

Arheologija in nenadne podnebne spremembe v holocenu. Prilagoditvene strategije: med kolapsom in odpornostjo

Archaeology and Rapid Climate Changes in Holocene. Adaptive Strategies: Between Collapse and Resilience

© Mihael Budja

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo; mihael.budja@ff.uni-lj.si

Izvleček: V članku predstavljamo holocenske klimatske nize anomalij, »cikel hitrih ohladitev« (tudi »dogodki s plavajočim ledom«, »nenadne podnebne spremembe« in »hladni dogodki«), ter globalne temperaturne trende. Umeščamo jih v časovne (koledarske) sekvence in povezujemo z nadomestnimi podatki v paleoklimatskih arhivih. V nizu nenadnih podnebnih sprememb pozornost namenimo »9.2 ka« in »8.2 ka« klimatskima dogodkoma, ki ju povezujemo s procesom neolitizacije in prehodom na kmetovanje. Bondov peti, »5.9 IRD dogodek«, oziroma Mayewskijevo obdobje nenadnih podnebnih sprememb »6000–5200 cal yr BP«, pa sta povezana s kulturnim, gospodarskim in demografskim razpadom zgodnje neolitske Linearno trakaste keramike v srednji in zahodni Evropi. Sedanje oslabiljeno kroženje morskih tokov v severnem Atlantiku in zmanjšane Sončeve aktivnosti primerjamo s podnebnim dogajanjem ob prehodu v srednjeveško malo ledeno dobo, ki so jo zaznamovala velika podnebna nihanja, povezana s spremenjenimi atmosferskimi kroženji zračnih mas. V nadaljevanju predstavljamo koncepte prilagoditvenih strategij, ki so umeščene med »kolaps«, katastrofični scenarij in »panarhijo«, ki pomeni preoblikovanje družbenih hierarhičnih struktur v dinamične prilagoditvene entitete. Preoblikovanje vključuje »prilagoditveni cikel« in vzpostavitev »odpornosti«. V razmislek ponujamo poskus enačenja ekološkega »prilagoditvenega cikla« s »kulturnim ciklom« in njegovo vpeljavo v arheološke študije. Vključujemo tudi okoljsko-politične interpretacije in scenarije, ki jih je v zadnjih letih objavljala Medvladni odbor za podnebne spremembe pri OZN.

Ključne besede: arheologija, podnebne spremembe, panarhija, odpornost, 8.2 ka dogodek, mala ledena doba

Abstract: The article presents Holocene sequence of climate anomalies, the »rapid cooling cycle« (including »glacial events«, »rapid climate change«, and »cold events«), and global temperature trends. In the »rapid climate change« series, we focus on the »9.2 ka« and »8.2 ka« climate events« associated with the Neolithisation process and the transition to farming. The »5.9 IRD event« and/or »period of rapid climate changes 6000–5200 cal yr BP« are associated with the cultural, economic, and demographic collapse of the early Neolithic Linear Pottery culture in central and western Europe. The current weakened North Atlantic circulation and reduced solar activity are compared to climate events during the transition to the mediaeval Little Ice Age, which was characterised by large climate variations associated with altered atmospheric air mass circulations. In the following, we introduce the concepts of adaptation strategies that are embedded between the catastrophic scenario of »collapse« and the »panarchy«, i.e., the transformation of social hierarchical structures into dynamic, adaptive units. The transformation involves an »adaptation cycle« and the creation of »resilience«. An attempt to equate the ecological »adaptation cycle« with the »cultural cycle« and its introduction into archaeological studies was presented. We also present ecological interpretations and scenarios published in recent years by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Keywords: archaeology, climate changes, panarchy, resilience, 8.2 ka event, Little Ice Age

Uvod

V obravnavah sedanjih podnebnih anomalij so pretekla dogajanja dosledno spregledana. Zato v tem besedilu predstavljamo in komentiramo klimatološke in arheološke koncepte ter pojasnitve, povezane z velikimi podnebnimi spremembami in vzroki zanje ter družbenimi prilagoditvami nanje v zadnjih dvanajst tisoč letih. Klimatologi so v paleoklimatoloških arhivih odkrili nize nenadnih in različno dolgih ohladitev ter suš, toplih obdobj in regionalno zamejenih obdobj močnih padavin. Najbolj znane so poznoantična mala ledena doba in mala ledena doba ter vmesno srednjeveško toplo obdobje. V arheoloških študijah so bili ti dogodki običajno povezani z globalnimi okoljskimi katastrofami in kolapsi (gospodarski, demografski, kulturni, politični) prazgodovinskih

kultur in kasnejših civilizacij. V novejših meddisciplinarnih pojasnitvah so globalni okvir nadomestila regionalna klimatska dogajanja, kolaps pa druge prilagoditvene strategije.

Prvi interpretativni nastavki, ki so podnebne spremembe povezovali s civilizacijskimi in kulturnimi trajektorijami, so se izoblikovali že na začetku 20. stoletja. Umeščeni so bili v geografske, klimatološke in arheološke študije. Nenadna sušna obdobja in aridifikacija so prepoznali kot podnebni in okoljski determinanti ter ju povezali s katastrofičnim scenarijem propada civilizacij v Egiptu, Mezopotamiji in Indiji ter vpadi nomadskih ljudstev iz srednje Azije v Evropo (Huntigton 1926; Brooks 1926). V vzporednem, prilagoditvenem scenariju je »teorija oaze« določala razvoj gospodarskih strategij, ki so vključevale

kultiviranje rastlin in domestikacije živali ter razvoj poljedelstva in kulturno evolucijo v nadaljevanju (Childe 1928). Katastrofične scenarije sta kasneje nadomestila scenarija odpornosti oziroma rezilientnosti in prilagodljivosti, ki govorita o sposobnosti družbe, »da absorbira energijo in jo preusmeri ali pretvori tako, da kot celoto ohrani svoje osnovne značilnosti in obliko«, ter da se »prilagodi dejanskemu ali pričakovanemu podnebjju in njegovim učinkom, tako da ublaži škodo ali izkoristi nove priložnosti« (Degroot *et al.* 2021, 543). Ključno vlogo pri oblikovanju teh scenarijev je odigral Medvladni odbor za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) pri OZN leta 2018 (Matthews 2018).

Klimatologi so proti koncu 20. stoletja v okviru projekta COHMAP (Cooperative Holocene Mapping Project, oziroma Projekt skupnega kartiranja holocena) vpeljali model »dolgoročnih podnebnih sprememb« v obdobju med 18.000 pred sedanjostjo in sedanjostjo. S pomočjo radiokarbonsko datiranih nadomestnih podnebnih (proksi) podatkov, tj. spreminjanja višine jezerskih gladin, peloda v jezerskih sedimentih, planktona v morskih sedimentih ter širjenja in krčenja ledenikov, so dokumentirali tri tisočletne intervale globalnih podnebnih sprememb. Povzročila naj bi jih spremenjeno kozmično sevanje in zmanjšana ter posledično spremenjena atmosferska zračna cirkulacija na zemlji (COHMAP Members 1988). Prvo spremembo, holocenski interval med letoma 13.000 in 10.000 pred sedanjostjo, so povezali z »neolitsko revolucijo« in prehodom na kmetovanje na Bližnjem vzhodu ter označili kot prvi človekov odgovor na niz »izjemnih podnebnih dogodkov« (Wright 1993, 466).

V 21. stoletju so v okviru Delovne skupine INTIMATE (Integration of ice-core, marine, and terrestrial palaeoclimate records, oziroma Integracija ledenih jedrnih vrtn, morskih in kopenskih zapisov) in Podkomisije za kvartarno stratigrafijo (Subcommission on Quaternary Stratigraphy, SQS) pri Mednarodni komisiji za stratigrafijo (International Commission on Stratigraphy, ICS) klimatologi predlagali, da dve nenadni klimatski spremembi – »klimatska dogodka 8.2 ka in 4.2 ka« – predstavljata razmejnici med starejšim in srednjim ter srednjim in mlajšim holocenom. Prvi dogodek, nenadna in močna ohladitev ter suša, je s pomočjo kemičnih nadomestnih podatkov (spremembe v razmerju kisikovih stabilnih izotopov $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ in vodnega izparevanja D/H) sicer

najbolje dokumentiran v ledni vrtini NGRIP1 na Grenlandiji, vendar globalno dobro zabeležen v pelodnih jezerskih in planktonskih globokomorskih zapisih ter jamskih speleotemih. Drugi obravnavani dogodek v ledni vrtini ni zabeležen, je pa na vseh celinah dobro dokumentiran v pelodnih, diatomejnih jezerskih in planktonskih globokomorskih zapisih, jamskih speleotemih ter spremenjenih monsunskih cikli (Walker *et al.* 2012; 2018; Lowe, Walker 2015, 428–433; glej tudi Moossen *et al.* 2015).

V arheoloških študijah (pregled in primeri sledijo spodaj) so povezave prazgodovinskih kultur s podnebnimi spremembami določala različna teoretska izhodišča in interpretativni konteksti, tudi izključujoči. Najprej so bile umeščene v deterministični model unilinealne kulturne evolucije in difuzije, kjer je veljalo, da je vsakršna sprememba v človekovih vedenjskih vzorcih, razvoju gospodarstev in tehnologij ter kulturnih trajektorijah neposredno povezana s podnebnimi in okoljskimi spremembami. Na drugi strani je veljalo kategorično zanikanje okolja kot možnega vzroka kulturnih premen. Vsak poskus povezave je bil označen kot okoljski determinizem (glej Jones *et al.* 1999). Podobno je veljalo tudi v novi oziroma procesni arheologiji, kjer je bil razvoj prazgodovinskih družb v celoti pogojen z uspešno prilagoditvijo nanje (Binford 1968; Tainter 1988). Zatem je poprocesna arheologija raziskave interakcij med človekom in okoljem označila kot deterministične. Pristop, so trdili, temelji na podmeni, da so zunanji okoljski procesi glavni dejavniki kulturnih premen, ne priznava pa historične kontingenca človekovega delovanja (Hodder 1982; 2000; Ingold 2000; za primer prehoda na kmetovanje glej Gremillion *et al.* 2014). V novejših meddisciplinarnih pristopih nenadne klimatske spremembe in arheološke kulturne premene pogosto le časovno korelirajo (Rohling *et al.* 2019). Poudarja se kontinuum interakcij med kulturnimi sistemi in okoljskimi procesi, oziroma okoljsko in kulturno koevolucijo (na primer koncept »kulturne niše« in »arheologija podnebnih sprememb«) (Izdebski *et al.* 2016; Rockman, Hritz 2020; Rick, Sandweiss 2020; Burke *et al.* 2021).

Nenadne podnebne spremembe

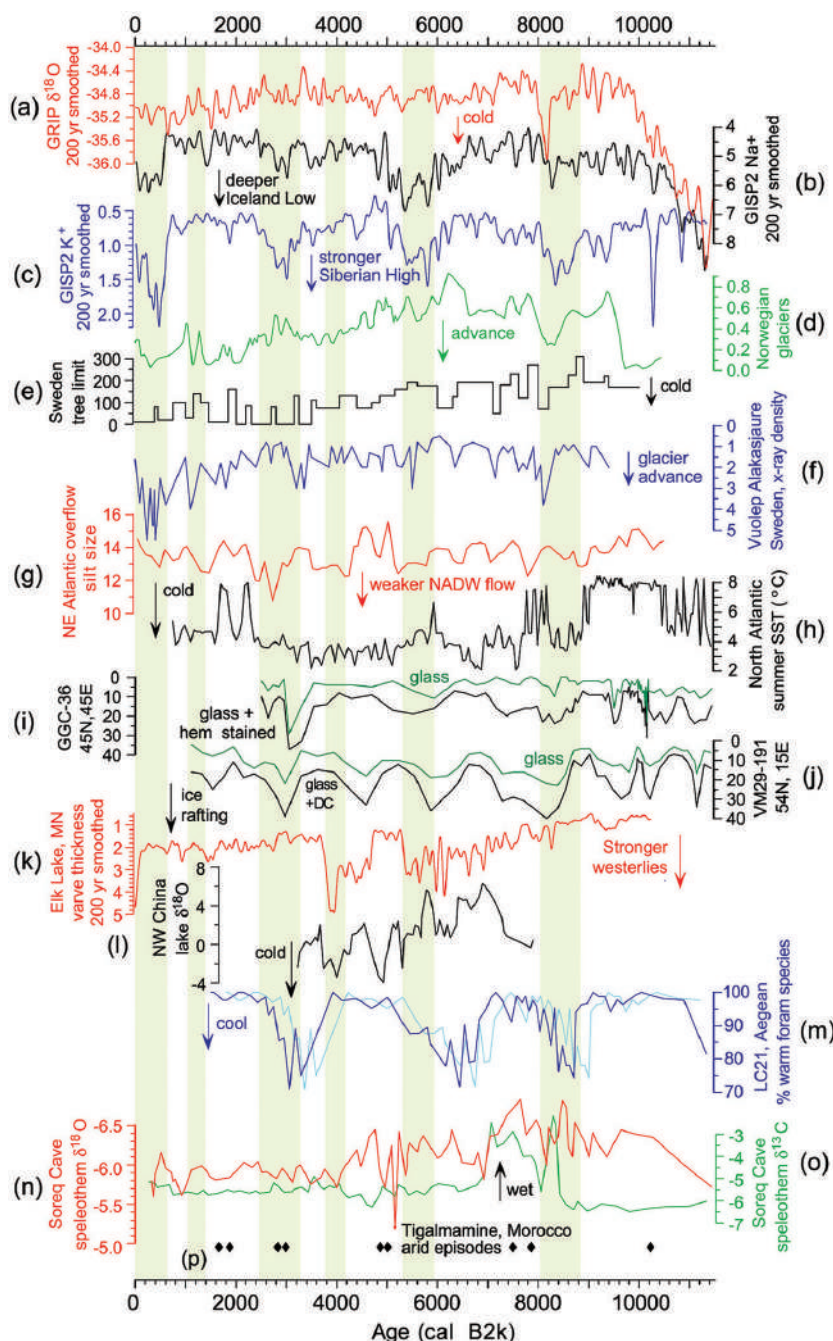
V klimatoloških študijah so dolgoročne podnebne spremembe nadomestili novi interpretativni modeli, usmerjeni v nenadne spremembe z močnimi ohladitvami: »cikel hitrih ohladitev« (tudi »dogodki s plavajočim ledom

(»ice-rafting events«), »nenadne podnebne spremembe« in »hladni dogodki«). Prvega so vpeljali Gerard Bond *et al.* (1997; 1999) in ga predstavili kot osem ponavljajočih se hitrih ohladitev. Označili so jih za podnebne dogodke, povezane z odlaganjem »drobirja, prenesenega s plavajočim ledom« (»ice-rafted debris« oziroma »IRD events«), ki so se ob severnem Atlantiku pojavljali v intervalu $\sim 1470 \pm 500$ let. Z njimi so povezali prilive velikih količin hladne ledeniške vode, ki naj bi vplivala na kroženje severnoatlantskega Zalivskega toka. Ti prilivi so namreč dokumentirani s pomočjo kamenega drobirja, ki so ga prenašale ledene gore, odlomljene z arktičnega ledenega pokrova, in se je odlagal v globokomorskih sedimentih. Osem »IRD dogodkov« v holocenu so s pomočjo radiokarbonskega datiranja planktona v dveh severnoatlantskih globokomorskih vrtnah umestili v koledarski niz »12.5, 11.1, 10.3, 9.5, 8.2, 5.9, 4.3, 2.8 in 1.4 cal 10^3 yr BP« (Bond *et al.* 1997, Fig. 2.1). Povečane prilive ledeniške vode v ocean so povezovali predvsem z obdobji zmanjšane Sončeve aktivnosti (Bond *et al.* 2001; Barber *et al.* 2004). Nove globokomorske vrtnice v vzhodnem in zahodnem Sredozemlju »Bondovega cikla« niso potrdile. V vzhodnem so se nenadne ohladike pojavljale v intervalu 2300–2500 let (Rohling *et al.* 2002a), v zahodnem pa v intervalih 1300, 1515, 2000 in 5000 let (Rodrigo-Gámiz 2014). Povezane so bile izključno s cikli močnejših in šibkejših Sončevih aktivnosti in ultravijoličnega sevanja ter spreminjanjem debeline ozonske plasti, kar je povzročilo spreminjanje temperature v spodnjih delih stratosfere in posledično občasno premeščanje polarnih zračnih mas proti jugu severne poloble. Neposredna posledica je bilo okrepljeno delovanje sibirskega anticiklona in prelivanje arktičnega zraka v zimskih in spomladanskih mesecih v Sredozemlje. Hitre ohladike so dokumentirane v treh globokomorskih vrtnah (južnojadranski IN68-9, jugovzhodnoegejski LC2 in vrtni LC31 zahodno od Cipra) v nizu »hladnih dogodkov« med »3.0–3.8 (samo v LC21), 5.8–6.7, 7.9–8.6, 9.5–10. (samo v IN68-9), 11.0–13.4 in 16–18 (slabo definirani) kyr cal BP« (Rohling *et al.* 2002b, 40). Sočasen niz »hladnih dogodkov« je dokumentiran tudi na področju Jadranskega morja (Siani *et al.* 2013).

Model »nenadnih podnebnih sprememb« so razvili Paul A. Mayewski *et al.* (2004; glej tudi Anderson *et al.* 2007). S pomočjo več kot petdesetih paleoklimatskih arhivov so dokumentirali niz šestih nenadnih, močnih in hitrih globalnih ohladitev (»rapid climate change« oziroma »RCC«),

ki so se ponavljale v intervalih 2800–2000 in 1500 let. Razpon v zahodnem Sredozemlju je bil pred kratkim dopolnjen z intervalom 1300, 1515, 2000 in 5000 let (Rodrigo-Gámiz 2014). Nenadne podnebne spremembe so umeščene v časovne nize 9000–8000, 6000–5000, 4200–3800, 3500–2500, 1200–1000 in po 600 »cal yr BP« oziroma »cal b2k« (slika 1). Prvi v nizu je znan kot »8.2 ka dogodek« (»8.2 ka event«) (Alley *et al.* 1997), oziroma »dogodek 8200 let pr. sed.« (»8200 yr BP event«) (Mayewski *et al.* 2004, 252). Povzročil naj bi ga velik izliv ledeniške vode v severni Atlantik. Vse druge hitre podnebne spremembe so povezane s spremembami v Sončevih aktivnostih, iradiaciji in insolaciji. Značilnosti vseh so ohlajanje severne poloble, suše v tropskih predelih in spremembe v kroženju zračnih gmot. Kontrastni vzorec je dokumentiran v pasu med 43° in 50° severne geografske širine v Alpah in delu srednje Evrope. Pelodni zapisi, paleohidrološki in drugi nadomestni podatki iz jezerskih sedimentov v času prve podnebne spremembe namreč kažejo na izrazito vlažno obdobje. V višinah jezerskih gladin je opazno nihanje in zaporedje dviga, upada in ponovnega dviga vodnih gladin (Magny *et al.* 2003). Primerljiva sekvenca je v Sredozemlju dokumentirana tudi v kontekstu »4.2 ka dogodka«. Vlažni obdobji in visoke jezerske gladine v času c. 4300–4100 in 3950–3850 let pred sedanostjo prekinjajo močne ohladike in sušna obdobja z nizkimi jezerskimi gladinami med c. 4100–3950 let pred sedanostjo, čeprav velja poudariti, da je bilo dogajanje regionalno in heterogeno (Magny *et al.* 2009; 2012; Bini *et al.* 2019).

»Delovna skupina I za peto ocenjevalno poročilo Medvladnega sveta za podnebne spremembe (The Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)« je pred nekaj leti poimenovanje »hitre« (»rapid«) podnebne spremembe nadomestila z »nenadne« (»abrupt«). Definirala jih je kot obsežne spremembe podnebnega sistema, ki se zgodijo v nekaj desetletjih ali manj in trajajo (ali se pričakuje, da se ohranjajo) vsaj nekaj desetletij ter povzročajo znatne motnje v človeških in naravnih sistemih (Stocker *et al.* 2013, 1448). Spremembe se kažejo v kolapsu posameznih »komponent podnebnega sistema«, na primer kolaps atlantskega meridionalnega kroženja morskih tokov, kolaps ledenikov, sproščanje ogljika v permafrostu, sproščanje metana iz klatrata, izginjanje tropskih in borealnih gozdov, izginjanje poletnega arktičnega morskega ledu, dolgotrajne suše in kolaps kroženja monsunov



Slika 1. Niz šestih »nenadnih podnebnih sprememb« v holocenu z označenimi paleoklimatskimi arhivi in nadomestnimi podatki (po Mayewski *et al.* 2004, 247).

Figure 1. The sequence of "rapid climate changes" in the Holocene with marked paleoclimate archives and proxy data (after Mayewski *et al.* 2004, 247).

