowther: *Paleobiology II* pp 273- 277. Blackwell Publishing, Bodmin, Cornwall.
- Esmerode, E.V., Lykke-Andersen, H., and Surlyk, F., 2008: Interaction between bottom currents and slope failure in the Late Cretaceous of the southern Danish Central Graben, North Sea: *Journal of the Geological Society*, v. 165, pp. 55-72.
- Golovneva, L., 2000 The Maastrichtian (Late Cretaceous) climate in the Northern Hemisphere: *Geological Society*, London, Special Publications, v. 181, p. 43-54.
- Grossman, E., 2012; Oxygen Isotope Stratigraphy, Volume 1, p. 181-206.
- Johansson, S., Lindskog, A., Fiandaca, G., and Dahlin, T., 2019: Spectral induced polarization of limestones: time domain field data, frequency domain laboratory data and physiochemical rock properties: *Geophysical Journal International*, v. 220, no. 2, p. 928-950.
- Kjellström, G., and Hansen, J., 2010: Dinoflagellate biostratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary in southern Scandinavia: *Geologiska Föreningen I Stockholm Förhandlingar*, v. 103, p. 271-278.
- Li, L., and Keller, G., 1999, Variability in Late Cretaceous climate and deep waters: Evidence from stable isotopes: *Marine Geology*, v. 161, p. 171-190.
- Libes, S.M., 2009, Introduction to Marine Biogeochemistry. *Coastal Carolina University*, Conway, South Carolina. 909 pp.
- Lindskog, A., Eriksson, M.E., Bergström, S.M. & Yough, S.A., 2019, Lower-Middle Ordovician carbon and oxygen isotope chemostratigraphy at Hällekis, Sweden: implications for regional to global correlations and palaeoenvironmental development. *Lethaia* 52, p.204- 219.
- Länsstyrelsen i Skåne län, 2016. Bevarandeplan för Natura 2000-område Limhamns Kalk brott, pp 22, Länsstyrelsen Skåne.
- Malmgren, B., 1981, Biostratigraphy of planktic Foraminifera from the Maastrichtian white chalk of Sweden. *GFF*, vol. 103 issue 3, 357-375.
- Moore, C. H., and Wade, W. J., 2013, Carbonate Reservoirs: Porosity and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework: *Developments in Sedimentology*, v. 67, p. 1-374.
- Naujokaitytė, J., Garb, M. P., Thibault, N., Brophy, S. K., Landman, N. H., Witts, J. D., Cochran, J. K., Larina, E., Phillips, G., Myers, C. E., 2021, Milankovitch cyclicity in the latest Cretaceous of the Gulf Coastal Plain, USA: *Sedimentary Geology* v. 421, issue 105954.
- Sakamoto, M., Benton, M.J., and Chris Venditti, C., 2016, Dinosaurs in decline tens of millions of years before their final extinction: *PNAS*, vol 113, no. 18, p. 5036-5040.
- Sauquet, H., von Balthazar, M., Magallón, S., Doyle, J. A., Endress, P. K., Bailes, E. J., Barroso de Morais, E., Bull-Hereñu, K., Carrive, L., Chartier, M., Chomicki, G., Coiro, M., Cornette, R., El Ottra, J. H.L., Epicoco, C., Foster, C.S.P., Jabbour, F., Haevermans, A., Haevermans, T., Hernández, R., Little, S. A., Löfstrand, S., Luna, J.A., Massoni, J., Nadot, S., Pamper, S., Prieu, C., Reyes, E., Dos Santos, P., Schoonderwoerd, K.M., Sontag, S., Soulebeau, A., Staedler, Y., Tschan, G.F., Wing-Sze Leung, A., & Schönenberger, J., 2017, The ancestral flower of angiosperms and its early diversification: *Nature Communications* 8, 16047 (2017).
- Schoene, B., Eddy, M., Samperton, K., Keller, C., Keller, G., Adatte, T., and Khadri, S., 2019: U-Pb constraints on pulsed eruption of the Deccan Traps across the end-Cretaceous mass extinction: *Science*, v. 363, p. 862-866.
- Schlager, W., 2005: Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* 8, 1-206.
- Scotese, C., 2014: Atlas of Late Cretaceous Paleogeographic Maps, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, volume 2, The Cretaceous, Maps 16-22, Mollweide Projection, PALEOMAP Projection, Evanston, IL.
- Surlyk, F., 1997: A cool-water carbonate ramp with bryozoan mounds: Late Cretaceous-Danian of the Danish basin. *SEPM Special Publication* 56, 293-397.
- Surlyk, F. & Lykke-Andersen, H. 2007. Contourite drifts, moats and channels in the Late Cretaceous chalk of the Danish Basin. *Sedimentology*, 54, 405-422.
