
10

ARKTISKE DYR I EN POSTARKTISK VERDEN

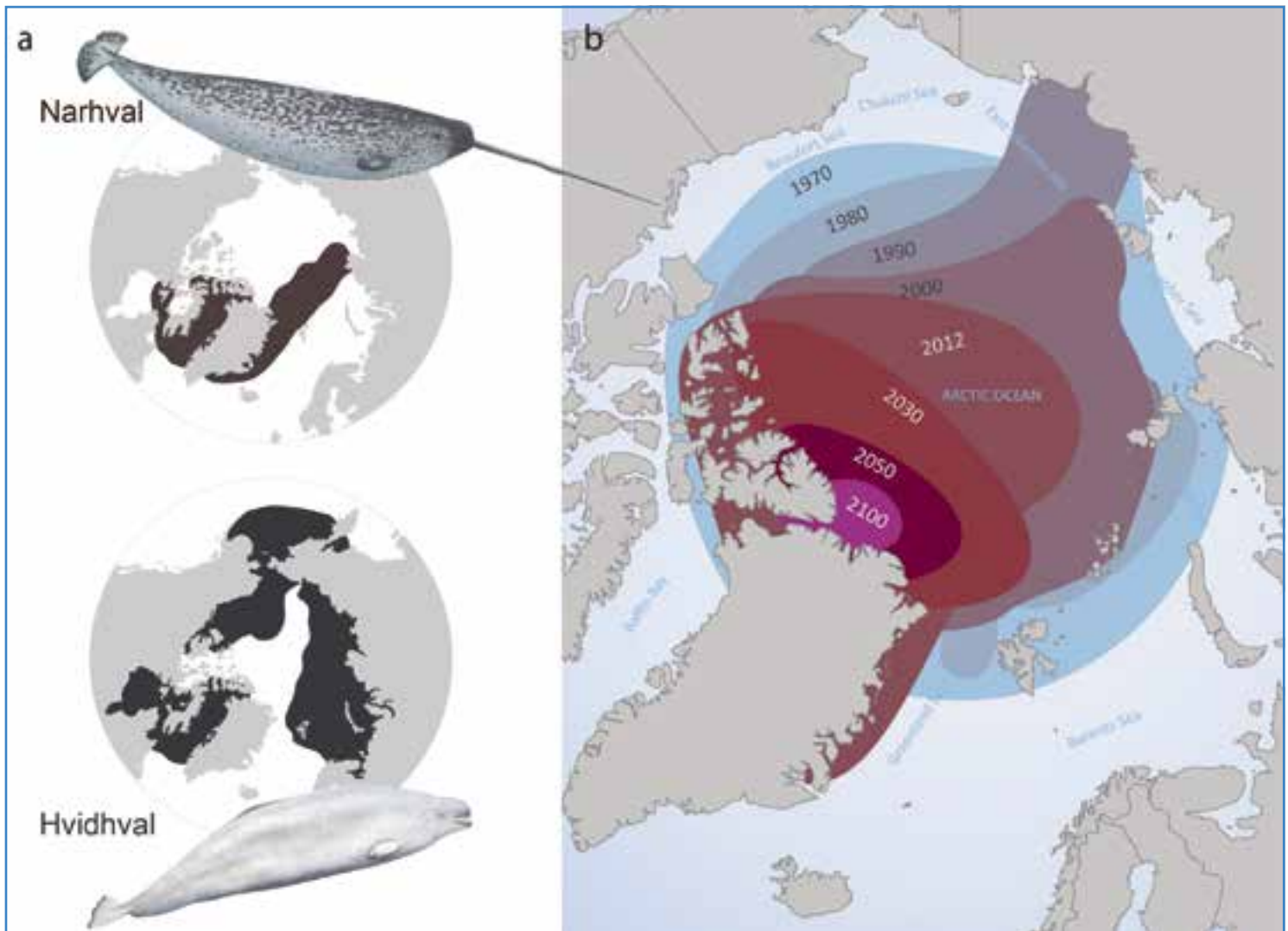
Af

ELINE LORENZEN

LEKTOR OG KURATOR, PH.D.
STATENS NATURHISTORISKE
MUSEUM, KØBENHAVNS
UNIVERSITET

MODTAGET
CARLSBERGFONDETS
DISTINGUISHED ASSOCIATE
PROFESSOR FELLOWSHIP
TIL PROJEKTET *POPULATION
GENOMIC INSIGHTS INTO
ADAPTATION, BIOGEOGRAPHY
AND DEMOGRAPHIC HISTORY
OF ARCTIC WHALES*