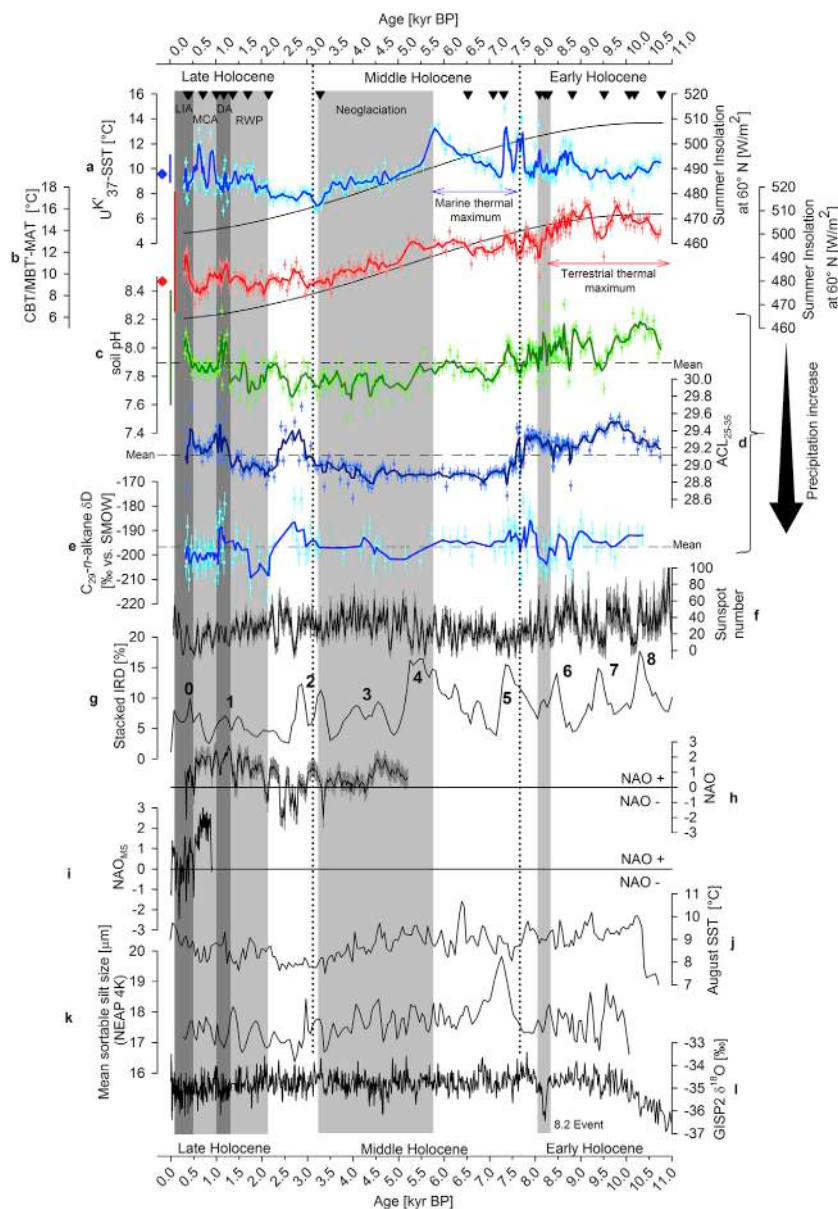
(Stocker *et al.* 2013, 1114–1118, Tab. 12.4).

Na Bondov niz »hitrih ohladitev«, ki ga omenjamo zgoraj, je navezan model »hladnih dogodkov« – stoletnih globalnih podnebnih anomalij. Model temelji na analizi nadomestnih podatkov o temperaturi, padavinah in ledeniških dinamikah, ohranjenih v različnih kopenskih, jezerskih in globokomorskih ter ledenih paleoklimatskih arhivih (Wanner *et al.* 2008; 2011). V holocenu je dokumentiranih šest ohladitev. Prva, »8.2 kyr BP dogodek«, je umeščena v koledarski čas 8300–8100 pred sedanostjo. Pri njej velja poudariti ocene, da se ohladitve v različnih regijah pojavljajo v daljšem obdobju 400–600 let (Rohling, Pälike 2005). V prazgodovini sledijo še tri. Druga, »6.5–5.9«, tretja, »4.8–4.5«, in četrta, »3.3–2.5«, so umeščene v čas 6400–6200, 4800–4600 in 2800–2600 let pred sedanostjo. Peta, »1.75–1.35«, in šesta, »0.7–0.15«, sodita v čas 300–600 in 1200–1800 let našega štetja. Povezani sta s »temnim obdobjem« in preseljevanjem ljudstev ter malo ledeno dobo (Wanner *et al.* 2011).

V vzporednih študijah so Shaun A. Marcott *et al.* (2013) s pomočjo 73 paleoklimatskih arhivov na severni in južni zemeljski polobli predstavili globalne temperaturne trende v zadnjih 11.300 letih. Segrevanju v zgodnjem holocenu (10.000–5000 let pr. n. št.) je sledilo ohlajanje za približno $\sim 0,7$ °C v srednjem (< 5000 leti pr. n. št.) in poznem holocenu, ki je doseglo vrhunec z najnižjimi temperaturami v času male ledene dobe, pred približno 200 leti. Dve leti kasneje je Heiko Moossen *et al.* (2015) predstavil podoben

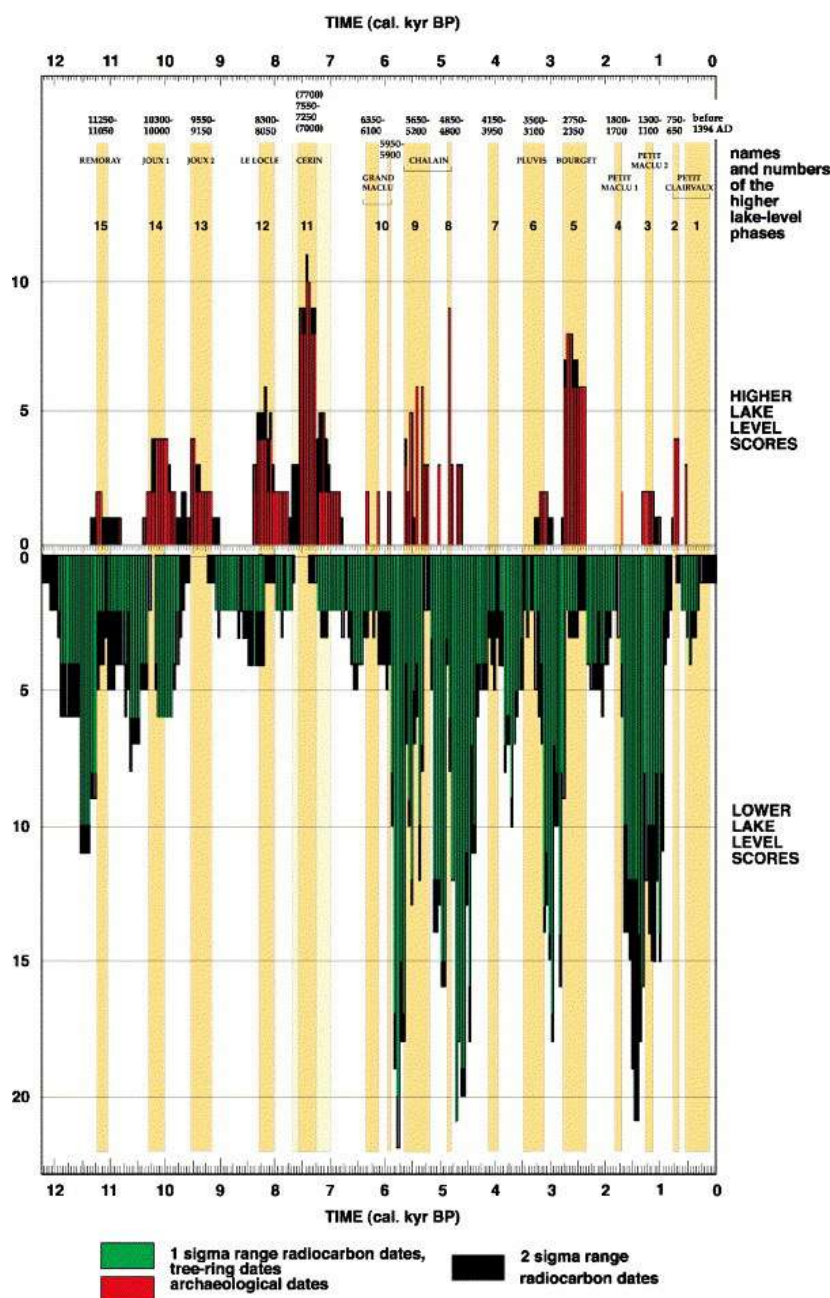
severnoatlantski trend upadanja temperature na kopnem in morski površini. Temperature na kopnem so bile najvišje v zgodnjem holocenu (»10.7–7.8 kyrs BP«), na morski gladini pa zaradi dotoka ledeniške vode v srednjem (»7.8–3.2 8 kyrs BP«) (slika 2). V paleoklimatskih zapisih so v zgodnjem holocenu odkrili dve topli obdobji med »~8.9–~8.5 kyrs BP« in »~8.1–7.9 kyrs BP«, ki sovpadata z obdobji intenzivne Sončeve aktivnosti. Žal je »8.2 ka dogodek« v vrtini v fjordu na polotoku Vestfirldir na Danskem slabo dokumentiran. V srednjem holocenu so v »~7.6 in ~7.3 kyrs BP« opazili dve obdobji hitrega segrevanja. Pri prvem se je v 300 letih temperatura na morski gladini dvignila za ~5 °C (0,5 °C na desetletje). V drugem se ~4 °C višje temperature ohranijo 1400 let. Avtorji segrevanji povezujejo z Bondovima cikloma 5 in 4. Med »~5.8 in ~3.2 kyrs BP« sledi obdobje ohladike in nove poledenitve. V poznem holocenu (»~3.2–~0.3« tisočletju pred sedanjostjo) so dokumentirali dve topli in dve hladni obdobji. Prvi sta umeščeni med »~2.2–~1.3 in ~1.1–~0.5 kyrs BP«, drugi pa v čas med »~1.3–~1.1 in ~0.5–~0.3 kyrs BP«. Avtorji prvo povezujejo z »rimskim toplim obdobjem (RWP)«, drugo pa z zgodnjim srednjim vekom (»Dark Ages«). Novejša holocenska paleotemperaturna podatkovna baza je dostopna pri Darrell Kaufman *et al.* (2020) in na Splet 1.

Vzporednica »hitrim podnebnim spremembam« in »hladnim dogodkom« je niz petnajstih epizod visokih jezerskih gladin. Dokumentirane so v 26 jezerih v predgorju Zahodnih Alp, Jurskem pogorju in na centralnem platoju v Švici.



Slika 2. Primerjalni paleoklimatski zapisi iz dveh islandskih globokomorskih vrtin in drugih severnoatlantskih paleoklimatskih arhivov. »Mala ledena doba (LIA)«, »srednjeveška klimatska anomalija (MCA)«, »rimsko toplo obdobje (RWP)«, nova poledenitev in »8.2 ka dogodek« so označeni s sivimi stolpci. Za pojasnila k legendam glej Moossen *et al.* 2015, Fig. 6.

Figure 2. A compared the Icelandic climate records with other paleoclimatic records of the North Atlantic. The Little Ice Age (LIA), Mediaeval Climatic Anomaly (MCA), Dark Ages (DA), Roman Warm Period (RWP), neoglacial period, and 8.2 ka event are highlighted in shades of grey. For an explanation of the legends, see Moossen *et al.* 2015, Fig. 6.



S pomočjo radiokarbonskega datiranja so umeščene v koledarsko sekvenco: 11.250–11.050, 10.300–10.000, 9550–9150, 8300–8050, 7550–7250, 6350–5900, 5650–5200, 4850–4800, 4150–3950, 3500–3100, 2750–2350, 1800–1700, 1300–1100, 750–650 let pred sedanostjo (Magny 2004; Magny, Haas 2004; Magny *et al.* 2006; Magny *et al.* 2009) (slika 3).

V osrednjem Sredozemlju so izrazito vlažna obdobja dokumentirana v časovnem nizu c. 10.200, 9300, 8200, 7300, 6200, 5700–5300, 4800, 4400–3800, 3300, 2700–2300, 1700, 1200 in 300 let pred sedanostjo. V srednjem holocenu je opazen kontrastni vzorec padavinskih režimov. V pasu nad 40° severne geografske širine so dokumentirane vlažne zime in suha poletja, južno pa vlažne zime in prav tako vlažna poletja. Vzorec se v poznem holocenu obrne (Magny *et al.* 2012; Magny *et al.* 2013a; Peyron *et al.* 2013).

Nenadne podnebne spremembe v arheoloških študijah

V arheoloških študijah so povezave prazgodovinskih kultur s podnebnimi spremembami določala različna teoretska izhodišča in interpretativni konteksti (Trigger 1971; 1996). Najprej so bile umeščene v

Slika 3. Časovni niz višjih in nižjih jezerskih gladin v holocenu, ki temelji na arheoloških podatkih in radiokarbonskem ter dendrokronološkem datiranju 184 vzorcev v 26 jezerskih sedimentih v predgorju Zahodnih Alp, Jurskem pogorju in na centralnem platuju v Švici. Navpični stolpci predstavljajo zgostitve ^{14}C in dendrokronoloških datumov ter arheološkega relativnega datiranja v zaporedju 50-letnih intervalov med letoma 12.250 in 0 pred sedanostjo (po Magny 2004, 73).

Figure 3. Chronological sequence of higher and lower lake-level events in the Jura mountains, the northern French Prealps, and the Swiss Plateau. The sequence is based on 184 radiocarbon and dendrological samples in 26 lake sediments and on archeological relative dating. The vertical scales represent the number of dates for successive 50-year intervals between 12 250 and 0 cal BP (after Magny 2004, 73).

deterministični model enosmerne kulturne evolucije in difuzije, kjer je veljalo, da je vsakršna sprememba v človekovih vedenjskih vzorcih, razvoju gospodarstev in tehnologij ter kulturnih trajektorijah neposredno povezana s podnebnimi in okoljskimi spremembami (Clark 1936; Childe 1958; Shennan 2005). Podobno je veljalo tudi v novi arheologiji, kjer je bil razvoj prazgodovinskih družb v celoti pogojen z uspešno prilagoditvijo nanje (Binford 1968; Tainter 1988). V poprocesni arheologiji je veljalo nasprotno. Človekovo delovanje je bilo namreč tisto, ki sproža spremembe, tudi v naravnem okolju (Hodder 1986; Tilley 1994).

V vzporednih meddisciplinarnih študijah so bile dinamike preoblikovanja arheoloških krajin in kulturnih premen v holocenu vseskozi neposredno povezane s podnebnimi in okoljskimi spremembami na regionalni in globalni ravni (pregled v Berglund 2003; Brown, Bailey, Passmore 2015). Povezave so bile vzpostavljene s pomočjo ^{14}C datiranja arheoloških kontekstov in paleoklimatskih arhivov. Ti so ohranjeni v različnih okoljih: glacioloških (ledne vrtine), geoloških (morski in kopenski) in bioloških. Ključen del teh arhivov so nadomestni podatki o preteklem podnebjem in klimatskih dogodkih. Mednje sodijo stabilni izotopi kisika in ogljika, prašni delci ter koncentracije različnih plinov v zračnih mehurjih v ledu; glacialni in periglacialni depoziti, erozija površja, paleotla, vulkanski izbruhi; biokemični markerji v fosilnem živalskem in rastlinskem planktonu, stabilni izotopi kisika in ogljika v globokomorskih sedimentih ter sapropelni depoziti; pelodni in rastlinski makrofosilni ostanki v jezerskih in kopenskih sedimentih, diatomeje, ostrakode, insekti ter stabilni izotopi v jezerskih sedimentih; stabilni izotopi kisika in ogljika v kapnikih; širine drevesnih brank in stabilni izotopi ogljika v njih ter stabilni izotopi ogljika v fosilnih semenih žit. S temi podatki je mogoče rekonstruirati daljše temperaturne in padavinske nize ter njihove hitre premene, Sončevo sevanje in z njim povezane podnebne dogodke, spremembe v višini morskih in jezerskih gladin ter premene v vegetacijskih pokrovi (Bradley 1999; Briffa 2000; Sachs *et al.* 2000; Barber *et al.* 2004; Jones, Man 2004; Magny *et al.* 2004; Marino *et al.* 2009; Steinhilber *et al.* 2012; Riehl *et al.* 2014).

Prva celovita povezava hitrih podnebnih sprememb, arheoloških kultur in preteklih kulturnih dinamik na globalni ravni je bila umeščena v paleoklimatološki interpretativni kontekst. Temeljila je na statistični analizi prekinitev

v distribucijah 815 radiokarbonskih datumov, povezanih z nihanji v pelodnih sekvencah, gibanju morske gladine in rasti šote v paleobotaničnih zapisih ter 3700 datumih, povezanih s 155 arheološkimi kulturnimi sekvencami (Wendland, Bryson 1974; Bryson 1988).

Aktualne so ostajale deterministične »katastrofične« pojasnitve, ki so hitre podnebne spremembe predstavljale kot vzrok, demografske in civilizacijske »kolapse« ter »temna obdobja« v razvoju pa kot njihovo posledico. Mednje so uvrstile konec mikenske kulture v Grčiji, razpad hetitskega in akadskega kraljestva, konec tretje urske dinastije v Mezopotamiji ter konec dinastičnih obdobj V in VI v Egiptu (Carpenter 1966; Bell 1971; Bryson *et al.* 1974; deMenocal 2001). Vsi dogodki naj bi bili povezani z nenadnimi ohlaiditvami in sušnimi obdobji ter dezertifikacijo regij. Legitimnost pojasnitev je zagotavljal postulat, da so tako kot »temna obdobja« tudi »podnebne fluktuacije historično dejstvo« (Bell 1971). Velika pozornost je bila namenjena »Leilan dogodku« – prekinitvi v poselitvi okoli leta 2200 pred sedanostjo v vrsti *tell* naselbin (Tell Leilan, Tell Brak, Tepe Gawra) v severni Mezopotamiji, ki naj bi označevala hitro podnebno spremembo in dezertifikacijo regije, razpad namakalnega gospodarstva in kolaps akadskega kraljestva (Weiss *et al.* 1993; Courty, Weiss 1997; Weiss, Bradley 2001; Cullen *et al.* 2000; deMenocal 2001). Podoben scenarij naj bi veljal tudi za kolaps civilizacije Majev (Hodell *et al.* 1995; deMenocal 2001; Haug *et al.* 2003). Na konceptualno šibkost in omejene pojasnitvene možnosti determinističnega pristopa je opozoril Karl W. Butzer (1972; 1975; 2012; Butzer, Endfield 2012). Kot alternativo konceptu »klimatskih fluktuacij« in podmeni o podnebjem kot edinem vzroku civilizacijskih »kolapsov« v preteklosti je ponudil »kulturno-ekološki« pristop. V njem je poudaril, da je delovanje predindustrijskih družb v preteklosti porušilo ekološko ravnovesje v regiji ter povzročilo gospodarske, demografske in kulturne zdrse, ki pa niso vodili v razpad sistemov, ampak v kulturno in gospodarsko prilagoditev na nova okolja in spremenjeno podnebje. Podoben razmislek je bil aktualen tudi v francoski šoli »Annales«, kjer so poudarjali, da so bili vplivi podnebnih sprememb na preteklo družbo posredni in komaj opazni. Kot primer so navajali malo ledeno dobo in izbruh kuge konec 16. stoletja ter splošno krizo v 17. stoletju v Evropi. Le Roy Ladurie (1971, 17) je tako opozarjal, da lakote, pandemije, migracije, nezadostna pridelava hrane in njene visoke cene ter pomanjkanje denarja »ne morejo biti izključna

posledica podnebja». Crawford S. Holling (1973) je v ekološke študije uvedel koncept »odpornosti« oziroma »rezilientnosti« (*resilience*), v katerem je poudaril, da so vsi naravni sistemi sposobni absorbirati okoljske in podnebne spremembe, ne da bi se pri tem »dramatično preoblikovali«. Vendar je odpornost omejena, kajti ko spremembe dosežejo kritično mejo, se sistem preoblikuje in prilagodi novim pogojem.

Menjava interpretativnih paradigem

Paleoklimatolog Wallace S. Broecker (1975) je že v tistem času opozarjal na »neizbežno globalno segrevanje«, paleoceanograf John Imbrie in njegova hčerka Katherine Palmer Imbrie (Imbrie, Imbrie 1979, 185) pa na možnost, da bo uporaba fosilnih goriv planet pahnila v »superinterglacialno obdobje, kakršnega ni bilo v zadnjih milijon letih«. Scenariju globalnega segrevanja je priljubljenost hitro rasla po objavi prvega poročila o oceni stanja podnebne sistema in o njegovih predvidenih prihodnjih spremembah, ki ga je leta 1990 objavil Medvladni odbor za podnebne spremembe pri OZN. Menjava paradigme hitrih globalnih ohladitev s paradigmo globalnega segrevanja je temeljila na novih nadomestnih podatkih o korelaciji med preteklimi koncentracijami plinov v ozračju ter podnebnimi spremembami v lednih in globokomorskih paleoklimatskih arhivih, uporabi podnebne sklopljenega modela splošne cirkulacije ozračja in oceanov (GCM) ter dvigu globalne temperature ozračja v zadnjem stoletju (Chambers, Brain 2002; Alley *et al.* 2003). V četrtem poročilu, sestavljeno je bilo iz delovnih poročil treh različnih delovnih skupin (druga se je ukvarjala z vplivi na okolje in s človekovo prilagoditvijo na podnebne spremembe), je bilo poudarjeno, da je naraščanje koncentracij toplogrednih plinov po letu 1750 posledica človekovih aktivnosti. Koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2) in metana (CH_4) v zadnjih 650.000 letih nikoli niso bile višje od sedanjih. Tudi koncentracija dušikovega oksida (N_2O) v zadnjih 16.000 letih nikoli ni bila tako visoka (Bernstein *et al.* 2008; Parry *et al.* 2007). Povišane koncentracije ogljikovega dioksida in metana v času 8000–5000 pr. n. št. so povezovali z začetki poljedelstva, krčenjem gozdov v Evropi, gojenjem riža in riževimi polji ter z njihovim namakanjem v Indiji in na Kitajskem (Ruddiman 2003).

Velik napovedni izziv, povezan z nenadnimi ohladitvami, je še vedno hitro zniževanje povprečnih vrednosti tempe-

rature in slanosti vodnega stolpca v Labradorskem morju od druge polovice prejšnjega stoletja dalje (Lazier 1995; Dickson *et al.* 2002). To namreč kaže na slabitev »atlantskega meridionalnega kroženja morskih tokov« (*Atlantic Meridional Overturning Circulation*, AMOC), ki prenašajo toplo/hladno in manj/bolj slano vodo iz enega dela vodnih mas v drugega (tj. termohalilna cirkulacija). Kroženje je ključen sistem prerazporeditve toplote na našem planetu in je v povezavi z atmosferskimi kroženji zračnih mas (*severnoatlantsko oscilacijo* [*North Atlantic Oscillation*, NAO], *arktično oscilacijo* [*Arctic Oscillation*, AO] in *sredozemsko oscilacijo* [*Mediterranean Oscillation*, MO]) pomembno vplivalo na globalna podnebna nihanja v preteklosti (glej spodaj). Spremenjena kroženja so bila na eni strani povezana s premenami Sončeve iradiacije (Usoskin *et al.* 2016; Usoskin 2017), na drugi pa s hitrim menjavanjem hladnih in toplih obdobj v času mlajšega drias (12.900–11.600 pred sedanjostjo) (Rahmstorf 2002; Caesar *et al.* 2021), srednjeveške podnebne anomalije (c. 900–1300 n. št.) in male ledene dobe (1450–1850 n. št.) (Bradley *et al.* 2003; Velasco Herrera *et al.* 2015).

Velja poudariti, da ledene in medledene dobe niso bile enotna hladna ali topla obdobja. Zapis iz grenlandskih lednih vrtn kažejo na velika podnebna nihanja ter zaporedja hladnih in toplih obdobj ter prehodov med njimi, ki so lahko bila tako kratka, da so bila v preteklih študijah spregledana. Prehodi lahko trajajo desetletja ali stoletje, podobno tudi topla obdobja, ki jim sledijo večstoletna ali tisočletna hladna obdobja. V treh kronološko sinhroniziranih lednih zapisih v grenlandskih vrtnah NGRIP, GRIP in GISP2, ki segajo do »120 ka b2k« (120 tisočletja pred sedanjostjo), je bilo s pomočjo visoke stratigrafske in časovne ločljivosti dokumentiranih več kot devetdeset »dogodkov« – stratigrafsko in kronološko zamejenih sprememb v nadomestnih podatkih. Ti se v celotnem zapisu pojavljajo v nepravilnih zaporedjih, posebej pa izstopa 25 nenadnih in hitrih prehodov iz hladnega v toplo obdobje v času zadnje poledenitve. Temperature v teh prehodih, končajo se lahko v nekaj desetletjih, nihajo med 5 °C in 16 °C. Topla obdobja lahko trajajo od enega stoletja do več tisočletij, temperature pa se zmanjšujejo postopoma. Za hladna obdobja je na splošno značilno stabilnejše podnebje, njihovo trajanje pa je podobno toplim obdobjem (Rasmussen *et al.* 2014). Rastlinski in živalski makrofosilni ostanki v delti reke Lena ob Arktičnem oceanu in sedimenti jezera Kotokel ob Bajkalskem

jezeru v Sibiriji pritrjujejo visokim letnim temperaturam v toplih obdobjih zadnje poledenitve. Ličinke insektov trzač (*Chironominae*) dokazujejo, da so bile poletne temperature med 1,5 °C in 3,5 °C višje od sedanjih (Tarasov *et al.* 2021; Wetterich *et al.* 2021).

Povedne so tudi pojasnitve podnebnega niza srednjeveških podnebnih anomalij (imenovan tudi srednjeveško toplo obdobje in srednjeveški podnebni optimum) med letoma 900 in 1300 ter male ledene dobe med letoma 1450 in 1850 v kontekstih paleoklimatologije in historične klimatologije ter regionalnega paleoklimatskega modeliranja. Interpretacije prve anomalije so vezane na statistično vrednotenje in rekonstrukcijo preteklega podnebja s pomočjo nadomestnih podatkov v klimatskih arhivih, interpretacije druge pa so vezane na zgodovinske podatke in nadomestne podatke v omejenem obsegu. Omeniti velja tudi globalno zajemanje nadomestnih podatkov ter regionalne rekonstrukcije hitrih (desetletnih) podnebnih sprememb (Goose *et al.* 2006; Ludwig *et al.* 2019; Pfister *et al.* 2018). Spremembe globalno niso nujno sinhrono, zato je zavedanje o njihovih kratkoročnih in dolgoročnih posledicah na družbo (Mann 2012; Parker 2017; White *et al.* 2018) ter napovedovanje trendov podnebnih sprememb še pomembnejše (Jones *et al.* 2001; Bradley *et al.* 2003; National Research Council 2006; PAGES 2k Consortium; Neukom *et al.* 2019). Velja namreč, da je pretekli srednjeveški podnebni prehod od toplega obdobja v malo ledeno dobo globalni scenarij, ki se v sedanjosti morda ponavlja. Dokazuje ga globalno segrevanje površja, ki v predindustrijski dobi zagotovo ni bilo posledica človekovega delovanja (Lamb 1965; 1982). Trajektorijo lahko opišemo tudi kot prehod med poselitvijo in pašništvom ter mlečno živinorejo na Grenlandiji in Islandiji v toplem obdobju srednjega veka ter lakoto in endemijami kuge v jugovzhodni Evropi v kasnejši mali ledeni dobi (Mann 2002a; Xoplaki *et al.* 2001).

V novejših paleoklimatoloških študijah je glavni interpretativni poudarek namenjen asinhronosti in dejstvu, da nikoli v srednjem veku na severni polobli povprečne temperature površja niso bile tako visoke kot v drugi polovici 20. in začetku 21. stoletja. Najtoplejše je bilo obdobje med letoma 950 in 1100, vendar so bile temperature takrat med 0,1 °C in 0,2 °C nižje od povprečnih temperatur, izmerjenih med letoma 1961 in 1990 (Jansen *et al.* 2007, 468–469). Magnituda segrevanja je danes globalna, v srednjem veku pa so bila topla obdobja asinhrona in

regionalno zamejena. Srednjeveško toplo obdobje je na severni polobli tako umeščeno med leti 830 in 1100, na južni pa med leti 1160 in 1370. Tudi ohlajevanje in prehod v malo ledeno dobo se v nadomestnih paleoklimatskih podatkih na Arktiki, v Evropi in Aziji kažeja prej kot v Severni Ameriki in na južni polobli. Velika podnebna nihanja in začetek male ledene dobe se na globalni ravni časovno prekrivajo in sovpadajo s spremenjeno magnetno aktivnostjo na Sončevi površini, spremenjenim atmosferskim kroženjem zračnih mas in morskih tokov ter vulkanskih izbruhov (Mann *et al.* 2008, 13255; PAGES 2k Consortium 2013, 342; glej tudi Bradley 2003). Začetek prehoda v hladno obdobje pomeni cikel Sončeve aktivnosti tik pred začetkom Wolfovega minimuma med letoma 1260 in 1270 (Fogtmann Schulz *et al.* 2021).

Zanimiv je razmislek, omenili smo ga že zgoraj, o aktualnem oslavljenem kroženju morskih tokov v severnem Atlantiku in zmanjšanih Sončevih aktivnostih ter prehodih v hladno obdobje (Rahmstorf 2002; Mörner 2015; Velasco Herrera *et al.* 2015; Caesar *et al.* 2018, 195; Thibodeau *et al.* 2018). Razmislek zamejujeta trditvi, da »[n]i bližajoče se male ledene dobe« (Ask NASA Climate 2020) in da »[n]i bilo globalno sinhronih večdesetletnih toplih ali hladnih intervalov, ki bi globalno definirali srednjeveško toplo obdobje ali malo ledeno dobo«. Rekonstrukcije podnebja v zadnjih 2000 letih, ki temeljijo na zbiranju nadomestnih paleoklimatskih podatkov o temperaturi površja (drevesne letnice, pelod, korale, jezerski in morski sedimenti, ledne vrtine, stalagmiti in historični podatki) na 511 lokacijah v različnih regijah po svetu, nasprotno, »jasno kažejo regionalna temperaturna nihanja v večdesetletnih in stoletnih intervalih, očitno globalen pa je dolgotrajen trend ohladike pred 20. stoletjem« (PAGES 2k Consortium 2013.339, 344). Ta obdobja sovpadajo tudi s povečanimi vulkanskimi aktivnostmi in zmanjšano Sončevo iradiacijo. Pri tem ne smemo spregledati kritične opombe o razvoju podnebja v 21. stoletju, ki jo je skupina raziskovalcev v posebnem zvezku »Pattern in Solar Variability, their Planetary Origin and Terrestrial Impacts« v okviru revije »Pattern Recognition in Physics« (2013) naslovila na poročila Medvladnega odbora za podnebne spremembe pri OZN. Zapisali so, da »smo na poti v veliki solarni minimum, kar vzbuja resne dvome o nadaljevanju in celo pospešenem segrevanju, kot trdi IPCC« (Mörner *et al.* 2013, 206). Tudi danes smo namreč v obdobju Sončevega minimuma, ki se je začelo leta 2004 in bo trajalo do okoli leta 2075.

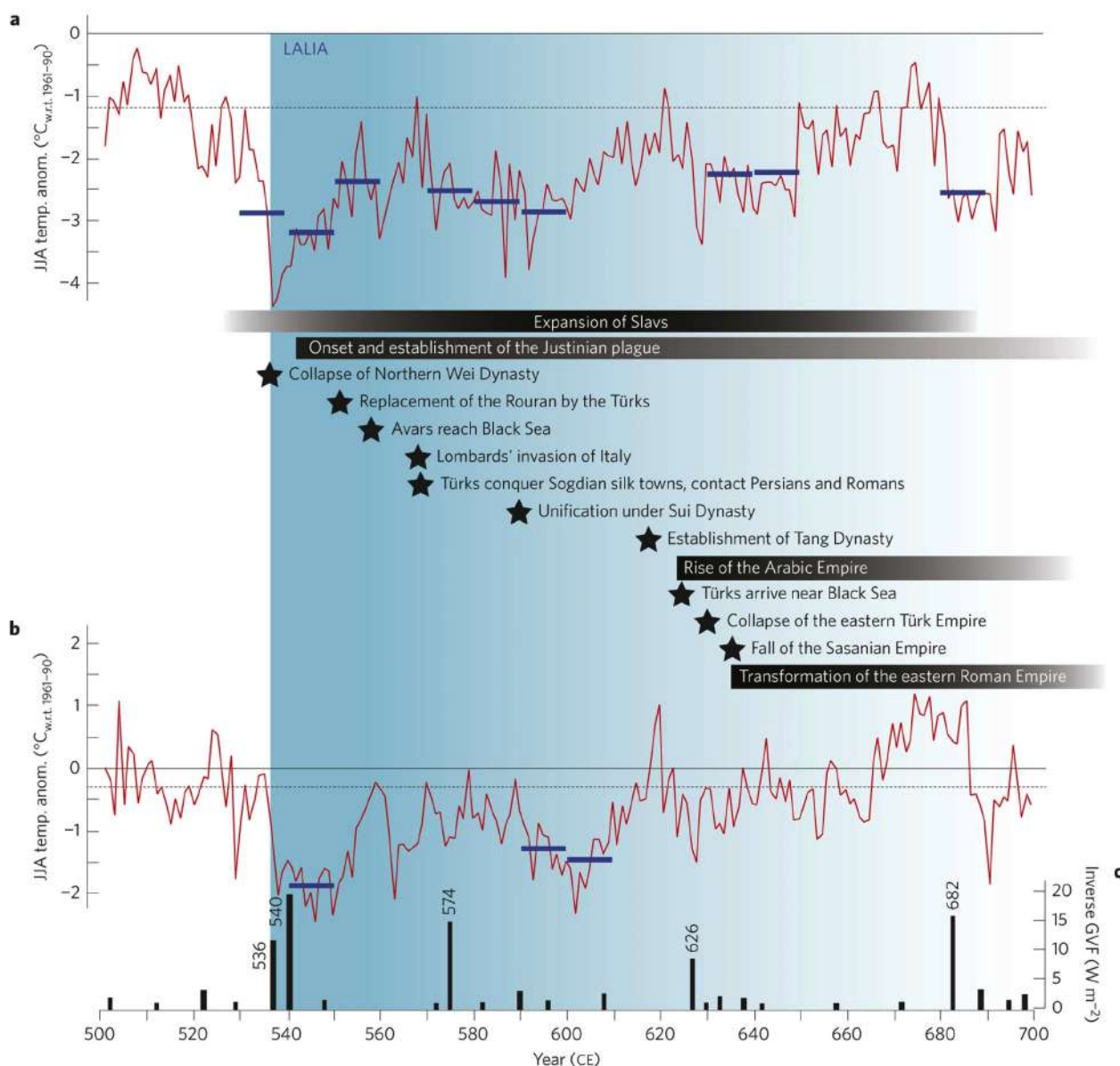
Najnižje vrednosti bodo med letoma 2030 in 2040 (Mörner 2015; Velasco Herrera *et al.* 2015). Revijo, ki je bila ustanovljena ob izidu omenjenega posebnega zvezka, je založba Copernicus leto zatem zaradi »zlorab pri znanstvenem objavljanju« ukinila (Splet 2). Sourednik revije je bil Sid-Ali Ouadfeul z Alžirskega inštituta za nafto, objavljeni prispevki so bili označeni kot znanstveno neprimerni, uredniki pa koruptivni. Politizacija vprašanja o globalnem segrevanju v našem stoletju, modeliranje globalnega segrevanja (to vključuje dejavnike, kot so toplogredni plini, troposferski aerosoli, Sončeve in vulkanske aktivnosti ter spremembe izrabe zemljišč) in delovanje globalnega podnebne sistema so predstavljeni v priročniku »The Palgrave Handbook of Climate History« (Oreskes *et al.* 2018; Brönnimann 2018; Zorita, Wagner 2018; Zorita *et al.* 2018).

Zapisali smo že, da mala ledena doba med letoma 1450 in 1850 ni bila enotno hladno obdobje. Velika podnebna nihanja so dokumentirana v obdobjih 1675–1715 in 1780–1830. Največja so dokumentirana v obdobju 1697–1708. To je bilo obdobje izjemno ostrih podnebnih razmer in verjetno najhladnejše desetletje na severni polobli v zadnjem tisočletju. Povprečne zimske temperature so bile za 3–4 °C, spomladanske pa za 2 °C nižje kot v 20. stoletju. Paleoklimatološki modeli poletnih temperatur in dendrološki podatki so pokazali, da so bila poletja 1695, 1698 in 1699 med najhladnejšimi na severni polobli v zadnjih 600 letih. Na drugi strani je to tudi čas izjemno vročih poletij 1707 in 1710. Zaradi dolgih zim in zmrzali ter deževnih poletij in poplav je prihajalo do velikih težav v kmetijstvu. Sneg, ki se je na Balkanu in v vzhodnem Sredozemlju obdržal do pozne pomladi, je onemogočal setev ter povzročal propad ozimnih žit, pridelke so uničevale suše, zgodnje slane in jesenski sneg. V Alpah so napredujoči ledeniki prekrili kar nekaj vasi in pašnike. Zmanjkovalo je krme, poginilo je mnogo čred goveda in drobnice. Lakota je na Britanskem otočju, v Skandinaviji, zahodni in jugovzhodni Evropi ter vzhodnem Sredozemlju povzročila več izbruhov epidemije kuge in močno spremenila demografsko podobo (Jones *et al.* 1998; Briffa *et al.* 1998; Luterbacher *et al.* 2001; Mann 2002b, 504–509; Slonosky *et al.* 2001; Xoplaki *et al.* 2001; Bradley *et al.* 2003).

Začetek in konec male ledene dobe se časovno prekrivata z obdobjema majhne Sončeve iradiacije, imenovanimi Spörerjev (1440–1460) in Daltonov (1809–1821)

minimum. Obdobje velikih podnebnih nihanj in izjemno ostrih podnebnih razmer vmes pa sovпада z Maunderjevim minimumom (1675–1715). Paleoklimatologi so Sončeve cikle in upad iradiacije povezovali s slabitvijo Atlantskega meridionalnega kroženja morskih tokov (Slonosky *et al.* 2001; Rahmstorf 2002; Steinhilber, Beer 2011; Velasco Herrera *et al.* 2015; Mörner 2015; Zharkova 2020; glej tudi Mörner, Tattersall, Solheim 2013) ter spremenjenimi atmosferskimi kroženji zračnih mas (severnoatlantska, arktična in sredozemska oscilacija). Pri tem govorimo o nihanju atmosferskega tlaka in prelivanju zračnih mas med islandskim območjem nizkega zračnega tlaka (islandski ciklon) ter azorskim in sibirskim območjem visokega tlaka (sibirski in azorski anticiklon), ki vplivajo na podnebje v Evraziji in Sredozemlju ter na Arktiki. »Indeksi nihanj« opisujejo spremembe in razlike v zračnih tlakih ter intenzivnost in smeri prelivanja zračnih mas na teh območjih. Pozitivne vrednosti indeksa severnoatlantske oscilacije kažejo, da je tlak nad Atlantikom in zahodno Evropo večji od povprečnega. Zahodni vetrovi so močnejši in se pomaknejo severneje. Nad zahodno Evropo so izrazito višje temperature in bolj mokra obdobja, nad večjim delom Sredozemlja pa so izrazita obdobja suhega vremena. V primeru negativnega indeksa so zahodniki šibkejši, tako da je vpliv na podnebje ravno obraten. V negativni fazi arktične oscilacije je zračni tlak višji od povprečnega nad Arktiko in nižji nad severnim Atlantskim oceanom. Mrzli polarni zrak se prelije proti jugu preko Sredozemlja v severno Afriko. Obe dogajanji sta izraziti predvsem v hladnem delu leta (Marshall *et al.* 2001; Shindell 2001; Thompson, Wallace 2001; Wanner 2001; Dünkloh, Jacobeit 2003; Toreti *et al.* 2010; Roberts *et al.* 2012; Tubi, Dayan 2012).

Podoben podnebni scenarij se je odvil v poznem srednjem veku. Bruce M. S. Campbell (2016) ga je umeštil v obdobje 1270–1470 in v njem prepoznal tri ključne epizode. Prvo, med letoma 1260/70 in 1330, je povezal z Wolfvim Sončevim minimumom in koncem močnega sevanja ter nadpovprečnih globalnih temperatur. Drugo, osrednjo, v letih 1340–1370, označujejo močno znižana iradiacija, izrazito ožje drevesne branike med letoma 1342 in 1354 ter močna ohladitev na severni polobli s prelivaji polarnih zračnih mas proti jugu, slabitvijo monsunov in sušo v južni Aziji ter njihovo krepitvijo in poplavami v Afriki. Podobni podnebni dogodki se nadaljujejo tudi v tretji epizodi, med letoma 1370 in 1470, ki se deloma prekriva z malo ledeno dobo, označujeta pa



Slika 4. Ohladike in zgodovinski dogodki v poznoantični mali ledeni dobi.

Za pojasnila k legendam a–b glej Büntgen *et al.* 2016, Fig. 4.

Figure 4. Cooling and historical events during the Late Antique Little Ice Age.

For explanation of legends a–b, see Buentgen *et al.* 2016, Fig. 4.

jo visoka in nizka Sončeva iradiacija (Chaucerian maksimum in Spörerjev minimum). Podnebno triado je povezal z izrazitim gospodarskim upadom, stoletno vojno v zahodni Evropi, zrušitvijo Vzhodnorimskega imperija in osvajalnimi vojnami Osmanskega cesarstva, razpadom

Svilne ceste – medkontinentalnega gospodarskega, trgovskega, tehnološkega in kulturnega omrežja ter potovanj na dolge razdalje –, z lakoto, živalskimi ektoparazitozami, ki so zdesetkale črede ovac in goveda, ter pandemijami živalske in človeške kuge. Campbell je dogajanje

označil kot »interakcijo med naravo in družbo« ter poimenoval »velik prehod«. Tako je vpeljal percepcijo globalne zgodovinske trajektorije, v kateri so naravni procesi glavni sprožilci demografskih, gospodarskih, socialnih, političnih in kulturnih premen. Tudi Geoffrey Parker (2017) je leto zatem podnebne dogodke in naravne katastrofe v 17. stoletju, v mali ledeni dobi, povezal z globalno gospodarsko, zdravstveno, demografsko in politično krizo. V tem kontekstu velja omeniti tudi povezavo justinijanske kuge, preoblikovanja Vzhodnorimskega cesarstva, selitve avarskih in slovanskih ljudstev, propada Sasanidskega in Vzhodnoturškega cesarstva ter političnih pretresov na Kitajskem z ohladitvijo v poznoantični mali ledeni dobi v letih 536–660 (slika 4) (Büntgen *et al.* 2011; Büntgen *et al.* 2016).

Zaskrbljenost zaradi človekovih vplivov na aktualno segrevanje Zemljinega ozračja ter hitro uveljavljanje ocen o pogostosti, hitrosti in obsegu podnebnih sprememb v preteklosti sta vzpodbudila vrsto razmislekov o okoljskih katastrofah v preteklosti in človekovem odgovoru nanje. V tem kontekstu sta postala zelo priljubljena katastrofični pristop in koncept »kolapsa« kot enovzočni interpretativni nastavek, ki je nenadne ohladitve in suše ter velike poplave v preteklosti povezal z vojnami in propadom preteklih skupnosti lovcev in nabiralcev v jugozahodni Aziji, bronastodobnimi civilizacijami v Egeji, vzhodnem Sredozemlju in jugozahodni Aziji, Akadskim kraljestvom v Mezopotamiji, Starim egipčanskim kraljestvom, predkolumbovskimi ameriškimi civilizacijami, civilizacijami Majev in Moche v Srednji in Južni Ameriki ter ljudstvom Norse na Grenlandiji (Arneborg *et al.* 1999; Cullen *et al.* 2000; Gill 2000; deMenocal 2001; Van Buren 2001; Hassan 2001; Hodell *et al.* 2001; 2005; Williams 2002; Haug *et al.* 2003; Stanley *et al.* 2003; Dillehay *et al.* 2004; Fagan 2004; Diamond 2005; Rodning 2010; Brooke 2014; Meller *et al.* 2015; Campbell 2016; Kaniewski, Van Campo 2017; Bar-Yosef, Bar-Matthews, Ayalon 2017; Parker 2017). Jared Diamond (2005, 3, 6, 20) je bil edini, ki je opozoril na kompleksnost procesov in spregledano dejstvo, da pretekli civilizacijski zdrsi (demografski upad in/ali redukcija politične, ekonomske in socialne kompleksnosti na večjem področju v daljšem času) niso bili nujno »pravi ekološki kolapsi«, ampak kolapsi, ki so jih povzročile netrajnostne preživetvene strategije, slabo upravljanje naravnih virov in degradacija ekosistemov.

Koncepti prilagoditvenih strategij

»Kolaps« velja za najradikalnejšo prilagoditveno strategijo preteklih družb (Tainter 2000a, 332). Colin Renfrew (1979a; 1979b) ga je s pomočjo sistemske teorije in teorije katastrofe definiral kot »alaktični« tip kulturnih sprememb, ki ga določata dve trajektoriji razvoja, anastrofična in katastrofična. Prvo označujejo povečanje organizacijske kompleksnosti in centraliziranosti, pojav novih birokratskih in drugih oblastnih struktur ter posledično povečana izraba gospodarskih virov. Drugo označuje razpad centraliziranih in socialno strukturiranih kompleksnih družb in njihovo retrogradno preoblikovanje v fragmentarna in nepovezana poglavarstva ter plemenske skupnosti. V obeh so ključne bifurkacije, točke razcepa, v katerih sistem izbere sebi lastno trajektorijo, vedno zamejeno s starimi sistemskimi političnimi, gospodarskimi, tehnološkimi in vrednostnimi postulati. Bifurkacije so tudi točke destabilizacije, kjer lahko že majhni notranji in/ali zunanji vzroki (podnebne spremembe, politični in ekonomski zdrsi, vojne, migracije) povzročijo velike, vendar postopne spremembe. Kolaps je torej trajektorija preoblikovanja, ki lahko traja stoletje in vodi nazaj v manj strukturirane in slabše povezane plemenske skupnosti. Predvidel pa je, da so lahko na marginalnih področjih nekatere stare socialne strukture preživele in sprožile proces ponovnega preoblikovanja v kompleksne in centralizirane skupnosti.

Tudi Joseph A. Tainter (1988) je kolaps kompleksnih zgodovinskih in zgodovinskih družb definiral kot politični proces, v katerem družba hitro, v nekaj desetletjih, izgubi doseženo stopnjo socialne in politične kompleksnosti. Ob tem propade ali pa začne nov razvojni cikel. Podobno kot Renfrew je anticipiral, da je proces povezan z ekonomskim učinkom »mejnih donosov« in delovanjem družbenih elit, ki lahko s spremenjenimi gospodarskimi strategijami in intenzivno izrabo virov kratkoročno omogočijo uspešno prilagoditev na spremenjeno naravno okolje, kasneje pa zaradi napačnih ekonomskih politik in prekomernega razvoja socialnih struktur povzročijo njihov kolaps (Tainter 2006a). Gradil je na James G. Millerjevi (1978) splošni »teoriji živih sistemov«, organiziranih v interaktivne podsisteme, na njihovem medsebojnem delovanju in vplivanju ter na odnosu do okolja. Pri tem je veljala osnovna predpostavka, da je narava kontinuum delovanja kompleksnega življenja, organiziranega v različne vzorce, ki se ponavljajo na vseh ravneh sistema. Vendar je Tainter (2006b; Tainter, Crumley 2007) opozoril na ključno

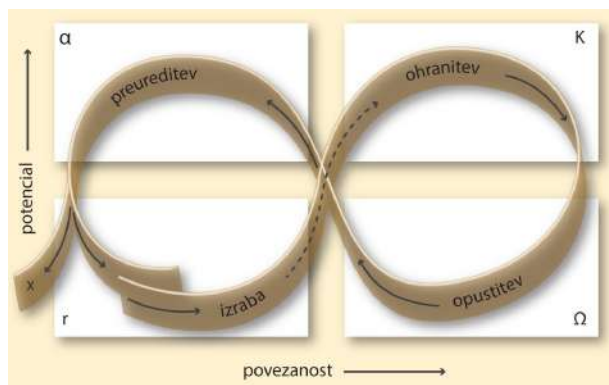
razliko. V nasprotju z ekološkimi naj bi se pri družbenih sistemih razvili »kompleksnost« in »trajnostnost«, ki sta z okoljem povezani prek vmesnika, tj. procesa »reševanja problemov«. Pri tem »trajnostnost« ni odvisna le od stabilnosti ekološkega sistema, ampak predvsem od uspešnega reševanja problemov, s katerimi se družbe soočajo. Trajnostnost zato ni rezultat zastoja in pasivnega ohranjanja ravnovesja (t. i. »stasis«) v smislu »manj ljudi črpa vedno bolj omejene naravne vire«, ampak je dosežek hitrega razvoja in kontinuiranega delovanja sistemov, organizacij in tehnologij, ki so potrebne za reševanje problemov. To pa seveda vodi v vse večjo kompleksnost ter vse večje vložke dela, časa, denarja in energije.

Zato je kompleksnost po Tainterju »ekonomska kategorija« in »osnovno orodje za reševanje problemov«. Kompleksnost je vezal na velikost družbe, na obseg in strukturiranost družbenih sistemov, na hierarhičnost in obseg ter vrste vrednot in omejitev, pa tudi na »raznolikost mehanizmov za organiziranje v koherentno in delujočo celoto« (Tainter 1988, 23; 2006b, 92). Trajnostnost je označil kot »ohranjanje sistema, ki zagotavlja produkte, izvaja storitve ter zagotavlja dobrine, ki jih ljudje potrebujejo po sprejemljivi ceni tako dolgo, kot je potrebno« (Allen, Tainter, Hockstra 2003, 26). Po ekonomskih zakonih »padajočih donosov« in »mejne koristnosti«, ki ju je vpeljala neoklasična ekonomska šola, je »reševanje problemov« lahko uspešno le v določenem časovnem obdobju. Cena reševanja namreč postopoma doseže točko, ko nadaljnje investiranje v kompleksnost ne bi dalo sorazmernega iztržka. Rastoči vložki zagotavljajo vedno manjše iztržke. Ko dosežejo mejno koristnost, vsak nadaljnji vložek v kompleksnost k skupni koristi prispeva manj, kot je prispeval prejšnji. Po daljšem obdobju padajočih donosov postane reševanje problemov neučinkovito in trajnostnost nestabilna, družbe pa postanejo ranljive. Trajektorije reševanja problemov lahko trajajo desetletja, generacije ali stoletja. Rezultati so lahko trije: kolaps; prilagoditev in okrevanje s pomočjo manjše ravni kompleksnosti; ohranjanje trajnostnosti s pomočjo zvišanja ravni kompleksnosti in črpanja nadomestnih virov. Trajnostni razvoj je torej sposobnost družbe ohraniti kontinuum delovanja političnih in socialnih struktur, njihovo hierarhijo ter trajno dostopnost do gospodarskih virov (Tainter 2006b, 92; 2014, 202). Kot primere je navedel kolaps Akadskega kraljestva, Zahodnorimskega cesarstva in civilizacije Majev na eni ter okrevanje bizantinskega cesarstva in kolonialno Evropo na drugi strani.

Interpretativni približek trajnostnosti je »odpornost« na okoliščine. Allen, Tainter in Hockstra (2003, 26) sicer opozarjajo, da je treba ločevati med njima. Trajnostnost je namreč »sposobnost« ohraniti kontinuiteto družbenih sistemov in pogojev, v katerih delujejo. Odpornost pa je spretnost preoblikovati družbene sisteme in jih prilagoditi novim stresnim pogojem delovanja. Pri tem odpornost pomeni opustitev načel trajnostnega delovanja. Na drugi strani Fikret Berkes *et al.* (2003, 2, 6) razliko brišejo, saj trajnostnost označijo kot dinamičen proces in prilagoditveno sposobnost družb prilagoditi se podnebnim in okoljskim premenam. Hkrati jo razumejo kot »ohranitveno sposobnost ekoloških sistemov, da podpirajo družbene in ekonomske sisteme«. Odpornost povežejo s sposobnostjo prilagoditi se spremembam v okviru ciklov rasti in obnove.

Zapisi smo že (Budja 2015), da je koncept odpornosti v ekološke študije vpeljal Crawford S. Holling na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja. Kasneje ga je povezal s »prilagoditvenim ciklom« (Holling 1986) ter s »hierarhijo ekoloških in družbenih sistemov«. Poimenoval ga je »panarhija« (Holling 2001; Gunderson, Holling 2002, 5; glej tudi Sundstrom, Allen 2019)¹ ter ga umestil v kontekst »teorije o prilagoditveni spremembi« (Holling, Gunderson, Ludwig 2002). Skupaj z Lance H. Gundersonom sta ga konceptualizirala kot kontinuum »hierarhičnega delovanja mednivojskih dinamik« ter povezanega niza prepletenih »prilagoditvenih in obnovitvenih ciklov«, ki določajo trajnostnost delovanja ekoloških in družbenih sistemov (Holling 2001, 396; Gunderson, Holling 2002). Ali drugače, govorimo o hierarhični strukturi, v kateri so naravni in družbeni sistemi povezani v kontinuum prilagoditvenih ciklov rasti, kopičenja, preoblikovanja in obnove, ki ne poteka po »togi, vnaprej določeni poti in trajektoriji« na ravni gospodinjstva, vasi ali regij (Gunderson *et al.* 1995; Folke *et al.* 1998; Holling, Gunderson 2002, 51).

¹ »Panarhija« je skovanka (pan-hierarchy), ki označuje korelacijo med spreminjanjem in trajnostjo, med predvidenim in nepredvidenim. Gunderson in Holling (2002, 5) sta v eno besedo združila ime grškega boga Pana (spremenljivost in nepredvidljivost) in hierarhijo kot oznako struktur, ki ohranjajo sistem in omogočajo razvoj. Velja opozoriti, da se v filozofiji uporablja že od leta 1591. Vpeljal jo je Franciscus Patricius (Frane Petrić) v monografiji »Nova de Universis philosophia«, ki je sestavljena iz štirih delov: »Panaugia«, »Panarchia«, »Pampsychia« in »Pancosmia«. Umeščena je tudi v sistemsko teorijo, kjer velja za nasprotno hierarhiji.



Slika 5. Hollingov kontinuum prilagoditvenih ciklov (prirejeno po Holling 2001, 394). Predstavljene so štiri ekosistemske in ekonomske funkcije (r , K , Ω , α) in cikel dogodkov. Y os pomeni potencial rasti virov, X os pa stopnjo povezanosti med spremenljivkami. Izhod iz cikla je označen s črko x. Ta označuje upad virov ter zdrs na nižjo produktivno in organizacijsko raven delovanja sistema. Krajše puščice označujejo počasno, daljše pa hitro spreminjanje stanj.

Figure 5. Holling's continuum of adaptation cycles (modified from Holling, 2001, 394). Shown are four ecosystem and economic functions (r , K , Ω , α) and the cycle of events. The Y-axis denotes the potential for resource accumulation, and the X-axis denotes the degree of linkage between the variables. The x marks the exit from the cycle and indicates the transition to a less productive and less organized system. Short, closely spaced arrows indicate a slowly changing situation; a long dotted arrow indicates a rapidly changing situation.

»Panarhija« je v tem kontekstu ponavljajoči se prilagoditveni cikel štirih faz procesov in dogodkov (slika 5). Prvo, »r« fazo označujejo izraba, hitra selitev na nenaseljena ali redkeje poseljena področja, hitra demografska rast, nove tehnologije in preživetvene strategije. Za drugo, »K« fazo so značilni obdobje ohranjanja ali zastoja (*stasis*), napačno upravljanje ter naraščajoča rigidnost. Tretja, »Ω« faza je obdobje opustitve ali »kreativne destrukcije« in kaotičnega reševanja problemov, opustitve gospodarskih virov, kolapsa in izselitve. Četrta, zadnja, »α« faza je obdobje preureditve in obnove (Gunderson, Holling 2002; Berkes *et al.* 2003; Walker, Salt 2006, 163; Folke 2006; Scheffer 2009; Aimers, Iannone 2014). Velja opozoriti, da je zaradi nenadnih, nepredvidljivih in dolgotrajnih dogodkov in procesov, ki potekajo zunaj ciklov, še posebej v prilagoditveni fazi, mogoč tudi popoln kolaps in trajna prekinitev kontinuum delovanja sistemov. Holling (2001, 399) ga je povezal z dolgotrajnimi in katastrofičnimi dogodki.

»Panarhija« je torej model preoblikovanja hierarhičnih struktur v dinamične prilagoditvene entitete, občutljive že za majhne motnje na prehodu iz faze rasti v »omega« fazo kolapsa in preoblikovanja ter prehoda v »alpha« fazo hitre rasti. Poudarjen je pomen mednivojskih dinamik in interakcij, ki po »revoltu« pripeljejo do »kreativne destrukcije« in aktivirajo »spominjanje«. To usmerja preoblikovanje in obnovo. V spominu so namreč akumulirane zgodovina in izkušnje delovanja sistema, ki zagotavljajo »kontekst, obnovitvene vire in inovativnost v samoorganiziranju, ki sledi vsakokratni motnji« (Gunderson *et al.* 2002, 15). Z drugimi besedami, v dolgoročnem družbenem (kolektivnem) spominu je ohranjeno razumevanje dinamik preteklih okoljskih sprememb, prenesena pa je tudi izkušnja, povezana s hitrimi podnebnimi spremembami in prilagoditvami nanje (McIntosh 2000, 24). Panarhija je hkrati »kreativna in konservativna«, ohranja namreč dinamično ravnotežje med hitrimi spremembami in tradicijo na eni ter motnjami in interaktivnimi mednivojskimi dinamikami na drugi strani. Sistem se hkrati ohranja in razvija (Holling 2001). Odpornost torej pomeni biti sposoben neprestano preoblikovati obstoječe družbene strukture, hierarhije in gospodarske prakse ter vedno znova začeti cikel delovanja – z drugimi besedami, ohranjati sposobnost trajnega razvoja (Smit, Wandel 2006; Nicoll, Zerboni 2020; za pregled in kritiko konceptov glej tudi Soens 2020).

Novejši povzetek »formalne teorije odpornosti (teorije o prilagoditveni spremembi)« sta s pomočjo poznoantičnih in zgodnjerednjeveških primerov predstavila John Haldon in Arlene Rosen (2018). Osnova teorije ostaja »prilagoditveni cikel«, v katerem družbeno-ekološki sistem deluje po stopnjah. Te segajo od »naraščajoče kompleksnosti, povezanosti in konservativnosti« (rast, r-faza) do stopnje, v kateri so »omrežja preobremenjena« (stabilnost, K-faza) in omejujejo sposobnost sistema, da se ustrezno odzove na zunanji in notranji stres. Sledi stopnja Ω (katastrofični prehod), ki pomeni »sprostitve in sistemu omogoča številne možne odzive, nove in/ali tradicionalne«. Ω-stopnja hitro preide v α-stopnjo, ki je zelo prožna in ohlapno strukturirana ter omogoča hitro reorganizacijo sistema ter vstop v »nova ravnovesja z drugačnimi ključnimi značilnostmi«. Do katastrofičnega scenarija pride le, če pride do zloma v večini stopenj prilagoditvenega cikla.

Historični geografi in paleoekologi so kolaps umestili tudi v scenarije »zgodovinske trajektorije ranljivosti« in »okoljsko-kulturnih interakcij«. V njih ohranjajo predpostavko o kolapsu preteklih civilizacij kot neposredni posledici podnebnih sprememb. Sklicevali so se na različne ekonomsko-razvojne in demografske modele, ki temeljijo na evolucijski paradigmi postopnega, kontinuiranega in unilinealnega razvoja preteklih družb. V trajektorije ranljivosti so na začetek postavili močno ranljive mezolitske lovce in nabiralce ter neolitske poljedelce. Sledijo jim manj ranljive kompleksne in centralizirane ter zatem visoko produktivne in stabilne agrarno-urbane družbe, vendar te v prenaseljenih regijah in na področjih nenadzorovanega črpanja naravnih virov ponovno postanejo ranljive. V prvih je kolaps »celotnega kulturno-demografskega sistema« edini odgovor na podnebne dogodke. Šele v zadnje je umeščen razvoj prilagoditvenih praks, njegov začetek pa je povezan z začetkom agrarne revolucije ob koncu 18. stoletja (Messerli *et al.* 2000). V kontekstu okoljsko-kulturnih interakcij so predstavljeni štirje različni odgovori preteklih družb na podnebne in okoljske premene (Coombes, Barber 2005). Prvi je popoln kolaps poselitve obrobni področij, ki se zgodi zaradi izgube preživetvenih virov, močnega upada pridelovalnega gospodarstva in zdrsa pod mejo preživetja. V drugem se zgodi delen upad poselitve obrobni regij zaradi ravni oskrbe pod mejo preživetja. V tretjem podnebne in okoljske spremembe sprožijo tehnološki razvoj in spremembe v pridelovanju hrane, ki omogočijo nov socialni in ekonomski razvoj ter oblikovanje nove ravni družbene kompleksnosti. Scenarij temelji na ekonomsko-razvojnem modelu Ester Boserup (1965; ista 1988), v katerem velja, da so bile družbe v preteklosti zaradi demografske rasti in omejenih gospodarskih virov (intenzivna raba in/ali izguba preživetvenih virov zaradi podnebnih anomalij) prisiljene reformirati in posodobiti preživetvene prakse. V četrtem odgovoru je predviden vsesplošen kolaps družbenih struktur v osrednjih regijah in na obrobju. Temelji na scenariju »kaskadnega razpada sistemov« preteklih kompleksnih družb, v katerem sta ključna koncepta »fraktalov« in pojavljanja »samoorganiziranih kritičnih točk«, ki se uporabljata v teoretski fiziki. V našem primeru gre preprosto za ponavljajoče se vzorce »kritičnih« dogodkov v naravnem okolju, v politiki, ekonomiji in družbeno-socialnih odnosih (Brunk 2002). Vsak od njih lahko povzroči postopen razpad družbenega sistema. Zato Paul Coombes in Keith Barber (2005, 309) ocenjujeta, da je lahko vsesplošen kolaps »samoorganiziranega

sistema« posledica katerega koli od kritičnih dogodkov. Strinjata pa se, da so kolaps mezopotamskih in srednjeameriških civilizacij povzročile hitre podnebne spremembe ter nanje vezane globalne ohlادتve in suše.

Intenzivne diskusije so bile namenjene definiranju in povezljivosti treh konceptov: ranljivosti, prilagoditve ter odpornosti, in opozorilu, da je zadnji pogosto konceptualiziran nejasno in raztegljivo ter zato nepovezljiv s prvima (Brand, Jax 2007; Haldon, Rosen 2018). Triada ostaja umeščena v interpretativni kontekst, ki ga zamejuje kolaps in katastrofa (Gallopín 2006; Endfield 2012; 2014; Van Bavel *et al.* 2020, 2–42).

Novejši poskusi implementacije panarhije in prilagoditvenih ciklov v arheologiji so objavljeni v treh zbornikih. V prvem, »Resilience and the Cultural Landscape« (Pliener, Bieling 2012), so študije osredotočene na kulturne krajine, ki so se oblikovale skozi interakcije med ljudmi in naravo. V drugem, »Adaptive Cycles in Archaeology« (Bradt Möller, Riel-Salvatore, Grimm 2017), je pozornost usmerjena v prazgodovinsko arheologijo; »ta ponuja širok spekter primerov, ki nas poučijo o trajnostnem in prilagodljivem vedenju določenih skupnosti, pa tudi o uspešnih preobrazbah človeških sistemov, ki jim je uspelo ohraniti celovitost v času ekoloških nihanj in družbenih premen« (Grimm, Riel-Salvatore, Bradt Möller 2017, 1). Vendar uredniki opozarjajo na težave v koreliranju zaporednih kulturnih in klimatskih sekvenc na eni ter definiranju kompleksnosti na drugi strani. Težava je tudi v uporabi ključnih Hollingovih (2001) parametrov, ki omogočata spreminjanje sistema v prilagoditvenih ciklih, notranje »povezanosti (connectedness)« in »sposobnosti (potential)«. V arheoloških interpretacijah sta namreč združena v »kompleksnost (complexity)«. Parametra bi lahko nadomestili podatki o »virih preživetja«, »kompleksnosti družbene organiziranosti«, »velikosti populacije« in »tehnološkem razvoju« (Bradt Möller, Grimm, Riel-Salvatore 2017). V tretjem zborniku, »Archaeology, climate, and global change«, ki je izšel kot posebna izdaja Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 117/15 (2020), je vsebina zamejena s petimi prispevki o prilagoditvenih strategijah, povezanih s klimatskimi spremembami na globalni ravni, in vlogi arheologije v meddisciplinarnih raziskavah preteklih, sedanjih ter napovedi prihodnjih podnebnih sprememb in z njimi povezanih okoljskih izvivov (Rick, Sandweiss 2020).

Še enkrat velja omeniti niz člankov, ki s pomočjo tisočletnih prazgodovinskih in zgodovinskih regionalnih kulturnih trajektorij in podnebnih dinamik pomenijo kritične razmisleke o veljavnosti in uporabnosti formalne teorije trajnosti ter ponujajo nov povzetek »prilagoditvenih ciklov« (Allcock 2017; Haldon, Rosen 2018; Izdebski, Mordechai, White 2018; Xoplaki *et al.* 2018).

V razmislek ponujamo še umestitev odpornosti in z njo povezanega prilagoditvenega cikla v kontekst »človekove ekodinamike (human ecodynamics)«, oziroma študija »dolgoročnih sprememb v družbeno-ekoloških sistemih«. Vanj sta vključeni tudi »človekova vedenjska ekologija (human behavioral ecology)« in »gradnja kulturne niše (cultural niche construction)« (Fitzhugh *et al.* 2019). Človekova ekodinamika je označena kot »krovni termin za opisovanje človeka in njegovega okolja, ki ga sestavljajo kopne in morske krajine ter temelji na sodelovanju med arheologi in drugimi raziskovalci iz družboslovnih in naravoslovnih znanosti« (Holm 2016, 307). Ni pa interpretativni model, čeprav urednici zbornika »Human Ecodynamics in the North Atlantic. A Collaborative Model of Humans and Nature through Space and Time« (Harrison, Maher 2014, 3–4) ekodinamiki pripisujeta vlogo nove paradigme, ki s pomočjo meddisciplinarnega raziskovalnega pristopa omogoča razumeti pretekle interakcije človek-okolje in oblikovati napovedi odzivov človeka na okoljske premene, ki lahko vodijo do različnih načinov prilagoditve in rasti, pa tudi propada. Pristop lahko označimo kot meddisciplinarni študij koevolucije naravnih in družbeno ekonomskih sistemov v različnih krajinah skozi čas, v katerem ima arheologija osrednjo vlogo pri razumevanju odnosov med človekom in okoljem ter prepoznavanju problemov, povezanih s trajnostnim razvojem modernih družb (van der Leeuw, Redman 2002; Degroot *et al.* 2021). Ključno je zajemanje in povezovanje nadomestnih paleoklimatoloških podatkov v arheoloških zapisih na lokalni in regionalni ravni (Fitzhugh *et al.* 2019, 1085–1086; Kirch 2005; Sandweiss 2017).

V tem kontekstu velja omeniti še poskus definiranja arheološkega »dogodka« v povezavi s preteklimi podnebnimi premenami in njegovim pomenom v napovedovanju negotove prihodnosti. Lull *et al.* (2015, 30) ga s pomočjo Badioujevega, Žižkovega in Deleuzejevega filozofskega konceptualnega razmisleka in sedmih interpretativnih postulatov označi za pojem, ki naj bi se ga v arheologiji izogibali, predvsem pa ga ne vključevali v napovedovanje

dogajanja v prihodnosti, kajti »prihodnost preteklih dogodkov, je preteklost tudi za nas in nikakor ne smemo verjeti, da je večna«.

Na koncu predstavljamo še definiciji odpornosti in prilagoditve, ki ju je predstavil Medvladni odbor za podnebne spremembe pri OZN in naj bi bili splošno sprejeti v meddisciplinarnih raziskavah. Odpornost je tako »sposobnost družbenih, ekonomskih in okoljskih sistemov, da se soočijo z nevarnim dogodkom, trendom ali motnjo in se odzovejo ali reorganizirajo na načine tako, da ohranijo svoje ključne funkcije, identiteto in strukturo ter sposobnost prilagajanja, učenja in preoblikovanja«. Prilagoditev je človekov »proces prilagajanja dejanskemu ali pričakovanemu podnebju in njegovim učinkom z namenom blažitve posledic ali izkoriščanja dobrih priložnosti« (Matthews 2018). Ne smemo pa spregledati, da smo podobno definicijo odpornosti, sposobnosti skupnosti, da prenesejo in si opomorejo od stresov, ki jih povzročajo okoljske spremembe ali družbeni, gospodarski in politični pretresi, ter oceno, da je odpornost družb in njihovih ekosistemov ključnega pomena pri ohranjanju možnosti našega nadaljnjega razvoja, srečali že pred desetletjem v arheološki študiji o egejski prazgodovini (Weiberg 2012, 150). Skupek konceptov panarhija, prilagoditveni cikel in odpornost je v študiji predstavljen kot nadomestek sistemske teorije in konceptualno orodje, s katerim lahko povežemo procesno in poprocesno arheologijo.

Nenadne podnebne spremembe in kolapsi ali prilagoditve prazgodovinskih kultur

Malo je bilo odziva na poskus enačenja »prilagoditvenega cikla« s »kulturnim ciklom« in njegovo vpeljavo v arheološke študije. Andreas Zimmermann (2012) je kulturni cikel uvedel kot nadomestek zunanjih dejavnikov (podnebnih sprememb) in ga povezal z mobilnostjo poljedelskih, preddržavnih družb. Umestil ga je v kontekst kulturne evolucije ter povezal s konceptoma razvojnih stopenj in kulturnih premen ter Childovo (1936) revolucionarno-razvojno trajektorijo, imenovano neolitska-urbana-industrijska revolucija. Kulturni cikli naj bi se v Srednji Evropi prekrivali s periodnim in kulturno-razvojnim zaporedjem, štiristopenjsko demografsko sekvenco in populacijsko rastjo od 1 prebivalca na 100 km² pri mezolitskih lovcih in nabiralcih, med 0,6 in 1,8 prebivalca na 1 km² v neolitiku, bronasti in železni dobi, med 24 in 25 prebivalcev na 1 km² v rimskem obdobju in času

po preseljevanju ljudstev do industrijske revolucije ter 50 prebivalcev na 1 km² v času po industrijski revoluciji (Zimmermann 2012, 251, Fig. 1; glej tudi Widlok *et al.* 2012). S pomočjo neolitskih kultur Pfyn in kulture linearne trakaste keramike je bil nekaj let kasneje kulturni cikel opisan kot zaporedje štirih faz panarhije. Demografski trend, določen je bil s pomočjo števila sočasnih naselij, hiš in lesenih palisad, je služil kot spremenljivka, ki te faze razmejuje in zamejuje. Tudi tokrat so bile sočasne nenadne podnebne spremembe, sicer dokumentirane v paleoklimatskih arhivih, označene kot nepomembne (Peters, Zimmermann 2017). Posebej zanimiva je povezava kulturnega cikla in teorije »dvojne dediščine« (Boyd, Richerson 1985), ki temelji na Darwinovi konceptualizaciji evolucije in nasprotuje Binfordovemu (1972, 431) konceptu kulture kot ekstrasomatskemu načinu prilagoditve na okolje in s tem tudi Spencerjevi konceptualizaciji evolucije (Budja *v pripravi*).

Več pozornosti je bilo v prazgodovinski arheologiji in paleoklimatologiji namenjene procesu neolitizacije, nenadnima ohlادتvama »9.2 ka« in »8.2 ka klimatskima dogodkoma« ter nanju vezanim paleoklimatskim zapisom v vzhodnem Sredozemlju, zahodni Mali Aziji, na južnem Balkanu in Apeninskem polotoku (Rohling, Pălike 2005; Rohling *et al.* 2009; Pross *et al.* 2009; Dormoy *et al.* 2009; Peyron *et al.* 2011; Tubi, Dayan 2013; Magny *et al.* 2003; 2013; Magny, Combourieu-Nebout 2013; Francke *et al.* 2013; Siani *et al.* 2013). »8.2 dogodek« je bil v Grenlandski ledni vrtini datiran med 8300 ±10/–40 in 8140 ±50/–10 pred sedanostjo (Rasmussen *et al.* 2014). Pri pojasnjevanju razvoja zgodnjega neolitika v Mali Aziji in Evropi sta se v povezavi z 8.2 ka klimatskim dogodkom izoblikovala dva scenarija. V prvem velja, da hitre ohlادتve in suše povzročijo kulturni, gospodarski in demografski kolaps, opustitev naselij v Levantu, jugozahodni Anatoliji (Catalhöyük) in na Cipru ter selitev poljedelcev, živinorejcev in njihovih praks v jugovzhodno Evropo (Budja 2007; Clare *et al.* 2008; Weninger *et al.* 2009; 2014; Özdoğan 2014). Po drugem scenariju, vanj je vključen tudi »9.2 ka« klimatski dogodek, je opustitev naselij in prekinitev v poselitvi majhna. Dokumentirana je le v nekaj (4 od 83) neolitskih naseljih. Poljedelci in živinorejci so razvili nove socialne in prilagoditvene strategije ter niso migrirali na oddaljena področja v jugovzhodni Evropi (Flohr *et al.* 2016). Oba scenarija temeljita na velikem številu arheoloških naselbinskih arhivov in radiokarbonskih datumov ter istih paleoklimatskih arhivih. V

prvega je vključenih 42 naselbin in 735 radiokarbonskih datumov (Weninger *et al.* 2014), v drugega pa 83 naselbin in 3397 radiokarbonskih datumov (Flohr *et al.* 2016). V vzporednih študijah so bili poudarki namenjeni modeliranju regionalnih padavinskih režimov v sicer sušnem in hladnem obdobju »8.2 ka« klimatskega dogodka in domnevne zgodnje neolitske kolonizacije Evrope (Gauthier 2016) ter paleohidrološkemu in sedimentološkemu preoblikovanju (erozije) arheoloških zapisov in stratigrafskih superpozicij, neposredno povezanih s procesom neolitizacije v vzhodnem Sredozemlju (Berger *et al.* 2016).

Tudi Bondov peti, »5.9 IRD dogodek« in Mayewskijevo obdobje nenadnih podnebnih sprememb »6000–5200 cal yr BP« sta na eni strani povezana s kulturnim, gospodarskim in demografskim kolapsom prvih poljedelskih skupnosti (zgodnje neolitske kulture linearne trakaste keramike) v srednji in zahodni Evropi (Shennan, Edinborough 2007). Na drugi strani je uporaba teorije prilagodljivosti, odpornosti in prilagoditvenih ciklov (Gronenborn *et al.* 2014; Peters, Zimmermann 2017) pokazala, da hitre podnebne spremembe niso imele takojšnjega in katastrofičnega vpliva. Bile so le eden od destabilizirajočih dejavnikov. Sušna obdobja in spremenjen padavinski režim tako sovpadajo z demografskim upadom in spremenjenimi poselitvenimi vzorci (zmanjšan obseg naselja in manjše število hiš). Obdobja z več padavinami se prekrivajo s populacijsko rastjo. Obdobja najmočnejših podnebnih nihanj (5140/30 in 5090/80 den pr. n. št.), v katerih so se sušna obdobja izmenjevala z neobičajno vlažnimi obdobji in obdobji neobičajno visokih temperatur (5106/05 den pr. n. št.), so povezana z gradnjo obzidij, socialnimi napetostmi in nasiljem v vzhodnih regijah kulture linearne trakaste keramike. V zahodnih regijah je v obdobju večje namočenosti po letu 5098 den pr. n. št. prišlo do največje zgostitve prebivalstva. Kulturni zdrsi in populacijski kolaps sledita po koncu podnebnih anomalij (Gronenborn *et al.* 2014; 2017).

Bernhard Weninger *et al.* (2009, 48–49; glej tudi Jung, Weninger 2015) so Mayewskijevo obdobje nenadnih podnebnih sprememb 6000–5200, 4200–3800 in 3000–2930 BP povezali s kolapsom bakrenodobnih in bronastodobnih kultur (opustitev naselja VIIb9 v Troji) v jugovzhodni Evropi in delu Anatolije. V Mezopotamiji ju povezujejo z odsotnostjo monsunskih sezonskih deževij, sušami in ohlادتvami. Prvo naj bi povzročilo kolaps kulture Uruk v Mezopotamiji in podobno dve stoletji zatem še

Pomlad 1676	Balkan: hud mraz
Zima 1679/80–April 1680	Jonsko morje: neprekinjeno deževje, litanije južni Egej: hud mraz, snežne padavine
Zima in pomlad 1682	zahodna Grčija: suša, pomanjkanje žita, lakota
<i>Zima 1682/83</i>	Grčija: hud mraz, zmrzal, pogin živali, propad pridelkov, visoke cene, lakota
<i>Zima 1684/85</i>	Jonsko morje: neprekinjeno deževje, poplave, zrušenje stavb, visoke cene
<i>Zima 1686/87</i>	Grčija: hud mraz, jezero Joanina zamrznjeno 3 mesece, lakota
1690	Srbija, Bosna in Hercegovina: visoke cene, lakota Atene: dolgo sušno obdobje
1691	Kreta: hud mraz, suša, žito ni vzknilo
1691–1694	Kreta: slaba letina, lakota, visoke cene oljčnega olja
<i>Jesen 1695–zima 1696</i>	Egejsko morje: suša, izpad žetve, cerkvene litanije
<i>1699/1700</i>	Grčija: hud mraz in dolgotrajna snežna odeja, gorovje na Kreti prekrito s snegom vse leto 1700; slaba letina Tesalija: pogin živali
Zima 1708/09	Srbija: hud mraz, lakota, kuga, umiranje ljudi
1710	Nekdanja Jugoslavija: slaba letina, lakota
Jesen 1710–zima 1711	Jonsko morje: vročina in suša, izsušitev vodnjakov Joanina, Arta: kobilice
November 1712–poletje 1714	Grčija: suša, slaba žetev, visoke cene, lakota Solun: kuga
Zima 1713/14	Severna Grčija: suša, hud mraz, slaba letina Srbija: hud mraz, umiranje ljudi
1715	Grčija: velika lakota
1780	severozahodna Grčija: močno deževje, poplave, zrušenje stavb (večinoma zgradbe iz ilovice), visoke cene Kreta: lakota, kuga
Zima 1782	Grčija: hud mraz, zamrznjeno jezero Karla, propad oljčnih nasadov in sadovnjakov, pogin živali Bosna in Hercegovina: kuga, umiranje ljudi
Zima 1789/90	Srbija: visoka snežna odeja, umiranje ljudi in pogin živali
Zima in pomlad 1805	severna Grčija: močno deževje, pogin goveda, slaba letina
Zima 1807/08	severna in osrednja Grčija: hud mraz, zamrznjeno jezero Kastorija
Zima 1828/29	Grčija: hud mraz, dolgotrajna in debela snežna odeja, zamrznjeno jezero Kastorija, propad dreves in pogin živali

Slika 6. Slabe letine, lakote in kuge ter vremenski/klimatski dogodki v letih 1675–1715 in 1780–1830. V poševnem tisku so označena obdobja izjemnih dogodkov in ekstremnega vremena, ki ga avtorji podrobneje analizirajo ter povežejo z okrepljenim delovanjem sibirskega anticiklona in prelivanjem arktičnega zraka v zimskih in spomladanskih mesecih v Sredozemlje (prirejeno po Xoplaki *et al.* 2001, Tab. II).

Figure 6. The years 1675–1715 and 1780–1830 with crop failures, famines and plagues, and weather/climate events. Italics indicate the historical events and the extreme weather/climate events that the authors associate with the strong Siberian anticyclone and the westward Arctic air flow in winter and spring in the Mediterranean region (modified from Xoplaki *et al.* 2001, Tab. II).

propad kulture Jemdet Nasr (Brooks 2006; 2011; 2013). V osrednji Sahari je opazen kolaps živinorejskega gospodarstva in transhumance. Poselitveni vzorec razpade, kajti število naselij se v pasu nad 23° severne geografske širine bistveno zmanjša. Ohranijo se le v oazah (Brooks 2011; di Lernia 2002; di Lernia *et al.* 2020; Vernet, Faure 2000). Tudi v osrednji Kitajski, ob Rumeni reki in v Notranji Mongoliji, omenjeni anomaliji povezujejo z nizom hitrih in močnih ohladitev, s spremembami v vzhodnoazijskem monsonu ter kolapsi poljedelskih in živinorejskih kultur Liangzhu, Shijiahe, Shangdong Longshan in Laohushan (Zhang *et al.* 2000; Wu Liu 2004; Xiao *et al.* 2004). Na Irskem je nasprotno kolaps bronastodobne kulture radiokarbonsko datiran po koncu hitre podnebne spremembe ter povezan z ekonomskim in družbenim razpadom, ki ga je povzročil prehod na nove tehnologije – metalurgijo železa ter oblikovanje novih ekonomskih praks in družbenih omrežij (Armit *et al.* 2014).

Na teoretski ravni je bilo nekaj poskusov konceptualiziranja »arheologije podnebnih sprememb«, ki temeljijo na izhodišču, da podnebne in okoljske spremembe niso bile edine, s katerimi so se soočale družbe v preteklosti in zato ne morejo služiti kot privzetek, s katerim pojasnujemo njihove kolapse. Poudarjeni so regionalna ekološka variabilnost ter ekonomski, socialni in čustveni odzivi preteklih družb. Te je mogoče prepoznati v spremenjenih subsistenčnih strategijah ter oblikovanju ritualnih lokusov in krajin (van de Noort 2011a; 2011b). Toby Pillatt (2012) je na drugi strani predlagal raziskovalni in interpretativni odmik od »podnebja in družbe«. Ključni naj bi bili »vreme«, »krajina« in »družbeni spomin«. Pri tem je vreme prepoznal »kot materialno podstat krajine«, krajino pa kot »materializirano razmerje med človekom in okoljem«. Družbeni spomin povezuje »dolgotrajne pretekle podnebne spremembe in trenutne odločitve ljudi v preteklosti kot odgovor na vreme«. Deluje kot konceptualna in simbolna podlaga, ki omogoča prenos okoljskega vedenja iz generacije v generacijo. Delovanje v preteklosti je bilo torej vedno pogojeno z dojemanjem okolja, ki se je izoblikovalo kot kolektivno vedenje, nastalo na preteklih izkušnjah in ohranjeno v skupnem spominu.

Na koncu omenimo še arheoekološko-politični pristop, kjer sta arheologija in kulturna dediščina prepoznani ne le kot vir informacij o preteklih človekovih okoljih, ampak tudi »kot promotor sodobnega globalnega podnebnega odziva v kompleksnem družbenem okolju« (Rockman,

Hritz 2020, 8296). Pri tem ne smemo spregledati, da je arheologija le ena od disciplin, ki jo Dagomar Degroot *et al.* (2021) umeščajo v meddisciplinarni znanstveni paket »zgodovina podnebja in družbe«. Vanj so umeščene še geografija, zgodovina in paleoklimatologija. Avtorji opozarjajo, da so pojasnitve podnebja v preteklosti pogosto temeljile na med seboj nepovezanih zgodovinskih podatkih, neposrednih zapisih preteklega podnebnega dogajanja (tj. nadomestni podatki v podnebnih paleoarhivih) in ocenah različnih statističnih modeliranj dosegljivih podatkov, ki pa se lahko na prostorsko-časovnih lestvicah globalno zelo razlikujejo. Posledica so napačno prepoznani vzroki, obseg, čas in potek preteklih podnebnih sprememb. Avtorji zavračajo katastrofične scenarije, priznavajo pa, da so podnebne spremembe včasih imele uničujoče učinke na pretekle družbe (glej tudi Degroot 2018). S pomočjo koncepta odpornosti in arheološko-zgodovinskih primerov v poznoantični mali ledeni dobi in srednjeveški mali ledeni dobi avtorji predstavijo pet načinov (strategij) odpornosti, ki so preteklim družbam v različnih regijah omogočile preživetje in razvoj. Te so: (I) izkoriščanje novih priložnosti, (II) odporni energetski sistemi, (III) viri trgovanja in imperiji, (IV) politične in institucionalne prilagoditve ter (V) migracije in preoblikovanje (glej tudi Degroot *et al.* 2021, Supplementary information, Fig. 2). Podobnost z modelom panarhije seveda ni naključna, čeprav ga avtorji ne omenjajo. Poudarjajo pa, da je njihov pristop ključen pri pojasnjevanju dogajanja v preteklosti in njihovega napovedovanja v prihodnosti.

Namesto zaključka

Poučen je zgodovinski zapis nenadnih podnebnih anomalij ter njihovih posledic na Balkanu in v vzhodnem Sredozemlju v času male ledene dobe v 17., 18. in 19. stoletju, ki se prekrivajo z obdobji zmanjšane Sončeve iradiacije (Maunderjev minimum) in močnimi vulkanskimi izbruhi (Tambora v Indoneziji). Eleni Xoplaki in sodelavca (2001) so predstavili nize ekstremnih dogodkov v posameznih regijah, ki se kažejo v hudih in dolgih zimah ter dolgih, vročih in sušnih in/ali hladnih ter mokrih obdobjih s poplavi, v katerih žito ni vzklilo, pašniki in sadovnjaki pa so bili uničeni. Polja in travniki so bili uničeni, domače živali pa so poginile. Sledili so pomanjkanje hrane, lakote, epidemije kuge, demografski upad in depopulacija posameznih regij (slika 6). Dogajanje lahko na eni strani uporabimo kot scenarij, ki se

je v preteklosti odvil večkrat in ga v arheoloških zapisih običajno beležimo kot prekinitev v ^{14}C sekvencah in poselitvenih ter kulturnih nizih, na drugi strani pa omogoča preveriti teoretske koncepte panarhije, prilagoditvenega cikla in odpornosti, ki naj bi jih razvile predindustrijske družbe.

Literatura / References

AIMERS, J., G. IANNONE 2014, The Dynamics of Ancient Maya Developmental History. – V / In: Iannone, G. (ur. / ed.), *The Great Maya Droughts in Cultural Context. Case Studies in Resilience and Vulnerability*. – Boulder, University Press of Colorado, 21–50.

ALLCOCK, S. L. 2017, Long-term socio-environmental dynamics and adaptive cycles in Cappadocia, Turkey during the Holocene. – *Quaternary International* 446, 66–82.

ALLEN, T. F. H., J. A. TAINTER, T. W. HOEKSTRA 2003, *Supply-Side Sustainability*. – New York, Columbia University Press.

ALLEY, R. B., P. A. MAYEWSKI, T. SOWERS, M. STUIVER, K. C. TAYLOR, P. U. CLARK 1997, Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. – *Geology* 25/6, 483–486.

ALLEY, R. B., J. MAROTZKE, W. D. NORDHAUS, J. T. OVERPECK, D. M. PETEET, R. A. PIELKE, R. T. PIERREHUMBERT, P. B. RHINES, T. F. STOCKER, L. D. TALLEY, J. M. WALLACE 2003, Abrupt Climate Change. – *Science* 299, 2005–2010.

ANDERSON, D. G., K. A. MAASCH, D. H. SANDWEISS, P. A. MAYEWSKI 2007, Climate and culture change: exploring Holocene transitions. – V / In: Anderson, D. G., Maasch, K. A., Sandweiss, D. H. (ur. / eds.), *Climate Change and Cultural Dynamics. A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. – Amsterdam, London, Tokyo, Elsevier, 1–24.

ARMIT, I., G. T. SWINDLES, K. BECKER, G. PLUNKETT, M. BLAAUWD 2014, Rapid climate change did not cause population collapse at the end of the European Bronze Age. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111, 17045–17049.

ARNEBORG, T. W., J. HEINEMEIER, N. LYNNERUP, H. L. NIELSEN, N. RUD, A. E. SVEINBJORNADOTTIR 1999, Change of diet of the Greenland Vikings determined from stable isotope analysis and ^{14}C dating of their bones. – *Radiocarbon* 41, 157–168.

NASA Global Climate Change 2020, *There is No Impending 'Mini Ice Age'*. – Ask NASA Climate, 13. February

2020. <https://climate.nasa.gov/ask-nasa-climate/2953/there-is-no-impending-mini-ice-age/>.
- BAR-YOSEF, O., M. BAR-MATTHEWS, A. AYALON 2017, 12,000–11,700 cal BP: The Collapse of Foraging and Origins of Cultivation in Western Asia. – V / In: Weiss, H. (ur. / ed.), *Megadrought and Collapse. From Early Agriculture to Angkor*. – Oxford, Oxford University Press, 33–68.
- BARBER, K. E., F. M. CHAMBERS, D. MADDY 2004, Late Holocene climatic history of northern Germany and Denmark: peat macrofossil investigations at Dosenmoor, Schleswig-Holstein and Svanemose, Jutland. – *Boreas* 33, 132–144.
- BELL, B. 1971, The Dark Ages in Ancient History. I. The First Dark Age in Egypt. – *American Journal of Archaeology* 75/1, 1–26.
- BERGER, J.-F., L. LESPEZ, C. KUZUCUOĞLU, A. GLAIS, F. HOURANI, A. BARRA, J. GUILAINE 2016, Interactions between climate change and human activities during the early to mid-Holocene in the eastern Mediterranean basins. – *Climate of the Past* 12, 1847–1877.
- BERGLUND, B. E. 2003, Human impact and climate changes - synchronous events and a causal link? – *Quaternary International* 105, 7–12.
- BERKES, F., J. COLDING, C. FOLKE 2003, Introduction. – V / In: Berkes, F., Colding, J., Folke, C. (ur. / eds.), *Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change*. – Cambridge, Cambridge University Press, 1–30.
- BERNSTEIN, L., P. BOSCH, O. CANZIANI, Z. CHEN, R. CHRIST, O. DAVIDSON, W. HARE, S. HUQ, D. KAROLY, V. KATTSOV, Z. KUNDZEWICZ, J. LIU, U. LOHMANN, M. MANNING, T. MATSUNO, B. MENNE, B. METZ, M. MIRZ, N. NICHOLLS, L. NURSE, R. PACHAURI, J. PALUTIKOF, M. PARRY, D. QIN, N. RAVINDRANATH, A. REISINGER, J. REN, K. RIAHI, C. ROSENZWEIG, M. RUSTICUCI, S. SCHNEIDER, Y. SOKONA, S. SOLOMON, P. STOTT, R. STOUFFER, T. SUGIYAMA, R. SWART, D. TIRPAK, C. VOGEL, G. YOHE (ur. / eds.) 2008, *Climate Change 2007 Synthesis Report*. – Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization.
- BINFORD, L. R. 1968, Archaeological perspectives. – V / In: Binford, S. R., Binford, L. R. (ur. / eds.), *New perspectives in archaeology*. – Chicago, Aldine, 5–32.
- BINFORD, L. R. 1972, Post-Pleistocene Adaptations. – V / In: Binford, L. R. (ur./ed.), *An Archaeological Perspective*. – New York, Seminar Press, 431.
- BINI, M., G. ZANCHETTA, A. PERŞOIU, R. CARTIER, A. CATALÀ, I. CACHO, J. R. DEAN, F. DI RITA, R. N. DRYSDAL, M. FINNÈ, I. ISOLA, B. JALALI, F. LIRER, MAGRI, D., A. MASI, L. MARKS, A. M. MERCURI, O. PEYRON, L. SADORI, M.-A. SICRE, F. WELC, C. ZIELHOFER, E. BRISSET 2019, The 4.2 kaBP Event in the Mediterranean region: an overview. – *Climate of the Past* 15, 555–577.
- BOND, G., W. SHOWERS, M. CHESEBY, R. LOTTI, P. ALMASI, P. DE MENOCAL, P. PRIORE, H. CULLEN, I. HAJDAS, G. BONANI 1997, A pervasive millennial-scale cycle in the North Atlantic Holocene and glacial climates. – *Science* 29, 1257–1265.
- BOND, G. C., W. SHOWER, M. ELLIOT, M. EVANS, R. LOTTI, I. HAJDAS, G. BEOSNAN, S. JOHNSON 1999, The North Atlantic's 1-2 kyr Climate Rhythm' Relation to Heinrich Events, Dansgaard/Oeschger Cycles and the Little Ice Age. – V / In: Clark, P. U., Webb, R. S., Keigwin, L. D. (ur. / eds.), *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales*. – Washington DC, Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, 35–58.
- BOND, G., B. KROMER, J. BEER, R. MUSCHELER, M. N. EVANS, W. SHOWERS, S. HOFFMANN, R. LOTTI-BOND, I. HAJDAS, G. BONANI 2001, Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. – *Science* 278, 1257–1266.
- BOSERUP, E. 1965, *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*. – London, Allen and Unwin.
- BOSERUP, E. 1988, Environment, Population, and Technology in Primitive Societies. – V / In: Worster, D. (ur. / ed.), *The Ends of the Earth*. – Cambridge, Cambridge University Press, 23–38.
- BOYD, R., P. J. RICHERSON 1985, *Culture and The Evolutionary Process*. – Chicago and London, The University of Chicago Press.

- BRADLEY, R. S. 1999, *Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary*. – San Diego, International Geophysics Series 68, University of Massachusetts.
- BRADLEY, R. S., K. R. BRIFFA, J. COLE, M. K. HUGHES, T. J. OSBORN 2003, The climate of the last millennium. – V / In: Alverson, K. D., Pedersen, T. F. and Bradley, R. S. (ur. / eds.), *Paleoclimate, Global Change and the Future*. – Berlin, Heidelberg, Springer, 105–141.
- BRAND, F. S., K. JAX 2007, Focusing the meaning(s) of resilience: resilience as a descriptive concept and a boundary object. – *Ecology and Society* 12/1, 23.
- BRADTMÖLLER, M., J. RIEL-SALVATORE, S. B. GRIMM (ur. / eds.) 2017, *Adaptive Cycles in Archaeology*. Quaternary International 446, International Union for Quaternary Research (INQUA). – Tarrytown, Oxford, Elsevier.
- BRADTMÖLLER, M., S. B. GRIMM, J. RIEL-SALVATORE 2017, Resilience theory in archaeological practice - An annotated review. – V / In: Bradtmöller, M., Riel-Salvatore, J., Grimm, S. B. (ur. / eds.), *Adaptive Cycles in Archaeology*. Quaternary International 446, International Union for Quaternary Research (INQUA). – Tarrytown, Oxford, Elsevier, 3–16.
- BRIFFA, K. R. 2000, Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. – *Quaternary Science Reviews* 19, 87–105.
- BRIFFA, K. R., P. D JONES, F. H. SCHWEINGRUBER, T. J. OSBORN 1998, Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperatures over the past 600 years. – *Nature* 393, 450–455.
- BROECKER, W. S. 1975, Climate change: are we on the brink of a pronounced global warming? – *Science* 189, 460–463.
- BRÖNNIMANN, S. 2018, Global Warming (1970–Present). – V / In: White S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History. – Change and the Course of Global*. – London, Palgrave Macmillan, 321–328.
- BROOKE, J. 2014, *Climate History. A Rough Journey*. – New York, Cambridge University Press.
- BROOKS, C. E. P. 1926, *Climate through the ages. A study of the climatic factors and their variations*. – New York, Edinburgh, R. V. Coleman. H. & J. Pillans & Wilson Printers.
- BROOKS, N. 2006, Cultural responses to aridity in the Middle Holocene and increased social complexity. – *Quaternary International* 151, 29–49.
- BROOKS, N. 2011, *Human Responses to Climatically-driven Landscape Change and Resource Scarcity: Learning from the Past and Planning for the Future*. – V / In: Martini, I. P., Chesworth, W. (ur. / eds.), *Landscapes and Societies. Selected Cases*. – New York, Springer, 43–66.
- BROOKS, N. 2013, Beyond collapse: climate change and causality during the Middle Holocene Climatic Transition, 6400–5000 years before present. – *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 112/2, 93–104.
- BROWN, T., G. BAILEY, D. PASSMORE 2015, Environments and landscape change. – V / In: Harding, J., Fowler, C., Hofmann, D. (ur. / eds.), *Oxford Handbook of Neolithic Europe*. – Oxford, Oxford University Press, 27–61.
- BRUNK, G. G. 2002, Why do Societies Collapse? A Theory Based on Self-Organized Criticality. – *Journal of Theoretical Politics* 14/2, 195–230.
- BRYSON, R. A., H. H. LAMB, D. L. DONLEY 1974, Drought and the decline of Mycenae. – *Antiquity* 48/189, 46–50.
- BRYSON, R. A. 1988, Civilization and Rapid Climatic Change. – *Source: Environmental Conservation* 15/1, 7–15.
- BUDJA, M. 2007, The 8200 calBP ‘climate event’ and the process of neolithisation in south-eastern Europe. – *Documenta Praehistorica* 34, 191–201.
- BUDJA, M. 2015, Archaeology and rapid climate changes: from the collapse concept to a panarchy interpretative model. – *Documenta Praehistorica* 42, 171–184.
- BUDJA, M. v pripravi / in preparation, A perception of evolution in archaeology: from Spencer and Darwin to Binford and Cavalli Sforza.
- BÜNTGEN, U., W. TEGEL, K. NICOLUSSI, M. MC-

- CORMICK, D. FRANK, V. TROUET, J. O. KAPLAN, F. HERZIG, K.-U. HEUSSNER, H. WANNER, J. LUTERBACHER, J. ESPER 2011, 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. – *Science* 331, 574–582.
- BÜNTGEN, U., V. S. MYGLAN, F. C. LJUNGQVIST, M. MCCORMICK, N. DI COSMO, M. SIGL, J. JUNGCLAUS, S. WAGNER, P. J. KRUSIC, J. ESPER, J. KAPLAN, M. A. C. ODE VAAN, J. LUTERBACHER, L. WACKER, W. TEGEL, A. V. KIRYANOV 2016, Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. – *Nature Geoscience* 9, 231–236.
- BURKE, A., M. PEROS, C. WREN, F. PAUSATA, J. RIEL-SALVATORE, O. MOINE, A. DE VERNAL, M. KAGEYAMA, S. BOISARD 2021, The archaeology of climate change: The case for cultural diversity. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118/30.
- BUTZER, K. W. 1972, *Environment and archaeology: An Ecological Approach to Prehistory*. – London, Methuen.
- BUTZER, K. W. 1975, The Ecological Approach to Archaeology: Are We Really Trying? – *American Antiquity* 40/1, 106–111.
- BUTZER, K. W. 2012, Collapse, environment, and society. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109/10, 3632–3639.
- BUTZER, K. W., G. H. ENDFIELD 2012, Critical perspectives on historical collapse. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109/10, 3628–3631.
- CARPENTER, R. 1966, *Discontinuity in Greek Civilization*. – Cambridge, Cambridge University Press.
- CAESAR, L., G. D. MCCARTHY, D. J. R. THORNALLEY, N. CAHILL, S. RAHMSTORF 2021, Current Atlantic Meridional Overturning Circulation weakest in last millennium. – *Nature Geoscience* 14, 118–120.
- CAMPBELL, B. M. S. 2016, *The Great Transition Climate, Disease and Society in the Late-Medieval World*. – Cambridge, Cambridge University Press.
- CHAMBERS, F. M., S. A. BRAIN 2002, Paradigm shifts in late Holocene climatology? – *The Holocene* 12, 239–249.
- CHILDE, V. G. 1928, *The most ancient East: the oriental prelude to European prehistory*. – London, Kegan Paul.
- CHILDE, V. G. 1936, *Man Makes Himself*. – London, Watts & Co.
- CHILDE, V. G. 1958, Retrospect. – *Antiquity* 32, 69–74.
- CLARE, L., E. J. ROHLING, B. WENINGER, J. HILPERT 2008, Warfare in Late Neolithic/Early Chalcolithic Pisidia, southwestern Turkey. Climate induced social unrest in the late 7th millennium calBC. – *Documenta Praehistorica* 35, 65–92.
- CLARK, J. G. D. 1936, *The Mesolithic settlement of northern Europe*. – Cambridge, Cambridge University Press.
- COHMAP MEMBERS. 1988, Climatic Changes of the Last 18,000 Years: Observations and Models Simulations. – *Science* 241/4869, 1043–1052.
- COOMBES, P., BARBER, K. 2005, Environmental determinism in Holocene research: causality or coincidence? – *Area* 37/3, 303–311.
- COURTY, M. A., H. WEISS 1997, The scenario of environmental degradation in the Tell Leilan region, NE Syria, during the late third millennium abrupt climatic change. – V / In: Dalfes, H. N., Kukla, G., Weiss, H. (ur. / eds.), *Third Millennium BC Climatic Change and Old World Collapse*. – Berlin, Springer, 107–148.
- CULLEN, H. M., P. B. DEMENOCAL, S. HEMMING, G. HEMMING, F. H. BROWN, T. GUILDERTSON, F. SIROCKO 2000, Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. – *Area* 4, 379–382.
- DEGROOT, D. 2018, Climate Change and Conflict. – V / In: White, S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan, 367–385.
- DEGROOT, D., K. ANCHUKAITIS, M. BAUCH, J. BURNHAM, F. CARNEGIE, J. CUI, K. DE LUNA, P. GUZOWSKI, G. HAMBRECHT, H. HUHTAMAA, A.

- IZDEBSKI, K. KLEEMANN, E. MOESSWILDE, N. NEUPANE, T. NEWFIELD, Q. PEI, E. XOPLAKI, N. ZAPPIA 2021, Towards a rigorous understanding of societal responses to climate change. – *Nature* 591, 539–550.
- DEMENOCAL, P. B. 2001, Cultural responses to climate change during the late Holocene. – *Science* 292/5517, 667–673.
- DIAMOND, J. 2005, *Collapse. How Societies Choose to Fail or Succeed*. – London, Penguin Books.
- DICKSON, B., I. YASHAYAEV, J. MEINCKE, B. TURRELL, S. DYE, J. HOLFORT 2002, Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades. – *Nature* 416, 832–836.
- DI LERNIA, S. 2002, Dry climatic events and cultural trajectories: adjusting Middle Holocene pastoral economy of the Libyan Sahara. – V / In: F. A. Hassan (ur. / ed.), *Droughts, food and culture: Eco-logical change and food security in Africa's Later Prehistory*. – New York, Kluwer, 225–250.
- DI LERNIA, S., I. MASSAMBA N'SIALA, A. M. MERCURI, A. ZERBONI 2020, Land-use and cultivation in the etaghas of the Tadrart Acacus (south-west Libya): the dawn of Saharan agriculture? – *Antiquity* 94/375, 580–600.
- DILLEHAY, T., A. L. KOLATA, Q. M. PINO 2004, Pre-industrial human and environment interactions in northern Peru during the late Holocene. – *The Holocene* 14, 272–281.
- DORMOY, I., O. PEYRON, N. COMBOURIEU-NEBOUT, S. GORING, U. KOTTHOFF, M. MAGNY, J. PROSS 2009, Terrestrial climate variability and seasonality changes in the Mediterranean region between 15.000 and 4000 years deduced from marine pollen records. – *Climate of the Past* 5, 615–632.
- DÜNKELOH, A., J. JACOBET 2003, Circulation Dynamics of Mediterranean Precipitation Variability 1948–98. – *International Journal of Climatology* 23, 1843–1866.
- ENDFIELD, G. H. 2014, Exploring Particularity: Vulnerability, Resilience, and Memory in Climate Change Discourses. – *Environmental History* 19/2, 303–310.
- ENDFIELD, G. H. 2012, The resilience and adaptive capacity of social-environmental systems in colonial Mexico. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109/10, 3676–3681.
- FAGAN, B. 2004, *The Long Summer. How Climate Changed Civilization*. – London, Granta Books.
- FITZHUGH, B., V. L. BUTLER, K. M. BOVY, M. A. ETNIER 2019, Human ecodynamics: a perspective for The study of long-term change in socioecological systems. – *Journal of Archaeological Science. Reports* 23, 1077–1094.
- FOGTMANN-SCHULZ, A., C. BAITTINGER, C. KAROFF, J. OLSEN, M. F. KNUDSEN 2021, Changes in Solar Activity During the Wolf Minimum - New Insights From A High-Resolution ¹⁴C Record Based on Danish Oak. – *Radiocarbon* 63/1, 91–104.
- FLOHR, P., D. FLEITMANN, R. MATTHEWS, W. MATTHEWS, S. BLACK 2016, Evidence of resilience to past climate change in Southwest Asia: Early farming communities and the 9.2 and 8.2 ka events. – *Quaternary Science Reviews* 136, 23–39.
- FOLKE, C. 2006, Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. – *Global Environmental Change* 16, 253–267.
- FOLKE, C., F. BERKES, J. COLDING 1998, Ecological practices and social mechanisms for building resilience and sustainability. – V / In: Berkes, F., Folke, C. (ur. / eds.), *Linking social and ecological systems*. – London, Cambridge University Press, 414–436.
- FRANCKE, A., B. WAGNER, M. LENG, J. RETHMEYER 2013, A Late Glacial to Holocene record of environmental change from Lake Dojran (Macedonia, Greece). – *Climate of the Past* 9, 481–498.
- GALLOPÍN, C. G. 2006, Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. – *Global Environmental Change* 16, 293–303.
- GAUTHIER, N. 2016, The spatial pattern of climate change during the spread of farming into the Aegean. – *Journal of Archaeological Science* 75, 1–9.
- GILL, R. B. 2000, *The Great Maya Droughts. Water, Life, and Death*. – Albuquerque, University of New Mexico Press.

- GOOSSE, H., H. RENSSSEN, A. TIMMERMAN, R. S. BRADLEY, M. E. MANN 2006, Using paleoclimate proxy-data to select optimal realisations in an ensemble of simulations of the climate of the past millennium. – *Climate Dynamics* 27, 165–184.
- GREMILLION, K. J., L. BARTON, D. R. PIPERNO 2014, Particularism and the retreat from theory in the archaeology of agricultural origins. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111, 6171–6177.
- GRIMM, S. B., J. RIEL-SALVATORE, M. BRADTMÖLLER 2017, Editorial. Adaptive cycles in archaeology. – V / In: Bradtmöller, M., Riel-Salvatore, J., Grimm, S. B. (ur. / eds.), *Adaptive Cycles in Archaeology*. Quaternary International 446, International Union for Quaternary Research (INQUA). – Tarrytown, Oxford, Elsevier, 1–2.
- GRONENBORN, D., H. C. STRIEN, S. DIETRICH, F. SIROCKO 2014, ‘Adaptive cycles’ and climate fluctuations: a case study from Linear Pottery Culture in western Central Europe. – *Journal of Archaeological Science* 51, 73–83.
- GUNDERSON, L. H., C. S. HOLLING (ur. / eds.) 2002, *Panarchy Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. – Washington, Covelo, London, Island Press.
- GUNDERSON, L. H., C. S. HOLLING, L. JR. PRITCHARD, G. D. PETERSON 2002, Resilience of Large-Scale Resource Systems. – V / In: Gunderson, L. H., Pritchard, L. (ur. / eds.), *Resilience and the behavior of large-scale systems*. Washington, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) Series, Book 60. – Island Press, 3–19.
- GUNDERSON, L. H., C. S. HOLLING, S. S. LIGHT 1995, *Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions*. – New York, Columbia University Press.
- HALDON, J., A. ROSEN 2018, Society and Environment in the East Mediterranean ca 300–1800 CE. Problems of Resilience, Adaptation and Transformation. Introductory Essay. – *Human Ecology* 46, 275–290.
- HARRISON, R., R. A. MAHER (ur. / eds.) 2014, *Human Ecodynamics in the North Atlantic. A Collaborative Model of Humans and Nature through Space and Time*. – Lanham, London, Lexington Books.
- HASSAN, F. A. 2001, The collapse of the old kingdom: low floods, famines and anarchy. – V / In: Yasuda, Y., Kharkwal, J. S., Ogasawara, H., Gotanda, K. (ur. / eds.), *Environmental Changes and Rise and Fall of Civilizations. Abstracts of Third Workshop of the ALDP, 5–9 November, 2001*. – Japan, Kyoto, Mikata Monsoon 3, 39.
- HAUG, G. H., D. GÜNTHER, L. C. PETERSON, D. M. SIGMAN, K. A. HUGHEN, B. AESCHLIMANN 2003, Climate and the Collapse of Maya Civilization. – *Science* 299, 1731–1734.
- HODDER, I. 1982, Theoretical archaeology: A reactionary view. – V / In: Hodder, I. (ur. / ed.), *Symbolic and Structural Archaeology*. – Cambridge, Cambridge University Press, 1–16.
- HODDER, I. 1986, *Reading the past: current approaches to interpretation in archaeology*. – Cambridge, Cambridge University Press.
- HODDER, I. 2000, Agency and individuals in long-term processes. – V / In: Dobres, M.-A., Robb, J. (ur. / eds.), *Agency in Archaeology*. – London, Routledge, 21–33.
- HODELL, D. A., J. H. CURTIS, M. BRENNER 1995, Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization. – *Nature* 375, 391–394.
- HODELL, D. A., M. BRENNER, J. H. CURTIS, T. GUILDERSON 2001, Solar forcing of drought frequency in the Maya lowlands. – *Science* 292, 1367–1369.
- HODELL, D. A., M. BRENNER, J. H. CURTIS 2005, Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico). – *Quaternary Science Reviews* 24, 1413–1427.
- HOLLING, C. S. 1973, Resilience and Stability of Ecological Systems. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1–23.
- HOLLING, C. S. 1986, Resilience of ecosystems; local surprise and global change. – V / In: Clark, W. C., Munn, R. E., (ur. / eds.), *Sustainable development of the biosphere*. – Cambridge, Cambridge University Press, 292–317.

- HOLLING, C. S. 2001, Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. – *Ecosystems* 4, 390–405.
- HOLLING, C. S., L. H. GUNDERSON 2002, Resilience and Adaptive Cycles. – V / In: Gunderson, L. H., Holling, C. S. (ur. / eds.), *Panarchy Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. – Washington, Covelo, London, Island Press, 2–61.
- HOLLING, C. S., L. H. GUNDERSON, D. LUDWIG 2002, In Quest of a Theory of Adaptive Change. – V / In: Gunderson, L. H., Holling, C. S. (ur. / eds.), *Panarchy Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. – Washington, Covelo, London, Island Press, 3–24.
- HOLM, P. 2016, Human Ecodynamics in the North Atlantic: A Collaborative Model of Humans and Nature through Space and Time. – *The Journal of Island and Coastal Archaeology* 11/2, 307–308.
- HUNTINGTON, E., G. C. SIMPSON 1926, *The Pulse of Progress: Including a Sketch of Jewish History*. – New York, London, Charles Schribner's Sons.
- IMBRIE, J., K. P. IMBRIE 1979, *Ice ages: solving the mystery*. – London, Macmillan.
- INGOLD, T. 2000, *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling & Skills*. – London, Routledge.
- IZDEBSKI, A., K. HOLMGREN, E. WEIBERG, S. R. STOCKER, U. BÜNTGEN, A. FLORENZANO, A. GOGOU, S. A. G., LEROY, J. LUTERBACHER, B. MARTRAT, A. MASI, A. M. MERCURI, P. MONTAGNA, L. SADORI, A. SCHNEIDER, M.-A. SICRE, M. TRIANTAPHYLLOU, E. XOPLAKI 2016, Realising consilience: How better communication between archaeologists, historians and natural scientists can transform the study of past climate change in the Mediterranean. – *Quaternary Science Reviews* 136, 5–22.
- IZDEBSKI, A., L. MORDECHAI, S. WHITE 2018, The Social Burden of Resilience: A Historical Perspective. – *Human Ecology* 46, 291–303.
- JANSEN, E., J. OVERPECK, K. R. BRIFFA, J.-C. DUPLESSY, F. JOOS, V. MASSON-DELMOTTE, D. OLAGO, B. OTTO-BLIESNER, W. R. PELTIER, S. RAHMSTORF, R. RAMESH, D. RAYNAUD, D. RIND, O. SOLOMINA, R. VILLALBA, D. ZHANG 2007, Palaeoclimate. – V / In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor M., Miller H. L. (ur. / eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge, Cambridge University Press, 433–497.
- JONES, P. D., K. R. BRIFFA, T. P. BARNETT, S. F. B. TETT 1998, High resolution records for the last millennium; interpretation, integration and comparison with GCM control-run temperatures. – *The Holocene* 8, 455–471.
- JONES, P. D., T. J. OSBORN, K. R. BRIFFA 2001, The Evolution of Climate Over the Last Millennium. – *Science* 292, 662–667.
- JONES, P. D., M. E. MANN 2004, Climate over past millennia. – *Reviews of Geophysics* 42, 1–42.
- JONES, T. L., G. M. BROWN, L. M. RAAB, J. L. McVICKAR, W. G. SPAULDING, D. J. KENNETT, A. YORK, P. L. WALKER 1999, Environmental imperatives reconsidered: demographic crises in western North America during the medieval climatic anomaly. – *Current Anthropology* 40/2, 137–170.
- KANIEWSKI, D., E. VAN CAMPO 2017, 3.2 ka BP Megadrought and the Late Bronze Age Collapse. – V / In: Weiss, H. (ed.), *Megadrought and Collapse. From Early Agriculture to Angkor*. – Oxford, Oxford University Press, 161–182.
- KAUFMAN, D., N. MCKAY, C. ROUTSON, + 89 AVTORJEV, S. ZHILICH 2020, A global database of Holocene paleotemperature records. – *Scientific Data* 7, 115.
- KIRCH, P. V. 2005, Archaeology and Global Change: The Holocene Record. – *Annual Review of Environment and Resources* 30, 409–440.
- LAMB, H. H. 1965, The Early Medieval Warm Epoch and its Sequel. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 1, 13–37.

- LAMB, H. H. 1982, *Climate, History and the Modern World*. – London and New York, Routledge.
- LAZIER, J. R. N. 1995, The Salinity Decrease in the Labrador Sea Over the Past Thirty Years. – V / In: Martinson, D. G., Bryan, K., Ghil, M., + 47 avtorjev, Tschinkel, V. J. (ur. / eds.), *Natural Climate Variability on Decade-to-Century Time Scales*. – Washington DC, National Academy Press, 295–304.
- LE ROY LADURIE, E. 1971, *Times of Feast, Times of Famine. A History of Climate Since the Year 1000*. – Garden City, New York, Doubleday.
- LOWE, J. J., C. M. J. WALKER 2015, *Reconstructing Quaternary Environments*. – London, Routledge.
- LUDWIG, P., J. J. GÓMEZ-NAVARRO, J. G. PINTO, C. C. RAIBLE, S. WAGNER, E. ZORITA 2019, Perspectives of regional paleoclimate modeling. – *Annals of the New York Academy of Sciences* 1436/1, 54–69.
- LULL, V., R. MICÓ, C. RIHUETE HERRADA, R. RISCH 2015, What is an event? – V / In: Meller, H., Arz, H. W., Jung, R., Risch, R. (ur. / eds.), *2200 BC – Ein Klimasturz als Ursache für den Zerfall der Alten Welt? 2200 BC – A climatic breakdown as a cause for the collapse of the old world? 7. Mitteldeutscher Archäologentag vom 23. bis 26. Oktober 2014 in Halle (Saale). 7th Archaeological Conference of Central Germany October 23–26, 2014 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle Band 12/I. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt. Landesmuseum für Vorgeschichte Halle (Saale). – Halle (Saale), 25–34.*
- LUTERBACHER, J., R. RICKLI, E. XOPLAKI, C. TINGUELY 2001, The Late Maunder Minimum (1675–1715) – A Key Period for Studying Decadal Scale Climatic Change in Europe. – *Climatic Change* 49, 441–462.
- MAGNY, M. 2004, Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. – *Quaternary International* 113/1, 65–79.
- MAGNY, M., C. BÉGEOT, J. GUIOT, O. PEYRON 2003, Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climate cooling phases. – *Quaternary Science Reviews* 22, 1589–1596.
- MAGNY, M., H. N. HAAS 2004, A major widespread climatic change around 5300 cal. yr BP at the time of the Alpine Iceman. – *Journal of Quaternary Science* 19/5, 423–430.
- MAGNY, M., U. LEUZINGER, S. BORTEN-SCHLAGER, J. N. HAAS 2006, Tripartite climate reversal in Central Europe 5600–5300 years ago. – *Quaternary Research* 65, 3–19.
- MAGNY, M., D. GALOP, P. BELLINTANI, M. DESMET, J. DIDIER, J. N. HAAS, N. MARTINELLI, A. PEDROTTI, R. SCANDOLARI, A. STOCK, B. VANNIÈRE 2009, Late-Holocene climatic variability south of the Alps as recorded by lake-level fluctuations at Lake Ledro, Trentino, Italy. – *The Holocene* 19/ 4, 575–589.
- MAGNY, M., B. VANNIÈRE, G. ZANCHETTA, E. FOUACHE, G. TOUCHAIS, L. PETRIKA, C. COUS-SOT, A. V. WALTER-SIMONNET, F. ARNAUD 2009, Possible complexity of the climatic event around 4300–3800 cal BP in the central and western Mediterranean. – *The Holocene* 19, 823–833.
- MAGNY, M., N. COMBOURIEU-NEBOUT 2013, Holocene changes in environment and climate in the central Mediterranean as reflected by lake and marine records. – *Climate of the Past* 9, 1447–1454.
- MAGNY, M., O. PEYRON, L. SADORI, E. ORTU, G. ZANCHETTA, B. VANNIÈRE, W. TINNER 2012, Contrasting patterns of precipitation seasonality during the Holocene in the south- and northcentral Mediterranean. – *Journal of Quaternary Sciences* 27, 494–502.
- MAGNY, M., N. COMBOURIEU-NEBOUT, J. L. DE BEAULIEU, V. BOUT-ROUMAZEILLES, D. COLOMBAROLI, S. DESPRAT, A. FRANCKE, S. JOANNIN, E. ORTU, O. PEYRON, M. REVEL, L. SADORI, G. SIANI, M. A. SICRE, S. SAMARTIN, A. SIMONNEAU, W. TINNER, B. VANNIÈRE, B. WAGNER, G. ZANCHETTA, F. ANSELMETTI, E. BRUGIAPAGLIA, E. CHAPRON, M. DEBRET, M. DESMET, J. DIDIER, L. ESSALLAMI, D. GALOP, A. GILLI, J. N. HAAS, N. KALLEL, L. MILLET, A. STOCK, J. L. TURON, S. WIRTH 2013, North–south palaeohydrological contrasts in the central Mediterranean during the Holocene: tentative synthesis and working hypotheses. – *Climate of the Past* 9, 2043–2071.

- MANN, M. E. 2002a, Medieval Climatic Optimum. – V / In: MacCracken, M. C., Perry, J. S. (ur. / eds.), *Encyclopedia of Global Environmental Change. Volume 1. The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change*. – Chichester, John Wiley & Sons, Ltd., 514–516.
- MANN, M. E. 2002b, Little Ice Age. – V / In: MacCracken, M. C., Perry, J. S. (ur. / eds.), *Encyclopedia of Global Environmental Change. Volume 1. The Earth system: physical and chemical dimensions of global environmental change*. – Chichester, John Wiley & Sons, Ltd., 504–509.
- MANN, M. E. 2012, *The Hockey Stick and the Climate Wars*. – New York. Columbia University Press.
- MANN, M. E., Z. ZHANG, M. K. HUGHES, R. S. BRADLEY, S. K. MILLER, S. RUTHERFORD, F. NI 2008, Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(36), 13252–13257.
- MARCOTT, S. A., J. D. SHAKUN, P. U. CLARK, A. C. MIX 2013, A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. – *Science* 339/6124, 1198–1201.
- MARINO, G., E. J. ROHLING, F. SANGIORGI, A. HAYES, J. L. CASFORD, A. F. LOTTER, M. KUCERA, H. BRINKHUIS 2009, Early and middle Holocene in the Aegean Sea: interplay between high and low latitude climate variability. – *Quaternary Science Reviews* 28, 3246–3262.
- MARSHALL, J., Y. KUSHNIR, D. BATTISTI, P. CHANG, A. CZAJA, R. DICKSON, J. HURRELL, M. MCCARTNEY, R. SARAVANAN, M. VISBECK 2001, North Atlantic Climate Variability: Phenomena, Impacts and Mechanisms. – *International Journal of Climatology* 21, 1863–1898.
- MATTHEWS, J. B. R. (ur. / ed.) 2018, IPCC, 2018: Annex I: Glossary. – V / In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M. Waterfield, T. (ur. / eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. – Cambridge, New York, Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>.
- MAYEWSKI, P. A., E. E. ROHLING, J. C. STAGGER, W. KARLÉN, K. A. MAASCH, L. D. MEEKER, E. A. MEYERSON, F. GASSE, S. VAN KREVELD, K. HOLMGREN, J. LEE-THORP, G. ROSQVIST, F. RACK, M. STAUBWASSER, R. R. SCHNEIDER, E. J. STEIG 2004, Holocene climate variability. – *Quaternary Research* 62/3, 243–255.
- MCINTOSH, R. J., J. A. TAINTER, S. K. MCINTOSH 2000, Climate, History, and Human Action. – V / In: McIntosh, R. J., Tainter, J. A., McIntosh, K. S. (ur. / eds.), *The Way the Wind Blows. Climate, History, and Human Action*. – New York, Columbia University, 1–42.
- MELLER, H., H. W. ARZ, R. JUNG, R. RISCH 2015. (ur. / eds.) 2015, *2200 BC – Ein Klimasturz als Ursache für den Zerfall der Alten Welt? 2200 BC – A climatic breakdown as a cause for the collapse of the old world? 7. Mitteldeutscher Archäologentag vom 23. bis 26. Oktober 2014 in Halle (Saale). 7th Archaeological Conference of Central Germany October 23–26, 2014 in Halle (Saale)*. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle Band 12/I. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt. Landesmuseum für Vorgeschichte Halle (Saale). – Halle (Saale).
- MESSERLI, B., M. GROSJEAN, T. HOFER, L. NÚÑEZ, C. PFISTER 2000, From nature-dominated to human-dominated environmental changes. – *Quaternary Science Reviews* 19, 459–479.
- MILLER, J. G. 1978, *Living Systems*. – New York, McGraw-Hill.
- MÖRNER, N.-A. 2015, The Approaching New Grand Solar Minimum and Little Ice Age Climate Conditions. – *Natural Science* 7, 510–518.
- MÖRNER, N.-A., R. TATTERSALL, J.-E. SOLHEIM (ur. / eds.) 2013, *Pattern in solar variability, their planetary origin and terrestrial impacts. Pattern Recognition*

- in *Physics 1*. Special Issue, Copernicus Publications. https://www.researchgate.net/publication/259873333_Pattern_in_solar_variability_their_planetary_origin_and_terrestrial_impacts.
- MÖRNER N.-A., R. TATTERSALL, J.-E. I. SOLHEIM CHARVATOVA, N. SCAFETTA, H. JELBRING, I. R. WILSON, R. SALVADOR, R. C. WILLSON, P. HEJDA W. SOON, M. V. VELASCO HERRERA, O. HUMLUM, D. ARCHIBALD, H. YNDESTAD, D. EASTERBROOK, J. CASEY, G. GREGORI, G. HENRIKSSON 2013, General conclusions regarding the planetary–solar–terrestrial interaction. – V / In: Mörner, N.-A., Tattersall, R., Solheim J.-E. (ur. / eds.), *Pattern in solar variability, their planetary origin and terrestrial impacts*. Pattern Recognition in Physics 1. Special Issue. – Göttingen, Copernicus Publications, 205–206.
- MOOSSEN, H., J. BENDLE, O. SEKI, U. QUILLMANN, K. KAWAMURA 2015, North Atlantic Holocene climate evolution recorded by high-resolution terrestrial and marine biomarker records. – *Quaternary Science Reviews* 129, 111–127.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL 2006, *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years*. – Washington DC, The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11676>.
- NEUKOM, R., N. STEIGER, J. J. GÓMEZ-NAVARRO, J. WANG, J. P. WERNER 2019, No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. – *Nature* 571, 550–554.
- NICOLL, N., A. ZERBONI 2020, Is the past key to the present? Observations of cultural continuity and resilience reconstructed from geoarchaeological records. – *Quaternary International* 545, 119–127.
- ORESQUES, N., E. CONWAY, D. J. KAROLY, J. GERGIS, U. NEU, C. PFISTER 2018, The Denial of Global Warming. – V / In: White, S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan, 149–171.
- ÖZDOĞAN, M. 2014, The Quest for New Criteria in Defining the Emergence and the Dispersal of Neolithic Way of Life. – V / In: Manen, C., Perrin, T., Guilaine, J. (ur. / eds.), *La transition néolithique en Méditerranée. The Neolithic Transition in the Mediterranean*. Actes du colloque « Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs », Muséum de Toulouse, 14–15 avril 2011. – Paris, Errance/Archives d'Ecologie Préhistorique, 74–90.
- PAGES 2k Consortium 2013, Continental-scale temperature variability during the past two millennia. – *Nature Geoscience* 6, 339–346. <https://doi.org/10.1038/ngeo1797>.
- PARKER, G. 2017, *Global crisis. War, climate change and catastrophe in the seventeenth Century*. Abridged and revised edition. – New Haven and London, Yale University Press.
- PARRY, M., O. CANZIANI, J. PALUTIKOF (ur. / eds.) 2007, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge, New York, Delhi, Cambridge University Press.
- PETERS, R., A. ZIMMERMANN 2017, Resilience and Cyclicity: Towards a macrohistory of the Central European Neolithic. – *Quaternary International* 446, 43–53.
- PEYRON, O., S. GORING, I. DORMOY, U. KOTTHOFF, J. PROSS, J. L. DE BEAULIEU, R. DRESCHER-SCHNEIDER, B. VANNIÈRE, M. MAGNY 2011, Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). – *The Holocene* 21/1, 131–146.
- PEYRON, O., M. MAGNY, S. GORING, S. JOANNIN, J. L. DE BEAULIEU, E. BRUGIAPAGLIA, L. SADORI, G. GARFI, K. KOULI, C. IOAKIM, N. COMBOURIEU-NEBOUT 2013, Contrasting patterns of climatic changes during the Holocene across the Italian Peninsula reconstructed from pollen data. – *Climate of the Past* 9, 1233–1252.
- PFISTER, C., S. WHITE, F. MAUELSHAGEN 2018, General Introduction: Weather, Climate, and Human History. – V / In: White, S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan, 1–15.
- PILLAT, T. 2012, From climate and society to weather

and landscape. – *Archaeological Dialogues* 19/1, 29–42.

PLIENINGER T., C. BIELING (ur. / eds.) 2012, *Resilience and the Cultural Landscape. Understanding and Managing Change in Human-Shaped Environments*. – Cambridge, Cambridge University Press.

PROSS, J., U. KOTTHOFF, U. C. MÜLLER, O. PEYRON, I. DORMOY, G. SCHMIEDL, S. KALAITZIDIS, A. M. SMITH 2009, Massive Perturbation in Terrestrial Ecosystems of the Eastern Mediterranean Region Associated with the 8.2 Kyr BP Climatic Event. – *Geology* 37/10, 887–890.

RAHMSTORF, S. 2002, Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. – *Nature* 419, 207–214.

RASMUSSEN, S. O., M. BIGLER, S. P. BLOCKLEY, T. BLUNIER, S. L. BUCHARDT, H. B. CLAUSEN, I. CVIJANOVIC, D. DAHL-JENSEN, S. J. JOHNSEN, H. FISCHER, V. GKINIS, M. GUILLEVIC, W. Z. HOEK, J. J. LOWE, J. B. PEDRO, T. POPP, I. K. SEIERSTAD, J. P. STEFFENSEN, A. M. SVENSSON, P. VALLELONGA, B. M. VINTHER, M. J. C. WALKER, J. J. WHEATLEY, M. WINSTRUP 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.

RENFREW, C. 1979a, Systems collapse as social transformation: catastrophe and anastrophe in early state societies. – V / In: Renfrew, C., Cooke, K. L., (ur. / eds.), *Transformations: mathematical approaches to culture change*. – New York, Academic Press, 481–506.

RENFREW, C. 1979b, Transformations. – V / In: Renfrew, C., Cooke, K. L., (ur. / eds.), *Transformations: mathematical approaches to culture change*. – New York, Academic Press, 3–44.

RICK, T. C., D. H. SANDWEISS 2020, Archaeology, climate, and global change in the age of humans. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117/15, 8250–8253.

RIEHL, S., K. E. PUSTOVOYTOV, H. WEIPPERT, S. KLETT, F. HOLE 2014, Drought stress variability in ancient Near Eastern agricultural systems evidenced by $\delta^{13}\text{C}$ in barley grain. – *Proceedings of the Nation-*

al Academy of Sciences of the United States of America 111/34, 12348–12353.

ROBERTS, N., A. MORENO, B. L. VALERO-GARCÉS, J. PABLO CORELLA, M. JONES, S. ALLCOCK, J. WOODBRIDGE, M. MORELLÓN, J. LUTERBACHER, E. XOPLAKI, M. TÜRKEŞ 2012, Palaeolimnological evidence for an east–west climate see-saw in the Mediterranean since AD 900. – *Global and Planetary Change* 84–85, 23–34.

ROCKMAN, M., C. HRITZ 2020, Expanding use of archaeology in climate change response by changing its social environment. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117/15, 8295–8302.

RODNING, C. 2010, Place, Landscape, and Environment: Anthropological Archaeology in 2009. – *American Anthropologist* 112/2, 180–190.

RODRIGO-GÁMIZ, M., F. MARTÍNEZ-RUIZ, F. J. RODRÍGUEZ-TOVAR, F. J. JIMÉNEZ-ESPEJO, E. PARDO-IGÚZQUIZA 2014, Millennial- to centennial-scale climate periodicities and forcing mechanisms in the westernmost Mediterranean for the past 20,000 y.r. – *Quaternary Research* 81, 78–93.

ROHLING, E. J., P. A. MAYEWSKI, R. H. ABU-ZIED, J. S. L. CASFORD, A. HAYES, 2002a, Holocene atmosphere-ocean interactions: records from Greenland and the Aegean Sea. – *Climate Dynamics* 18, 587–593.

ROHLING, E. J., J. CASFORD, R. ABU-ZIED, S. COOKE, D. MERCONI, J. THOMSON, I. CROUDACE, F. J. JORISSEN, H. BRINKHUIS, J. KALLMEYER, G. WEFER 2002b, Rapid Holocene climate changes in the eastern Mediterranean. – V / In: Hassan, F. (ur. / ed.), *Droughts, Food and Culture. Ecological Change and Food Security in Africa's Later Prehistory*. – New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 35–46.

ROHLING, E. J., A. HAYES, P. A. MAYEWSKI, M. KUCERA 2009, Holocene Climate Variability in the Eastern Mediterranean, and the End of the Bronze Age. – V / In: Bachhuber, C., Roberts, R. G., (ur. / eds.), *Forces of Transformation. The End of the Bronze Age in the Mediterranean. Proceedings of an international symposium held at St. John's College, University of Oxford 25–26th March 2006*. – Oxford, Themes from the Ancient

Near East BANEA Publication Series, Vol. 1, 2–5.

ROHLING, E., H. PÄLIKE 2005, Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8.200 years ago. – *Nature* 434, 975–979.

ROHLING, E. J., G. MARINO, K. M. GRANT, P. A. MAYEWSKI, B. WENINGER 2019, A model for archaeologically relevant Holocene climate impacts in the Aegean-Levantine region (easternmost Mediterranean). – *Quaternary Science Reviews* 208, 38–53.

RUDDIMAN, W. F. 2003, The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. – *Climatic Change* 61/3, 261–293.

SACHS, J. P., R. R. SCHNEIDER, T. I. EGLINTON, K. H. FREEMAN, G. GANSEN, J. F. MCMANUS, D. W. OPPO 2000, Alkenones as paleoceanographic proxies. – *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 1/ 11.

SANDWEISS, D. H. 2017, Zooarchaeology in the 21st Century: Comments on the Contributions. – V / In: Monks, G. G. (ur. / ed.), *Climate Change and Human Responses. A Zooarchaeological Perspective*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. – Dordrecht, Springer, 219–225.

SCHEFFER, M. 2009, *Critical Transitions in Nature and Society*. – Princeton University Press, Princeton.

SHINDELL, D. T., G. A. SCHMIDT, M. E. MANN, D. RIND, A. Waple 2001, Solar Forcing of Regional Climate Change During the Maunder Minimum. – *Science* 294, 2149–2151.

SHENNAN, S. 2005, Holocene Climate and Human Populations: An Archaeological Approach. – V / In: Mackay, A., Battarbee, R., Birks, J., Oldfield, F. (ur. / eds.), *Global Change in the Holocene*. – London, Hodder Education, part of Hachette Livre UK, 36–48.

SHENNAN, S., K. EDINBOROUGH 2007, Prehistoric population history: from the Late Glacial to the Late Neolithic in Central and Northern Europe. – *Journal of Archaeological Science* 34, 1339–1345.

SIANI, G., M. MAGNY, M. PATERNE, M. DEBRET, M. FONTUGNE 2013, Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea. – *Climate of the Past* 9, 499–515.

SLONOSKY, V. C., P. D. JONES T. D. DAVIES 2001, Instrumental Pressure Observations and Atmospheric Circulation from the 17th And 18th Centuries: London and Paris. – *International Journal of Climatology* 21, 285–298.

SMIT, B., J. WANDEL 2006, Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. – *Global Environmental Change* 16/3, 282–292.

SOENS, T. 2020, Resilience in Historical Disaster Studies: Pitfalls and Opportunities. – V / In: Endreß, M., Clemens, L., Rampp, B. (ur. / eds.), *Strategies, Dispositions and Resources of Social Resilience. A Dialogue between Medieval Studies and Sociology*. – Wiesbaden, Springer VS, 253–274.

STANLEY, J. D., M. D. KROM, R. A. CLIFF, J. C. WOODWARD 2003, Short contribution: Nile flow failure at the end of the Old Kingdom, Egypt: Strontium isotopic and petrologic evidence. – *Geoarchaeology* 18, 395–402.

STEINHILBER, F., J. BEER 2011, Solar activity – the past 1200 years. – *Past Global Changes Magazine* 19/1, 5–6.

STEINHILBER, F., J. A. ABREUA, J. BEER, I. BRUNNER, M. CHRISTL, H. FISCHER, U. HEIKKILÄ, P. W. KUBIK, M. MANN, K. G. MCCracken H. MILLER, H. MIYAHARA, H. OERTER, F. WILHELMS 2012, 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109/16, 5967–5971.

STOCKER, T. F., D. QIN, G.-K. PLATTNE, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX, P. M. MIDGLEY (ur. / eds.) 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge, New York, Cambridge University Press.

STOCKER, T. F., P. TARASOV, M. WAGNER, M. WIDMANN 2008, Mid- to Late Holocene climate change: an overview. – *Quaternary Science Reviews* 27, 1791–1828.

SUNDSTROM, S. M., C. R. ALLEN 2019, The adaptive

cycle: More than a metaphor. – *Ecological Complexity* 39, 100767.

TAINTER, J. A. 1988, *The Collapse of Complex Societies*. New studies in Archaeology. – Cambridge, Cambridge University Press.

TAINTER, J. A. 2000a, Global change, history, and sustainability. – V /In: McIntosh, R. J., Tainter, J. A., McIntosh, K. S. (ur. / eds.), *The Way the Wind Blows. Climate, History, and Human Action*. – New York, Columbia University Press, 331–356.

TAINTER, J. A. 2000b, Problem Solving: Complexity, History, Sustainability. – *Population and Environment* 22/1, 3–41.

TAINTER, J. A. 2006a, Archaeology of Overshoot and Collapse. – *Annual Review of Anthropology* 35, 59–74.

TAINTER, J. A. 2006b, Social complexity and sustainability. – *Ecological complexity* 3, 91–103.

TAINTER, J. A., C. L. CRUMLEY 2007, Climate, Complexity, and Problem Solving in the Roman Empire. – V /In: Costanza, R. L., Graumlich, J., Steffen, W. (ur. / eds.), *Sustainability or collapse? An integrated history and future of people on earth*. – Boston, MIT Press and Dahlem U Press, 61–75.

TARASOV, P. E., C. LEIPE, M. WAGNER 2021, Environments during the spread of anatomically modern humans across Northern Asia 50–10 cal kyr BP: What do we know and what would we like to know? – *Quaternary International* 596, 155–170.

THIBODEAU, B., C. NOT, J. ZHU, A. SCHMITTNER, D. NOONE, C. TABOR, J. ZHANG, Z. LIU 2018, Last century warming over the Canadian Atlantic shelves linked to weak Atlantic meridional overturning circulation. – *Geophysical Research Letters* 45, 12376–12385.

THOMPSON, D. W. J., J. M. WALLACE 2001, Regional Climate Impacts of the Northern Hemisphere Annular Mode. – *Science* 293, 85–89.

TILLEY, C. 1994, *A phenomenology of landscape: places, paths and monuments*. – London, Berg.

TORETI, A., E. XOPLAKI, D. MARAUN F. G. KUGLITSCH, H., WANNER, J. LUTERBACHER

2010, Characterisation of extreme winter precipitation in Mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. – *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10, 1037–1050.

TRIGGER, B. 1971, Archaeology and Ecology. – *World Archaeology* 2/3, 321–336.

TRIGGER, B. G. 1996, *A history of archaeological thought*. – Cambridge, Cambridge University Press.

TUBI, A., U. DAYAN 2013, The Siberian High: Teleconnections, Extremes and Association with the Icelandic Low. – *International Journal of Climatology* 33/6, 1357–1366.

USOSKIN, I. G. 2008, A History of Solar Activity over Millennia. – *Living Reviews in Solar Physics* 5, 7–88.

USOSKIN, I. G. 2017, A history of solar activity over millennia. – *Living Reviews in Solar Physics* 14, 2–97.

USOSKIN, I. G., Y. GALLET, F. LOPES, G. A. KOVALTSOV, G. HULOT 2016, Solar activity during the Holocene: the Hallstatt cycle and its consequence for grand minima and maxima. – *Astronomy & Astrophysics* 587, A150.

VAN BAVEL, B., D. R. CURTIS, J. DIJKMAN, M. HANNAFORD, M. DE KEYZER, E. VAN ONACKER, T. SOENS (ur. / eds.) 2020, *Disasters and History. The Vulnerability and Resilience of Past Societies*. – Cambridge, Cambridge University Press.

VAN BUREN, M. 2001, The archaeology of El Niño events and other ‘natural’ disasters. – *Journal of Archaeological Theory and Method* 8, 129–149.

VAN DER LEEUW, S., C. L. REDMAN 2002, Placing Archaeology at the Center of Socio-Natural Studies. – *American Antiquity* 67/4, 597–605.

VAN DE NOORT, R. 2011a, Conceptualising climate change archaeology. – *Antiquity* 85, 1039–1048.

VAN DE NOORT, R. 2011b, *North Sea archaeologies; a maritime biography 10 000 BC – AD 1500*. – Oxford, Oxford University Press.

VELASCO HERRERA, V. M., B. MENDOZA, G. VELASCO HERRERA 2015, Reconstruction and pre-

diction of the total solar irradiance: From the Medieval Warm Period to the 21st century. – *New Astronomy* 34, 221–233.

VERNET, R., H. FAURE 2000, Isotopic chronology of the Sahara and the Sahel during the late Pleistocene and the early and Mid-Holocene (15,000–6000 BP). – *Quaternary International* 68–71, 85–387.

WALKER, B., D. SALT 2006, *Resilience Thinking Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. – Island Press, Washington.

WALKER, M. J. C., M. BERKELHAMMER S. BJÖRCK, L. C. CWYNAR, D. A. FISHER, A. J. LONG, J. J. LOWE, R. M. NEWNHAM, S. O. RASMUSSEN, H. WEISS 2012, Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). – *Journal of Quaternary Science* 27/7, 649–659.

WALKER, M., M. J. HEAD, M. BERKELHAMMER, S. BJÖRCK, H. CHENG, L. CWYNAR, D. FISHER, V. GKNIS, A. LONG, J. LOWE, R. NEWNHAM, S. OLANDER RASMUSSEN, H. WEISS 2018, Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. – *Episodes* 4/14: 213–223.

WANNER, H., S. BRÖNNIMANN, C. CASTY, D. GYALISTRAS, J. LUTERBACHER, C. SCHMUTZ, D. STEPHENSON, E. XOPLAKI 2001, North Atlantic Oscillation – Concepts And Studies. – *Surveys in Geophysics* 22, 321–381.

WANNER, H., J. BEER, J. BÜTIKOFER, T. J. CROWLEY, U. CUBASCH, J. FLÜCKIGER, H. GOOSSE, M. GROSJEAN, F. JOOS, J. O. KAPLAN, M. KÜTTEL, S. A. MÜLLER, I. C. PRENTICE, O. SOLOMINA, F. STEINHILBER, J. A. ABREUA, J. BEERA, I. BRUNNERA, M. CHRIST, H. FISCHER, U. HEIKKILÄD, P. W. KUBIK, M. MANNA, K. G. MCCracken, H. MILLER, H. MIYAHARA, H. OERTER, F. WILHELMSS 2012, 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

America 109/16, 5967–5971.

WANNER, H., O. SOLOMINA, M. GROSJEAN, S. P. RITZ, M. JETEL 2011, Structure and origin of Holocene cold events. – *Quaternary Science Reviews* 30, 3109–3123.

WEIBERG, E. 2012, What can resilience theory do for (Aegean) archaeology? – V / In: Burström, N., Fahlander, F. (ur. / eds.), *Matters of Scale. Processes and Courses of Events in the Past and the Present*. Stockholm Studies in Archaeology 56. Department of archaeology and classical studies. – Stockholm, Stockholm university, 147–165.

WEISS, H., R. S. BRADLEY 2001, What Drives Societal Collapse? – *Science* 291, 609–610.

WEISS, H., M. A. COURTY, W. WETTERSTROM, F. GUICHARD, L. SENIOR, R. MEADOW, A. CURNOW 1993, The Genesis and Collapse of Third Millennium North Mesopotamian Civilization. – *Science* NS 261/5124, 995–1004.

WENDLAND, W. M., R. A. BRYSON 1974, Dating climatic episodes of the Holocene. – *Quaternary Research* 4/1, 9–24.

WENINGER, B., L. CLARE, F. GERRITSEN, B. HOREJS, R. KRAUß, J. LINSTÄDTER, R. ÖZBAL, E. J. ROHLING 2014, Neolithisation of the Aegean and Southeast Europe during the 6600–6000 calBC period of Rapid Climate Change. – *Documenta Praehistorica* 41, 1–31.

WENINGER, B., L. CLARE, E. J. ROHLING, O. BAR-YOSEF, U. BÖHNER, M. BUDJA, M. BUND-SCHUH, A. FEURDEAN, H.-G. GEBEL, O. JÖRIS, J. LINSTÄDTER, P. MAYEWSKI, T. MÜHLENBRUCH, A. REINGRUBER, G. ROLLEFSON, D. SCHYLE, L. THISSEN, H. TODOROVA, C. ZIELHOFER 2009, The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. – *Documenta Praehistorica* 36, 7–59.

WETTERICH, S., N. RUDAYA, L. NAZAROVA, L. SYRYKH, M. PAVLOVA, O. PALAGUSHKINA, A. KIZYAKOV, J. WOLTER, T. KUZNETSOVA, A. AKSENOV, K. R. STOOF-LEICHSENRING, L. SCHIRMEISTER, M. FRITZ 2021, Paleo-Ecology of the Yedoma Ice Complex on Sobo-Sise Island (Eastern Lena

- Delta, Siberian Arctic). – *Frontiers in Earth Science* 9, 681511.
- WHITE, S., C. PFISTER, F. MAUELSHAGEN (ur. / eds.) 2018, *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan.
- WIDLOK, T., A. AUFGEBAUER, M. BRADT-MÖLLER, R. DIKAU, T. HOFFMANN, I. KRETSCHMER, K. PANAGIOTOPOULOS, A. PASTOORS, R. PETERS, F. SCHÄBITZ, M. SCHLUMMER, M. SOLICH, B. WAGNER, G.-C. WENIGER, A. ZIMMERMANN 2012, Towards a theoretical framework for analyzing integrated socio-environmental Systems. – *Quaternary International* 274, 259–272.
- WILLIAMS, P. R. 2002, Rethinking disaster-induced collapse in the decline of the Andean highland states: Wari and Tiwanaku. – *World Archaeology* 33, 361–374.
- WRIGHT, H. E. 1993, Environmental Determinism in Near Eastern Prehistory. – *Current Anthropology* 34/4, 458–469.
- WU, W., T. LIU 2004, Possible role of the “Holocene Event 3” on the collapse of Neolithic Cultures around the Central Plain of China. – *Quaternary International* 117, 153–166.
- XIAO, J., Q. XU, T. NAKAMURA, X. YANG, W. LIANG, Y. INOUCHE 2004, Holocene vegetation variation in the Daihai Lake region of northcentral China: A direct indication of the Asian monsoon climatic history. – *Quaternary Science Reviews* 23, 1669–1679.
- XOPLAKI, E., P. MAHERAS, J. LUTERBACHER 2001, Variability of Climate in Meridional Balkans During the Periods 1675–1715 and 1780–1830 and Its Impact on Human Life. – *Climatic Change* 48, 581–615.
- XOPLAKI, E., J. LUTERBACHER, S. WAGNER, E. ZORITA, D. FLEITMANN, J. PREISER-KAPPELLER, A. M. SARGENT, S. WHITE, A. TORETI, J. F. HALDON, L. MORDECHAI, D. BOZKURT, S. AKÇER-ÖN, A. IZDEBSKI 2018, Modelling Climate and Societal Resilience in the Eastern Mediterranean in the Last Millennium. – *Human Ecology* 46, 363–379.
- ZHANG, H. C., Y. Z. MA, B. WÜNNEMANN, H.-J. PACHUR 2000, A Holocene climatic record from arid northwest China. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 162, 389–401.
- ZHARKOVA, V. 2020, Modern Grand Solar Minimum will lead to terrestrial cooling. – *Temperature* 7/3, 217–222.
- ZIMMERMANN, A. 2012, Cultural cycles in Central Europe during the Holocene. – *Quaternary International* 274, 251–258.
- ZORITA, E., S. WAGNER 2018, *Analysis and Interpretation: Modeling of Past Climates*. – V / In: White S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan, 141–148.
- ZORITA, E., S. WAGNER, F. SCHENK 2018, The Global Climate System. – V / In: White S., Pfister, C., Mauelshagen, F. (ur. / eds.), *The Palgrave Handbook of Climate History*. – London, Palgrave Macmillan, 21–26.
- Spletna vira / Web Sources*
- SPLET 1 / WEB 1: Temperature 12k Database, www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/27330, <https://doi.org/10.25921/4ry2-g808> (17. 7. 2022).
- SPLET 2 / WEB 2: Pattern Recognition in Physics, <https://www.pattern-recognition-in-physics.net/> (17. 7. 2022).

Archaeology and Rapid Climate Changes in Holocene. Adaptive strategies: Between Collapse and Resilience

(Summary)

The article focuses on the sequence of Holocene climate anomalies, the “rapid cooling cycle” (including “glacial events,” “rapid climate change,” and “cold events”), and global temperature trends (Figures 1–3). In the “rapid climate change” series we present the “9.2 ka” and “8.2 ka climate events” associated with the Neolithization process and the transition to farming. The “5.9 IRD event” and/or the “period of rapid climate change 6000–5200 cal yr BP” are associated with the cultural, economic, and demographic collapse of the Early Neolithic Linear Pottery culture in Central and Western Europe. The current weakened North Atlantic circulation and reduced solar activity are compared to climatic events during the transition from the Medieval Warm Period to the Medieval Little Ice Age. The latter was characterised by large climate fluctuations associated with altered atmospheric air mass circulations, decadal climate variations in south-eastern Europe and the eastern Mediterranean on the one hand, and extreme events such as severe winters, long droughts, and wet periods on the other. This led to crop infertility, famine and epidemics in humans and animals

(plague), and demographic stress (Figure 4). However, recent paleoclimatological studies show that climate changes in the past were asynchronous and that average surface temperatures in the northern hemisphere during the Middle Ages were never as high as in the second half of the 20th century and early 21st century, when temperatures during the warmest period between 950 and 1100 were 0.1–0.2 °C lower than average temperatures measured between 1961 and 1990.

In the following, we introduce the concepts of adaptation strategies embedded between the catastrophic scenario of “collapse” and “panarchy”, i.e., transformation of social hierarchical structures into dynamic, adaptive units. The transformation involves a “cycle of adaptation” and the creation of “resilience” (Figure 5). We discuss an attempt to equate the ecological »adaptation cycle« with the »cultural cycle« and its introduction into archaeological studies. We also comment on ecological interpretations and scenarios published in recent years by the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