- Thibault, N., Harlou, R., Schovsbo, N., Stemmerik, L., and Surlyk, F., 2015: Late Cretaceous (Late Campanian-Maastrichtian) sea surface temperature record of the Boreal Chalk Sea: *Climate of the Past* Discussions, v. 11, p. 5049-5071.
- Tobin, T., Ward, P., Steig, E., Olivero, E., Hilburn, I., Mitchell, R., Diamond, M., Raub, T., Kirschvink, J., 2012, Extinction patterns, $\delta^{18}\text{O}$ trends, and magnetostratigraphy from a southern high-latitude Cretaceous-Paleogene section: Links with Deccan volcanism: *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology* v. 350-352 p. 180-188
- Twitchett, R., 2006, The palaeoclimatology, palaeoecology and palaeoenvironmental analysis of mass extinction events: Palaeogeography, Palaeoclimatology, *Palaeoecology*, v. 232, p. 190-213.
- Yang, H., Huang, Y., Ma, C., Zhang, Z., Wang, C., 2020, Recognition of Milankovitch cycles in XRF core-scanning records of the Late Cretaceous Nenjiang Formation from the Songliao Basin (northeastern China) and their paleoclimate implications: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 194, issue 104183.
- Wang, M., and Lloyd, G.T., 2016, Rates of morphological evolution are heterogeneous in Early Cretaceous birds: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* v. 283: 20160214, issue 1828.

Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet":

587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortogneiser i den undre delen av Särsvskollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogenen. (15 hp)
590. Friberg, Nils, 2020: Är den sydatlantiska magnetiska anomalin ett återkommande fenomen? (15 hp)
591. Brakebusch, Linus, 2020: Klimat och väder i Nordatlanten-regionen under det senaste årtusendet. (15 hp)
592. Boestam, Max, 2020: Stränder med erosion och ackumulation längs kuststräckan Trelleborg - Abbekås under perioden 2007-2018. (15 hp)
593. Agudelo Motta, Laura Catalina, 2020: Methods for rockfall risk assessment and estimation of runout zones: A case study in Gothenburg, SW Sweden. (45 hp)
594. Johansson, Jonna, 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. (15 hp)
595. Haag, Vendela, 2020: Studying magmatic systems through chemical analyses on clinopyroxene - a look into the history of the Teno ankaramites, Tenerife. (45 hp)
596. Kryffin, Isidora, 2020: Kan benceller bevaras över miljontals år? (15 hp)
597. Halvarsson, Ellinor, 2020: Sökande efter nedslagskratrar i Sverige, med fokus på avtryck i berggrunden. (15 hp)
598. Jirdén, Elin, 2020: Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard. (15 hp)
599. Chonewicz, Julia, 2020: The Eemian Baltic Sea hydrography and paleoenvironment based on foraminiferal geochemistry. (45 hp)
600. Paradeisis-Stathis, Savvas, 2020: Holocene lake-level changes in the Siljan Lake District – Towards validation of von Post's drainage scenario. (45 hp)
601. Johansson, Adam, 2020: Groundwater flow modelling to address hydrogeological response of a contaminated site to remediation measures at Hjortsberga, southern Sweden. (15 hp)
602. Barrett, Aodhan, 2020: Major and trace element geochemical analysis of norites in the Hakefjorden Complex to constrain magma source and magma plumbing systems. (45 hp)
603. Lundqvist, Jennie, 2020: "Man fyller det med information helt enkelt": en fenomenografisk studie om studenters upplevelse av geologisk tid. (45 hp)
604. Zachén, Gabriel, 2020: Classification of four mesosiderites and implications for their formation. (45 hp)
605. Viðarsdóttir, Halla Margrét, 2020: Assessing the biodiversity crisis within the Triassic-Jurassic boundary interval using redox sensitive trace metals and stable carbon isotope geochemistry. (45 hp)
606. Tan, Brian, 2020: Nordvästra Skånes prekambriska geologiska utveckling. (15 hp)
607. Taxopoulou, Maria Eleni, 2020: Metamorphic micro-textures and mineral assemblages in orthogneisses in NW Skåne – how do they correlate with technical properties? (45 hp)
608. Damber, Maja, 2020: A palaeoecological study of the establishment of beech forest in Söderåsen National Park, southern Sweden. (45 hp)
609. Karastergios, Stylianos, 2020: Characterization of mineral parageneses and metamorphic textures in eclogite- to highpressure granulite-facies marble at Allmenningen, Roan, western Norway. (45 hp)
610. Lindberg Skutsjö, Love, 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. (15 hp)