Kun to tandhvaler er hjemmehørende i Arktis året rundt. Med genetiske undersøgelser af narhval og hvidhval som omdrejningspunkt undersøger vi arternes evolution, tilpasning og bestandsdynamik gennem de sidste 100.000 år. Studiet vil give os vigtige informationer om fortiden der kan bruges til at forstå og forudsige hvordan den arktiske fauna vil klare sig gennem de miljøændringer der forudsiges for de kommende årtier.



Figur 1.
 (a) Udbredelsen af narhval og hvidhval. Hvalillustrationer: Larry Foster, (b) Sommerisens udbredelse år 1970–2100. Kort: Malte Humpert, The Arctic Institute.

Kun tre ud af verdens 89 hvalarter er hjemmehørende i Arktis året rundt. Narhval og hvidhval er begge tandhvaler og hinandens nærmeste slægtninge, og de udgør sammen med grønlandshvalen (en bardehval) en central del af livet i det arktiske ocean – både i dag og historisk i udforskningen, kortlægningen og beboelsen af Arktis. Narhvalen er den eneste af de tre arter som kun findes i den atlantiske del af Arktis (Figur 1a). Hvidhval og grønlandshval findes også i Stillehavsdelen af Arktis.

De arktiske hvaler er unikt tilpassede de ekstreme sæsonmæssige variationer som et liv så højt mod nord udgør; med omfattende isdække om vinteren, uendeligt vintermørke og store fluktuationer i produktionen i de første led i fødekæden. Deres økologi og levevis er nært koblet til havisens dynamik og de produktionsforhold som forandringer i havisen dikterer. Alle tre arter mangler en rygfinne, som ville besværliggøre bevægelsen gennem et isdækket farvand, og de fleste bestande følger varia-

“
De arktiske hvaler er unikt tilpasset de ekstreme sæsonmæssige variationer som et liv så højt mod nord udgør; med omfattende isdække om vinteren, uendeligt vintermørke og store fluktuationer i produktionen i de første led i fødekæden.
 ”

tionen i isens udbredelse og vandrer hvert år hundredevis af kilometer mellem deres sommer og vinterområder. De tre arter udviser dog vidt forskellig tilpasning til livet i Arktis; fra grønlandshvalens filtrering af enorme mængder vand, til narhvalens rekorddybe dyk efter hellefisk og hvidhvalens opportunistiske udnyttelse af koncentrationer af fisk på lavt vand.

Selv om narhval og hvidhval er hinandens nærmeste slægtninge, er der tydelige forskelle (Figur 2). Narhvalen er kendetegnet ved sin karakteristiske stødtand (i sjældne tilfælde har den to), der kan blive op til 3 m lang. Hvidhvalen, også kaldet beluga, har derimod en fin række ensartede tænder i både over- og undermund. Den er, som navnet antyder, helt hvid - en sjældenhed hos vilde dyr i andre egne af verden. Men i Arktis giver et hvidt ydre god mening fordi det giver en selektiv fordel. Narhvalen dykker dybt efter føde, helt ned til 1800 meter, og det kræver specialiserede fysiologiske tilpasninger at kunne modstå det høje tryk. Hvidhvalen dykker kun halvt så dybt, men har derimod et langt bredere fødevalg og også en betydeligt større udbredelse end narhvalen (Figur 1). Også antalsmæssigt er hvidhvalen en mere succesfuld art end narhvalen.

Evolution og tilpasning til Arktis

Havisen smelter, og det seneste årti er verdens bevægenhed vendt mod Grønland og de arktiske egne. Den sidste klimarapport udgivet af det internationale klimapanel IPCC forudsiger at det arktiske sommerisdække vil blive reduceret med op til 94 procent inden år 2050 (Figur 1b, IPCC 2014). En så voldsom forandring vil fundamentalt ændre de arktiske egne. Hvordan den arktiske fauna vil reagere på disse ændringer, står endnu hen i det uvisse og er et af de primære fokusområder for dette projekt.

Vi anvender de nyeste teknikker indenfor DNA-sekventering til at kortlægge arvemassen hos narhvaler og hvidhvaler på tværs af Arktis, og vi er i fuld sving med omfattende populationsgenetiske analyser af hundredevis af prøver indsamlet i farvandet omkring Grønland, Norge, Rusland, USA og Canada. For første gang undersøges hvid- og narhvalernes genetiske sammensætning i alle delbestandene i verden. Data bruges til at belyse arternes evolution, tilpasninger og bestandsdynamik gennem de sidste 100.000 år.

Ved at analysere forskellene mellem arvemassen hos narhval og hvidhval kan vi beregne hvornår de to arter spaltede fra hinanden. Det er et vigtigt udgangspunkt at have en tidshorisont for arternes alder for at forstå dels hvorfor arterne er opstået, dels for at forstå hvor hurtigt deres unikke tilpasninger til en arktisk levevis er opstået (Liu et al.

2014). Har det taget millioner af år (meget langsom evolution) eller blot et par hundrede tusinder år (meget hurtig evolution)?

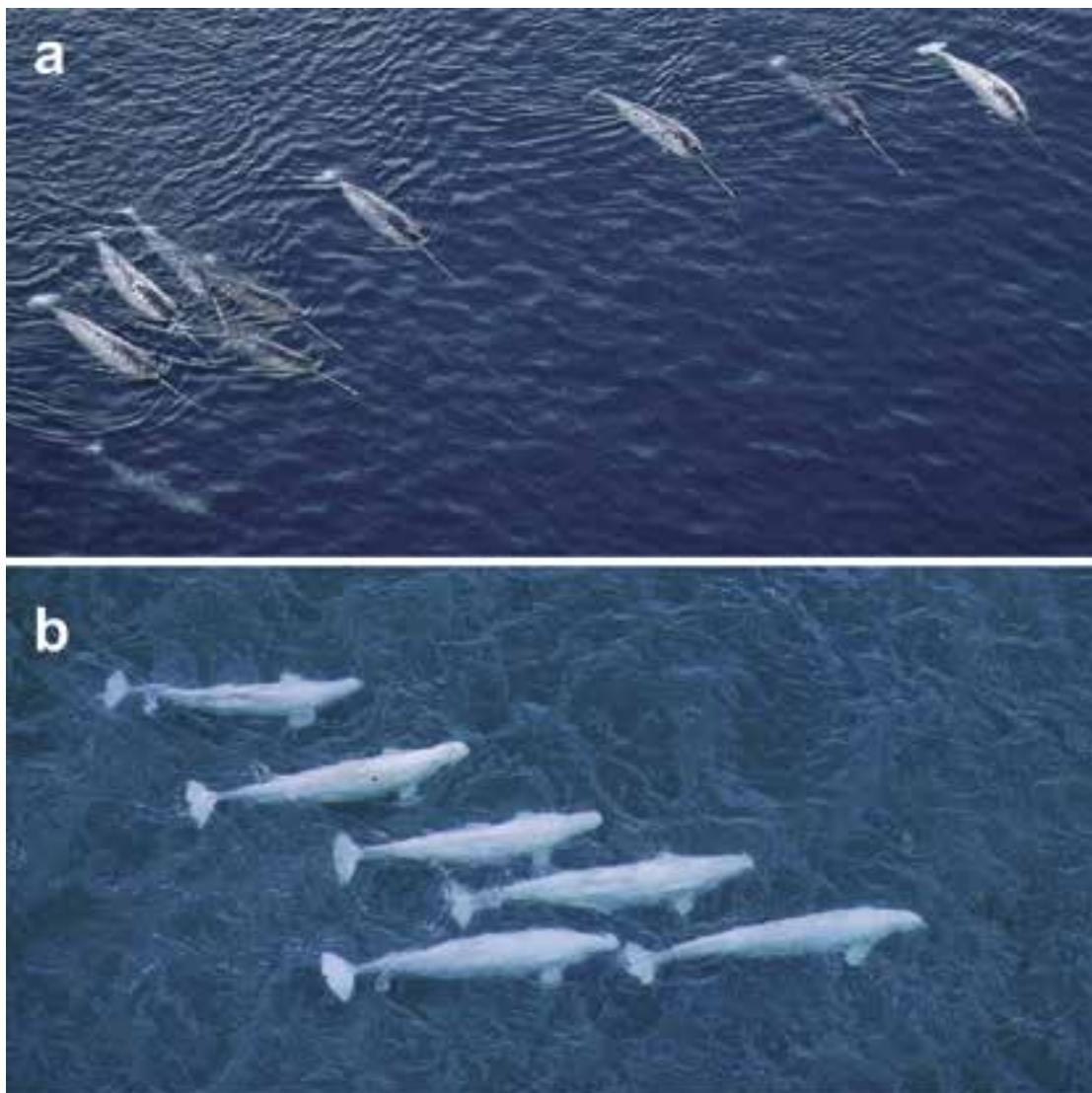
De store mængder genetiske data i vores studie giver os en høj detaljerigdom. Hvaler har ligesom mennesker og andre pattedyr omkring 20.000 gener der bruges som instruktion til dannelsen af kroppens proteiner (de kaldes proteinkodende gener). Det er altså overordnet de samme gener vi har, men varianterne af generne er forskellige. Vi kortlægger genvarianterne hos narhval og hvidhval for direkte at undersøge hvilke konkrete områder i arvemassen der har været afgørende for arternes udviklingshistorie og økologiske tilpasninger, og som har efterladt klare spor i deres DNA.

Bestandsdynamik gennem tiden

Analyser af klimadata fra op til tre km dybe borekerner fra den grønlandske indlandsis bruges til at beregne tidligere tiders klimaforhold (Rasmussen et al 2014). Hvis vi skuer tilbage i tiden, har jordens klima gennem de sidste millioner år vekslet mellem kolde istider og relativt varme mellemistider. Vi finder os lige nu ~11.700 år inde i den nuværende mellemistid, Holocæn. Før Holocæn var der en istid der varede ~110.000 år, hvor store dele af landområderne i det nordlige Euroasien og Nordamerika var dækket af et flere kilometer tykt lag is. Visse fortidige perioder har klimascenarier der minder meget om det vi forventes at gå i møde de næste årtier. Men hvordan reagerede de arktiske hvaler dengang? Dette spørgsmål vil vi forsøge at svare på gennem analyser af de spor i arvematerialet som evolutionen efterlader.

Når klimaet hurtigt skifter, og miljø og levesteder ændrer sig, kan arter gøre en af tre ting: De kan flytte et andet sted hen, tilpasse sig de nye forhold eller uddø. Et stort interesseområde i vores studier er at undersøge hvordan de arktiske hvaler klarede sig gennem tidligere tiders klimaforandringer for derved at give et velfunderet videnskabeligt bud på hvordan de vil reagere på den nuværende globale opvarmning. Det er vigtig viden, for arktiske havpattedyr er symbolet på hvordan den globale opvarmning vil true de arktiske egne og forandre vores verden - i populærvidenskaben, blandt politikere og i den generelle offentlighed har interessen aldrig været større. En fortsat bæredygtig forvaltning af klodens ressourcer i en stærkt forandret verden er en stor udfordring.

Udfordringen ved at arbejde med arktiske havpattedyr er at de lever og dør ude i vandet, og fossiler er derfor uhyre sjældne - størstedelen er sunket til bunds. Men i zooarkæologiske samlinger kan man være heldig at finde enkelte knogler, og en



Figur 2.
Narhval (a) og hvidhval (b) er
som de eneste arktiske tandhvaler
hinandens nærmeste slægtninge.
Fotos: Mads Peter Heide-
Jørgensen.

gang imellem dukker et velbevaret individ op i palæontologiske udgravninger. Vi har været i kontakt med naturhistoriske museer i store dele af verden og fået adgang til det eksisterende fossile materiale fra narhval og hvidhval.

Fra grundvidenskab til anvendt viden

Både narhval og hvidhval har komplicerede vandringsmønstre. Om sommeren findes de i kystnære områder og lavvandede fjorde. Om efteråret, når isen dannes, og havisen bliver fast, søger de ud i områder med pakis, hvor de opholder sig igennem vinteren. Om foråret, når isen begynder at smelte, vandrer bestandene igen tilbage til deres vante sommerpladser.

Narhval og hvidhval er opdelt i hhv. 12 og 22 sommerbestande, men det er ukendt hvorvidt de er differentierede, og hvad dynamikken imellem dem



Når klimaet hurtigt skifter, og miljø og levesteder ændrer sig, kan arter gøre en af tre ting: De kan flytte et andet sted hen, tilpasse sig de nye forhold eller uddø.



Figur 3. Kranie nummer MCE1356 (b) fra de nationale naturhistoriske samlinger på Statens Naturhistoriske Museum formodes at være en hybrid mellem narhval (a) og hvidhval (c). Det undersøger vi nu ved genetiske analyser. Er det tilfældet, er kraniet det *eneste* bevis i verden på, at de to arter hybridiserer.
Fotos: Mikkel Høegh Post.

er (GROM 2018). Er der tale om en stor samlet enhed eller isolerede bestande? Vi har indsamlet vævsprøver fra narhval og hvidhval fra alle sommeropholdspladserne og undersøger hvordan den genetiske variation inden for hver art er fordelt. Derved belyser vi i hvilken grad sommerbestandene er genetisk adskilte og kan kortlægge udvekslingen mellem dem. Ydermere vil vi med vores genetiske data kunne beregne hvor længe veldifferentierede bestande har været adskilte. Er den nuværende populationsdynamik fremkommet over de sidste årtier eller århundreder, eller har hvalerne fulgt de samme vandringsmønstre i tusindvis af år eller mere?

Vores studier har udover en stor grundvidenskabelig interesse også et stort anvendelsesmæssigt potentiale. Ved at inddrage miljødata i vores analyser af bestandsstrukturen vil vi også belyse hvordan faktorer som havtemperatur og salinitet (saltindhold) påvirker den genetiske variation, og hvorvidt enkelte bestande udviser specifikke tilpasninger til deres respektive miljø. Denne viden vil kunne inddrages i den fremtidige forvaltning af arterne i et klima under hastig forandring hvor både havtemperatur og saltindhold forventes mærkbart ændret.

I områderne mellem Canada og Grønland – Davis Strædet og Baffin Bugten – forvaltes narhval og hvidhval samlet på grund af den manglende viden om bestandsdynamikken mellem sommerens og vinterens opholdspladser der deles mellem landene (GROM 2018). Studier med satellitmærkning har gjort det muligt at følge enkelte individer over store afstande, men grundet de store logistiske udfordringer i sådanne studier er det kun ganske få individer der er blevet mærket. Og de begrænsede genetiske data publiceret til dato har desværre en alt for lav opløsning til at kunne bidrage direkte til forvaltningen.

Fangst af narhval og hvidhval er blandt de vigtigste for både de nordgrønlandske og østgrønlandske fangere, og arterne fanges også i Canada. Men der er fortsat stor usikkerhed om den geografiske oprindelse af de dyr der indgår i fangsten – en vigtig del af beregningen af de årlige fangstkvoter. Hvilke sommerpladser kommer hvalerne fra, og er de fra et eller flere områder? Og er det de samme sommer-

bestande der indgår i fangsten (og kvoterne) i både Grønland og Canada?

Det store overblik og den høje opløsning mangler. Disse to ting vil vores studier frembringe, og resultaterne vil bidrage med et videnskabeligt grundlag for den fremtidige forvaltning af narhval og hvidhval i Arktis. Vores DNA-data fra hundredvis af individer der repræsenterer alle sommerbestandene, udgør et referencepanel over fordelingen af genetisk variation. Ved at DNA-sekventere vævsprøver fra fangede hvaler vil vi ved sammenligning med vores referencepaneler bidrage med en klar rådgivning om forbindelsen mellem sommer- og vinterområderne og den geografiske oprindelse af den grønlandske og canadiske fangst. Metoden vil kunne overføres til forvaltningen af en lang række andre arter hvor forbindelsen mellem bestande og fangster er kompliceret.

Opblanding mellem narhval og hvidhval

I pattedyrmagasinerne på Zoologisk Museum, der er en del af Statens Naturhistoriske Museum på Københavns Universitet, er de arktiske havpattedyr rigt repræsenteret. Når man træder ind i magasinet, bliver man mødt af en potpourri af dufte. Hvalspæk og stov, blandet med kemikalier. Kranier og rygsojler er stablet i specialkonstruerede reolsystemer af træ, og i en grå papkasse midt i lokalet ligger et kranie med ID-nummer MCE1356 (Figur 3). Hvis man ikke kender noget til kranie morfologi, er det ikke umiddelbart bemærkelsesværdigt, men for en kyn-dig er der noget der ikke stemmer ved tandsættet. Ved sammenligning med tænderne hos narhval og hvidhval ligner tandsættet noget midt imellem. På kranie MCE1356 er skrevet med sort skråskrift *Delphinapterus leucas x Monodon monoceros* – en formodet krydsning mellem hvidhval og narhval.

Det bemærkelsesværdige kranie blev ved et tilfælde opdaget i 1990 af Mads Peter Heide-Jørgensen fra Grønlands Naturinstitut på ekspedition til Diskobugten, Vestgrønland. Det lå oven på en fangers redskabsskur. Kraniet var blevet gemt af fangeren, der også havde bidt mærke i hvalens anderledes udseende da den blev nedlagt under en jagt et par år forinden – dens hud var en blanding af narhvalens brunspættede og hvidhvalens kridhvide udseende, men den havde ingen stødtand.

Ved at sammenligne den genetiske profil af MCE1356 med vores genetiske referencepanel fra narhval og hvidhval undersøger vi om de to arter kan krydse sig? Og i hvor stort omfang sker det – er MCE1356 et unikum, eller har opblanding mellem arterne været en større drivkraft i deres fælles udviklingshistorie?

Studiet understreger hvordan analyser af genstande fra vores nationale naturhistoriske samlinger kan bidrage med afgørende ny viden til fremme for videnskaben.

DNA-sekvensen fra mitokondriet kan vise hvilken art moderen var. Den genetiske profil i cellekernens DNA kan bruges til at beregne om individet er en første-generations hybrid, eller om opblandingen mellem arterne er sket for flere generationer siden, og i så fald hvor mange. Isotopsammensætningen af kulstof og nitrogen i kraniet giver information om fødevalg og levevis og bruges til at belyse om hybridene levede som en narhval eller hvidhval?

Studiet af MCEI356 understreger hvordan analyser af genstande fra vores nationale naturhistoriske samlinger kan bidrage med afgørende ny viden til fremme for videnskaben. Fangeren kunne i 1986 ligeså godt have smidt kraniet tilbage i havet, men han valgte at beholde det fordi det var bemærkelsesværdigt. Han kunne næppe have forestillet sig at det ville udgøre *det eneste* bevis i hele verden på mulig krydsning mellem narhval og hvidhval. Nu, over 30 år senere, er kraniet igen kommet i søgelyset. Kortlægningen af dets arvemasse vil snart belyse den fælles udviklingshistorie af de to eneste hjemmehørende arktiske tandhvaler.

Referencer

GROM Global Review of Monodontids working group (2018) Global Review of Monodontids report. Ed. J Prewitt, North Atlantic Marine Mammal Organization, 76 pp. • Heide-Jørgensen MP, Reeves RR (1993) Description of an anomalous monodontid skull from West Greenland - a possible hybrid. *Marine Mammal Science*, 9, 258-268. • IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. • Liu S, Lorenzen ED, Fumagalli M, Li B, Harris K, Xiong Z, Zhou L, Korneliussen T, Somel M, Babbitt C, Wray G, Li J, He W, Wang Z, Fu W, Li F, Xiang X, Qiu W, Morgan CC, Doherty A, O'Connell MJ, McInerney JO, Zhang Z, Zhang Y, Born EW, Dalen L, Dietz R, Orlando L, Sonne C, Zhang G, Nielsen R, Willerslev E, Wang J (2014) Population genomics reveal recent speciation and rapid evolutionary adaptation in polar bears. *Cell*, 157, 785-794. • Leerhøi F, Dietz, R, Sonne C, Lorenzen ED (2017) The Danish polar bear skull collection 1830-2016 (2017) *Arctic*, 70, 334-340. • Orlando L, Cooper A (2014) Using ancient DNA to understand evolutionary and ecological processes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 573-98. • Rasmussen SO, Bigler M, Blockley SP, Blunier T, Buchardt SL, Clausen HB, Cvijanovic I, Dahl-Jensen D, Johnsen SJ, Fischer H, Gkinis V, Guillevic M, Hoek WZ, Lowe JJ, Pedro JB, Popp T, Seierstad IK, Steffensen JP, Svensson AM, Vallenga P, Vinther BM, Walker MJC, Wheatley JJ, Winstrup M (2014) A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106, 14-28.