611. Hertzman, Hanna, 2021: Odensjön - A new varved lake sediment record from southern Sweden. (45 hp)
612. Molin, Emmy, 2021: Rare terrestrial vertebrate remains from the Pliensbachian (Lower Jurassic) Hasle Formation on the Island of Bornholm, Denmark. (45 hp)
613. Højbert, Karl, 2021: Dendrokronologi - en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen. (15 hp)
614. Lundgren Sassner, Lykke, 2021: A Method for Evaluating and Mapping Terrestrial Deposition and Preservation Potential- for Palaeostorm Surge Traces. Remote Mapping of the Coast of Scania, Blekinge and Halland, in Southern Sweden, with a Field Study at Dalköpinge Ängar, Trelleborg. (45 hp)
615. Granbom, Johanna, 2021: En detaljerad undersökning av den mellanordoviciska "furudalkalkstenen" i Dalarna. (15 hp)
616. Greiff, Johannes, 2021: Oolites from the Arabian

- platform: Archives for the aftermath of the end-Triassic mass extinction. (45 hp)
617. Ekström, Christian, 2021: Rödfärgade utfällningar i dammanläggningar orsakade av *G. ferruginea* och *L. ochracea* - Problemstatistik och mikrobiella levnadsförutsättningar. (15 hp)
618. Östsjö, Martina, 2021: Geologins betydelse i samhället och ett första steg mot en geopark på Gotland. (15 hp)
619. Westberg, Märta, 2021: The preservation of cells in biomineralized vertebrate tissues of Mesozoic age – examples from a Cretaceous mosasaur (Reptilia, Mosasauridae). (45 hp)
620. Gleisner, Lovisa, 2021: En detaljerad undersökning av kalkstenslager i den mellanordoviciska gullhögenformationen på Billingen i Västergötland. (15 hp)
621. Bonnevier Wallstedt, Ida, 2021: Origin and early evolution of isopods - exploring morphology, ecology and systematics. (15 hp)
622. Selezeneva, Natalia, 2021: Indications for solar storms during the Last Glacial Maximum in the NGRIP ice core. (45 hp)
623. Bakker, Aron, 2021: Geological characterisation of geophysical lineaments as part of the expanded site descriptive model around the planned repository site for high-level nuclear waste, Forsmark, Sweden. (45 hp)
624. Sundberg, Oskar, 2021: Jordlagerföljden i Højeådal utifrån nya borrhningar. (15 hp)
625. Sartell, Anna, 2021: The igneous complex of Ekmanfjorden, Svalbard: an integrated field, petrological and geochemical study. (45 hp)
626. Juliusson, Oscar, 2021: Implications of ice-bedrock dynamics at Ullstorp, Scania, southern Sweden. (45 hp)
627. Eng, Simon, 2021: Rödslem i svenska kraftdammar - Problematik och potentiella lösningar. (15 hp)
628. Kervall, Hanna, 2021: Feasibility of Enhanced Geothermal Systems in the Precambrian crystalline basement in SW Scania, Sweden. (45 hp)
629. Smith, Thomas, 2022: Assessing the relationship between hypoxia and life on Earth, and implications for the search for habitable exoplanets. (45 hp)
630. Neumann, Daniel, 2022: En mosasaurie (Reptilia, Mosasauridae) av paleocensk ålder? (15 hp)
631. Svensson, David, 2022: Geofysisk och geologisk tolkning av kritskollors utbredning i Ystadsområdet. (15 hp)
632. Allison, Edward, 2022: Avsättning av Black Carbon i sediment från Odensjön, södra Sverige. (15 hp)
633. Jirdén, Elin, 2022: OSL dating of the Mesolithic site Nilsvikdalen 7, Bjørøy, Norway. (45 hp)
634. Wong, Danny, 2022: GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland. (15 hp)
635. Lycke, Björn, 2022: Mikroplast i vattenavsatta sediment. (15 hp)
636. Schönherr, Lara, 2022: Grön fältspat i Varbergskomplexet. (15 hp)
637. Funck, Pontus, 2022: Granens ankomst och etablering i Skandinavien under postglacial tid. (15 hp)
638. Brotzen, Olga M., 2022: Geologiska besöksmål och geoparker som plattform för popularisering av geovetenskap. (15 hp)
639. Lodi, Giulia, 2022: A study of carbon, nitrogen, and biogenic silica concentrations in *Cyperus papyrus*, the sedge dominating the permanent swamp of the Okavango Delta, Botswana, Africa. (45 hp)
640. Nilsson, Sebastian, 2022: PFAS- En sammanfattning av ny forskning, med ett fokus på föroreningskällor, provtagning, analysmetoder och saneringsmetoder. (15 hp)
641. Jägfeldt, Hans, 2022: Molnens påverkan på jordens strålningsbalans och klimatsystem. (15 hp)
642. Sundberg, Melissa, 2022: Paleontologiska egenskaper och syreisotopsutveckling i borrhkärnan Limhamn-2018: Kopplingar till klimatförändringar under yngre krita. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund