

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FILOZOFICKÁ FAKULTA
ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

HOLOCENNÍ VLHKÁ FÁZE V SEVERNÍ AFRICE:
GEOARCHEOLOGICKÁ STUDIE VZTAHU KLIMATU
A LIDSKÉHO OSÍDLENÍ

Vedoucí práce: PhDr. Jaromír Beneš, Ph.D.

Autor práce: Lenka Parvoničová

Studijní obor: Historie – Archeologie

Ročník: 4.

2012

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze za použití pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice 24. července 2012

Mé poděkování patří v první řadě PhDr. Jaromíru Benešovi, Ph.D., který mě v průběhu celé přípravy trpělivě vedl a poskytl mi velmi cenné rady a literaturu potřebnou pro zhotovení mé práce.

Také bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce rešeršním způsobem seskupuje informace o paleoenvironmentální a archeologické situaci na Sahaře v raném a středním holocénu. Období s výrazně vlhkými podmínkami se nazývá holocenní klimatické optimum a trvalo přibližně do cca 5500 cal. BP. Na archeologických lokalitách práce sleduje vývoj lidského osídlení reflektující tyto klimatické změny. Lidská populace reagovala na příznivé klima rozšířením osídlení po téměř celém území dnešní pouště. Na základě dochovaných artefaktů a ekofaktů lze tyto skupiny identifikovat jako lovce a sběrače, kteří se postupně proměňují v pasteveckou a zemědělskou společnost. Studie se soustředí na východní Saharu a obecný přehled vychází z analýz konkrétních lokalit nacházejících se v Egyptě, Súdánu, Libyi a Čadu.

Annotation

This research work summarises results of geological and archaeological investigation in the Sahara Desert. The analyses of paleoclimatic and paleoenvironmental deposits are combined with archaeological records of the human occupational development during the Early and Middle Holocene. The period characterised by higher humidity is called The Holocene Climatic Optimum. The region of the Eastern Sahara consisted of Libyan, Egyptian, Sudanian and Chadian area provides unique opportunities to study the relationship between climate changes and human occupation.

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Stav výzkumu Sahary v pleistocénu a holocénu.....	5
2.1. Historie objevování Sahary.....	5
2.2. Geomorfologie Sahary	8
2.2.1. Horská pásma Sahary.....	9
2.2.2. Typy pouští a nížinných plošin Sahary	11
2.2.3. Aridní půdy Sahary	13
2.2.4. Hydrologie Sahary	14
2.3. Klima Sahary	17
2.3.1. Klima v saharském pleistocénu	18
2.3.2. Příčiny holocénní změny klimatu	20
2.3.3. Holocénní klimatické optimum	22
2.4. Ekosystémy na Sahaře	25
3. Lidské osídlení Sahary (východní Sahara)	32
4. Metody zkoumání klimatu a osídlení. Stávající výsledky	38
4.1. Čadská oblast	38
4.2. Libyjská poušť	41
4.3. Egyptsko - súdánská oblast.....	45
5. Závěr	57
6. Literatura.....	59
7. Seznam obrazových příloh.....	71

1. Úvod

Na Saharu je dnes pohlíženo jako na rozlehlé pusté místo s hyperaridními podmínkami. Světové organizace se zabývají problematikou desertifikace a aridifikace ve snaze najít řešení, jak šíření pouští zabránit. Vedle tohoto zájmu přitahuje Sahara vědeckou pozornost také z přírodovědného a archeologického hlediska. Po prvních průzkumech na přelomu 19. a 20. století bylo zjištěno, že území Sahary nebylo vždy tak suché jako dnes. Výzkumy geologické, paleoklimatické, archeobotanické, archeozoologické, archeologické a mnoho dalších potvrzují, že během raného a středního holocénu vládly na Sahaře humidní podmínky.

Tato bakalářská práce popisuje, jakým způsobem se prostředí Sahary proměňovalo v závislosti na klimatických změnách. Holocenní klimatické optimum nelze chápat jako událost, která nastala na celé ploše v jeden stejný čas, ale spíše je vhodnější použít termín proces. Důvody a příčiny, proč došlo k takovému závratnému zvlhčení, souvisí s astronomickými cykly. Atmosférickou i oceánickou cirkulaci ovlivňuje působení jejich sil. Jelikož klima závisí mimo jiné i na geografické lokaci a geomorfologii terénu, bylo potřeba zasadit vývoj klimatu do saharského prostředí, jak z geologického hlediska, tak i ze strany vegetačního pokryvu. Velkými změnami prošly během pleistocénu a holocénu taktéž saharské rostliny a živočichové.

Pro výskyt lidského osídlení v současné poušti byla určující existence dočasných nebo nejlépe trvale zamokřených vodních ploch, okolo nichž se sídliště zakládala. Tato území zároveň v dnešní době představují jeden z nejvýznamnějších zdrojů informací. Výzkum jezerních sedimentů poskytuje data o paleoekologii pouště i vývoji lidské přítomnosti. Pro sledování vývoje jižní hranice Sahary byly zvoleny dvě lokality v Čadu. Centrální část Západní pouště v Egyptě zase reprezentuje severní hranici Sahelu posunutého na sever v raném a středním holocénu. Pro archeologické i geologické výzkumy se stala velmi atraktivní lokalitou egyptsko-súdánská oblast pokrytá množstvím vyschlých vodních ploch.

2. Stav výzkumu Sahary v pleistocénu a holocénu

Plocha Sahary, největší pouště na světě, přesahuje 9 000 000 km². V současné době se rozkládá na téměř celé ploše severní Afriky. Přesnou hodnotu však nelze určit, jelikož jižní mez Sahary není ostrá jako u ostatních světových stran. Přírozenou hranici na severu vytváří Středozemní moře, na západě Atlantický oceán a na východě Rudé moře. Na jihu volně přechází v krajinný pás známý jako Sahel, kde se polopoušť pozvolna mění na savanu. V celkovém počtu Sahara pokrývá deset afrických států (od západu): Maroko, Mauretánie, Alžírsko, Mali, Niger, Tunisko, Libye, Čad, Egypt, Súdán. Sahel poté ještě zasahuje do Senegalu, Burkiny Faso, Nigérie, až k Čadskému jezeru a severním hranicím Etiopie.

Obecně se Sahara rozděluje z geografického hlediska na západní, centrální a východní, avšak pro východní část se více používá název Libyjská poušť. Západní poušť se rozkládá pouze na egyptském území Libyjské pouště až k údolí Nilu, Východní poušť pak mezi Nilem a Rudým mořem. Do severovýchodní Sahary zasahuje ještě Nubijská poušť, jež kontinuálně navazuje na egyptskou poušť po obou březích Nilu na území dnešního státu Súdánu.

Ačkoliv je Sahara svou územní velikostí srovnatelná s některými světovými státy jako například Spojené státy americké (9 826 675 km²) či rozlohou Evropy (10 180 000 km²), zároveň si drží své prvenství i jako nejsušší místo na světě. Celé území obývá pouhých přibližně 2 500 000 obyvatel¹ (*Krejčí 1960*, 317). Vzhledem k míře nehostinného přírodního prostředí se může i tento počet zdát jako příliš vysoký. Avšak je třeba si uvědomit, že sice okem Evropana může Sahara vypadat jako absolutně nedostupný a nepropustný kout světa, nicméně obyvatelé severní Afriky dokážou i v poušti najít území vhodné pro život a využít ho pro svou potřebu.

2.1. Historie objevování Sahary

Jméno Sahara vzniklo z původního arabského označení pouště, *al-sahara* (*Dufková a kol. 2007*, 25). Do jiných jazyků se pak toto slovo může překládat jako Velká poušť, což samo o sobě vyjadřuje velký respekt k této magické krajině, která ještě

¹ Počet obyvatel je vždy udáván s vyšší mírou zaokrouhlení z důvodu nomádkého pohybu mezi pouštním územím a oázami a faktické neschopnosti pokrýt sčítání saharského obyvatelstva na tak velkém a těžko přístupném území, které ani nemá ostré hranice. Hodnota 2, 5 mil. je proto spíše konvenční výtvar.

do nedávné doby představovala pro lidi mimo místních obyvatel velkou záhadu. Zároveň ale také vyvolává silnou zvědavost. Díky tomuto pocitu se nám dochovaly první písemné prameny už ze starověkého období. Hérodotos první stránky své druhé knihy *Dějiny*² věnoval topografickému popisu egyptské země. Z hlediska odborného tento pramen je spíše antickým průvodcem na cesty, kde jsou obsaženy zajímavé informace pro návštěvníky i pro běžné řecké obyvatele, kteří se do vzdálené země nikdy nedostali, a proto autor často to, co viděl a s čím se setkal, srovnával se známým domácím prostředím, aby Řekům své poznatky přiblížil.

Na základě svých vlastních zkušeností se Hérodotos snažil vysvětlit i mnohé přírodní jevy. „*Slunce je podle mne také příčinou toho, že je v Egyptě suchý vzduch, neboť ho při svém přechodu rozpaluje. Proto je v jižních částech Libye stále léto ... Pokud jde o chladivý vánek, který v Egyptě nevaně, o tom si myslím, že je velice nepravděpodobné, aby takový větrík dul z horských krajin; vánek obyčejně vane z chladnějších krajů.*“ (Hérodotos 1972, 108-109). Přestože sám nikdy do nitra pravé pouště nepronikl, předpokládal, že za určitou hranicí se nenachází nic než písek a pustina: „*V končinách od moře vzdálených, za lidskými sídly rozloženými podél moře, je v Libyi bohatství divoké zvěře. Za pásmem divoké zvěře je písek, krajina bez vody a ode všech opuštěná.*“ (Hérodotos 1972, 111).

Hérodotovy Dějiny Egypta sice neobsahují speciální odborné poznatky k místnímu klimatu, nicméně také nelze opomíjet neocenitelné informace o tom, jak lidé, v tomto případě více cizinci než Egyptané, v 5. století BC vnímali egyptskou krajinu a saharskou poušť, respektive si byli vědomi, že za nilským úrodným údolím se nalézají písečné pláně.

Méně zmínek se pak dále vyskytuje i u dalších známých antických autorů, jako Strabón či Plinius Starší³. Jejich popisy se týkají nejen geografických poznatků, nýbrž i africké populace, s níž se na svých cestách setkávali.

Během středověku, kdy území začali ovládat muslimové, byl zájem křesťanských Evropanů o pohanskou zemi utišen. Z tohoto období známe spíše popisy saharské oblasti od arabských autorů a cestovatelů, kteří používali staré nebo vytvářeli nové karavanní cesty skrz nehostinnou krajinu. Mezi nejdůležitější a neznámější patří Abdul Hasan Alí al-Mas'udí, historik a geograf, který se v jedné z kapitol svého díla *Rýžoviště*

² Hérodotos (přel. J. Šonka) 1972: Dějiny. Praha: Odeon.

³ Plinius Starší (přel. F. Němeček) 1974: Historia naturalis (Kapitoly o přírodě). Praha: Svoboda.

*zlata a doly drahokamů*⁴ zaměřil na oblast severní a severovýchodní Afriky. Stejně tak popsal svůj pobyt v severoafrických regionech též arabský cestovatel známý pod latinským jménem Leo Africanus.

Tento nezájem ze strany neafrického lidu trval až do samého konce 18. století. Dokonce ani éra zámořských objevů, respektive doba od 15. století, nepřiměla Evropany prozkoumat neznámou zemi. Africkému kontinentu byli v této době nejbližší portugalští mořeplavci, jež ve snaze najít cestu do Indie, připlouvali k africkým břehům a někdy pronikli i do větších vzdáleností od moře, nikdy však do saharských končin. Afrika si plnou pozornost Evropy získala až v éře kolonialismu, s nímž byla také mimo jiné spojena nová touha po objevování dosud neznámých území. Tyto romantické dobrodružné výpravy položily základy budoucímu vědeckému bádání.

Spíše pro ekonomické účely byla britským impériem založena Královská africká společnost, zprostředkávající spojení anglických obchodníků a cestovatelů s africkými zeměmi. Organizace založená roku 1788 nejprve vysílala své zástupce do západní Sahary, konkrétně do Timbaktu a oblasti Nigeru, pro Evropany tehdy nejzajímavějších a nejtajemnějších míst. Postupně navazovaly kontakty s černým kontinentem i další evropské velmoci, a tudíž se i zvětšoval prostor pole zájmu.

Vedle obchodníků a dobrodruhů přijížděli do pouště již také učenci v pravém slova smyslu, kteří s cílem vědeckého průzkumu cestovali po Sahaře od západu k východu či ze severu k jihu. Do tehdy nejméně známé Libyjské pouště se v 70. letech 19. století vydala německá výprava vedená Gerhardem Rohlfs⁵, která jako první historicky doložená vstoupila do jádra Velkého písečného moře v Egyptě. Od roku 1878 se k expedici připojil i český přírodovědec Antonín Stecker⁶, jenž se později zasadil o rozsáhlé mapování a popis Etiopie.

Laické objevné expedice preferovaly hlavně dobrodružného ducha, vědecké poznání stálo až na druhém místě. Záhy, když byl africký kontinent definitivně rozdělen mezi evropské státy, však došlo k jejich výraznému omezení. V předchozích etapách se totiž expedice organizovaly v nadnárodním měřítku, což přestalo být efektivní poté, co se politická sféra vlivu přenesla i na pole cestovatelské a učenecké. Až teprve během

⁴ *Mas'údí, Abu l-Hasan 'Alí ibn Husain al (přel. I. Hrbek) 1983: Rýžoviště zlata a doly drahokamů. Praha: Odeon.*

⁵ Gerhard Rohlfs (1831-1896), člen Německé africké společnosti, patří mezi první Evropany, kteří uskutečnili výpravu napříč severní Afrikou. První cestu zahájil již roku 1865 z Tripolisu na libyjském pobřeží Středozemního moře a skrz poušť došel až do Guinejského zálivu. Své další dobrodružné objevování soustřeďoval spíše do Východní Sahary.

⁶ *Dlouhý J. 1946: Zapomenutý český cestovatel. Studie z dějin afrických výzkumů v 19. Století. Praha.*

20. století se začal prosazovat systematický průzkum a vědecký výzkum, jenž v jistém slova smyslu trvá až dodnes.

2.2. Geomorfologie Sahary

Ačkoliv v minulosti nebyla vždy severní Afrika pokryta jen pouštěmi a polopouštěmi, novodobé výzkumy jsou prováděny v pouštní krajině. Proto je třeba zasadit studie geomorfologie Sahary do současného hyperaridního prostředí. S touto problematikou často souvisí dva důležité pojmy; aridifikace a desertifikace. Oba termíny úzce souvisí s klimatickými podmínkami v daném prostoru. První označuje proces šíření aridity neboli „suchého podnebí způsobeným neúměrně velkým výparem vzhledem k spadlým srážkám, nedostačujícím pro vegetaci a vytváření vodních toků.“ (Kraus 2006).

Pojem desertifikace bývá vysvětlován mnohými způsoby, přestože všechny v sobě obsahují stejnou myšlenku s několika menšími rozdíly. „Prostorové rozšíření pouštních poměrů zásahem člověka, zvláště na okrajích pouště.“ (Kraus 2006). Tato definice se však nezdá být zcela správná, jelikož opomíjí přírodní příčiny procesu a naopak za hlavního činitele šíření pouští určuje pouze člověka. Přesněji popisuje desertifikaci Kanadská mezinárodní rozvojová organizace⁷ jako „půdní degradaci, která postihuje suché regiony. Často vede k tomu, že zasažená půda ztrácí všechny své produktivní schopnosti a je nemožné, aby je znovu získala. Je to výsledek vzájemného působení mezi nepředvídatelným kolísáním klimatu a neudržitelným využíváním země těmi skupinami lidí, kteří při svém boji o přežití přetěžují půdu, lesy a vodní zdroje.“ (CIDA 2001⁸). Probíhající desertifikace představuje závažný problém po celém světě. Z tohoto důvodu si vědecké bádání klade za cíl pokusit se předpovědět kolísání klimatu v budoucnosti na základě informací z minulosti.

Světové pouště dnes zaujímají celkově jednu třetinu zemské souše (jsou zde zahrnuty také ledové pouště polárních pustin). Přestože je lze chápat jako krajinná prostředí se stejnými či podobnými charakteristickými znaky, každá poušť se vyznačuje vlastní odlišnou klimatickou historií.

⁷ Canadian International Development Agency (CIDA): www.acdi-cida.gc.ca, staženo 21. 4. 2012.

⁸ CIDA 2001: *Combating Desertification: Building bridges. Canada's Second Report to the UN Convention to Combat Desertification on Activities With Developing-Country Partners.* Gatineau, Quebec.

Schopnost žít na poušti je zcela závislá na klimatických podmínkách. Klima je podmíněno třemi hlavními cykly. Jde o cirkulaci atmosféry, oběh vody a výměnu tepla. Množství srážek a teplota jsou udávány především vlastnostmi reliéfu, výší tlaku a prouděním vzduchu. Tyto faktory jsou dále ovlivňovány typem a tvarem terénu, respektive nadmořskou výškou, s jejímž stoupáním klesá atmosférický tlak a teplota. Zároveň vzrůstá intenzita slunečního záření. Zeměpisná šířka pak určuje úhel dopadu slunečního záření. Poměr vlhkosti a výparu se mění v závislosti na rozdílu teploty povrchu světového oceánu a pevniny. Mořské proudy ovlivňují celkovou atmosférickou cirkulaci a tím i teplotu vzduchu (*Zeman – Demek 1984*).

Při studii saharského klimatu je třeba nejprve charakterizovat geomorfologii celé saharské oblasti. Sahara totiž nepředstavuje jen nekonečné písčité či kamenité plošiny. Vyskytují se zde nejrůznější typy reliéfů, od písčných moří (*erg*) až po horská pásma (*buttle*), což už naznačuje původní název pouště *Tinariwen*, překládané jako pouště, tedy ne jedna poušť, ale množství pouštních prostředí. Proto nelze hovořit ani o teplotě a srážkách zcela jednotvárně (*Bárta 2009, 317*).

2.2.1. Horská pásma Sahary

Typy reliéfu lze dělit do několika kategorií, a to z několika různých hledisek. V prvním případě záleží na nadmořské výšce. Na Sahaře se nachází jak vyšší pohoří, tak i nížiny a deprese. Pohoří na Sahaře si nelze představovat jako hory ve vyšších zeměpisných šířkách. Ve většině případů se jedná o horská pásma typická menší rozlohou a četnými údolními útvary, jež skalní vyvýšeniny přerušují. Na území Sahary se zdvihá nad okolním terénem několik významných horských jednotek, kam se uchýlovalo lidské osídlení i během sušších období. Pohoří na poušti se totiž vyznačuje vhodnějšími podmínkami pro život, jelikož se zde soustřeďovalo vyšší množství srážek, tudíž i vodní plochy se zde udržely po delší dobu než v nížinách.

Reliéf západní Sahary se skládá hned ze tří geomorfologických útvarů; pouště Sahary, pohoří Atlasu a pobřeží Atlantského oceánu. Atlas představuje nejvyšší pohoří severní Afriky, jeho vrcholy přesahují 4000 m nad mořem⁹. Táhne se od západního Maroka až k severnímu pobřeží Středozemního moře v Tunisku. Ve všech svých částech se rozkládá spíše v pobřežních partiích, které do pouště přímo nezasahují,

⁹ Nejvyšší hora Džebel Toubkal má nadmořskou výšku 4167 m. Leží na území dnešního státu Maroko.

kromě jednoho výběžku, jenž prostupuje dále do vnitrozemí na území Alžírsko. Nazývá se Saharský Atlas.

Vedle Atlasu patří k nejvyšším vrcholům pohoří Tibesti situované v centrální Sahaře Čadské republiky. Jelikož atlaská hora Džebel Toubkal neleží přímo na území Sahary, je považován za nejvyšší vrchol Sahary právě Emi Koussi v Tibesti. Jde o rozlehlý vulkán s výškou 3 445 m nad mořem. Dnes je již neaktivní.

Ve východní Sahaře se horská pásma dosahující takových nadmořských výšek nevyskytují. Obecně se tato oblast jeví jako více rovinatá a s vyšším množstvím depresí. Přesto i zde najdeme nižší hornaté krajiny.

Libye je charakteristická svou rozmanitou krajinou, ve skutečnosti více než jakýkoliv jiný saharský stát. Značně vyvýšený terén se vyskytuje převážně v jihozápadním okraji státu, kde se rozkládá pohoří Tadrart Acacus (nejvyšší bod měří 1506 m), v centrální Libyi pak pohoří Fezzan. Termínem Fezzan se však více než samotné pohoří označuje název pro celý jihozápadní region Libye, kde se rozprostírá z větší části písčité poušť přerušovaná skalnatými vrcholy. Obě lokality se vyznačují poměrně vysokým množstvím jeskyní a skalních převisů, kde bylo odhaleno pravěké osídlení. Zvláštní roli na tomto území hrají i široké a několik kilometrů dlouhé prolákliny, většina z nich byla identifikována jako vyschlá říční údolí neboli *wadí*.

Podobně jako v Libyi se i v sousedním Egyptě nacházejí různé typy reliéfu. Horská pásma jsou zde zastoupena dvěma hlavními vyvýšeninami, Gabal Uwejnát (Jebel Uweinat) a Gilf Kebír ležící v jihozápadním okruhu. Náhorní plošina Gilf Kebír se zvyšuje jižním směrem, kde dosahuje až 1100 m nad mořem. Vyšší pohoří Gabal Uwejnát zasahuje i do států Libye a Súdánu. Toto hornaté pásmo se v místní téměř ploché krajině tyčí do výšky více než 1900 m nad mořem. Masiv zvláště v severní části obsahuje bohatý systém wadí jako pozůstatků po vlhkém období, kdy vodní toky odváděly dešťovou vodu z hor do nížin.

Topografické prvky egyptské Východní (také Arabské) pouště se od Západní pouště liší. Území mezi Nilem a Rudým mořem je mnohem více hornatý. Skalnaté vrcholy se táhnou od severu k jihu a zasahují až do Súdánu. Pohoří při Rudém moři směřuje severovýchodně k Suezskému průplavu. Jejich nadmořská výška místy přesahuje 1900 m nad mořem.

2.2.2. Typy pouští a nížinných plošin Sahary

Z výškového hlediska lze na rozmezí pohoří a plošin postavit dunová pole. Jejich velikost může dosahovat značných rozměrů, i stovky metrů nadmořské výšky, stejně tak mohou být dlouhé několik kilometrů. Duny jsou definovány jako písečné přesypy neboli větrem naváté pahorky. Na prostranství se velmi často objevují ve skupině po několika valech. Tento útvar se nazývá dunová pole.

Naváté písky se vyvíjely do podoby dun hlavně v glaciálních obdobích, kdy na poušti panovaly hyperaridní podmínky. V interglaciálech se prach a písek více mísí s jílovitými frakcemi. Větrnou činností se formují mocná tělesa různého tvaru. Dělení na typy podle tvaru závisí především na úhlu a směru dvou hlavních částí duny, a to závěje a návěje. Nejčastěji lze na písečných pouštích pozorovat tzv. *barchany*, pahorky půlměsícovitého tvaru. Tyto srpkovité duny obvykle dosahují výšky kolem 30 m, nicméně na Sahaře mohou vzrůstat i do 500 m (*Zeman – Demek 1984*). Dále existují lineární neboli podélné duny, jejichž hřbety jsou větrem paralelně zarovnávané do rovnoběžných pásů. Stejně tak se lze často setkat s příčnými dunami, jejichž vzhled vypadá jako zvlněný hřbet s delší stranou umístěnou kolmo ke směru větru.

Písečné duny jsou ve skutečnosti výsledkem geologických procesů, které na pouštích probíhají. Mezi nejdůležitější činitele patří eolické procesy, kdy hlavní roli zastává vítr. Následkem výrazného sucha, velkých rozdílů mezi maximálními a minimálními teplotami vzduchu ve dne a v noci a nedostatku vody v kapalném skupenství dochází k výraznému převýšení výparu nad vlhkostí. To způsobuje v místním prostředí zvětrávání hornin. Skalní horniny se poté rozmělnují na menší úlomky, případně i milimetrové částice. V aridním prostředí převažuje mechanické zvětrávání nad zvětráváním chemickým, ačkoliv nelze opomíjet působení vysoké koncentrace slanosti a mineralizované vody (*Parsons – Abrahams 2009*).

Prachové a písečné frakce, tzv. *grus*, jakožto výsledek eolické eroze postrádají komplexní soudržnost, díky čemuž lze materiál lehce přemísťovat. Větrná eroze závisí na síle větru, stejně tak na hmotnosti a velikosti písečných zrn. Během eolické deflace je materiál odnášen z původního místa a poté, co síla větru ustane, písečné a prachové částice klesnou k zemi a dochází k jejich akumulaci. Tímto usazováním vznikají eolické sedimenty a z nich se poté pomalu vytvářejí písečné duny.

Pokud probíhající eroze (koraze) a následná deflace nabude extrémní síly, může způsobovat hlubší nerovnosti terénu. Tento výsledný produkt se nazývá deflační

deprese. Nejvhodnějším prostředím pro eolickou erozi jsou aridní sníženiny (*sebchy/sabkha*) a bezodtokové pánve (*bolson*) (Karásek 2001).

Za speciální typ deprese lze považovat *wádí* (vádí) neboli „suché pouštní údolí, zvláště na Saharě, zaplněné vodou jen po zimních a jarních deštích“ (Kraus 2006). Severní Afrika je pokryta velkým množstvím podobných proláclin, avšak v současné době kvůli nepříznivým klimatickým podmínkám málokterá wádí dokážou ještě trvale udržet a vést vodu. Jsou situována do vyšších nadmořských výšek, kde místní podnebí umožňovalo existenci říčních toků po delší období. Široká a dlouhá údolí jsou tedy identifikována jako vyschlá koryta řek.

Na základě činnosti vnějších a vnitřních geologických činitelů, kteří utvářejí podobu povrchu a udávají vlastnosti půd, lze rozdělit pouštní prostředí na několik typů. Dunová pole se vyskytují v písečných pouštích, nejčastěji v tzv. písečných mořích (*erg*), kde představují základní jednotku. Akumulace materiálu probíhala hlavně během kvartéru, a to v epizodickém rytmu v závislosti na globálním i regionálním klimatu. Zpravidla v době vyššího množství srážek se půdy stávaly vlhčími a geologická struktura dun více pórovitou. Informace o paleoenvironmentu, ať už konkrétně o klimatu, hydrologii či vegetaci, jsou obsaženy v mocných sedimentech písečných moří.

Vedle písečných pouští, které pokrývají přibližně 28 procent plochy Sahary (Wright 1993), jsou také velmi častým jevem tzv. *hamady* neboli kamenité pouště. V této krajině působí na reliéf eolické procesy stejně jako v písečných mořích, avšak zvětrávání zde formuje hrubý grus, tedy části zerodovaných hornin větších rozměrů, které vítr nedokáže transportovat. Nakupením podobného materiálu pak vznikají rozlehlé skalnaté plošiny pokryté rozervanými skalnatými úlomky. Z hlediska klimatických podmínek zde teploty povrchu dosahují vyšších teplot než na písečných pláních, a proto se zde vyskytuje i výrazně menší množství a variabilita vegetace (Parsons – Abrahams 2009).

Typ pouště označovaný jako *serir* představuje šterkovité prostředí, kde se nachází rozsáhlé kamenité plochy společně s vyšším množstvím písku.

V některých případech lze za samostatný typ pouště považovat slané pouště. Toto prostředí se pojí s vyschlými jezery. Tzv. *plaja* (také *playa*) jsou definována jako „plošiny v mezihorských pouštních pánvích se solnými jezery a prachovými, písčítými nebo šterkovými usazeninami“ (Wright 1993, 627). Během vlhkého období se na ploše s vhodným geologickým podložím vytvářely vodní plochy, trvalé nebo jen dočasné,

kolem nichž se soustředila vegetace. V důsledku aridifikace byla jezera vysušována, až se z nich nakonec staly deprese podléhající eolické erozi. Zvláště vysoké vypařování na tomto území způsobuje zvyšování koncentrace soli v krajině. Společné působení mechanického zvětrávání a salinity formuje na dně plochy krusty solí a solná tělesa.

2.2.3. Aridní půdy Sahary

V krajině se eolické sedimenty mohou vyskytovat nejen ve formě navátých písků, ale také jako eolické prachy neboli spraše. Vzniká transportem a usazováním jemných prachových a pískových částic společně s tmelící příměsí v podobě jílu a uhličitanu vápenatého. Zároveň obsahuje mimo jiné i oxidy železa, které zapříčiňují zbarvení do okrově hnědé až tmavě žluté barvy. Vyznačuje se vysokou pórovitostí, stejně tak i nevrstevnatostí (*Zeman – Demek 1984*).

Její přítomnost na Sahaře je chápána jako doklad aridního podnebí, jelikož eolické procesy ovlivňují krajinu v těchto obdobích nejsilněji. V Evropě, respektive obecně ve vyšších zeměpisných šířkách se objevují během vrcholných fází glaciálů (*Zeman – Demek 1984*).

Význam spraší v poušti spočívá především ve spojení s vodou. Tento klastický sediment dokáže absorbovat srážkovou vodu a kvůli silné propustnosti vsáknout do hloubky. Vlivem vysokého procenta evaporace se voda dostává zpět k povrchu, kde může po určitou dobu vyživovat kořeny vegetace. Tímto procesem se ale také snižuje obsah uhličitanu vápenatého, což vede k přeměně na sprašovou hlínu. V příznivých klimatických podmínkách se mohou na spraších vytvářet zemědělsky úrodné půdy. Také lze využít její ekonomický význam jako cihlářskou surovinu. Na Sahaře se v místech výskytu spraší objevoval během humidních period vegetační pokryv ve vyšší míře.

Půdy v aridních oblastech vykonávají funkci indikátoru stability v daném období. Pokud se klasifikují jako aktivní, území pokrývá vegetace. K pouštním prostředím se nejčastěji váží půdy zvané aridisoly (*Shmida 1988*). Tento aridní substrát ve svých půdních horizontech akumuluje vápenec a sádrovec, vyznačuje se vysokou koncentrací solí a uhličitanů. Mezi významnější půdy ještě patří entisoly, typické pro písečné duny. V těchto místech nelze půdy hospodářsky využívat, ovšem s jejich přítomností se lze setkat také v aluviálním prostředí, například v nivních údolích, pro Saharu konkrétně v nilské deltě.

Ostatní aridní půdy zastávají na Sahaře méně podstatnou roli. Jde především o mladé půdy s málo vyvinutým horizontem. Do této skupiny patří syrozemě, litosoly, na území slaných jezer a pánví také halisoly (*Parsons – Abrahams 2009*).

2.2.4. Hydrologie Sahary

Pohled na hydrologickou stránku Sahary sám o sobě vypovídá o tom, jak pouštní environmentální podmínky zabraňují výskytu trvale zamokřených krajín na téměř celé své rozloze. Trvalými vodními plochami jsou myšlena především jezerní či říční údolí, která vlastní schopnost přetrvat i v obdobích s minimálním přísunem dešťové vody. Takové případy se vyskytují pouze mimo hyperaridní oblast, tj. výhradně v jižní části Sahary. Mezi výraznější toky v západní Africe patří řeky Senegal a Niger, jež zasahují do pásma Sahelu. Ve východní části pak dominuje pouze Nil, který jako jediný protéká severními partiiemi Afriky a vlévá se do Středoziemního moře.

V aridních a semiaridních částech Sahary mají silné zastoupení také slané prameny. Hlavním předpokladem pro vznik podobných slaných ploch je výrazné převýšení evaporace nad srážkami. Ačkoliv se lze setkat s vyšší koncentrací solí a karbonátů i v jiných reliéfních příkladech, vznik slaných útvarů se nejčastěji soustřeďuje do oblastí depresí typu *sebcha*. Ty lze rozdělit podle účinnosti a rozložení geohydrologických procesů na dvě základní skupiny; přímořské a vnitrozemské (*plaja*) (*Yechieli – Wood 2002*, 345). Hlavní rozdíl spočívá v přítomnosti či naopak absenci mořských depozitů. Spojení s mořským prostředím a depozity může významně ovlivnit vlastnosti celého objektu, včetně výškové úrovně podzemní vody.

Analýzy sedimentů poskytují množství informací pro studie paleoenvironmentu, konkrétně z hlediska paleoklimatu pak zastávají funkci indikátoru výskytu podzemní a povrchové vody v dané oblasti.

Podzemní voda reprezentuje zdroj velkého množství hydrologických dat, která se využívají pro rekonstrukci paleoklimatu, ale také pro studium současné situace. Lidé žijící v oblasti pouště jsou odkázáni na přístup k podzemní vodě, závisí na tom celé jejich hospodářství, skládající se ze zemědělství a pastevectví. Z tohoto důvodu se celosvětové organizace zapojují do projektů zkoumající tuto problematiku. Jako jeden příklad za všechny lze uvést projekt GARPAD (General Authority for Rehabilitation Projects and Agricultural Development), který byl realizován v letech 1998-2001 (*Lattif*

– *El Kashouty 2009*, 167). Geochemické a hydrogeologické informace získané v rámci těchto výzkumů lze využít i pro analýzy přírodní historie.

Stav podzemní vody řídí faktory spojené s klimatem (srážky, evaporace), topografií (povrchové povodí) a geologií (mineralogie, vodonosná litologie). Proto veškeré změny podzemní vody reflektují změny klimatického režimu. Atmosférická cirkulace ovlivňuje kontinentální povrchovou vodu a stejně tak řídí energii a vodu pod povrchem (*Lézine 2011*, 3009). Pokles či naopak nárůst vody v systému ovlivňuje okolní geologické složení. Také zaznamenává odchylky v chemickém složení podzemní vody a jejího okolí. Na povrchu se změny projevují prostřednictvím vegetačního pokryvu. Od rozvoje zemědělství, a zvláště pak průmyslu se staly důležitým činitelem také aktivity na povrchu.

Nil, jakožto jediné vodní přerušení Sahary, představuje obrovské možnosti pro zkoumání klimatické historie. Se svou délkou téměř 6700 km¹⁰ (*Zaki 2007*, 2883) se stal druhou nejdelsí řekou na světě. Nejnovější studie podporované radarovou technologií odhalují detailní systém paleokanáľů, vázaných k Nilu, které se vyskytují pod povrchem nebo již následkem aridifikace zcela vyschly.

Samotný tok Nilu, který ústí do Středozemního moře, se skládá ze dvou hlavních vodních zdrojů; Bílý Nil a Modrý Nil. K jejich soutoku a tedy ke vzniku pravého Nilu dochází v súdánském městě Khartoum (Chártúm), přibližně 15, 5° severní šířky a 32, 5° východní délky (*Zaki 2007*, 2883). Do Nilu se o několik stupňů severněji, v městě Atbara, vlévá ještě jeden větší pravý přítok, řeka Atbara. Společně tak zajišťují silný odtok sladké vody z etiopského pohoří a Viktoriina jezera.

V současné době zaujímá totální plocha moderního nilského povodí na egyptském území asi 1 900 000 km². Pojem moderní povodí je v případě Nilu velmi důležité, jelikož v historii docházelo k mnoha geologickým změnám, během nichž nilský tok měnil své směry a tvar. Při zkoumání historie egyptského Nilu a jeho delty je třeba se zároveň opírat i o geologický vývoj celé severoafrické plochy, východního Středomoří a Rudého moře.

Počátky Nilu lze spojovat s utvářením Arabské plošiny ve středním miocénu (miocén přibližně 23 až 5 300 000 let). Ovšem při analýzách sedimentů delty byla odhalena přítomnost aluviálních sedimentů již z raného miocénu. Nejstarší systém řeky

¹⁰ Přesná hodnota se v literatuře liší. 6650 km (<http://en.wikipedia.org/wiki/Nile>, staženo 5. 3. 2012); 6670 km (*Williams 2009*, 1).

je známý jako Urnil, z pozdního miocénu potom jako Eonile (Zaki 2007, 2884). Vývoj v následující třetihorní fázi pliocénu byl silně ovlivněn vzrůstem hladiny Středozemního moře. Došlo k zaplavení nilského kaňonu, který v podobě mělkého zálivu dosahoval až téměř po hranici dnešního města Asuán. V této sedimentární vrstvě dokládá přítomnost mořského prostředí především depozity jako mořská fauna a bahenní a jílovité usazeniny. V závěru pliocénu pak moře ustupovalo zpět na sever a postupně docházelo k formování první podoby ústí řeky do moře a říčního kanálu, dnes známého jako Paleonil.

Během pleistocénu, v nejranějším období vývoj říčního koryta pokračoval již jako Protonil. Změny klimatu a geologické procesy náleží k hlavním činitelům při tvorbě současné podoby řeky. Na základě stratigrafických vrstev teras v nilském údolí bylo rozeznáno osm pluviálních vrstev¹¹ (Zaki 2007, 2886) přerušovaných interpluviálními fázemi. Vlhká období reprezentovaná říčními a jezerními depozity a přítomností paleopůd v nepravidelných intervalech střídala sušší období, během nichž docházelo k ukládání slaných částic a akumulaci dun.

Další vývojový stupeň se nazývá Prenil (srov. Abdelkareem 2012, 35). Horizont je spojován s artefakty připisované období acheulénu (počátky v Africe asi 1 600 000 BP). Pluviál s výrazně silnými dešti nastal v severní Africe v průběhu středního pleistocénu a trval přibližně mezi léty 120 000 až 90 000 BP. Pro toto období se vývojové stádium toku jmenuje Neonil a je vázáno k množství pozdně acheulénských lokalit. Identifikace této fáze byla provedena na základě kamenných depozitů opracované levalloiskou technikou. Současnou podobu Nil dostává až na konci pleistocénu, v období kolem 12 000 BP (Bárta 2009, 344¹²).

V nilském údolí byly prováděny analýzy izotopů stroncia (⁸⁷Sr /⁸⁶Sr), jejichž cílem bylo datovat skořápky schránek sladkovodních měkkýšů (Talbot – Williams – Adamson 2000). Mikrofosilní záznam byl zastoupen fragmenty lastur a rybích kostí. Zároveň probíhala datace depozitů nalezených v sedimentech říční nivy Bílého i Modrého Nilu. Vyhodnocené výsledky zmapovaly fluktuaci hladiny Nilu v období 15 000 let a bylo možné identifikovat silné záplavové výkyvy, respektive stadium, kdy byla hladina Nilu nejvýše. Ve srovnání Bílého, Modrého a pravého Nilu dochází ke shodě především v závěru pleistocénu a na počátku holocénu. Kalibrovaná radiokarbonová data uvádí, že hladina začala růst od cca 14 500 cal. BP. U Modrého

¹¹ Analýzy z roku 1990, od té doby došlo k mnoha úpravám.

¹² Srov. Sampsell 2003.

Nilu byly zaznamenány záplavy dosahující vyšší úrovně teprve 13 900 až 13 200 cal. BP (*Williams 2009*, 7). Ovšem extrémní nárůst vody v Nilu nastal až po 12 500 cal. BP (*Issar 2003*, 81). V důsledku nárůstu srážek v etiopském pohoří, stejně tak převýšením hladiny Viktoriina jezera došlo ke zvětšení ploch povodí, tudíž i Nilu. Charakteristický záplavový režim si Nil začal utvářet až od raného holocénu (11 500 BP).

2.3. Klima Sahary

Na základě teplotních dat, která se skládají z průměrného počtu slunečních dní a poměru potencionálního vypařování, byla oblast severní Afriky rozdělena na čtyři základní regiony; hyperaridní, aridní, semiaridní a semihumidní (subhumidní) (*Parsons – Abrahams 2009*, 4). Na pobřeží severní Afriky vládne odlišné podnebí než v centrální Sahaře, je klasifikováno jako vlhčí přímořské klima subtropického pásma. Pás s nejsuššími klimatickými podmínkami se táhne transkontinentálně od pobřeží Atlantického oceánu k Rudému moři. Jeho západní hranice se rozkládá na ploše ohraničené přibližně 18. až 26. stupněm severní šířky, na východě v oblasti delty Nilu pak sahá až ke Středozemnímu moři.

Průměrná teplota vzduchu dosahuje ve dne přibližně 50 stupňů Celsia, ovšem teplota kamenitých ploch se ještě zvyšuje minimálně o dvacet stupňů, v noci pak klesá do výrazně nižších hodnot. Množství srážek stoupá s nadmořskou výškou, proto většina řek na Sahaře pramenila převážně v horách. Na většině území se lze setkat jen s minimálními srážkami (5 až 100 mm za rok), někde se déšť neobjeví vůbec třeba několik desetiletí. Bohaté zdroje vody se pak nacházejí na řadě míst pod povrchem a dnes jsou získávány artézskými studněmi. Mimo tuto vodu, vázanou většinou na pískovec, se pod pískem skrývají také teplé a slané termální prameny, které výrazně podporují rozsáhlou erozi.

Podnebí, které určuje extrémní podmínky pro život (vyjma oáz a hor), nebylo vždy tak suché jako v současné době. Naopak lze na Sahaře najít velké množství dokladů vlhkého klimatu v minulosti. Jde především o dnešní wádí a plaja. Říční údolí a jezerní pánve dodávaly krajině důležitý zdroj pro život, vodu. Řeky sváděly dešťovou vodu z hor do bezodtokových oblastí. Voda se pak hromadila v jezerech, kolem nichž rostla vegetace a koncentrovala se lidská sídliště. Velikost jezera závisela na geologickém podloží, které bylo většinou tvořeno štěrky a písky z okolních teras, na nich se usazovaly písčité jíly. Například v okolí Nabty v Egyptě vznikala velká jezera, kdežto v egyptském Velkém písečném moři, které se rozkládá od oázy Síwy až po Gilf

Kebír, jsou nalézána pouze plaja malých rozměrů, a to hlavně v jeho severní části. Zde se voda udržela pouze několik týdnů (*Parsons – Abrahams 2009*).

V sedimentech zaniklých jezer lze velmi dobře sledovat postup vysychání. Podle stop kořenů se jezero začalo přeměňovat v močál a neustálým vysycháním se postupně vytvářela poušť. Přestože téměř všechny tyto plochy dnes vyschly, informace o vodním prostředí zůstaly zachované v podobě sedimentů. Na základě analýz stratigrafie nejen aluviálních, ale také eolických úkazů¹³ je možno zrekonstruovat paleoklima celého geologicky nejmladšího období, čtvrtohor (*Zeman – Demek 1984*). Události čtené v geologických vrstvách také synchronizují s určitými změnami v atmosféře a oceánech.

Saharské přírodní prostředí v minulosti se dá dobře rekonstruovat ze čtyř komponentů; z vývoje místního vodního ekosystému, z údajů o procesu vzniku dnešní podoby pouště, z vývoje vegetace a změn regionálního větrného systému (*Kröpelin – Verschuren 2008, 765*). V historii Sahary došlo k několika klimatickým zvrátům. Je důležité stále připomínat, že nelze na Saharu pohlížet jako na jednu krajinu, tento fakt se odráží i na klimatické minulosti. Na planetě panuje značná nerovnoměrnost v množství dopadajících srážek na pevninu. Ve vyšších polohách bylo podnebí vždy vlhčí a savany se tam udržely déle než v nížinách. Nejmladší klimatické změny probíhaly na území severní Afriky v době pozdního pleistocénu a pokračovaly dále do raného a středního holocénu. Studie na Sahaře se zaměřují hlavně na období mezi posledním glaciálním maximem (cca 21 000 až 18 000 BP) a holocenním klimatickým optimem (10 000 do 6800 cal. BP¹⁴).

Nástup klimatického optima v raném holocénu znamenal nejen na Sahaře velké změny. Jeho dopad na krajinu, ale také na lidské osídlení a kulturu lze nejlépe pozorovat v porovnání s klimatem ve starších čtvrtohorách (*Nicoll 2001*).

2.3.1. Klima v saharském pleistocénu

Počátek čtvrtohor konstantně ustanovený na cca 2 600 000 let znamenal v globálním měřítku ochlazení třetihorního podnebí. Na rozdíl od starších period se kvartér vyznačuje klimatickou nejednotností. Cyklické střídání glaciálů a interglaciálů se projevovalo po celém světě, včetně Sahary. Chronologie dob ledových a

¹³ Stratigrafie písečných dun poskytuje velké množství informací o střídání suchých a vlhkých fází.

¹⁴ Datace je nejednotná podle různých autorů, jejichž výzkumy se váží k jedné určité lokalitě či metodě datování (*Swezey 2011, 126*).

meziledových téměř přesně koresponduje s aridními (až hyperaridními) a vlhkými fázemi (*Issar 2003*).

Na každou výraznou a dlouhodobou změnu podnebí krajina reagovala téměř okamžitě. V případě nadcházející hyperaridity vysušování po celém regionu probíhalo rychle a nemilosrdně. Naopak při proměně v zelenou Saharu se zprvu potřebovaly stabilizovat půdy a vodní zdroje a až poté se ve větším rozsahu šířila vegetace. Ve srovnání s holocénem v pleistocénu jednotlivé intervaly trvaly mnohem delší časové období. Ve stratigrafii jsou výraznější pluvialy zaznamenány v podobě jílovitých depozitů, případně fragmentů vodních rostlin a živočichů. Aridní podmínky zase dokazuje přítomnost produktů eolické eroze a sádrové pokrývky jako jemné krusty.

V době 23 až 18 000 BP (*Bárta 2009*, 344) nastalo pozdně glaciální maximum¹⁵, které se vyznačovalo silným ochlazením severní hemisféry, včetně tropických oblastí. Na Sahaře však nehrála změna teploty takovou roli. Větší dopad na krajinu měla náhlá, ale extrémně silná aridifikace. Hyperaridita vedla k rozsáhlé eolické aktivitě. Větrnou abrazi podporovala nízká vlhkost a malé množství srážek. Vytvářely se písečné duny a deflační deprese. Pouště se šířily jižním směrem, ve vrcholné období dosahovaly až k 16. stupni severní šířky (*Nicoll 2004*, 563). Odhaduje se, že během největšího sucha rozsah Sahary byl až o 400 km větší než dnes (*Kuper 2006*, 412).

Samotný tok Nilu byl velmi omezen, a dokonce mnoho drenážních systémů definitivně vyschlo. Pozůstatky vegetace se dokázaly udržet pouze v místech (například wádí), kde byl umožněn přístup k podzemní vodě, nebo případně ve vyšších nadmořských výškách se zvýšenou pravděpodobností minimálních vodních srážek. Suché podnebí panovalo na Sahaře po celý pozdní pleistocén.

V závěru pleistocénu se zvyšovala teplota a začaly přibývat i srážky, hlavně v horách docházelo k zásadnímu zvlhčení, zatímco nížiny zůstávaly stále suché. Tyto události souvisí s globálním oteplováním. Na Sahaře je konec glaciálu stanoven na dobu mezi 15 600 a 14 000 BP (*Bárta 2009*, 344).

Poslední výraznější suchou fází před začátkem holocénu byl mladší dryas. V severní Africe je datován do doby 12 800 až 11 500 cal. BP (*Swezey 2001*, 125). Na Sahaře se

¹⁵ Srov. 21 500 cal. BP (*Swezey, C. 2001*, 125). Chronologie je definována různě vzhledem k četným teplotním výkyvům.

tato událost projevila poklesem srážek a snížením úrovní hladin jezer. Toto podnebí trvalo až do samého konce pleistocénu.

2.3.2. Příčiny holocénní změny klimatu

Roku 1992 (ratifikace 2005) OSN vytvořilo rámcovou úmluvu o změně klimatu¹⁶, kde byl tento termín definován jako „*změna vyvolaná jakýmkoliv vnějším i vnitřním faktorem. Vede ke změnám v atmosféře v globálním měřítku a k zesílení proměnlivosti klimatu ve srovnatelných časových obdobích.*“ (Fárský 2004, 55). V definici zastávají funkci vnějších činitelů intenzita slunečního záření, rozložení pevnin a oceánů¹⁷, oceánská cirkulace, objem, teplota¹⁸ a míra slanosti oceánů, tvar reliéfu a sopečná činnost. Složení atmosféry a její cirkulace¹⁹ hraje stejně důležitou roli (Fárský 2004).

Území východní Sahary se nachází na rozhraní dvou klimatických systémů. Obrovský rozdíl teplot mezi dnem a nocí je způsoben oceánskými větry vanoucími ze severu a severozápadu. Ty přináší na severoafrické pobřeží vláhu, avšak teplý saharský vzduch rychle vlhké větry vysuší, a proto teplota ve dne vystoupá do nepřiměřených hodnot. V zimních měsících tyto cyklony způsobují mírné deště, spíše jen mrholení (van Zinderen Bakker – Maley 1977), které se nejvíce projevuje v pobřežních regionech kontinentu, avšak do centra pouště nezasahují vůbec, nebo jen v té nejslabší formě (Brookes 2003, 156).

Druhým činitelem, jenž zavlažuje prostor severní Afriky, přichází od jihu a nazývá se africký monzun. Území zasažené monzunovými dešti se v odborné terminologii označuje zkratkou ITCZ (The Intertropical Convergence Zone). V současné době se pásmo rozkládá v oblasti rovníku a jeho vliv dosahuje oběma směry přibližně 15 stupňů zeměpisné šířky. V letních měsících (nejvíce v červenci a srpnu)

¹⁶ Celý text: http://unfccc.int/not_assigned/b/items/1417.php, staženo 21. 2. 2012.

¹⁷ Vliv na poměr teploty světového oceánu a pevniny a pohyb mořských proudů.

¹⁸ Klimatická oscilace na Sahaře je spojena se silou či slabostí severoafrické anticyklonní tlakové zóny (tlak vzduchu respektive rozložení celého barického systému), kterou ovlivňuje teplota oceánů (Le Hou'rou 1997, 628).

¹⁹ V zeměpisné šířce mezi rovníkem a 30. stupněm určuje atmosférickou cirkulaci tzv. Hadleyho buňka. Označuje atmosférickou cirkulaci během pleistocénu a holocénu. Původně vlhké a teplé větry vznikají u rovníku, poté směřují k severnímu a jižnímu pólu. Při klesání z troposféry ztrácí vláhu a výsledné suché větry následně vytváří na pevnině pouště. Tyto větry dále proudí zpět k rovníku a východním směrem. Při vyšší ariditě Sahary se prach z pouště dostával až do oblasti pólů, kde je zaznamenán v ledovcových vrtech.

rozsah pásma dosahuje svého maxima, jak z hlediska rozlohy, tak i v síle dešťů. Naopak v zimě větry extrémně ochabují a drží se blíže rovníku.

Tento druh větru je ovládán insolací. Množství slunečního záření dopadající na plochu závisí na poloze Země a Slunce, a ta je zase podmíněna Milankovičovým cyklům. Řídí se pravidlem, čím vyšší insolace, tím více srážek. Energie slunečního záření zemský povrch zahřívá (rychleji než vodní plochy) a vytváří teplý vzduch, který stoupá vzhůru a rozpíná se. Vzniká oblast tlakové níže. Těžké vlhké větry plné vypařené mořské vody pak vanou z oceánu (Indický oceán) směrem k pobřeží, aby se tlak vyrovnal. Při kontaktu s teplým vzduchem na pevnině dochází ke zkapalnění vodních par, což způsobuje déšť. Díky vysoké insolaci na Sahaře může monzun zasáhnout až africké tropické oblasti u rovníku, kde jsou deště nejmožnější. Část již slabších odezev těchto dešťů se dotýká také severních okrajů, respektive jižních saharských hranic (Sahelu), kde se poté objevuje více zeleně než v centru pouště.

Saharské klima je velmi citlivé na sebemenší změnu, třeba jen o desetinu teploty, proto se velmi lehce přepínají dva základní systémy- sucho a vlhko. Na počátku holocénu došlo k jedné zásadní změně. Pásmo letních monzunových dešťů se posunulo z tropické Afriky asi o 800 km²⁰ směrem na sever. Za jeden z důvodů lze považovat zvýšení insolace na severní hemisféře asi o 5 procent během letních měsíců (*Braconnot 2000*, 55). Větší rozdíly teplot mezi jednotlivými ročními sezónami a následně i mezi oceánem a souší zapříčinily vyšší monzunové proudění společně s vlhkostí z oceánů na vnitřní část pevniny. V zimě se zesláblé monzuny stahovaly na jih k rovníku a také k dešťům nedocházelo tak často jako v létě.

Monzunové pásmo ve vrcholu pluvialního maxima (přibližně 9000 cal. BP) (*Nicoll 2001*, 60)²¹ zasahovalo až k dnešní oáze Dáchla, jež se nachází téměř ve stejné zeměpisné šířce jako staroegyptské město Théby (současný Luxor). Celý Horní Egypt patřil do území, které bylo v létě zahrnuto přívalovými dešti, zatímco severní část Sahary byla ovlivňována mediteránním klimatickým režimem zimního mrholení. Pouštní oblast tak byla po celý rok přirozeně zavlažována, a tudíž dovolovala přítomnost vegetace i lidských sídlišť. Z geologických záznamů bylo zjištěno, že vývoj monzunového pásma probíhal jak ve východní, tak i v centrální a západní Sahaře podobným způsobem. Rozdílné hodnoty se více objevují v oblasti chronologii.

²⁰ V literatuře se hovoří o severní hranici mezi 24. a 26. stupněm severní šířky (*Brookes 2003*, 163). Srov. posun o přibližně 700 až 1000 km (*Bubbenzer – Riemer 2007*, 609).

²¹ Srov. nekalibrované datum 8100 BP (*Nicoll 2001*, 60).

V průběhu středního holocénu (přibližně od 7500 BP) se monzunové pásmo opět stahovalo zpět k jihu. Právě tento jev zapříčinil zhoršení klimatu, umožnil suchým fázím zasahovat do vlhkého období stále častěji a na delší dobu. Zprvu přicházely suché výkyvy na 10 až 15 let, později se udržely více než 100, některé i 400 let, než byly zase vystřídány krátkou a slabou humiditou (*Bárta 2009*, 343). Sucho nakonec vlhkost porazilo a svou devastující fázi si udrželo až dodnes. Ale jak už bylo řečeno, stačí jen minimální změna některého z činitelů ovlivňující klima a může nastat zcela nečekaný zvrat v celém podnebí Sahary.

Při charakteristice proměn klimatu v severní Africe je též důležité zmínit, jaký dopad měla migrace monzunů na sever pro jižní hemisféru, respektive jak vypadala krajina jižně od rovníku. V současné době se na tomto území (státy Jihoafrická republika, Botswana, Namibie, jižní Angola a jižní Zambie) rozkládá poušť Kalahari. Přestože se zde objevují různé pouštní úkazy, například solné deflace, pouštní vegetace apod., Kalahari není považována za pravou poušť. V porovnání se Saharou jde spíše o teplejší semiaridní prostředí s průměrnými ročními srážkami okolo 175 až 250 mm (*Wright 1993*). Nejsušší místo je položeno v jihozápadní části, zde se vyskytují písčité duny s nepravidelnou vegetací. Severním směrem se rostlinný pokryv proměňuje v zelenější savanu.

V raném a středním holocénu měly klimatické změny téměř opačný účinek než pro Saharu. Během pleistocénu nepanovaly v jižní Africe tak drsné aridní podmínky jako na severu. Na základě pylových dat se klima na Kalahari výrazně zhoršilo právě na počátku holocénu. V období cca 11 000 až 6000 cal. BP, zvláště ve vrcholné fázi okolo 9 500 cal. BP zde byla detekována hyperaridita s minimálními známkami vegetace (*Elias 2006*, 336). Opakovaný nárůst vlhkosti byl zaznamenán až v době po 6000 cal. BP, kdy na Sahaře naopak začala probíhat aridifikace.

V současné době mohou travnaté partie Kalahari sloužit jako analogie saharské krajiny v zelené fázi (*Wright 1993*).

2.3.3. Holocenní klimatické optimum

S holocénem začíná také nové období teplého a vlhkého klimatu. Samotné holocenní klimatické optimum, také nazývané africké vlhké období či holocenní vlhká

fáze, trvalo na Sahaře přibližně od 10 000 do 6800 cal. BP (*Swezey, C. 2001, 125*)²². V horských polohách se objevují známky tohoto pluválu již v době přibližně 11 500 cal. BP. V severozápadní Sahaře (stát Mali) je nárůst vlhkosti detekován v době přibližně 10 900 cal. BP (*Cremaschi – Zerboni 2010, 89*). Datace je celkově velmi nejednotná a může se měnit podle konkrétních lokalit v rámci celé Sahary.

Hydroklimatologické podmínky byly oproti pleistocénu velmi kolísavé, mnohem více nestabilní než ve starších čtvrtohorách. Jednotlivé intervaly trvaly různě dlouhé období, některé kratší deset let, jiné i čtyřicet let. Stejně významný je také rozdíl v intenzitě. Tím, že se aridní a vlhké klima střídalo častěji, nemohlo dojít k takovým extrémním výkyvům jako v pleistocénu. V literatuře pro tuto holocenní oscilaci užívají termíny zelená a hnědá Sahara.

Období holocenního klimatického optima lze rozdělit na dvě fáze; první vlhčí úsek je kladen do počátku holocenního klimatického optima až přibližně 7500 cal. BP. V této éře nastaly velké změny vedoucí k výrazné přeměně krajiny. Srážky na Sahaře se během této doby pohybovaly mezi 150 až 200 mm za rok²³. Mohutné a časté deště zásobily podzemní vodu. Vznikala trvalá plochá jezera a říční toky. Vodní hladiny dosahovaly nejvyšších hodnot okolo 8500 cal. BP²⁴. Oblast byla pokryta úrodnými půdami. Tyto vhodné podmínky pro život aktivovaly na Sahaře vzrůst bohaté vegetace a lidského osídlení.

Pro regionální podnebí v jednotlivých saharských částech tento klimatický zvrat znamenal mimo jiné také vyšší sezonalitu. Pro vegetaci nejpříznivější počasí panovalo v letních měsících. Ačkoliv převládaly vyšší teploty, mnohem důležitější byla vysoká vlhkost a srážky přinášené monzunovými dešti. Pylové záznamy jednoletých rostlin v profilech jasně potvrzují, že v červenci a srpnu jejich růst kulminoval. V zimních měsících se naopak Sahara stávala méně obývanou (*Kindermann – Bubenzer 2006, 1633*), jelikož deště přinášely jen cyklony ze severu a severozápadu a též se snížily i teploty. Na jaře se opět vodní situace zlepšila. Na toku Nilu se jarní sezona projevovala nárůstem hladiny jako výsledek tání sněhu a ledu v etiopském pohoří.

Ve druhé fázi klimatického optima se podnebí viditelně zhoršilo. Humidita byla stále častěji porušována aridními obdobními. Zprvu se jednalo o krátké nerovnoměrné

²² Srov. 12 000 až 6000 BP (*Bárta 2009, 344*), 9500 až 6000 BP, 9000 až 5000 cal. BC (*Bubenzer – Riemer 2007, 609*), 8 500 až 5 300 cal. BC (*Bolten – Bubenzer – Bareth 2009*).

²³ Srov. cca 300 mm za rok (*Haynes 2001, 121*).

²⁴ Pluviální maximum na Sahaře (*Watrin – Lézine – Hély 2009, 656*).

vlny, avšak z výzkumu saharských lokalit vyplývá, že v době přibližně 7500 cal. BP²⁵ (*Mercuri 2008, 1962*) nastala velmi suchá fáze, která ukončila vlhké období a odstartovala rozsáhlou desertifikaci.

Podobné suché etapy evidujeme na Sahaře již dříve, avšak jejich síla a časové trvání nebylo dostatečné, aby to přineslo krajinně silnější následky. Intenzita aridity byla pravděpodobně podpořena událostí v Severní Americe, která je připisována k období okolo 8200 BP (*Cremaschi – Zerboni 2010, 89*). Prolomení glaciálního jezera změnilo oceánskou cirkulaci v Atlantiku, což silně ovlivnilo i atmosférickou cirkulaci, a tedy i globální klima. V Severní Africe nejenže nastal silnější aridní interval (cca 8100 cal. BP), ale hlavně se změnila povětrnostní podmínky a pás monzunových dešťů se začal posunovat zpět k rovníkovým zeměpisným šířkám.

Přibližně v době 7900 cal. BP se na Sahaře obnovilo vlhčí prostředí. Zelené savany stále pokrývaly prostor Sahary, avšak kvůli suššímu podnebí a nápadnému úbytku srážek začaly pozvolna ustupovat. Krajina se více a více podobala stepím. Opakované suché fáze byly stále silnější, naopak vlhké úseky na své intenzitě slábly, což zapříčinilo ubývání vody v jezerech.

Výrazný zlom ve vývoji klimatu nastal okolo 7500 cal. BP (*Swezey 2001, 126*). Z jezerních sedimentů je patrné, že hladiny výrazně poklesly. Důkazem vysychání mnoha vodních ploch je přítomnost bažinatých vrstev ve stratigrafii pláží. V závěru holocenního optima docházelo na Sahaře k rychlým kaskádám sušších období, která aridifikaci posilňovala. Proces přeměny zelené Sahary na hnědou závisel na rychlosti úbytku a hojnosti srážek na daném území. Ještě v době přibližně 6000 cal. BP se odhaduje množství průměrných ročních srážek okolo 250 mm, ale o 1500 let později hodnota klesla na méně než 150 mm²⁶ (*Kröpelin 2008, 768*).

Na samém konci holocenního klimatického optima (cca 5 500 cal. BP) postupně vznikala poušť blízka dnešnímu stavu. V období přibližně 5 700 až 4 500 cal. BP²⁷ docházelo k vyschnutí většiny jezer i říčních toků na celém území. Tyto prudké procesy probíhaly převážně v nížinách mimo oázy, ovšem například v Gilf Kebíru či jiných vyšších polohách trvala vlhká fáze až do doby přibližně 6200 BP²⁸ (*Bárta 2009*), pak teprve dostihla desertifikace i nadmořskou výšku přes 1000 m nad mořem.

²⁵ Srov. 6340 až 6210 cal. BC (*Mercuri 2008, 1962*). 5300 cal. BC (*Kuper 2006, 413*).

²⁶ Měřené hodnoty vychází z analýz sedimentů v severním Čadu. Severním regionům odpovídá nižší množství srážek (maximálně 200 mm za rok).

²⁷ Přesnější datování závisí na nadmořské výšce, podloží, povrchu apod.

²⁸ Kalibrované cca 7000 cal. BP (CalPal Online Radiocarbon Calibration).

2.4. Ekosystémy na Sahaře

Sahara představuje sérii velmi specifických ekosystémů, kde přežití živých organismů závisí na vhodných a příznivých podmínkách abiotických faktorů. Tento vztah se vztahuje k celkovému globálnímu pojetí biotů, nicméně na Sahaře dochází k extrémnímu vyhocení, což se pak odráží i na biosféře, která je velmi citlivá k jakýmkoliv výkyvům v prostředí (*Wright 1993*). Probíhající jevy silněji podléhají jak makroklimatu celé Sahary, tak i mikroklimatu v užším vymezeném regionu. Studium interakce klimatu a vegetace patří k základním kamenům klimatického systému a slouží k jeho většímu porozumění.

Biom pouští a polopouští se z geografického hlediska váže k oblastem obratníků zeměpisné šířky, kam již nedosahuje tropické rovníkové klima, a zároveň ještě nezačíná sezonní klima mírného pásu.

Pouště a polopouště často bývají shrnuty do jedné skupiny subtropické zóny, avšak ekosystémy obou skupin se mohou výrazně odlišovat. Pouště označují ty nejsušší místa, kde za rok spadne v průměru maximálně 100 mm srážek (*Prach – Štech – Říha 2009, 44*)²⁹. Klasifikují se tak pouště obecně, nicméně konkrétně na Sahaře takové množství ročních srážek se objevuje jen velmi vzácně a spíše ve vyšších nadmořských výškách. V saharské poušti se více vyskytují místa, kde neprší i několik let, či dokonce desetiletí. Tato extrémní absence dešťové vody má pro vegetaci devastující následky, a proto se zpravidla v takových oblastech vegetační pokryv vůbec nenachází, nebo pouze vysoce nepravidelně. Na druhé straně polopouště jsou hodnoceny jako biomy s již pravidelnou vegetací, a to díky průměrným ročním srážkám 100 až 200 mm (*Breckle 2002, 217*).

V žádném jiném biomu není vegetace limitována přísunem srážek tolik jako v pouštích a polopouštích. Subtropický region je ovlivňován Hadleyho cirkulací, suché větry způsobují šíření pouště. V letních měsících oslabují toto atmosférické proudění monzuny přinášející vláhu z oceánu na pevninu, tudíž i více dešťů. Jemné cyklonové mrholení v zimě pokrývá pouze nejsevernější části Sahary a ani zde nedodává dostatečné množství vlhkosti pro výskyt trvalé vegetace. Do samotného nitra kontinentu, respektive centrální Sahary³⁰ v současné době nezasahuje (*Brovkin – Claussen 1998*).

²⁹ Srov. pouště jsou oblasti se srážkami do 200 mm za rok, polopouště pak v rozmezí 200 a 400 mm za rok (*Výbiralová 2009, 8*).

³⁰ Výjimkou jsou vyšší nadmořské výšky. Stejně tak deflační deprese v oblastech blíže pobřeží.

Tvář biotické krajiny vytváří reliéf, typ podloží a typy půd. Kvůli suchému klimatu převažují v pouštích tzv. holé půdy³¹, tedy půdy s pískem a grusem, které nejsou pokryté žádnou vegetací. „*Pískovcové sedimenty představují velmi dobře propustné prostředí, které je dáno jednak hustotou sítí puklin a jednak přítomností otevřených pórů mezi zrny pískovce*“ (Fárek – Šrejber 2011, 3)³². Dešťové srážky se stávají významnou zásobárnou podzemních vod. Voda se v této formě ukládá v podloží do různých úrovní hloubky. Odtud pak rostliny čerpají potřebnou vodu skrz rozsáhlý systém dlouhých kořenů. Následkem vysokých teplot se voda vypařuje nejprve ve svrchních částech substrátu, z větších hloubek se voda vytrácí po delší časový interval.

Při klimatických změnách, jež vedou k nárůstu srážek a vlhkosti, se prostředí mění s cílem dosáhnout tzv. zelené rovnováhy (Brovkin – Claussen 1998, 31 621). To znamená, že vegetační pokryv potřebuje pro svou existenci a rozmnožování minimální počet srážek³³. Obnova zeleně v aridním regionu nenastane ze dne na den, ale probíhá postupně a může trvat i několik dekad v závislosti na příjmu vláhy a povrchové aktivitě člověka.³⁴ Stejně tak nelze chápat průběh jako monotónní pro celou Saharu.

Rekonstrukce biotického stavu během holocenního klimatického optima je prováděna na základě archeobotanických a archeozoologických záznamů z archeologických lokalit, ale také z geologických výzkumů. S pomocí radiokarbonového datování lze sestavit vývojovou křivku vývoje vegetace v závislosti na změnách klimatu.

Organismy, ať už jde o rostliny či živočichy vyskytující se na Sahaře, musely přizpůsobit požadavky na svoje přežití v aridních podmínkách. Tuto adaptaci lze chápat jako proces způsobený stresem³⁵, který následně odstartoval potřebné změny. Jde především o adaptaci fyziologickou a etologickou. Pokud je organismus neschopný reagovat na regionální abiotické změny, jeho existence může být vážně ohrožena.

³¹ Angl. *Bare soil* označují půdy nebo konkrétně písek bez známek jakékoliv podoby vegetace na povrchu ani pod povrchem. Chovají se jako jiné půdy, ale neobsahují potřebné živiny pro vytváření vegetačního pokryvu, což zároveň způsobuje jejich rozšiřování.

³² Díky vyšší propustnosti písku voda vtéká hlouběji, tudíž i její vypaření trvá déle než například u jílovitého prostředí, kde se voda drží blíže povrchu. V písečných pouštích dosahují kořeny přítomných rostlin hloubek přibližně 30 až 40 cm pod povrchem (Prach – Štech – Říha 2009, 56.)

³³ Tento údaj je pro každého organického jednotlivce odlišný.

³⁴ Mínil se tím využívání vegetačního pokryvu hlavně pro zemědělství a pastvu. Obě aktivity mohou způsobovat degradaci půdy, což negativně ovlivňuje i vegetaci. Tato problematika se týká spíše současné situace.

³⁵ Stresory mohou být biotické (vliv jiných organismů) i abiotické, například změny klimatu (Vybiralová 2009, 10).

Jedním ze základních požadavků pro život je voda. Z hlediska tolerance lze organismy rozdělit do čtyř základních kategorií. Euryhygrická³⁶ skupina snáší větší výkyvy teploty i vlhkosti. Stenohygrické druhy dokážou přežít jen v určité hladině vlhkosti. Hygrofilní vegetace požaduje trvalou a vysokou vlhkost, naopak xerofilní druhy ji tolik nepotřebují, a mohou tedy přežívat i v suchém prostředí.

V současné době lze na africký kontinent pohlížet jako na dvě aridní části separované tropickým pásem. Podle výsledků z analýz pylu rostlinných makrozbytků se africká pevnina člení do menších vegetačních regionů řízených klimatickými podmínkami. Na pobřeží severní Afriky směrem na jih se rozkládají zóny: středozevní, pre-saharská, saharská, sahelská, súdánská, súdánsko- guinejská, guinejsko- konžská, Viktoriino jezero (*Elias 2006*, 320). Výčet druhového zastoupení typického pro současný aridní stav se ve jmenovaných oblastech výrazně od raného a středního holocénu liší. Migrací monzunových dešťů se pás Sahelu posunul na sever, a aktivní vegetace se tak rozrostla i do míst vyprahlých po hyperaridním pozdním pleistocénu.

Chronologický vývoj vegetace na Sahaře v zásadě synchronizuje s postupem vlhkého klimatu a následným vysycháním. Nicméně vzhledem k různorodé geomorfologii severní Afriky se rostlinný porost odlišoval v jednotlivých geografických částech a typech reliéfu.

Počáteční fáze³⁷ zaznamenává výrazný nárůst vlhkosti. Na Sahaře se objevovala sladká voda udržovaná v dočasných nebo trvalých vodních plochách. Kolem nich se soustřeďovaly první známky vlhkomilného vegetačního pokryvu v podobě orobince (*Typha* sp.), sítiny (*Juncus* sp.), skřípiny (*Scirpus* sp.), okřehku (*Lemna* sp.) či rdestu (*Potamogeton* sp.).

Během vrcholné fáze klimatického optima se v prostoru dnešní pouště a polopouště rozprostíraly savany. Druhově připomínala současný sahelský a súdánsko-guinejský region (srov. *Elias 2006*, 320). Travnatý porost byl zastoupen především čeledí lipnicovitých (*Poaceae*), konkrétně se v pylových záznamech často objevuje ježatka (*Echinochloa* sp.). Pyl tohoto druhu se nalézal ve stratigrafii již od nejstaršího holocenního období. Mezi nižší trávy nalézané na saharských lokalitách ještě patřily šachorovité (*Cyperaceae*).

³⁶ Hygro znamená řecky vlhko, vlhký.

³⁷ 8800 až 8300 cal. BC (*Mercuri 2008*, 1962).

Hojně rozšířená byla také salvadora perská (*Salvadora persica*), rostlina vyhledávající sušší místa³⁸, kde však měla přístup k dostatečnému množství podzemní vody. Dnes již pouze ve středozemní oblasti, v raném holocénu i v centrální Sahaře se objevovaly rostliny kaparovité (*Capparidacea*), například kaparovník neboli kapara trnitá (*Capparis spinosa*), *Cadaba farinosa* či *Maerua crassifolia* (Nicoll 2004, 566).

Vedle travin se k savanám váží také křoviny a dřeviny. Typický zástupce pro vlhčí klima na Sahaře, vřesovec stromovitý (*Erica arborea*), vyhledával trvalejší vodní plochy a hlavně vyšší nadmořské výšky, proto se častěji nalézá v pylových profilech horských pásem. Avšak kvůli jejich pozitivnímu vztahu ke kyselým půdám snáší vřesovcovití (*Ericaceae*) i sušší zázemí. Keřovitý druh kulan egyptský (*Balanites aegyptiaca*) může ve vhodných půdních a klimatických podmínkách dorůstat i větší výšky (až 10 m), proto se v některých případech řadí i ke stromům. Adaptoval se na aridní podmínky. Dodnes hraje na poušti významnou roli jako stínidlo a potrava pro velbloudy (listy) i pro lidi (plody). Trnitý keř myrhovník (*Commiphora myrrha*) snáší relativně suchá prostředí v Africe (ale hlavně na Madagaskaru), avšak přímo pouště nevyhledává.

Přítomnost některých mediteránních nebo naopak středoafriických a jihoafrických druhů je interpretováno jako následek zesílení severojižních větrů (Lézine 2009, 753). Do této skupiny se řadí například duma Petersonova (*Hyphaene petersiana*), duma thébská (*Hyphaene thebaica*), olivovník evropský (*Olea europaea*) a datlovník pravý (*Phoenix dactylifera*).

Vzhledem k postupnému vysychání se proměňovala i saharská krajina. Dosud rozšířené savany byly zatlačovány na jih společně s dosahem afrického monzunu. Porost řídl a naopak se více šířily psamofilní³⁹ traviny (6500 BP, 4250 cal. BC)⁴⁰, například ostrokvět ježatý (*Cenchrus echinatus*).

Proces migrace vegetace, ať už směrem na sever v raném holocénu, nebo na konci holocenního optima zpět směrem k rovníku, lze dobře pozorovat na sahelských rostlinných druzích. Břestovec (*Celtis* sp.) se vyskytoval v průběhu pluvialního maxima⁴¹ v hojném počtu až na území jižní Libye. Pylový záznam vikve (*Vicia* sp.),

³⁸ Vyskytuje se spíše v savanách, ale je schopná snášet prostředí i polopouští, v pravých pouštích se nevyskytuje.

³⁹ Psamofyty jsou organismy (rostliny i živočichové) žijící v písečném prostředí.

⁴⁰ Srov. posun vegetace jižním směrem po 6500 cal. BC (Watrin – Lézine – Hély 2009, 663.)

⁴¹ Srov. 7900 až 7000 cal. BC (Watrin – Lézine – Hély 2009, 63).

stejně tak kotvičniku (*Tribulus* sp.) taktéž poukazuje na klimatické změny. Dnes lze tyto rostliny najít pouze v oblasti Sahelu.

Typické saharské druhy jako *Calligonum* sp. a chvojník (*Ephedra* sp.) rostou přímo na písčinych dunách a jsou známy na Sahaře po celý holocén, tedy během klimatického optima i v současné suché fázi. Nejlépe se adaptovaly na sucho a vysoké teploty pouštní mechy a lišejníky. Dokážou se maximálně přizpůsobit podmínkám daného okamžiku zmenšením listů a rozšířením kořenového systému. Typické příklady, vraneček neboli nepravá růže z Jericha (*Selaginella lepidophylla*) a pravá růže z Jericha (*Anastatica heirochuntica*), mají schopnost se v suchém prostředí svinout do sebe a později při kontaktu s vodou se zase rozvinout.

Jeden z nejvíce rozšířených rostlinných rodů, a tedy i velmi častý botanický nález z raného a středního holocénu se nazývá akácie⁴² (*Acacia*). Druhově se může jednat o keře i o stromy. Na Sahaře rostly převážně druhy *Acacia albida*, *Acacia commiphora*, *Acacia tortilis*. Na území Egypta se lze setkat s tzv. egyptským trnem, který označuje druh kapinice nilské (*Acacia nilotica*). Ačkoliv stačí k růstu této rostliny minimální množství vodních srážek, její rozšíření se v důsledku aridifikace silně omezilo na horská pásma a údolní lokality, nejčastěji wádí, kde vegetace vykazovala nebo stále ještě vykazuje určitou aktivitu (Nicoll 2004).

Akácie mají velmi hodnotné dřevo. Při vyšší vlhkosti se z jednotlivce může stát i větší strom, jehož trvanlivost díky vyšší toleranci trvá i dlouhá staletí. V Africe, ale také na Arabském poloostrově, v Indii a ve střední Americe se dodnes využívá pro nejrůznější účely. Rostliny obsahují léčivé látky, které lidé používají v lidovém léčitelství. Také její semena slouží jako potrava. Akácie poskytovaly základní potřeby v podobě materiálu k výrobě různých nástrojů či jako palivo (Beneš 2011).

Podobný význam pro saharský paleoenvironment zastává tamaryšek (*Tamarix*)⁴³. Díky výrazně dlouhým kořenům, které jsou schopné dosáhnout podzemní vody hluboko pod povrchem, mohl na Sahaře přežít i suchá období. Tyto velmi tolerantní keřovité stromy rostou obvykle na půdách s vyšší koncentrací soli.

Dřevina cypřiš tassilský (*Cupressus dupreziana*) patří k nejlepším materiálům pro dendrochronologické analýzy v aridních a semiaridních oblastech. Adaptoval se na vyšší teploty a silný pokles srážek. Jeho stanoviště se v současné době nachází na

⁴² V české botanické terminologii také známá jako kapinice.

⁴³ Druhově zastoupení: *Tamarix nilotica*, *Tamarix amplexicaulis*, *Tamarix passerinoides*, *Tamarix aphylla*.

vrcholech plošin, kde častěji dochází k dešťovým přehánkám. Během zimy je schopen načerpat více vody a vytvořit si zásoby na sušší léto. V podobě dřevěných nástrojů a konstrukčních prvků se lze s ním setkat i na archeologických lokalitách (*Cremaschi – Pelfini – Santilli 2006, 294*).

Stejně jako rostliny reagovali na klimatické změny i živočichové. Nejčastěji z kosterních pozůstatků lze určit přesné druhy, které žily na saharských lokalitách v daném období. Na základě datovatelných souborů se může vytvářet vývojová křivka přítomnosti různých taxonů v konkrétních oblastech. Jinými slovy, jak postupně pronikali na Saharu živočichové semiaridní a typičtí pro africké savany.

Vynikajícím indikátorem střídání suchých a vlhkých fází je fauna, která přímo žije ve vodě či její přežití a rozmnožování úzce s vodou souvisí. Pak lze tuto skupiny ještě dále rozdělovat podle toho, zda vyžadují sladkou či slanou vodu. Zvláště v blízkosti pobřeží lze pozorovat na základě přítomnosti mořských depozitů v sedimentech, jak se měnila úroveň pevniny a moří. Stabilní sladká voda se objevovala na Sahaře v podobě jezer či jiných bezodtokových vodních nádrží. Během holocenního klimatického optima byla pravidelně zásobena dešťovými srážkami a říčním systémem, stejně důležitou roli zastávala podzemní voda.

V těchto prostorech se lze setkat s výskytem měkkýšů⁴⁴ (*Mollusca*), lasturnatek (*Ostracoda*) a plžů (*Gastropoda*), jejichž existence se dochovává v podobě fosilních depozitů uložených v sedimentech. Tyto živočišné druhy jsou známé svou silnou závislostí na vodním prostředí. Pokud je v sedimentárních vrstvách náhle zaznamenána jejich absence, tento jev je vysvětlován jako suchá fáze, která způsobila výrazný pokles vodní hladiny, či naprosté vyschnutí. Záleží, zda se nalézají v časově následujících vrstvách znovu (*Hoelzmann – Keding 2011*).

Skupinu savců, jejichž existenci na Sahaře v průběhu raného a středního holocénu dokazují dochované kosterní pozůstatky, je třeba rozdělovat na druhy divoké a domestikované. Domestikace souvisela se šířením zemědělského způsobu života, kdy bylo pastevectví vázáno na rozvoj lidského osídlení na Sahaře⁴⁵.

Rozšíření divokých živočichů úzce souviselo s rostlinným pokryvem. Zvířata se stěhovala za potravou. Když se tudíž pás savan posunul směrem na sever, následovali

⁴⁴ Nejčastěji objevující druhy: *Melania tuberculata*, *Melania tuberculata*, *Lanistes carinatus*, *Cleopatra bulimoides* (*Abell – Hoelzmann 2000, 3*).

⁴⁵ Viz kap. 3. Lidské osídlení Sahary (východní Sahara).

vegetaci i živočichové běžní pro současné území Sahelu. I přes značné zvýšení vlhkosti klimatu však museli být schopni snadnějšího přizpůsobení se k sušším podmínkám. K nejrozšířenějším druhům patřili turovití sudokopytníci (*Bovidae*), převážně gazely (*Gazella dorcas*) a antilopy (*Oryx dammah*, *Alcelaphus buselaphus*). Zvláště antilopa losí (*Taurotragus oryx*) dokáže vydržet bez vody i několik dnů. Tzv. pouštní antilopa adax núbijský (*Addax nasomaculatus*) cestuje za vodou a krmivem velké vzdálenosti, žíví se chudým pouštním travnatým porostem a akáciemi.

Kočkovité šelmy se pohybují spíše v oblastech polopouští, na pravé písčité či kamenité pouště nejsou dostatečně adaptované. Divoké kočky zastupuje například karakal (*Caracal caracal*). Zajáci (*Lepus*) vyhledávali vlhčí místa s pravidelným zeleným pokryvem. Na druhou stranu psovité šelma fenek (*Vulpes zerda*) se saharským podmínkám dokonale přizpůsobila a dodnes žije v písčitých pouštích s minimální přítomností vegetace.

Pštrosi (*Struthio*)⁴⁶ dnes zastupují pouze sahelský druh živočichů. Avšak na základě velkého množství skořápek pštrosích vajec rozsetých po celé oblasti Sahary lze předpokládat, že tito nelétaví ptáci obývali rozsáhlé území i ve vyšších zeměpisných šířkách.

Vedle hmotných nálezů pozůstatků živočichů lze čerpat informace o fauně také z ikonografických pramenů (Dufková 2007). Nejlépe dochované nálezy v podobě skalních maleb pochází z náhorní plošiny v Gilf Kebíru v Egyptě a regionu Fezzan. Obě lokality ukazují živočišné druhy, které se však v současné době vyskytují pouze ojediněle dokonce i v Sahelu. Jde například o žirafy, lvy, nosorožce, hrochy a slony (Storemyr 2008). Je třeba se proto ptát, do jaké míry lze na základě skalního umění opírat hypotézy týkající se druhového zastoupení fauny na Sahaře. Jinými slovy při zkoumání těchto maleb vzniká otázka, zda lidé malovali to, co viděli kolem sebe, nebo to, s čím se setkali při cestování do jižních končin (Darchuk – Rotondo 2011).

⁴⁶ Osteologický materiál z raného a středního holocénu není blíže určen. Dnes se v Severní Africe vyskytuje druh *Struthio camelus*, na území Etiopie pak *Struthio massaicus*.

3. Lidské osídlení Sahary (východní Sahara)

Změny klimatu ve východní Sahaře výrazně působily na průběh osídlení po celém území. Staří Egypťané nazývali nilské údolí “*kemet*“ (černá země) podle úrodného bahna, které jim zajišťovalo úrodu. Naopak poušť chápali jako “*dešet*“ (červenou zemi), jelikož minerály železa obsažené v pouštním reliéfu zbarvoval zemi do červené barvy. Poušť pro ně představovala nehostinnou plochu, něco děsivého, pravý opak údolí rozkládající se po březích životodárného Nilu. V době rozvoje starověké egyptské civilizace již Sahara vypadala téměř jako současná poušť. Oázy prakticky představovaly jediné vhodné místo pro osídlení tak, jak je tomu dodnes. Zároveň však pouštní podmínky hrají roli vynikajícího konzervátoru dokladů nejen samotného paleoklimatu, ale i lidské přítomnosti. Sledování změn osídlení severní Afriky mezi severní a jižní hranicí Sahary poskytuje nejen prostorovou, ale i časovou syntézu posouvání lidské populace v souvislosti s environmentálními výkyvy (Kuper – Kröpelin 2006, 803).

Základními podmínkami pro život jsou voda, surovinové zdroje a vhodné prostředí. Během holocenního klimatického optima zaplňoval dostatek srážek říční toky i jezera, a dodával tak lidem potřebnou vláhu v podobě vody samotné i jako vegetace, která by bez vody nevydržela. Stejným způsobem vlhkost zformovala krajinu do savan, kde žila rozmanitá lovná zvěř. Později se na těchto plochách mohly rozkládat pastviny i úrodná území. Kamenité pláně doprávaly osadníkům výrobní materiál. Lidé se mohli tedy vyskytovat i v místech mimo oázy.

Intenzita osídlení pouště se měnila v závislosti na střídání aridity a vlhkého klimatu. Jak bylo řečeno výše, vegetace a celá krajina vůbec velmi citlivě reagovala na každou důraznější změnu podnebí. Na lidské osídlení Sahary je třeba hledět nejméně ze dvou základních pohledů. Člověk žil v místech, které ani v době holocenního klimatického optima nepatřily k nejvyhledávanějším a nejúrodnějším. Pokud zde chtěl žít, musel se stejně jako rostliny a živočichové adaptovat k daným podmínkám. Zároveň však člověk vystupuje jako jeden z vnějších faktorů, který utvářel podobu krajiny, ve které již žil. Jinými slovy nelze opomíjet vliv klimatu, respektive celého prostředí na člověka, ale ani vliv člověka na prostředí.

Výskyt člověka v pouštích mimo oázy patří k nejlepším indikátorům vlhkého klimatu vůbec. Jeho fyziologie je sice do jisté míry adaptovatelná ke zhoršeným přírodním podmínkám, avšak stále musí dodržovat určité potřeby. Pokud tedy krajina

nesplňovala nutná kritéria, lidé se museli stěhovat. Vhodná krajina spočívala v dostupnosti vody a možnosti získat potraviny. Lidé také potřebovali úkryt, kam by se mohli skrýt před přímými slunečními paprsky. Z těchto důvodů vývoj lidského osídlení koresponduje s vývojem saharského klimatu téměř identicky. Zpravidla se měnilo podle toho, zda v té době panovalo suché či vlhké klima.

Ve východní Sahaře jsou rozšířena sídliště zasazena do různých období. Nejstarší doklady lidského výskytu zde spadají již do staršího paleolitu. Blíže je na lokalitách detekována kamenná industrie spojovaná s acheulénem. V následujícím vývoji patří k významnějším nálezům až středopaleolitické artefakty (*Haynes – Maxwell a kol. 1997, 827*). Kamenná industrie vázaná ke starší fázi mousteriénu není tolik zastoupená jako u mladšího období středního paleolitu. Přítomnost ateriénu odpovídá poslednímu výraznému lidskému osídlení Sahary před nástupem pozdněpleistocenní hyperaridity (*Le Houérou 1997*).

Jen v Libyjské poušti je známo několik desítek lokalit s takovým paleolitickým vývojem. Dvě menší sídliště se nachází v centrální části pohorí Tadrart Acacus. Nazývají se Uan Tabu a Uan Afuda (*Cremaschi – Di Lernia – Garcea 2000, 229*). Zvláště na stratigrafii té druhé lze pozorovat hiát mezi střední dobou kamennou a holocenním osídlením⁴⁷. Tato vrstva obsahující eolické návěje reflektuje právě aridní podmínky pozdního pleistocénu.

V jižní části Egypta je situována oblast s podobným sekvenčním záznamem. V poušti Darb el Arba'in, dnes jednom z nejsušších míst Západní pouště, leží lokalita Bir Kiseiba důležitá především kvůli rozlehlému říčnímu kanálu (*Hill 2009*). Zde byly objeveny kamenné artefakty typické pro acheulén i střední paleolit⁴⁸. Následný nástup hyperaridní periody ukončil dosavadní osídlení, které bylo obnoveno až s počátkem zelené Sahary (*Haynes 2001*).

V pozdním pleistocénu končila v Evropě poslední doba ledová, zatímco na Sahaře panovaly hyperaridní podmínky. Téměř nulové osídlení se ve stratigrafii projevuje naprostou absencí artefaktů. Ve východní Sahaře zastávalo hlavní útočiště údolí Nilu, kde se soustřeďovala hlavní vlna osídlení. Samotný závěr paleolitu je v literatuře

⁴⁷ Radiokarbonové datování a OSL určilo počátek holocenní okupace jeskyně Uan Afuda v době 9 765 ±105 BP (*Cremaschi – Di Lernia – Garcea 2000, 233*).

⁴⁸ Poslední pluvialní perioda v pleistocénu ukončena 65 000 BP na základě uranového datování karbonátů v říčním údolí (*Haynes – Maxwell a kol. 1997, 829*).

rozdělován ještě na tři dílčí období; epipaleolit, terminální paleolit a post-paleolit⁴⁹ (*Bard 1999*, 12). V tomto období docházelo k nárůstu vláhý díky posunu monzunového pásma, tudíž i vegetace společně s lidmi postupně pronikala dále do nitra saharských končin. Proměňovala se krajina a struktura osídlení.

Za počáteční fázi osídlení pouště po hyperaridní pleistocénu je označována doba mezi 9800 a 9500 BP⁵⁰. Regiony v severních částech Sahary však zaznamenaly vzrůst až kolem 8500 BP (*Bubbenzer – Riemer 2007*, 609). Důvodem je pravděpodobně menší vliv monzunových dešťů, které na sever nedosahovaly v takové síle. Oblast pak byla zavlažována výhradně středozemními cyklony.

Krajina přeměněná na obyvatelné savany umožnila lidem žít na dosud nevhodném území. Skupiny lidí se do vnitrozemí posunovaly z východní strany, tedy od Nilu, stejně tak i z jihu společně s rozšiřováním sahelského pásma (*Kuper – Kröpelin 2006*, 805). Lidé se museli přizpůsobit novým podmínkám i prostředí. V raném holocénu pokračoval tradiční lovecký způsob života. Archeologické a archeozoologické nálezy z lokalit definují místní populace jako lovce a sběrače, ačkoliv podle kamenných nástrojů a způsobu zpracování zvířecích kostí se utváří myšlenka počátků primitivního typu lokálního hospodaření⁵¹.

Život na Sahaře byl silně ovlivňován klimatem i během holocenního klimatického optima. Tato citlivost nebo spíše závislost se projevovala sezonalitou. Intenzita osídlení se řídila především podle monzunových dešťů, které byly přinášeny v letních měsících, v ostatních měsících byl však život omezen na vyšší polohy a oázy. Hovoří se tedy o sezonním osídlení, nikoliv trvalém (*Nicoll 2004*).

Koncentrace nálezů vytvořených lidskou rukou se soustřeďovala přímo k pobřeží nebo alespoň do blízkého okolí vodních ploch, ať už jezer či říčních toků. Tedy lidé vyhledávali taková místa, kde se předpokládalo, že vegetace a voda vydrží i během sušší periody (*Kindermann – Bubbenze 2006*). Taková místa se často nacházela ve vyšších polohách či v místech depresí. Sídliště se v horských oblastech umísťovala do jeskyň a pod skalní převisy, kde lidé byli chráněni jak před deštěm, tak také před případnými písečnými bouřemi (*Cremonesi – Zerboni 2010*, 91).

⁴⁹ Všechny tři období spadají do doby cca 12 000 a 9 000 BP (*Bard 1999*).

⁵⁰ 9000 cal. BC (*Bubbenzer – Riemer 2007*). Srov. 8500 až 6500 BC (*Bárta 2009*, 49).

⁵¹ Nelze ještě použít termín domestikace (*Kuper – Kröpelin 2006*, 805). V anglické terminologii se používá pre-pastoral.

Většina těchto lokalit jsou malého rozměru. V častých případech se jedná jen o množství nahromaděných artefaktů detekující lidskou přítomnost. Může se jednat o soubor rozptýlených kamenů tvořící ohniště, zpracovaný kamenný materiál do podoby mlecích kamenů, drtidel či jiných nástrojů pro úpravu potravy. Typologicky lze artefakty z nejranějšího holocénu zařadit do epipaleolitické industrie (*Cremaschi – Zerboni, 693*).

Na Sahaře se také vyskytují sídliště situována na písčité plošiny i do vzdálenějších míst od vodní plochy. Stejně jako u předchozího typu šlo o lokality krátkodobě využívané. V tomto případě spíše připomínala lovecké tábory, které se pohybovaly za potravou. V průběhu postupující domestikace se přecházelo na budování pasteveckých osad. V oblasti dnešního Velkého písčitého moře je například známá lokalita Regenfeld datovaná do raného holocénu⁵² (*Riemer 2000, 26*).

Na mnohých lokalitách je těžké odlišit vrstvy epipaleolitické a mezolitické. Předpokládá se, že jeden z hlavních rozdílů spočívá v získávání potravy. Lovci a sběrači převažují v obou obdobích, avšak v době po 9000 cal. BP se začíná vedle tohoto způsobu objevovat i pastevectví (*Cremaschi – Zerboni 2009, 695*). Taktéž je třeba zdůraznit rozvoj rybaření. Tato aktivita se mohla provozovat pouze v případě, že hladiny vodních ploch byly stabilní. Právě v blízkosti bývalých vodních toků bývají častými nálezy kamenné nástroje identifikované jako háčky a háky, kterými se lovily ryby (*Bard 1999*).

Pastevectví mohlo prosperovat pouze v příznivých klimatických podmínkách. Minimální roční úhrn srážek mimo údolí řek a oáz, který pasteveci potřebovali pro chov, činil 100 mm za rok. Za těchto okolností mohli tábořit i ve vzdálenějších oblastech. Jejich tábory sloužily svému účelu pouze krátkou dobu. Taková místa jsou určována například přítomností kamenů větších rozměrů, které pasteveci používali jako kotevní kameny⁵³ k uvázání zvířat (*Nicoll 2004, 566*). Jejich způsob života nejvíce připomíná nomády, kteří na Sahaře žijí dodnes.

Pasteveci se neustále stěhovali se zvířaty za vhodnými pastvinami. Transhumance je doložena například na území libyjského Fezzanu. Mezi jezerní plošinou Erg Uan Kaza, náhorní plošinou Messak a blízkým horským pásmem Tadrart Acacus existovalo spojení, které zřejmě souviselo s pastevectvím. Pod skalními převisy a v jeskyních

⁵² Radiokarbonové datování uhlíků do 9388 ±70 BP, skořápek z pštrosích vajec do 8040 ±50 BP.

⁵³ Také upevňovací kameny. Jsou nalézány již od epipaleolitického období, kdy je jejich funkce spojována s pastmi na zvířata. Ve vztahu k pastevectví se spíše vysvětlují jako kameny, kterými se zatěžovala provazy s uvázanými zvířaty (*Cremaschi – Zerboni 2009, 698*).

pastevci sídlili během doby strávené v horách. Na ploše bývalého jezera byly zase objeveny kamenné nástroje a mlecí kameny z křemene, jenž pochází z pohoří Tadrart Acacus (*Cremašchi – Zerboni 2009*, 695).

V průběhu rané fáze klimatického optima (9500 až 8800 cal. BP) (*Gatto 2002*, 77) se začíná též objevovat také nový fenomén v podobě nejstarší keramiky nalézané na Sahaře. Přítomnost keramických nádob na sídlišťích často souvisí s pasteveckým hospodařením (*Kuper – Kröpelin 2006*, 805). Na archeologických lokalitách se vyskytují keramické nádoby s dekorem dvojího typu; s rytou vlnicí či vypíchanou vlnicí⁵⁴ (*Jesse 2003*, 35). První nálezy byly učiněny v súdánském Chartúmu a zároveň v centrální Sahaře. Kromě několika výjimek se produkce keramiky s rytou vlnicí soustředila výhradně na území mezi severním Čadem a Rudým mořem. Keramika s vypíchanou vlnicí se šířila mnohem rychleji a po celé východní i západní Sahaře. V pozdním neolitu jejich množství mezi depozity výrazně pokleslo a s nejmladšími soubory se lze setkat pouze v západních částech Sahary.

Nejdůležitějším pokrokem raně neolitické fáze byl přechod od nepravé domestikace k tzv. pravé (*Bard 1999*). Chovaná zvířata, dobytek (*Bos primigenius*), ovce a kozy, se musela adaptovat na místní klima. Na rozdíl od dobytka, který byl domestikován lokálně, ovce (*Ovis orientalis*) a kozy (*Capra hylus*) se dostali do egyptské Východní pouště (jeskyně Sodmein) z Předního Východu (*Kuper 2006*, 412). Oba druhy se ukázaly jako zvířata velmi tolerantní k suššímu klimatu.

Oblast nilského údolí a Nabta Playa se v otázce domestikace vyznačuje klíčovými postavením. Na základě kosterních pozůstatků byl dobytek domestikován v Západní poušti okolo 9000 cal. BP (*Williams 2009*). Vedle domestikace zvířat se kulturní, sociální i ekonomická změna projevovala zaváděním obilnářské produkce. Ačkoliv lov a rybolov byl stále přítomný, rozhodně zastával menší roli než dříve. Na sídlišťích jsou doložené kosti lovné zvěře i nádoby s kostmi dobytka (*Hoelzmann – Keding 2011*, 212). Kamenné nástroje se používaly nejen pro lov, ale také ke zpracování masa chovných zvířat.

V době přibližně 7400 cal. BP (*Kuper 2006*, 413) nastal z hlediska pro osídlení velký zlom. Tento chronologický údaj odpovídá ve studiích paleoklimatu nástupu silné

⁵⁴ Incised Wavy Line (IWL) a Dotted Wavy Line (DWL).

aridní periody, která oslabila klimatické optimum. Environmentální změny se projeví výrazným poklesem archeologických lokalit v poušti (*Brooks 2006*, 36).

Osídlení pouště bylo sice záhy obnoveno, epizodická sídliště stále pokračovala, nicméně v omezené míře. Lidé si vybírali pouze taková místa, kde si byli jistí přítomností podzemní vody nebo se tam stále vyskytovala trvalá povrchová vodní plocha. Na každé lokalitě probíhalo vysušování různou rychlostí. Nezáleželo jen na nadmořské výšce, ale také na zeměpisné šířce. Deště migrovaly směrem k jihu spolu s monzunovým pásmem (*Bubenzer – Riemer 2007*, 609). Limnologické záznamy ukazují značný úbytek vody. Mnoho jezer se měnilo na bažiny, stejně tak se zmenšovaly travnaté plochy. Na základě těchto údajů byla stanovena přibližná rychlost posouvání dešťů na 36 km za 100 let (*Nicoll 2004*, 569). Po přibližně 6500 cal. BP rapidně ustupovala savana před pouštní flórou.

Neolitické lokality se nadále vyvíjely v místech, kde bylo nadále umožněno sídlit a věnovat se pastevectví. S rozšiřující se pouští lidé obývali spíše oázy a údolí řek, ve větší míře se pak vyskytovali v horských oblastech a v jižních zeměpisných šířkách, kde dosud vláha z monzunů poskytovala dostatek vody a vegetace, například v Gilf Kebíru v Egyptě, v severní oblasti Súdánů či v okolí Čadského jezera (*Kuper 2006*, 413).

Rapidní aridifikace nutila místní obyvatele k definitivnímu přestěhování do vhodnějších lokalit. Tato událost, jejíž hlavní vlna probíhala v době přibližně 6000 až 5500 cal. BP⁵⁵ (*Nicoll, K. 2001*, 60), přímo ovlivnila zasazení nového těžiště vývoje lidského osídlení severovýchodní Afriky do nilského údolí. Nazývá se příhodně velký exodus (*Kuper 2006*, 414).

Tradiční způsob pozdně neolitického života bylo nutné přizpůsobit k novým podmínkám. Na Sahaře začaly převládat typické druhy pouštní vegetace. Lov a rybolov se stal čistě vedlejším způsobem získávání potravy⁵⁶. Chov dobytka a pastevectví se stalo základem obživy. Transhumance mezi nilským údolím, oázami a Západní pouští pokračovala i v během aridifikace⁵⁷. V nilském údolí se v této době hovoří o jasně definované usedlé společnosti neolitických farmářů. Starší neolitická keramika s vlnicí byla postupně nahrazována lokálními styly.

⁵⁵ Srov. 6000 až 4000 cal. BC (*Kuper 2006*, 414).

⁵⁶ Více přetrvává pouze ve společnosti saharských nomádů.

⁵⁷ Doklady mezi lokalitami Abu Minqar a Abu Ballas a oázami Faráfrou a Dáchlou (*Kuper – Kröpelin 2006*, 806).

4. Metody zkoumání klimatu a osídlení. Stávající výsledky

V předchozích kapitolách byl popsán vývoj krajiny a lidského osídlení na území Sahary. Obecně konstituovaný přehled vycházel převážně z analýz její východní části porovnávané s lokalitami v centrální a západní Sahaře. Následující detailní pohled na jednotlivé klíčové oblasti, které přispěly k vytvoření všeobecného vzorce, poskytnou v první řadě opodstatnění výpovědí předložených výše, avšak zároveň poukážou i na nejasnosti a rozdíly, jež se na zkoumaném území mohou objevit. Dále bude kapitola zaměřena na informace o konkrétních metodách, jimiž lze problematiku saharského přírodního prostředí a osídlení studovat.

Lokality byly rozděleny do třech hlavních skupin; egyptsko-súdánský region, Libyjskou poušť a území Čadu.

4.1. Čadská oblast

Environmentální rekonstrukce jižního regionu centrální saharské pouště se opírá zvláště o záznamy z jezerních sedimentů. Na ploše Čadu lze porovnávat údaje ze dvou významných jezer. První z nich, jezero Yoa, leží u severovýchodní hranice, zatímco Čadské jezero se rozkládá v jihozápadní části státu. Jižní Čad se v současné době považuje za součást sahelské zóny, avšak severní oblast spolu s jezerem Yoa již vykazuje aridní a hyperaridní podmínky. Poloha jezer umožňuje sledovat, jakým tempem a způsobem se v holocénu proměňovala krajina jižní hranice Sahary.

Jezero Yoa patří do velmi úzké skupiny trvalých jezer na Sahaře, která stále ještě existují. Svou lokací přesahuje soudobou hranici Sahelu, avšak i přesto vlaha z monzunových dešťů stále brání definitivnímu vyschnutí (*Lézine 2009*). Jezero reagovalo na aridifikaci poklesem hladiny a zmenšováním vlastní plochy. V důsledku toho a také díky pouštním podmínkám jako konzervátoru informací se dochovaly rozsáhlé jezerní sedimenty. Environmentální a archeologické výzkumy v jezeře a jeho blízkém okolí byly prováděné institutem univerzity v Kolíně nad Rýnem pod vedením Stephana Kröpelina.

Jemně rozvrstvený jezerní komplex byl podroben sedimentologickým rozborům, geochemickým a archeobotanickým analýzám. Organický materiál byl datován

radiokarbonovou metodou. Výsledky zasazené do saharského paleoenvironmentu vypovídají o vývoji místního vodního systému, o vzniku dnešní podoby pouště a místní vegetace a o změnách regionálního povětrnostního systému. Kontinuální osídlení oblasti bylo datováno od pleistocénu. Přímou u jezera Yoa se rozkládá město Ounianga Kebír, kde se od nástupu aridifikace a desertifikace soustředí jediné lidské osídlení.

Současné pouštní klima je charakterizováno vysokými teplotami, nepravidelnými a nepatrnými srážkami⁵⁸ a suchými severovýchodními větry. Tyto podmínky byly ustálené v době kolem 2700 cal. BP (*Kröpelin – Verschuren 2008, 766*). Proces aridifikace zde probíhal od 5600 cal. BP, kdy byla ve vrstvách zaregistrována dramatická změna, po níž se ve vzorcích objevovalo mnohem vyšší množství prachových částic. Naopak biotické indikátory naznačovaly postupný ústup vegetace. Významný zlom se projevil také v místním vodním ekosystému⁵⁹. Z původně sladkovodního jezera se ve velmi krátkém intervalu (mezi 4200 a 3900 cal. BP⁶⁰) stalo jezero slané, dnes dokonce definované jako hyperslané.

Tato událost měla pro oblastní vegetaci i lidské osídlení katastrofální důsledky. Novým okolnostem se dokázaly přizpůsobit jen některé druhy flóry a fauny. Během holocenního klimatického optima se v pylových diagramech objevovaly druhy trávy (*Poaceae*) charakterizující otevřenou savanu, dále keře jako myrhovník (*Commiphora myrrha*) či vřesovec stromovitý (*Erica arborea*). Hlavní fáze ústupu vegetace se datuje do doby 4800 až 4300 cal. BP (*Lézine 2009, 752*). Nerovnoměrné pokrytí travinami dále sláblo, variabilita druhů se snižovala. Vegetace odpovídající současnému stavu získala svou tvář přibližně 2700 cal. BP, což souhlasí také s paleoklimatickými a geologickými daty. Dodnes v okolí jezera rostou hojně akácie (*Acacia*), severní hranice sahelské flóry je však od jezera vzdálená více než 300 km jižním směrem.

Na rozhraní čtyř afrických států (Čad, Niger, Nigérie a Kamerun) leží jedno z největších jezer celého kontinentu. Rozloha Čadského jezera dnes činí přibližně 1350 km². Tato bezodtoková přírodní nádrž svou zeměpisnou šířkou spadá do současného pásma Sahel, ačkoliv nelze opominout, že blízkost k Sahaře (leží na dnešní hranici mezi Sahelem a Saharou) zanechává na lokální krajině stopy po svém vlivu (*Černý 2006*). Aridifikace se však zde neprojevovala takovou silou a rychlostí jako v severních

⁵⁸ Jezero je napájen podzemní vodou Nubijského pískovcového akviferového systému.

⁵⁹ Analýzy diatomů a chitinových zbytků hmyzu (*Chironomidae, Ephydriidae*). Tento biologický materiál je velmi spolehlivým indikátorem postupu salinity i vysychání vůbec.

⁶⁰ Koncentrace solí ve vodě definitivně vytvořila slané prostředí, ale salinita stále rostla.

regionech. Přesto i na tomto jezeře lze pozorovat výrazné zmenšení vodní plochy, k němuž došlo po ukončení holocenního klimatického optima.

Kvůli své poloze (cca 280 m nad mořem) je Čadské jezero velmi citlivé k jakýmkoliv klimatickým změnám, které se projevují kolísáním vodní hladiny. Následkem pozdně holocenní aridifikace probíhá vysychání povodňové plochy velmi rychle. Navíc je jezero na svou rozlohu poměrně mělké, hloubka dosahuje hodnot v rozmezí pouze 2 až 11 m. Na rozdíl od jezera Yoa si udrželo sladkou vodu. V současné době je na území jezera naměřen průměrný roční úhrn srážek asi 350 mm za rok⁶¹ (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007, 197*).

Moderní podoba jezera je ve skutečnosti malý pozůstatek z původního tzv. Megajezera. Jeho velikost v jednu chvíli dosahovala téměř stejně velké plochy jako Kaspické moře (376 000 km²). Geologické a palynologické studie se provádí na celém území bývalého povodí. Hlavním zdrojem těchto informací jsou jezerní sedimenty, podle nichž lze poté vytvářet rekonstrukce paleoenvironmentu i archeologického vývoje v blízkém okolí jezera.

Průběh klimatických změn v sedimentologickém záznamu odpovídá vrstvám eolické aktivity pro aridní periody a jílovitým vrstvám bohatým na organický materiál pro období vlhka. Do pozdního pleistocénu jsou datovány vrstvy s písečnými částicemi a vyšší koncentrací přítomných solí. Konec této suché fáze je datován do přibližně 10 900 až 10 300 cal. BP. Hlavní fáze rozmachu až do doby trochu pozdější, okolo 9200 cal. BP (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007, 197*). Tato data byla získána z archeologických lokalit lemující pobřeží jezera podle toho, jak se měnilo. V raném holocénu šlo konkrétně o zvětšování vodní plochy.

Posun monzunového pásma během rané fáze holocenního klimatického optima způsobil, že se celá oblast ocitla téměř na hranici tropického pásu. Srážky místy narostly až na 650 mm za rok. Větší sucho zaznamenalo jezero až v časovém intervalu 8060 až 7870 cal. BP. Vodní hladina natolik klesla, že jezero skoro vyschlo. Již v závěru této periody vlhkost opět zesílila.

Následující dvě stádia reprezentují maximum rozsahu jezera a vzápětí rychlý ústup vodní hladiny. První, úroveň Megačadu je datována do doby 6600 až 6000 cal. BP (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007, 198*)⁶². Většina dat pochází z uhlíků na

⁶¹ Právě na množství srážek dopadených na povrch lze velmi dobře demonstrovat markantní odlišnost severu a jihu oblasti. Od jihu k severu srážky rostou od 200 až 500 mm za rok.

⁶² Srov. ¹⁴C data pylových profilů: 6700 až 6050 cal. BP (*Amaral – Vincens 2012, 2332*).

archeologických lokalitách, které obklopovaly jezero po celém jeho obvodu. Výzkumy se soustředí mimo jiné na sídliště situované do jihozápadního okraje vodní plochy dnes označované jako Bama Ridge (dn. Nigerie). Palynologické analýzy dokazují přítomnost vlhkomilných rostlin. Typickým zástupcem je *Uapaca kirkiana*, africká kontinentální dřevina s velkými a silnými listy a plody. Podle hojnosti v pylovém diagramu lze usuzovat, že po 6050 cal. BP se jezero rychle zmenšovalo, stejně tak vegetace ustupovala více na jih. Zastoupení stromovitých druhů už nikdy nedosáhlo takové rozmanitosti jako v tomto období.

Studie diatomů v sedimentech dokládají zhoršení klimatu, k němuž došlo během silné aridní fáze v letech 6000 až 3600 cal. BP (Anderson – Maasch – Sandweiss 2007, 199). Přestože však megajezero zmizelo a na jeho místě zůstal jen zlomek původní velikosti, lidské osídlení pokračovalo a rozvíjelo se dál. Na sídlištích se zachovala vyšší četnost archeozoologického materiálu. Pastevci dobytka spolu s nálezy fragmentů keramických nádob (již lokální dekorace) naznačují rozkvět kultury s usedlým způsobem života.

Jezerní sedimenty obou zkoumaných lokalit na území Čadu shodně dokazují fluktuaci svých hladin podle klimatických změn. V souladu s paleoklimatickými daty byl rekonstruován také vývoj vegetace. Porovnáním údajů oblastí, které se nachází v jednom státu, lze vyvozovat, jak citlivé bylo lokální klima a zelený porost ve vztahu k zeměpisné šířce. Doslova zde hrál roli každý stupeň. Důležitost podzemní vody také nesmí být opomenuta. V případě jezera Yoa jde o hlavní hydrologický základ, jelikož by množství srážek, na rozdíl od Čadského jezera, nedokázalo vodní plochu bránit před úplným vyschnutím po tak dlouhou dobu.

4.2. Libyjská poušť

Libye jako jeden ze severoafrických států patří k těm, které nejlépe reprezentují rozmanitost Sahary. Jižní partie zasahují do nejsuššího jádra Sahary. Naopak sever Libye omývá Středozemní moře, což také silně ovlivňuje klima v horních regionech. Většina měst je proto situována právě k pobřeží, zatímco směrem k jihu se stává země pustější. Jediné známky života se soustřeďují do místních malých oáz.

Pro paleoenviromenální a archeologické studie je podstatná jihozápadní Libye, respektive region Fezzan. Plochu pokrývá Libyjská poušť, přerušovaná horami, wádími

a deflačními depresemi. Vzhledem k současným aridním až hyperaridním podmínkám⁶³ se zdá být až neuvěřitelné, že na tomto místě se v minulosti nacházelo jedno z největších trvalých jezer na Sahaře.

V rámci zkoumání historie Sahary bylo v posledních letech odhaleno několik megajezzer. Vedle již zmíněného Čadského megajezera se další vyskytovalo právě na území Fezzanu, proto bylo pojmenováno Megafezzan. Avšak na rozdíl od jižního paleojezera, kde stále existuje ve zmenšené podobě, tato vodní plocha zcela vyschla. Během africké humidní fáze se rozloha pohybovala přibližně okolo 76 000 až 150 000 km² (Armitage – Drake 2007, 182). Rekonstrukce jeho velikosti a hydrologického ekosystému lze vyvodit z pozůstalých jezerních sedimentů.

Data lze porovnávat s informacemi získanými z eolických sedimentů v písečných dunách. Samotné údolí bývalého megajezera je vyplněno písečnými a prachovými formacemi, dále také solnými útvary jako následek prudkého vysychání (evaporace převyšovala vlhkost). Paleoklima a jeho změny se odráží ve stratigrafii. Nálezy organické hmoty v podobě měkkýšů, plžů a rozsivek dokazují dostatek vody v jezeře. Aridní fáze se naopak projevuje absencí tohoto materiálu. Tato metoda spolu s detailním zkoumáním jednotlivých druhů organismů se začleňuje do každého výzkumu všech bývalých vodních ploch na Sahaře. Obecně, nejen na Sahaře, se považují za vynikající indikátory klimatu, jelikož jsou závislí na vodním prostředí a jsou velmi citliví na jakékoliv změny, protože potřebují k přežití specifické podmínky. Lze podle nich určovat úroveň hladiny, teplotu, vlhkost, případně i chronologii⁶⁴ (Gasse 2002).

Na sedimenty uvnitř jezerní deprese byla také aplikovaná optická luminiscence pro datování depozitů humidní fáze. Vzorky byly odebírány z různých míst po celé ploše bývalého paleojezera. Výsledky byly poté korelovány, aby zhodnotily situaci odlišného vývoje jen v tomto mikroregion.

Podloží Fezzanu tvoří převážně vápenec. Nárůst srážek a šířící se vegetace se vzájemně podporovalo s utvářením půd. Paleosoly jsou dalším významným polem pro bádání, protože obsahují další soubory informací, zvláště z organického hlediska.

Archeobotanický záznam z Wádí Teshunat je silně ovlivněn lidskou aktivitou. Bývalý říční kanál leží v pohoří Tadrart Acacus protínající Fezzan. Hlavní fáze rozmachu byla datována radiokarbonovou metodou ze sídlišť v blízkosti toku. V době

⁶³ Roční úhrn srážek méně než 20 mm za rok.

⁶⁴ Nejlépe ze schránek těchto organismů.

okolo 9500 cal. BP⁶⁵ (Cremaschi – Zerboni 2010) došlo k navýšení vlhkosti a údolí bylo zaplněno sladkou vodou. Touto událostí nastala také změna krajiny. Rozšířila se vlhkomilná vegetace v podobě orobince (*Typha* sp.) či různých typů trav (*Cyperaceae*, *Poaceae*), které charakterizovaly saharskou savanu. Mezi hojné nálezy patří též tamaryšek a akácie, které se ve vyšší frekvenci objevovaly i po zahájení aridifikace (Mercuri 2008, 1962).

Říční údolí vykázalo náhlý a silný pokles hladiny v době mezi 5500 až 5200 cal. BP (Cremaschi – Zerboni 2009). Postupně se v pylovém spektru objevují více suchomilné traviny, například ostrokvět ježatý (*Cenchrus echinatus*). Téměř shodné hodnoty zaregistrovalo megajezero. Perioda okolo 5250 cal. BP byla popsána jako sušší a chladnější. Než došlo v celém Fezzanu k definitivnímu vyschnutí, byla ještě ve stratigrafii zachycena jedna menší fáze s teplejšími a vlhčími podmínkami. Chronologicky byla určena do doby 4450 cal. BP (Anderson – Maasch – Sandweiss 2007, 202).

Doklady humidních podmínek ve Fezzanu se také skrývají ve formě skalního umění (Armitage – Drake 2007). V raném a středním holocénu lidé žili nejen kolem jezera, ale také se uchylovali do horských oblastí. Ve Fezzanu patří k těm významnějším Tadrart Acacus a Messak. Tato místa obsahují množství skalních převisů i jeskynních úkrytů, která byla lidmi využívána k přebývání, sezonnímu i polotrvalému. Skalní malby jsou přibližně datovány do období od pozdního paleolitu až neolitu, přesné chronologické zařazení už není tak spolehlivé⁶⁶.

Malby, které lze pozorovat na skalách, jsou zpracované velmi kvalitně. Převažuje červená okrová barva, ale často se též používala bílá, žlutá až hnědá a černá. Lidé zobrazovali převážně zvířata divoká, například dvě kočkovité šelmy, které spolu bojují, dále také savce, jež můžeme dnes vidět pouze v Sahelu (sloni, žirafy, nosorožci). Dále se objevují náměty zpodobňující neolitický život, s čímž jsou spojena zvířata domestikovaná, například pasáček dohlížející na stádo dobytka či koz (*Le Qullec* 2006, 178), oblíbený byl také motiv lov.

Dendroklimatologické studie saharských dřevin též podávají spolehlivé informace o paleoekologickém vývoji aridních a semiaridních oblastí. Výskyt stromů s letokruhy

⁶⁵ Srov. 9100 až 7500 cal. BC (Mercuri 2008).

⁶⁶ Radiokarbonové datování organického pojiva barvy: 6175±70 BP (*Le Qullec*, J. L. 2006, 176).

byl umožněn pouze v humidních fázích klimatické historie. Už jen jejich samotná existence na území dnešní pouště znamená přítomnost určité humidity. Nicméně detailní pohled na dendrologické záznamy může poukázat i na další okolnosti. Jedna z nich je chronologie, ta druhá reflexe paleoenvironmentálních změn.

Cypřiš tassilský (*Cupressus dupreziana*) patří do skupiny dřevin, které se adaptovaly na vyšší teploty suchého období. Schopnost jeho růstu závisí na vodě stejně jako u většiny ostatních rostlin. Cypřiš však dokáže přežít i v místech, kde srážky ročně dosahují jen kolem 12 až 25 mm (*Cremašchi – Pelfini – Santilli 2006*, 294). Jeho ploché kořeny jsou uzpůsobené k získávání vody převážně z mělkých vodních ploch, nikoli z hlubokých, kde se nachází podzemní voda. Dnes taxon preferuje spíše vyšší nadmořské výšky.

Velké pravidelné kruhy odpovídají době, kdy měl strom dostatek vodních zásob, tedy ve vlhké fázi. Naopak úzké nepravidelné, či dokonce chybějící letokruhy značí období sucha, kdy srážky v místě růstu nezajišťovaly takový přísun vody.

Sedimenty z Wádí Tanezzuft ve Fezzanu bylo odebráno dřevo tohoto druhu vhodné pro dendrologické analýzy. Cypřiš rostl v povodí trvalého říčního údolí během africké humidní fáze. Jeho dřevo je velmi pružné, bylo proto vyhledávaným materiálem místních obyvatel. Na sídlištích v oblasti wádí byl cypřiš nalezen v podobě nástrojů a pravděpodobně byl využíván i k dřevěným konstrukcím obydlí⁶⁷.

Sedimenty z Wádí Tanezzuft podstoupily také radiometrické datování. Byly analyzovány izotopy ²³⁰Th/²³⁸U lokálního tufu. Tato hornina je složena mimo jiné z částic sopečného popela a jílu. Materiál se ukládá a zpevňuje ve vodě. Z tohoto důvodu formování ve větším rozsahu nastalo až v době zvlhčení během holocenního klimatického optima. Začátek byl datován do doby 9600 cal. BP (*Cremašchi – Zerboni 2009*, 692). Vytváření tufu ovlivňovaly změny dešťů, okolní půdy i vegetace, tudíž se hornina stala vynikajícím prostředkem ke zjišťování údajů o paleoenvironmentálních faktorech (proudění vody, organická aktivita, teplota vody a vzduchu, vypařování).

Vápenitý tuf se v průběhu raného a středního holocénu ukládal v mělkých jeskyních, které osidlovali lidé: zprvu lovci a sběrači, později i neolitictí pastevci. Podél říčního údolí se soustředila epipaleolitická, mezolitická a neolitická sídliště. Většina byla identifikována na základě shluku kamenů, což je interpretováno jako ohniště. Toto území pokrýval dále vysoký počet mlccích kamenů a keramických střepů. Fragmety

⁶⁷ Nálezy trámů dveří datovány až do pozdního neolitu. Fragment byl objeven v malé vesnici Ghat (*Cremašchi – Pelfini – Santilli 2006*, 295).

keramiky byly dekorovány nejstarším typem vlnice. Mezi keramickými depozity byly objeveny i části nádob typické svým zdobením pro súdánskou oblast (*Cremaschi – Zerboni 2009, 695*).

Sídlištní lokality jsou definovány také jámovými objekty, kde byly často uloženy zvířecí kosti. Archeozoologickými metodami byl určen jejich původ. U neolitických osad převažovaly kosterní pozůstatky dobytka, nicméně nechyběly ani kosti ryb a divokých zvířat. Lidé se tedy živili pastevečtvím, ale lov a rybolov stále jejich hospodářství doplňoval.

Dendroklimatický záznam, podpořen radiokarbonovým datováním a uranovou metodou zasadil počátek aridifikace do období kolem 5500 cal. BP. Suchá fáze zapříčinila postupné vysychání místních vodních ploch, na což lidé reagovali depopulací fezzanské pouště a osídlením oáz. Ve Wádí Tanezzuft se nacházelo několik oáz, které byly osídleny během pozdního neolitu, kdy v okolí probíhala desertifikace. Lidé byli nuceni kombinovat místní zdroje se zdroji ze vzdálených oblastí, čímž se stali závislími na obchodních kontaktech. Lidská populace se zde vyskytovala ještě v době 2900 cal. BP⁶⁸.

4.3. Egyptsko - súdánská oblast

Název Západní poušť je užíván pro označení východní části Libyjské pouště, která se rozkládá na území egyptského státu od hranic s Libyí až k Nilu. Jižně je limitována hranicemi se Súdánem, nicméně typ krajiny zde pokračuje kontinuálně směrem k jihu. Na rozdíl od čadských jezer, jež jsou zajímavá jakožto jižní hranice Sahary, Západní poušť představuje severní hranici monzunového pásma fluktuujícího v raném a středním holocénu na sever a zpět.

Západní poušť z reliéfního hlediska představuje zajímavý „mikroregion“ Sahary. Jako v celé libyjské Sahaře se zde nachází všechny typy prostředí, s nimiž se lze na Sahaře setkat. Tuto oblast pokrývají především prašné a kamenité pláně, konkrétněji se zde vyskytuje hlavně rohovec a silicifikovaný pískovec. Písečné hřbety a dunová pole tvoří Velké písečné moře. V jižní části Egypta se nadmořská výška zvedá do pohoří Gabal Uwejnát a náhorní plošiny Gilf Kebíru. Četné výzkumy se soustředí také na

⁶⁸ Radiokarbonovou metodou datovány depozity ze sídlišť v oáze okolo malého jezera, které existovalo jako pozůstatek po místní řece. Obchodní kontakty naznačují stezky skrz poušť směřující na východ (*Cremaschi – Zerboni 2009, 698*).

libyjskou plošinu, kde lze pozorovat vývoj paleoklimatu a osídlení v místech wádí, plají i oáz.

Množství srážek se zde pohybuje mezi 70 až 80 mm za rok (*Bárta 2009*). Tato hodnota však zahrnuje všechna území. Například ve Velkém písečném moři srážky nedosahují ani 5 mm za rok, místy neprší i několik desetiletí. Důležitý zdroj vody se ukrývá pod zemí a nazývá se Núbijský pískovcový akviferový systém⁶⁹. Rozloha celkového povodí odpovídá asi 2 200 000 km² (*Foster – Loucks 2006, 75*). Na ploše severovýchodní Afriky (Egypt, Súdán, Libye, Čad) zásobuje vodou hlavně oázy. Ve spojení s desertifikací se stále zjišťuje, jak rychle voda ubývá a jak se rozloha systému zmenšuje. V posledních letech se vyčerpalo více než 40 bilionů m³ vody⁷⁰, hlavně na podporu místního zemědělství.

Tato zásobárna vody byla dostatečně naplněna při vlhkých fázích v raném a středním holocénu. Povodí se dokázalo rozvětvit do spousty menších samostatných systémů, která jsou hydraulicky propojena, a tak přetrvala i nástup hyperaridního klimatu.

Větší pozornosti se Západní poušť dočkala až na počátku 20. století. Do té doby se nejdále dostala pouze již zmíněná Rohlfsova expedice v 70. letech 19. století. Ovšem systematické vědecké výzkumy pouště začaly teprve ve století následujícím. Badatele byli zastoupeni nejčastěji jak z geologických, tak také z archeologických institucí. Do nejstarších skupin patřili například John Ball, Hugh John Llewellyn Beadnell a W. J. Harding King. Jejich zaměření se týkalo převážně topografie, geografie a až později i geologie egyptské pouště. Archeologické poznatky ze sedimentů byly shromažďovány spíše od 30. let. Hlavním zástupcem byla anglická archeoložka Gertrude Caton-Thompson. Společně s geologem E. W. Gardnerem prozkoumali severní část oázy Fajjúm a poté i oázu Chárgu. Major Ralph Bagnold, John Ball a archeologové K. Shaw, D. Newbold, K. S. Sandford a další popisovali bohaté skalní umění v Gilf Kebíru i Gebel Uwejnátu a četné kamenné nálezy zde i v jiných částech pouště (*Wendorf 1977, 211*).

Od roku 1972 existuje organizace Combined Prehistoric Expedition, pod níž pracoval například Fred Wendorf spolu s Romualdem Schildem na výzkumu lokality Nabta Playa a na otázce lokálního sídelního rozvoje.

⁶⁹ V literatuře jako NSAS (Nubian sandstone aquifer system).

⁷⁰ Měření z roku 2006 v rámci projektu podporované organizací UNESCO (*Foster – Loucks 2006, 78*).

Roku 1995 byl zahájen multidisciplinární výzkum východní Sahary pod záštitou univerzity v Kolíně nad Rýnem. Cílem projektu ACACIA⁷¹ (Arid Climate Adaptation and Cultural Innovation in Africa) bylo dokázat, že Sahara není jen neobyvatelný hyperaridní region s pouze malým množstvím oáz. V roce 1994 totiž OSN přijalo Úmluvu o boji proti desertifikaci⁷². Jejich zaměření se týkalo především degradace hyperaridních, aridních a semiaridních oblastí ve snaze nalézt řešení, jak zabránit jejich šíření.

ACACIA se však svými výzkumy snaží popsat vztah mezi lidskou aktivitou, klimatem a životaschopností populace na Sahaře, respektive zkoumá lidské reakce na environmentální změny. V tomto duchu se stává podstatou historický vývoj jak afrického kontinentu, tak i jeho obyvatel během posledních 12 000 let. Jednotlivé zkoumané lokality mají poukázat na shodný vzorec vývoje osídlení po celé Sahaře, případně odhalit rozdíly a opodstatnit je.

Projekt se dělí na čtyři sekce. První se soustředí na holocenní environment a kulturní historii v severovýchodní Africe (Egypt, Súdán) a druhá na situaci v jihozápadní Africe (Namibie). Třetí sekce se nazývá Využití krajiny a strategie přežití v jihozápadní Africe, čtvrtá pak srovnává regionální a transkontinentální systémy. Podle těchto směrů zahrnuje do svého bádání velké množství dat. Kombinuje více než sedmdesát vědních oborů přírodovědného, kulturního i sociálního zaměření.

Cílem je tedy studovat vztah či jiný druh propojení mezi současnými a minulými⁷³ sociálními, ekonomickými a ekologickými systémy. V první řadě se analyzují historické procesy, které jsou přímo nebo nepřímo odpovědné za současný pohyb a šíření afrických lidí a kultury. Kořeny sociální struktury současné populace jsou hledány již v raném holocénu. Rekonstrukce jejich sociálního chování, strategií a technik v minulosti i dnes se neobejde bez ekologického pozadí. Proto se druhý bod zájmu týká přírodovědné stránky Sahary, kdy jsou analyzovány přírodní procesy aridifikace. V rámci tohoto výzkumu je třeba pojmout vývoj regionálního klimatu a celé krajiny a zasadit jej do kontextu globálních přírodních událostí.

⁷¹ Původní název projektu je Sonderforschungsbereich 389 "Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika". <http://www.uni-koeln.de/sfb389/>.

⁷² United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). <http://www.unccd.int/en/Pages/default.aspx>.

⁷³ Projekt je zaměřen výhradně na vývoj v období holocénu.

Z výsledků analýz projektu ACACIA vychází mnohé nadcházející studie týkající se stejné či podobné problematiky. Je proto zřejmé, že se tento způsob výzkumu Sahary prokázal jako velmi užitečný a hlavně přínosný pro budoucí bádání⁷⁴.

Plocha východní Sahary se stávala výrazně vlhčí přibližně mezi léty 11 270 až 10 930 cal. BP (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007*, 204) podle polohy dané lokality. Proměna v zelenou Saharu postupovala synchronně s monzunovými dešti podobným způsobem jako v sousední Libyi.

Nejstarší osídlení Západní pouště sahá do doby 11 200 až 10 500 cal. BP (*Moska – Murray – Bluszcz 2010*, 97). V severní části území začalo osídlení později⁷⁵. Poté rapidně vzrůstalo po celé oblasti egyptské pouště. Přesto šlo stále o sezonní sídliště. Neolitické populace sídlily v blízkosti jezer a během suchých výkyvů se stěhovali do vlhčích planin, hor a oáz. Do celé Západní pouště se rozšířily až v době, kdy holocenní klimatické optimum dosahovalo svého maxima, tudíž i vegetace prožívala velký rozmach.

Epipaleolitici preferovali lov zvířat, která obývala savany, a sběr drobných rostlin, v blízkosti vodních ploch se nalézají také doklady rybolovu. Soubory artefaktů datované do tohoto období obsahují archeozoologický i archeobotanický materiál, stejně tak množství kamenných předmětů, například mikrolitické nástroje. Rozvíjela se také produkce keramiky. Na území Súdánu byly keramické nádoby z lokality Sarurab chronologicky zařazeny již do raného holocénu, přibližně 9400 cal. BP (*Bard 1999*, 19). Doklady prvních neolitiků- pastevců jsou nalézány jak v Západní, tak i v Arabské (Východní) poušti. Neolitické artefakty se v poušti pojí hlavně s jezerními pánvemi.

Vedle keramických předmětů stále vysoké procento mezi depozity zastávají kamenné nástroje, mlecí kameny a skořápky z pštrosích vajec. Z jejich fragmentů se usuzuje, že se pštrosí vejce mohla využívat jako nádoby, ale i jako doplněk ve šperkařství (*Haynes 2001*, 122). Nález fosilní skořápky je neocenitelný i pro chronologii a další přírodovědné analýzy. Jako organický materiál je vhodný pro radiokarbonovou metodu. Dále lze měřit izotopy uhlíku ($\delta^{13}\text{C}$), kyslíku ($\delta^{18}\text{O}$) i dusíku ($\delta^{15}\text{N}$) a hodnoty aminokyselin. Na základě jejich rozborů se rekonstruuje informace o regionálním paleoenvironmentu a způsobu výživy (*Johnson – Miller 1997*, 122). Společně reflektují

⁷⁴ V rámci projektu bylo provedeno velké množství pylových analýz, taktéž byla získána chronologická data radiokarbonovou metodou. O výsledky projektu ACACIA se opírají další i nepříbuzné výzkumy prováděné na Sahaře.

⁷⁵ Srov. 7500 BC (*Bárta 2009*).

změny⁷⁶ dostupných rostlin, které byly konzumovány. Jsou rozesety po pouštních pláních a v hyperaridním prostředí dobře konzervované.

V následující etapě (střední holocén⁷⁷) ustupovalo vlhké prostředí zelené Sahary jižním směrem. Počínající proces desertifikace se odráží i na vývoji osídlení Západní pouště. Depopulační proces nejprve probíhal jen v těch nejsušších oblastech, kde se aridifikace projevila nejdříve. Lidé se na novou situaci adaptovali nejrůznějšími způsoby. Například se objevují nové prvky k získávání vody- hluboké studny vrtané v nejnižších úrovních plají. Ty se využívaly i po vysušení pouště, zvláště v oázách, aby zůstalo území obydlené co nejdéle.

Kvůli již nepříznivým podmínkám pro život v Západní poušti⁷⁸ se nilské údolí stalo stěžejním střediskem, kde probíhal hlavní rozvoj zemědělství. Exodus pouštních skupin byl ukončen v době, kdy celkové vysychání Sahary završilo hlavní fázi a na poušti zavládlo hyperaridní podnebí, jako je tu dnes. Příliv migrantů do nilského údolí se stal základem pro egyptskou společnost předdynastického období.

Náhorní plošina Gilf Kebír byla pro období osídlení Západní pouště nesmírně důležitou lokalitou. Díky této nadmořské výšce a velmi výhodné poloze⁷⁹ zde spadalo více srážek než v nížinách. Tím způsobená vlhkost umožňovala osidlovat tuto oblast ještě okolo 4200 cal. BP (*Nicoll 2004*)⁸⁰. Poté mizí pravidelné osídlení i odtud. Mimo jiné dokazují existenci života zde i v sousedním Gabal Uwejnátu rytiny a malby pod skalními převisy, v jeskyních na skalních blocích. Známé lokality jsou například Wádí Súra Qadím (Jeskyně plavců) a Wádí Súra Gadíd (Jeskyně šelem). Motivy, styl i technika připomínají skalní umění ve Fezzanu. Jsou zde vyobrazeny zvířecí i lidské figury, často v propojených motivech, například krotitelé divokých zvířat. Nově se objevují také první ukázky mytologických scén (*Bárta 2009*).

Jedny z hlavních cílů projektu ACACIA směřovaly do centrální části Západní pouště. Z geomorfologického hlediska se zde rozkládají dvě velké jednotky; Velké písečné moře na západě a Egyptská vápencová plošina na východě. Obě oblasti se dnes pojí s hyperaridními podmínkami, avšak v raném holocénu monzunové deště zajistily vyšší přísun vláhy, čímž bylo umožněno i jejich osídlení. Nicméně rozdílná

⁷⁶ Zvíře mohlo prožít stres způsobený suchem, nedostatek potravy či vody.

⁷⁷ 5500 až 4900 BC (*Bárta 2009*).

⁷⁸ Kromě oblastí oáz, kde pokračoval vývoj neolitického života, a pohoří, kam se uchylovali zvláště pastevcí v rámci transhumance.

⁷⁹ Gilf Kebír leží na rozhraní dvou již zmíněných klimatických režimů.

⁸⁰ Datace finálního období osídlení náhorní plošiny datována do doby cca 2700 BC (*Bárta 2009*).

geomorfologie i geografická poloha zapříčily jejich trochu se od sebe lišící vývoj, jak na poli paleoenvironmentálním, tak i archeologickém. Pro efektivnější srovnání byly vybrány dvě charakteristické lokality; Djara a Regenfeld.

Egyptská vápencová plošina zaujímá asi 200 000 km² plochy ležící mezi Nilem a oázou Faráfrou. Povrch krasové krajiny je tvořen převážně pouštěmi typu hamada a serir, ale přítomná jsou i dunová pole. Vysoký výpar a silná větrná abraze⁸¹ znemožňují rozšíření i suchomilné vegetace, rezidua malých křovin či travin dokážou přežít pouze místy v depresích, jako jsou wádí a plaja. Pro rekonstrukci místní krajiny byly v Djaře prováděny pedologické a fyto geografické analýzy. Půdní profily sledovaly úroveň salinity v půdách. Výsledná poměrně vysoká koncentrace solí vysvětluje, proč se v této oblasti vyskytují pouze rostliny s vyšší mírou tolerance na slané půdy.

Hlavní výzkumy se soustředí na sedimentologické záznamy z plají a písčinych dun. Dna bývalých vodních ploch jsou vyplněna vrstvami fosilních půd a jílovitého bahna obsahující organický materiál, jež je vhodný pro archeozoologické i archeobotanické studie. V aridních periodách je střídají vrstvy s písčnými částicemi a vyšší absencí organiky. Vyhodnocené výsledky jsou poté porovnávány s daty sebranými z archeologických lokalit, kde se lze vedle absolutní chronologie (radiokarbonové datování a optická stimulovaná luminiscence) opírat také o relativní chronologii na základě typologie artefaktů.

Současná krajina připomíná situaci v hyperaridním období pleistocénu. Teprve na počátku holocenního klimatického optima vzrostly srážky až na hodnotu minimálně 100 mm za rok (*Bolten – Bubenzer – Bareth*). V blízkosti depresí byly objeveny mimo vegetační pozůstatky také stopy po lidské přítomnosti. Více než 150 archeologických lokalit bylo datováno do raného a středního holocénu. V centru této egyptské plošiny bylo do mělké deprese situováno sídliště pojmenované Djara. Rozvoj osídlení zde byl rozdělen do třech hlavních fází. První etapa zahrnuje epipaleolitické osídlení, druhý již neolitický stupeň se nazývá Djara A, třetí pak Djara B (*Kindermann*⁸² – *Bubenzer 2006*, 1625).

Po skončení aridního pleistocénu dokládají epipaleolitické osídlení (9500 cal. BP) pouze kamenné předměty, často vyráběné z místního rohovce. Mikrolitické nástroje,

⁸¹ Doklad erozní činnosti již od eocénu. Písčinné a jezerní sedimenty v plochách depresí či dun zaznamenaly nepravidelné střídání regrese a následného narůstání eroze (*Kindermann – Bubenze*, 1621).

⁸² Německé badatelské výzkumy započal v Djaře již G. Rohlfs roku 1878. Karin Kindermann dnes patří mezi přední německé specialisty na paleoenvironmentální a okupační problematiku severovýchodní Afriky. Chronologie vychází hlavně z jejích prací.

šipky z oštěpů a kamenná jádra naznačují lov a sběr jako základní způsob obživy. V době klimatického optima dokázaly palynologické analýzy přítomnost trvalé otevřené savany (*Panicum turgidum*).

Djara A je považována za počátek největšího rozmachu. Na chronologické stupnici je tato fáze umísťována do doby okolo 8300 cal. BP. Lokální sezonní sídliště měla menší rozměry a koncentrovala se spíše do blízkosti dočasných či trvalých vodních ploch⁸³. Pasterectví má už v této společnosti pevnější tradici, nicméně kamenné nástroje a kosterní fragmenty stále nasvědčují zpracování a konzumaci lovených zvířat (*Gazella dorcas*, *Addax nasomaculatus*, *Oryx dammah* a *Caracal caracal*). Na mlecích kamenech se připravovala rostlinná potrava.

Probíhající domestikaci zvířat dokládají nálezy kostí chovaných zvířat. Fragment kosti domestikované ovce (*proximal radius*) spadá sice až do horizontu Djara B (počátek 7700 cal. BP), ale předpokládá se, že byl tento proces započat již v předchozím stupni.

Osady na vápencové plošině byly po roce 7000 cal. BP⁸⁴ postupně opouštěny. Pohyb mezi Djarou a nilským údolím je více znatelný než dříve. Důkazy vzájemného kontaktu v podobě identických kamenných nástrojů ještě doplňují schránky mlžů (*Spathopsis* sp.), kteří žijí jen v trvale zavodněných oblastech. Definitivní úpadek osídlení Djary je datován do závěru krátké vlhké fáze v době přibližně 6600 cal. BP (*Bolten – Bubbenzer – Bareth 2009*).

Regenfeld leží od Djary jihozápadním směrem a nachází se na ploše Velkého písečného moře, respektive na jeho jihovýchodním okraji. Výzkumy tohoto ergu jsou dnes velmi komplikované z důvodu extrémně vysokých teplot a sucha. Celá plocha je pokryta masivními písečnými dunami vysokými přes 100 m, dlouhými několik desítek km. Přesto i do této nepříznivé krajiny v raném holocénu humidita pronikla.

Vzhledem k posunování monzunového pásma od jihu zde nastaly vlhké podmínky dříve než v severnější vápencové plošině. Na druhou stranu nebylo Velké písečné moře proměněno v zelenou Saharu nikdy kompletně. Vodní plochy dokázaly přetrvat i sušší fáze pouze při okrajích. Častěji se objevují jezírka menších rozměrů a sezonního charakteru. Jižní úsek tohoto velkého ergu je zahrnut do Núbijského pískovcového akviferového systému. Podzemní voda umístěná v pískovcovém podloží zásobuje místní vodní plochy.

⁸³ V současné době okraje depresí, wádí či plají.

⁸⁴ Srov. 5300 cal. BC (*Kindermann – Bubbenzer 2006*).

Plocha archeologické lokality leží v malé depresi mezi dunami. Proměny krajiny a osídlení byly zaznamenány přímo v sedimentech sníženiny a také v sousedních pánvích a plajích. Sem směřuje hlavní koncentrace archeologických artefaktů. Vrstvy sedimentu, které obsahují červené bahno, jsou přiřazovány k vlhké periodě, během níž se v okolí aktivoval život. Lidská populace expandovala až k západní hranici Egypta. Oproti Egyptské vápencové plošině však v mnohem menší míře. Jedno z nejstarších chronologických dat v Regenfeldu pochází z uhlíků sebraných z ohniště (9388±70 BP⁸⁵) (Riemer 2000, 26).

Depozity na lokalitě jsou zastoupeny převážně kamennými předměty, méně pak keramikou. Chronologicky spadají do epipaleolitu až středního neolitu. Nejmladší nálezy jsou datované do doby kolem 7700 cal. BP⁸⁶. Střepy nedekorované keramiky se stylově podobají souborům v okolních regionech. Podle nalezených okrajů lze rekonstruovat celkový tvar nádob jako silnostěnné zásobnice.

Kamenné předměty se vyráběly z materiálu, který lidé měli na dosah, například rohovec a silicifikovaný pískovec. Pro raný epipaleolit jsou typické nálezy v podobě pazourkových jader a množství retušovaných nástrojů. Až mezi mladšími nálezy lze pozorovat užší kontakty s nilským údolím a s oblastí Nabta Playa. V Regenfeldu i v Nabtě se na sídlištích objevují identické výrobky z libyjského pouštního skla. Tento bílý až nažloutlý minerál se používal pro výrobu drobných šperků.

Pro radiokarbonovou metodu jsou taktéž vhodné skořápky z pštrosích vajec. Ty byly objeveny v jamách, u nichž se předpokládá, že byly uměle vyhloubené (Riemer 2000, 26). Datování pomocí luminiscence se aplikuje na písčných dunách. Chronologická posloupnost ukládání sedimentů v dunách Velkého písčného moře sahá do historie desítek tisíc let.

Asi 30 km severně od súdánských hranic leží komplex lokalit zvaný Nabta Playa. Celá tato plocha se rozkládá na pískovcovém podloží a je tedy také součástí Núbijského akviferového systému. Nárůst srážek během holocenního klimatického optima spolu s dostatkem podzemní vody vytvořil vynikající podmínky pro rozvoj. Kvůli množství vodních ploch a jejich velikosti se v raném a středním holocénu tato oblast stala pro lidi

⁸⁵ Srov. počátek lidského osídlení v době 8800 až 8700 cal. BC. V literatuře se období osídlení rozděluje na čtyři archeologické fáze. Fáze A až C jsou klasifikovány jako raněholocenní, fáze D ze středního holocénu se označuje závěr osídlení (6500 až 5400 cal. BC) (Bolten – Bubenzler – Baréth).

⁸⁶ Nekalibrované datum 6900 BP (Riemer 2000). Kalibrované CalPal Online Radiocarbon Calibration.

velmi atraktivní. Nacházejí se zde jedny z nejdůležitějších archeologických lokalit sledující počátky egyptské kultury.

Jezerní sedimenty naznačují hyperariditu až do období přibližně 13 000 až 12 500 BP. Podle depozitů ve stratigrafické vrstvě klesla během posledního glaciálu vodní hladina pod dnešní úroveň. Větrná eroze vytvářela v okolí hluboké deprese a v nich se naváté písky formovaly do písečných dun⁸⁷. Na přelomu pleistocénu a holocénu vzrostlo množství srážek až na cca 500 mm za rok (*Wendorf – Schild 1998*, 99). Sníženiny, které v předchozí periodě vyschly částečně nebo úplně, se opět zaplnily vodou.

Oscilace klimatu v raném a středním holocénu se projevila v jezerních sedimentech střídáním vrstev s depozity charakteristickými pro suchou či vlhkou fázi. Na základě jejich zkoumání bylo v Nabtě identifikováno nejméně sedm humidních období, přerušovaných asi pětkrát aridními vlnami (*Schild – Wendorf 2001*, 11).

Nově nastolené přírodní podmínky umožnily přeměnu krajiny v savanu. Na úrodných půdách začaly růst nové druhy rostlin, které se dnes vyskytují pouze v zóně Sahelu. Dominují trávy a dřevěná vegetace (*Panicum turgidum*, *Schouwia purpurea*, *Hyoscyamus muticus*, *Solanum nigrum*, *Typha* sp., *Capparis decidua*, *Cyperus rotundus*, *Ziziphus spina-christi*, *Maerua crassifolia*, *Salvadora persica*). Pylové a makrozbytkové analýzy také odhalily přítomnost rostlin, které mohou růst pouze v trvalém zamokřeném území, například leknínovité (*Nymphaeaceae*) (*Schild – Wendorf 2001*, 21).

Stejně jako archeobotanické záznamy dokládá sahelskou vegetaci také druhová rozmanitost archeozoologických nálezů. Mezi běžné druhy patří gazely (*Gazella capensis*, *Gazella rufifrons*), zajíci a šelmy (*Herpetes ichneumon*, *Felis silvestris lybica*). Významné pro rekonstrukci paleoklimatu jsou zvláště důkazy výskytu ptáků, například egyptské husy (*Alopochen aegyptiacus*). Bohatá vegetace společně s vynikajícím přístupem k vodním zdrojům položily základy pro vytvoření příznivé lidmi vyhledávané oblasti.

Kulturní stratigrafie na březích jezer nasvědčuje osídlení od epipaleolitu až do středního neolitu. Nejranější osídlení bylo radiokarbonem datováno do období 10 800 cal. BP (*Wendorf – Schild 1998*, 100)⁸⁸. Tato první fáze se nazývá El Adam. Sídliště

⁸⁷ Ve stratigrafii záznam písečných svahů obklopených jezerním bahnem. Střídavé vrstvy odpovídají střídání vlhkého a suchého klimatu.

⁸⁸ Srov. 11 200 cal. BP (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007*)

byla identifikována na základě vyšší koncentrace kamenů, z nichž se skládala ohniště. Malé sezonní tábory byly umístovány do míst mělkých deflací nebo na vrcholy fosilních dun, které vznikly během předchozích hyperaridních period. Nebyly objeveny žádné stopy po studnách, odkud by čerpali vodu během nejsuššího období v roce (zimy). Předpokládá se, že okupace trvala od začátku jara do podzimu. Odkud sem přicházeli, lze jen spekulovat. Na základě podobnosti kamenné industrie se uvažuje o nilském údolí mezi prvním a druhým kataraktem (*Wendorf – Schild 1998*, 100).

Nabta Playa je považována za jedno z nejstarších zemědělských center v severní Africe. Vedle kosterních pozůstatků divokých zvířat (gazely, hlodavci), které dokazují stále přítomný lov, se také nalézají kosti dobytka. Význam Nabty ale nenasvědčuje hypotézám, že by tato lokalita byla jen malým pasteveckým táborem, jak je možné vidět například ve Velkém písečném moři. Již v tomto nejstarším stupni se lze setkat s jednoduchými keramickými nádobami. Detailní studie jejich struktury odhalily přítomnost drceného granitu. V tomto horizontu je nález keramiky velmi ojedinělý, a předpokládá se proto, že šlo o vysoce luxusní záležitost. K běžnějšímu používání se přistoupilo až ve fázi následující.

Původ kamenného zdroje na výrobu nástrojů byl vyhledáván spíše v blízkém okolí, nicméně některé předměty byly zhotovené z pazourku pocházející z Egyptské vápencové plošiny⁸⁹. Mnohem častěji lidé volili lokální rohovec. Achát a chalcedon byl také používán, ovšem méně často.

Stupeň El Adam ukončila aridní fáze trvající několik desítek let. Tato doba stačila, aby hladina jezera klesla o několik úrovní a okupace vegetace a lidské populace se snížila na minimum. Následující humidní období se nazývá El Ghorab a trvalo přibližně od 9700 až 9200 cal. BP (*Anderson – Maasch – Sandweiss 2007*, 212). Poté asi na 100 let opět zavládlo sucho.

Úpadek kulturní fáze El Nabta (také El Jerar) nastal přibližně 8000 cal. BP (*Wendorf – Schild 1998*, 102). Základní způsob obživy stále ještě stál na lovu a sběru, avšak o společnosti se hovoří i jako o pastevecké. Také sídlištní systém zaznamenal určité změny. V první řadě celková plocha dosahuje větší rozlohy. Z tohoto horizontu už je také známé množství půdorysů domů. Větší počet oválných či kruhových chat se soustředil v jižní části Nabty. Existuje možné vysvětlení, že jde o reakci na postupné stěhování monzunových dešťů zpět na jih. Na druhou stranu v této době zasahoval pás

⁸⁹ Jižní okraj Egyptské vápencové plošiny je od území Nabta Playa vzdálen přibližně 75 km.

monzunů ještě značně do severnějších regionů (*Wendorf – Schild 1998*). Spíše se vysvětlení hledá u sezonního klimatického cyklu. Skupiny lidí se stěhovaly do jižnějších oblastí v sušších měsících, kde přetrvávalo více srážek. Naopak v létě, kdy monzunové deště měly největší rozsah, mohly svá sídliště zakládat ve vyšších zeměpisných šířkách.

Nálezy fragmentů keramiky jsou klasifikovány jako místní produkce. Bohaté dekorativní styly jsou spojovány jak s jižně ležícím Chártúmem, tak i s kulturními okruhy podél Nilu (kultury Abkan a badárská). Mezi typické identifikované tvary patří džbány se zataženým okrajem (*Wendorf – Schild 1998, 102*).

Kolem roku 7600 cal. BP bylo zaznamenáno další aridní narušení. Osídlení poté sice ještě pokračovalo, nicméně již jen v omezené velikosti. Plocha jezera se totiž viditelně zmenšila. A vzhledem k úbytku i vegetačních zdrojů bylo pro lidi výhodnější zdržovat se déle v blízkosti Nilu. Mimo jiné se společnost pomalu proměňovala v usedlou zemědělskou sociální skupinu. Podle kosterních pozůstatků domestikace dobytka, ovcí a koz probíhala v nilském údolí i okolo Nabty.

Množství osad okolo jezera v pozdním neolitu klesalo nepravidelnou rychlostí v závislosti na ubývání humidity. Ještě okolo 4100 cal. BP byla v jezerních sedimentech zaregistrována krátká vlhká fáze, která však aridifikaci⁹⁰ nedokázala zvrátit.

Oblast na hranici Egypta a Súdánu nacházející se západně od Nilu se nazývá Núbijská poušť a kontinuálně navazuje na Západní poušť. Pro srovnání s Nabta Playou je vynikající sledovat stav v oáze Selimě ležící v depresi po paleojezeře. Během holocenního pluvialu patřila Selima k hlavním zavlažovaným místům v celé východní Sahaře. Rozbor jezerních sedimentů (palynologické, rozsivkové, geochemické analýzy) nastínil velmi podobný klimatický vývoj jako v Nabtě. Otevřená křovinatá a dřevnatá savana začala ustupovat na jih až po 7500 cal. BP. Dnes severosúdánský okruh patří k hyperaridním jádrům Sahary s minimálními ročními srážkami.

Klimatický vývoj všech dosud zmíněných lokalit ve východní Sahaře závisel především na poloze pásma monzunových dešťů, které přinášely krajině vláhu. Na rozdíl od jižních oblastí, osídlení severních částí Sahary korelovalo se zvýšením intenzity mediteránních zimních dešťů ve středním holocénu (*Baioumy – Kayanne – Tada 2010*). Fajjúmská oáza patří k nejdůležitějším lokalitám, které tuto skupinu

⁹⁰ Současné aridní klima od 4700 BP, 5300 cal. BP (*Nicoll 2004*).

zastupují. Leží v Západní poušti přibližně 80 km jihozápadní směrem od Káhiry. Přestože do zóny letních dešťů nezasahovala ani během pluviálního maxima, rozkládala se zde bohatá zelená vegetace okolo velkého jezera. Hojnost vody a vláhly zajišťoval pouze režim severních cyklonů a spojení jezera s Nilem.

Jezero nazývané Kárún je stále existující pozůstatek prehistorického paleojezera Moeris. Neustálé zmenšování jeho vodní plochy dává prostor pro litologické a geochemické analýzy, stejně tak možnost zkoumat archeologickými metodami lidské osady vázané na pobřeží jezera. Koncentrace opálených kamenů představující ohniště byly uchované v jezerních sedimentech. Detailní rozbor stratigrafie poskytl dostatek radiokarbonových dat, na jejichž základě pak byly rekonstruovány změny přítomného osídlení.

Výsledky srovnávané například s Nabta Playa a Gilf Kebírem ukázaly shodu z hlediska chronologie aktivního využívání tohoto území od raného holocénu. Největší množství určených radiokarbonových dat je kladeno do období mezi 9500 a 5500 cal. BP (*Phillipps – Holdaway 2011*, 3). Je tedy zřejmé, že Fajjúm ukazuje podobný vzorec paleoenvironmentálního vývoje jako mnohé oázy ve východní Sahaře.

V sedimentech na pobřeží jezera je zaznamenána určitá redukce sídlištních depozitů po roce 6000 cal. BP (*Phillipps – Holdaway 2011*). Avšak lidské osídlení ve středním holocénu na rozdíl od jiných saharských oblastí neklesá v takové míře a takovou rychlostí. Tento jev naznačuje silný vliv ze strany zvýšené intenzity zimních dešťů proudících ze Středozeří. Ústup monzunových dešťů na jih tedy nezpůsobil ukončení neolitického rozmachu. Podle rekonstrukce paleoklimatu východního Středomoří nastalo v době okolo 5800 cal. BP silné ochlazení⁹¹. Tuto událost lze přiřadit ke stejné časové linii jako zahájení saharské aridifikace.

Hladina jezera Kárún ustupovala v důsledku vysychání. Rozbory rozpuštěných solí projevily rapidní nárůst salinity. Z jezera se stala slaná přírodní nádrž. Pro osídlení severního Egypta, včetně nilské delty a Fajjúmu, měly klimatické změny důležitý význam z hlediska zemědělské produkce. Musela nutně proběhnout adaptace neolitické společnosti a kultivace zemědělských plodin nejen v severovýchodní Africe, ale také na Blízkém Východu.

⁹¹ Příčinou byla změna atmosférické cirkulace. Povětrnostní podmínky severní polokoule ovlivňuje arktická oscilace. Mění směr větrů a přináší chladnější počasí.

5. Závěr

V závěru pleistocénu a raném holocénu nastaly natolik silné klimatické změny, že jejich projevy měly globální důsledky. Tato práce se zaměřila na situaci v severní Africe. Plochu dnes pokrývá nehostinná krajina s nejsuššími místy na světě. Až v průběhu 20. století se ukázalo, že na Sahaře existuje nespočet dokladů humidních podmínek v minulosti. Přírodovědnými a archeologickými metodami se studovala místa bývalých vodních nádrží a toků, jejichž sedimenty podávají nejvíce informací o problematice paleoenvironmentu.

Probíhající výzkumy na lokalitách ve všech částech Sahary odhalily markantní nárůst ročního úhrnu srážek na počátku holocénu. Holocenní klimatické optimum trvalo přibližně do 5500 cal. BP. Průběh afrického pluvialu včetně zahájení aridifikace byl v saharských oblastech zaznamenán s jistými odchylkami v závislosti na zeměpisné šířce a nadmořské výšce. Distribuce humidity závisela na intenzitě monzunových dešťů. Letní deště zajistily celé oblasti potřebné podmínky pro přeměnu krajiny.

Stejně jako vegetace i lidské osídlení citlivě reaguje na každou klimatickou změnu. Archeobotanické analýzy zjistily přítomnost rostlinných druhů, které do té doby byly rozšířené pouze v jižních partiích Sahelu či v oblastech Středozemního moře. Výskyt vlhkomilných živočišných druhů dokládají jak kosterní pozůstatky, tak i zobrazení na skalních převisích.

Studie holocenního klimatu na Sahaře prokázaly střídání vlhkých a suchých fází. V sedimentech se tato oscilace projevuje střídáním vrstev s charakteristickými depozity. Jedním z hlavních dokladů teplého a vlhkého klimatu jsou stopy po lidské přítomnosti. Následný vývoj lidského osídlení přesně odpovídá regionálním klimatickým zvrátům. Hlavní koncentrace sídlišť se nachází na pobřeží bývalých jezer či v horských pásmech. Lidé tedy i během vlhké fáze vyhledávali spíše taková místa, kde měli přístup k vodě.

Propojení klimatu s vegetací a lidským osídlením dokazuje událost, k níž došlo ve středním holocénu. Ústup monzunového pásma zpět k rovníku byl hlavní příčinou zahájení aridifikace a desertifikace na Sahaře. Depopulační proces na Sahaře vykazuje s touto událostí synchronní vývoj. Zatímco sídliště kolem Čadského jezera prožívala rozmach (okolo 6600 cal. BP), v severních partiích východní Sahary byl zaznamenán již rapidní ústup populace buď jižním, nebo východním směrem. Území s vyšší nadmořskou výškou představují v tomto vzorci výjimky. Zde se lidé vyskytovali

mnohem déle než v nížinách. Vysychání vodních ploch (jezera a říční toky) také neprobíhalo na Sahaře rovnoměrně. Mimo jiné rychlost určoval typ geologického podloží. Núbijský pískovcový akviferový systém dodává celé oblasti vodu dodnes. V raném holocénu tato zásobárna vody podporovala růst místních rozlehlých jezer, kolem nichž se koncentrovaly lidské osady, například současná archeologická lokalita Nabta Playa.

Porovnávat vývoj klimatu a lidského osídlení nejen na Sahaře přináší zajímavé poznatky o vztahu těchto dvou složek obecně. Ovšem Saharu činí zcela unikátním prostředím její extrémní přírodní podmínky, a proto zde tato pozorování mohou vyniknout lépe než například v Evropě.

Fakt, že lidé Saharu obývali jen tehdy, bylo-li tomu nakloněno vhodné klima, dokazuje závislost, jež mezi lidmi a krajinou panovala. Poté, co posun monzunového pásma na sever zahájil šíření humidity, nejprve reagovala vegetace a pak i lidská populace. Lidem byl dán nový prostor pro hospodaření a získávání nerostného bohatství. Zakládání sezonních osad se podporovalo, dokud byl pobyt v saharských končinách výhodný. Avšak každý následující zvrat v klimatickém vývoji se na rozvoji osídlení odrážel. Jakmile začaly savany a vodní hladiny ustupovat, Sahara přestala lidem prosperovat. Bylo nutné najít takové místo, které by splňovalo základní potřeby utvářející se zemědělské společnosti. Usedlý způsob života neolitiků se mohl plně rozvinout pouze v oblastech s příznivými přírodními podmínkami, které ale také zároveň vykazovaly určitou stabilitu. Tato místa se pak stala hlavními hospodářskými a kulturními centry.

Přestože na Sahaře zavládlo hyperaridní klima, existují doklady stálého využívání pouští. V omezené míře se krajinou cestovalo nadále, a to z ekonomických důvodů. Obchodní stezky, tzv. karavanní cesty, spojovaly oázy i na velké vzdálenosti. V Západní poušti je známá obchodní stezka Darb el-Arbain, směřující na jih od oázy Chárga.

6. Literatura

- Abdelkareem, M. – Ghoneim, E. a kol. 2012:* New insight on paleoriver development in the Nile basin of the eastern Sahara. *Journal of African Earth Sciences* 62, 35-40.
- Abell, P. I. – Hoelzmann, P. 2000:* Holocene palaeoclimates in northwestern Sudan: stable isotope studies on molluscs. *Global and Planetary Change* 26, 1–12.
- Adnet, S. – Cappetta, H. – Elnahas, S. – Strougo, A. 2011:* A new Priabonian Chondrichthyans assemblage from the Western Desert, Egypt. Correlation with the Fayum oasis. *African Earth Sciences* 61, 27-37.
- van Albada, A. – van Albada, A.-M. 1994:* Les représentations humaines dans l'art naturaliste du Messak. *Les Dossiers d'archéologie* 197, 46-59.
- Amaral, P. G. C. – Vincens, A. a kol. 2012:* Palynological evidence for gradual vegetation and climate changes during the “African Humid Period” termination at 13°N from a Mega-Lake Chad sedimentary semence. *Climate of the Past Discussions* 8, 2321-2367.
- Anderson, D. G. – Maasch, K. A. – Sandweiss, D. H. (edd.) 2007:* Climate change and cultural dynamics: A global perspective on Mid-Holocene transitions. San Diego: Academic press.
- Aref, A. M. A. 2003:* Classification and depositional environments of Quaternary pedogenic gypsum crusts (gypcrete) from east of the Fayum Depression, Egypt. *Sedimentary Geology* 155, 87–108.
- Armitage, S. J. – Drake, N. A. a kol. 2007:* Multiple phases of North African humidity recorded in lacustrine sediments from the Fazzan Basin, Libyan Sahara. *Quaternary Geochronology* 2, 181–186.
- Baioumy, H. – Kayanne, H. – Tada, R. 2010:* Record of Holocene aridification (6000-7000 BP) in Egypt (NE Africa): Authigenic carbonate minerals from laminated sediments in Lake Qarun. *Quaternary International* 30, 1-8.
- Bárta, M. a kol. 2009:* *Ostrovny zapomnění.* Praha: Dokořán.
- Bard, K. A. (ed.) 1999:* *Encyclopedia of the archaeology of Ancient Egypt.* Londýn: Routledge.
- Barich, B. E. 1993:* Culture and environment between the Sahara and the Nile in the Early and Mid-Holocene. In: *Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J.*

- (*edd.*): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C., Poznań: Poznań Archaeological Museum, 171-185.
- Barich, B. E. – Hassan, F. A. 2000*: A stratified semence from Wadi el-Obeiyd, Farafra: new data on subsistence and chronology of the Egyptian Western Desert. In: *Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.)*: Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 11-20.
- Bastawesy, M. A. – Khalaf, F. I. – Arafat, S. M. 2008*: The use of remote sensing and GIS for the estimation of water loss from Tushka lakes, southwestern desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences* 52, 73-80.
- Beneš, J. 2011*: Xylotomic analysis of wooden objects from the embalmer's depozit of the shaft tomb of Menekhibnekau. In: *Bareš, L. – Smoláriková, K.*: Abusir XXV. The Shaft Tomb of Menekhibnekau. Vol. I: Archaeology. Charles University in Prague, 182-184, 356.
- Besler, H. 2008*: The Great Sand Sea in Egypt. Formation, dynamics and environmental change. A sediment-analytical approach. Londýn: Elsevier Science.
- Bliesner, B. L. O. – Brady, E. S. a kol. 2006*: Last Glacial Maximum and Holocene Climate in CCSM3. *Journal of climate* 19, 2526-2544.
- Bobe, R. 2006*: The evolution of arid ecosystems in eastern Africa. *Journal of Arid Environments* 66, 564-584.
- Bolten, A. – Bubenzer, O. – Bareth, G. 2009*: Reconstruction of Holocene Land-Use Potential in the Egyptian Western Desert. ESRI User Conference Proceedings 2009.
- Braconnot, P. a kol. 2000*: Mid-Holocene and Last Glacial Maximum African monsoon changes as simulated within the Paleoclimate Modelling Intercomparison Project. *Global and Planetary Change* 26, 51-66.
- Breckle, S.-W. 2002*: Walter's Vegetation of the Earth: The Ecological Systems of the Geo-Biosphere. Berlín: Springer.
- Brovkin, V. – Claussen, M. a kol. 1998*: On the stability of the atmosphere-vegetation system in the Sahara/Sahel region. *Journal of geophysical research* 103, 613-31 624.
- Brookes, I. A. 2003*: Geomorphic indicators of Holocene winds in Egypt's Western Desert. *Geomorphology* 56, 155-166.

- Brookes, I. A. 2001: Aeolian erosional lineations in the Libyan Desert, Dakhla Region, Egypt. Geomorphology 39, 189-209.*
- Brookes, I. A. 2010: Spatially variable sedimentary responses to orbitally driven pluvial climate during Marine Oxygen Isotope Stage 5.1, Dakhla Oasis region, Egypt. Quaternary Research 74, 252-264.*
- Brooks, N. 2006: Cultural responses to aridity in the Middle Holocene and increased social complexity. Quaternary International 151, 29-49.*
- Bubbenzer, O. – Riemer, H. 2007: Holocene Climatic Change and Human Settlement Between the Central Sahara and the Nile Valley: Archaeological and Geomorphological Results. Geoarchaeology: An International Journal 22, 607–620.*
- Bubbenzer, O. – Hilgers, A. – Riemer, H. 2007: Luminescence dating and archaeology of Holocene fluvio-lacustrine sediments of Abu Tartur, Eastern Sahara. Quaternary Geochronology 2, 314–321.*
- Bubbenzer, O. – Hilgers, A. 2003: Luminescence dating of Holocene playa sediments of the Egyptian Plateau Western Desert, Egypt. Quaternary Science Reviews 22, 1077–1084.*
- Burrough, S. L. – Thomas, D. S. G. 2009: Geomorphological contributions to palaeolimnology on the African kontinent. Geomorphology 103, 285-298.*
- Caneva, I. 1993: Pre-pastoral Middle Nile: local developments and Saharan contacts. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 405-413.*
- Clark, J. D. 1993: The Aterian of the Central Sahara. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 49-69.*
- Cremaschi, M. – Di Lernia, S. – Garcea, E. A. A. 2000: First chronological indications on the Aterian in the Libyan Sahara. In: Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 229-237.*
- Cremaschi, M. – Pelfini, M. – Santilli, M. 2006: Cupressus dupreziana: a dendroclimatic record for the middle -late Holocene in the central Sahara. The Holocene 16, 293-303.*

- Cremaschi, M. – Zerboni, A. 2009: Early to Middle Holocene landscape exploitation in a drying environment: Two case studies compared from the central Sahara (SW Fezzan, Libya). C. R. Geoscience 341, 689–702.*
- Cremaschi, M. – Zerboni, A. a kol. 2010: The calcareous tufa in the Tadrart Acacus Mt. (SW Fezzan, Libya) An early Holocene palaeoclimate archive in the central Sahara. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 287, 81-94.*
- Crombie, M. K. – Arvidson, R. E. 1997: Age and isotopic constraints on Pleistocene pluvial episodes in the Western Desert, Egypt. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 130, 337-355.*
- Černý, V. 2006: Lidé od Čadského jezera. Praha: Academia.*
- Darchuk, L. – Rotondo, G. G. 2011: Composition of prehistoric rock-painting pigments from Egypt (Gilf Kébir area). Spectrochimica Acta Part A 83, 34-38.*
- Dittman, A. 1993: Environmental and climatic change in the northern part of Eastern Desert during Middle Palaeolithic and Neolithic times. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 145-153.*
- Dufková, M. a kol. 2007: Sahara, příběh Velké pouště. Katalog ke stejnojmenné výstavě, Moravské zemské muzeum v Brně.*
- Dumont, H. J. – El Moghraby, A. I. 1993: Holocene evolution of climate and environment, and stone city ruins in Northern Darfur, Sudan: is there a relationship? In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 381-399.*
- Eggermont, H. – Verschuren, D. a kol. 2008: Aquatic community response in a groundwater-fed desert lake to Holocene desiccation of the Sahara. Quaternary Science Reviews 27, 2411-2425.*
- Elias, S. A. (ed.) 2006: Encyclopedia of Quaternary Science. Londýn: Elsevier Science.*
- Elsheikh, A. – Abdelsalam, M. G. – Mickus, K. 2011: Geology and geophysics of the West Nubian Paleolake and the Northern Darfur Megalake (WNPL–NDML): Implication for groundwater resources in Darfur, northwestern Sudan. Journal of African Earth Sciences 61, 82-93.*

- Fárský, I. 2004: Obecná fyzická geografie- klimatologie, Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.*
- Fárek, V. – Šrejber, J. a kol. 2011: Extrémní srážky na pískovcovém podloží, In: Gis Ostrava 2011.*
- Fischer, D. H. 1980: Climate and History: Priorities for Research. Journal of Interdisciplinary History 10, 821-830.*
- Foster, S. – Loucks, D. P. (edd.) 2006: Non-renewable groundwater resources: a guidebook on socially- sustainable management for water-policy makers. UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.*
- Frumkin, A. – Stein, M. 2004: The Sahara-East Mediterranean dust and climate connection revealed by strontium and uranium isotopes in a Jerusalem speleothem. Earth and Planetary Science Letters 217, 451-464.*
- Gardner, E. W. 1929: The Origin of the Fayium depression: A critical commentary on a new view of its origin. The Geographical Journal 74. 371-383.*
- Gasse, F. 2002: Diatom-inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the western Sahara and Sahel (Africa). Quaternary Science Reviews 21, 737-767.*
- Gatto, M. C. 2002: Early Neolithic pottery of the Nabta-Kiseiba area. In: Nelson, K. a kol.: Holocene Settlement of the Egyptian Sahara, Vol. 2. The Pottery of Nabta Playa. New York, 65-79.*
- Gearon, E. 2011: The Sahara. A cultural history. Oxford: Signal Books.*
- Geus, F. 2000: Geomorphology and prehistory of Sai Island (Nubia): Report on a current research project. In: Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 119-128.*
- Giraudi, C. 2005: Eolian sand in peridesert northwestern Libya and implications for Late Pleistocene and Holocene Sahara expansions. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 218, 161- 173.*
- Godde, K. 2009: An examination of Nubian and Egyptian biological distances: Support for biological diffusion or in situ development. Journal of Comparative Human Biology 60, 389-404.*
- Hassan, F. A. – Barich, B. 2001: Holocene Playa Deposits of Farafra Oasis, Egypt, and Their Palaeoclimatic and Geoarchaeological Significance. Geoarchaeology: An International Journal 16, 29-46.*

- Hawass Z. A. – Brock, L. P. 2000: Egyptology at the Dawn of the Twenty-first Century: Archaeology. Káhira: The American University in Cairo Press.*
- Hahn, J. 1993: Neolithic settlement patterns in the Gebel Kamil area, Southwestern Egypt. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 225-237.*
- Hall, J. G. 2002: North Africa, Londýn: Chelsea House Pub.*
- Haynes, Jr., C. V. 2001: Geochronology and Climate Change of the Pleistocene–Holocene Transition in the Darb el Arba'in Desert, Eastern Sahara. Geoarchaeology: An International Journal 16, 119–141.*
- Haynes, Jr., C. V. – Maxwell, T. A. a kol. 1997: An Acheulian Site Near Bir Kiseiba in the Darb el Arba'in Desert, Egypt. Geoarchaeology: An International Journal 12, 819–832.*
- Hérodotos (přeložil J. Šonka) 1972: Dějiny. Praha: Odeon.*
- Hill, C. L. 2009: Stratigraphy and sedimentology at Bir Sahara, Egypt: Environments, climate change and the Middle Paleolithic. Catena 78, 250-259.*
- Hoelzmann, P. – Keding, B. 2011: Environmental change and archeology: lake evolution and human occupation in the Eastern Sahara during the Holocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 169, 193-217.*
- Le Houérou, H. N. 1997: Climate, flora and fauna changes in the Sahara over the past 500 million years. Journal of Arid Environments 37, 619–647.*
- Horáček, I. – Ložek, V. 1988: Palaeozoology and the Mid- European Quaternary past: scope of the approach and selected results. Praha: Academia.*
- Hunt, C. O. – Reynolds, T. G. A kol. 2011: Resource pressure and environmental change on the North African littoral: Epipalaeolithic to Roman gastropods from Cyrenaica, Libya. Quaternary International 244, 15-26.*
- Issar, A. S. 2003: Climate ganges during the Holocene and their impact on Hydrological systems. Cambridge: Cambridge University Press.*
- Jesse, F. 2003: Early Ceramics in the Sahara and the Nile Valley. In: Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Cultural Markers in the Later Prehistory of Northeastern Africa and Recent Research. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 35-50.*

- Johnson, B. J. – Miller, G. H. a kol. 1997:* The determination of late Quaternary paleoenvironments at Equus Cave, South Africa, using stable isotopes and amino acid racemization in ostrich eggshell. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136, 121-137.
- Johnson, B. J. – Fogel, M. L. – Miller, G. H. 1998:* Stable isotopes in modern ostrich eggshell: A calibration for paleoenvironmental applications in semi-arid regions of southern Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62, 2451-2461.
- Karásek, J. 2001:* *Základy obecné geomorfologie*, Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Kalvoda, J. – Bábek, O. – Brzobohatý, R. 2002:* *Historická geologie*, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Keding, B. 2000:* New Data on the Holocene Occupation of the Wadi Howar region. In: *Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa*. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 89-104.
- Kindermann, K. 2003:* Investigations of the Mid-Holocene Settlement of Djara (Abu Muhariq Plateau, Western Desert of Egypt). In: *Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Cultural Markers in the Later Prehistory of Northeastern Africa and Recent Research*. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 51-72.
- Kindermann, K. – Bubenze, O. a kol. 2006:* Palaeoenvironment and Holocene land use of Djara, Western Desert of Egypt. *Quaternary Science Reviews* 25, 1619-1637.
- Kozłowski, J. K. – Ginter, B. 1993.* Holocene ganges in the Fayum: Lake Moeris and the evolution of climate in North-eastern Africa. In: *Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B. C.* Poznań: Poznań Archaeological Museum, 327-337.
- Kröpelin, S. – Verschuren, D. a kol. 2008:* Climate-Driven Ecosystem Succession in the Sahara: The Past 6000 Years. *Science* 320, 765-768.
- Kröpelin, S. 1993:* The Gilf Kebir and Lower Wadi Howar: contrasting Early and Mid-Holocene environments in the Eastern Sahara. In: *Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B. C.* Poznań: Poznań Archaeological Museum, 249-259.
- Kraus, J. (ed.) 2006:* *Nový akademický slovník cizích slov*. Praha: Academia.
- Krejčí, K. A. 1960:* *Objevení Sahary*, Praha: Naše vojsko.

- Kuper, R. 2006: After 5000 BC: The Libyan desert in transition. C. R. Palevol 5, 409-419.*
- Kuper, R. – Kröpelin, S. 2006: Climate-Controlled Holocene Occupation in the Sahara: Motor of Africa's Evolution. Science 313, 803-807.*
- Lattif, A. A. – El Kashouty, M. 2009: Statistical investigation of the groundwater system in Darb el-Arbaein, Southwestern Desert, Egypt. Earth Sciences Research Journal 13, 166-182.*
- Lézine, A.-M. a kol. 2011: Sahara and Sahel vulnerability to climate changes, lessons from Holocene hydrological data. Quaternary Science Reviews 30, 3001-3012.*
- Lézine, A.-M. 2009: Timing of vegetation changes at the end of the Holocene Humid Period in desert areas at the northern edge of the Atlantic and Indian monsoon systems. C. R. Geoscience 341, 750–759.*
- Lisá, L. – Suková, L. – Cílek, V. – Lisý, P. 2011: Sabaloka a Šestý nilský katarakt, Praha: Novela bohémica.*
- Lošťák, P. 2005: Dezertifikace- globální problémy lidstva. Bakalářská práce, Přírodovědná fakulta Univerzity Palackého v Olomouci.*
- van Loon, A. J. (ed.) 2008: The Great Sand Sea in Egypt. Londýn: Elsevier Science.*
- Mandel, R. D. – Simmons, A. H. 2001: Prehistoric Occupation of Late Quaternary Landscapes near Kharga Oasis, Western Desert of Egypt. Geoarchaeology: An International Journal 16, 95-117.*
- Maxwell, T. A. – Haynes, Jr., C. V. 2001: Sand sheet dynamics and Quaternary landscape evolution of the Selima Sand Sheet, southern Egypt. Quaternary Science Reviews 20, 1623-1647.*
- Mayewski, P. A. – Rohling, E. E. a kol. 2004: Holocene climate variability. Quaternary Research 62, 243- 255.*
- Mercuri, A. M. 2008: Human influence, plant landscape evolution and climate inferences from the archaeobotanical records of the Wadi Teshuinat area (Libyan Sahara). Journal of Arid Environments 72, 1950– 1967.*
- Moeyersons, J. – Vermeersch, P. M. a kol. 1999: Holocene environmental changes in the Gebel Umm Hammad, Eastern Desert, Egypt. Geomorphology 26, 297-312.*
- Mohammed-Ali, A. S. – Khabir, A. R. M. 2003: The Wavy Line and the Dotted Wavy Line Pottery in the Prehistory of the Central Nile and the Sahara-Sahel Belt. African Archaeological Review 20, 25-58.*

- Moska, P. – Murray, A. S. – Bluszcz, A. 2010:* Luminescence properties of single grain quartz to determine the history of a sample from the Sahara Desert. *Quaternary Geochronology* 5, 96–101.
- Mrázek, I. 2006:* Libyjskou Saharou po velbloudích stezkách. Brno: Moravské zemské muzeum v Brně.
- Nelson, K. – Khalifa, E. 2010:* Nabta Playa Black-topped pottery: Technological innovation and social change. *British Museum Studies in Ancient Egypt and Sudan* 16, 133-148.
- Neumann, K. 1993:* Holocene vegetation of the Eastern Sahara: charcoal from prehistoric sites. In: *Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C.* Poznań: Poznań Archaeological Museum, 153-171.
- Nicoll, K. 2001:* Radiocarbon Chronologies for Prehistoric Human Occupation and Hydroclimatic Change in Egypt and Northern Sudan. *Geoarchaeology* 16, 47-64.
- Nicoll, K. 2004:* Recent environmental change and prehistoric human activity in Egypt and Northern Sudan. *Quaternary Science Reviews* 23, 561-580.
- Osmond, J. K. – Dabous, A. A. 2004:* Timing and intensity of groundwater movement during Egyptian Sahara pluvial periods by U-series analysis of secondary U in ores and carbonates. *Quaternary Research* 61, 85-94.
- Pachur, H. J. – Hoelzmann, P. 2000:* Late Quaternary palaeoecology and palaeoclimates of the Eastern Sahara. *Journal of African Earth Sciences* 30, 929-939.
- Paillou, P. – Reynard, B. a kol. 2006:* An extended field of crater-shaped structures in the Gilf Kebir region, Egypt: Observations and hypotheses about their origin. *Journal of African Earth Sciences* 46, 281–299.
- Paillou, P. – El Barkooky, A. a kol. 2004:* Discovery of the largest impact crater field on Earth in the Gilf Kebir region, Egypt. *C. R. Geoscience* 336, 1491–1500.
- Parsons, A. J. - Abrahams, A. D. (edd.) 2009:* *Geomorphology of Desert Environments.* Londýn: Springer.
- van Peer, P – Varmeersch, P. M. 2000:* The Nubian Complex and the Dispersal of Modern Humans in North Africa. In: *Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa.* Poznań: Poznań Archaeological Museum, 47-60.

- Petrie, W. F. 1926: Observations on The Recent Geology and Neolithic Industry of the Northern Fayum Desert. The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland 56, 325-327.*
- Phillipps, R. – Holdaway, S. 2011: Mid-Holocene occupation of Egypt and global climatic change. Quaternary International 30, 1-13.*
- Posnansky, M. – McIntosh, R. 1976: New Radiocarbon Dates for Northern and Western Africa. The Journal of African History 17, 161-195.*
- Prach, K. – Štech, M. – Říha, P. 2009: Ekologie a rozšíření biomů na Zemi. Praha: Scientia.*
- Prasad, A. K. – El-Askary, H. – Kafatos, M. 2010: Implications of high altitude desert dust transport from Western Sahara to Nile Delta during biomass burning season. Environmental Pollution 158, 3385-3391.*
- Le Quillec, J. L. 2006: Rock art and cultural responses to climatic changes in the Central Sahara during the Holocene. In: Reddy, P. C. (ed.): Exploring the Mind of Ancient Man (Festschrift to Robert Bednarik), 173-188.*
- Revel, M. – Ducassou, E. a kol. 2010: 100,000 Years of African monsoon variability recorded in sediments of the Nile margin. Quaternary Science Reviews 29, 1342–1362.*
- Riemer, H. 2000: Regenfeld 96/1 – Great Sand Sea and the Question of Human Settlement on Whaleback dunes. In: Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Recent Research Into the Stone Age of Northeastern Africa. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 21-31.*
- Roberts, N. 1998: The Holocene: An environmental history, Londýn: Wiley-Blackwell.*
- Rohling, E. J. – Cane, T. R. – Cooke, S. a kol. 2002: African monsoon variability during the previous interglacial maximum. Earth and Planetary Science Letters 202, 61-75.*
- Sadr, K. 1993: Environmental change and the development of nomadism in the East-Central Sudan. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 421-431.*
- Sampsell, B. N. 2003: A Traveler's Guide to the Geology of Egypt. Káhira: The American University in Cairo Press.*

- Schild, F. – Wendorf, F. 2001: Geoarchaeology of the Holocene Climatic Optimum at Nabta Playa, Southwestern Desert, Egypt. Geoarchaeology: An International Journal 16, 7-28.*
- Schild, F. – Wendorf, F. 2002: Forty years of the Combined Prehistoric Expedition. Archaeologia Polona 40, 5-22.*
- Schuck, W. 1993: An Archaeological Survey of the Selima Sandsheet, Sudan. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 237-249.*
- Shaw, B. D. 1976: Climate, Environment and Prehistory in the Sahara. World Archaeology 8, 133-149.*
- Shmida, A. 1988: Biogeography of the desert floras of the World. In: Evenari M. – Noy-Meir I. – Goodal D. W. (edd) 1985: Hot deserts and arid shrublands. Ecosystems of the Word 12, 23-77.*
- Smith, A. B. 1993: Terminal Palaeolithic Industrie sof Sahara: a Discussion of new data. In: Krzyżaniak, L – Kobusiewicz, M. – Alexander, J. (edd.): Environmental Change and Human Culture i the Nile Basi nand Northern Africa Until the Second Millennium B.C. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 69-77.*
- Storemyr, P. 2008: Prehistoric geometric rock art at Gharb Aswan, Upper Egypt. Sahara 19, 61-76.*
- Swezey, C. 2001: Eolian sediment responses to late Quaternary climate changes: temporal and spatial patterns in the Sahara. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 167, 119-155.*
- Szabo, B. I., Haynes, Jr., C. V. – Maxwell, T. A. 1995: Ages of Quaternary pluvial episodes determined by uranium-series and radiocarbon dating of lacustrine deposits of Eastern Sahara. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 113, 227-242.*
- Thompson, A. H. – Richards, M. P. a kol. 2005: Isotopic palaeodiet studies of Ancient Egyptian fauna and humus. Journal of Archaeological Science 32, 451–463.*
- Vybíralová, M. 2009: Fyziologické adaptace života na aridní podmínky. Bakalářská práce, Přírodovědná fakulta Masarykovy univerzity v Brně.*
- Watrin, J. – Lézine, A.-M. – Hély, C. 2009: Plant migration and plant communities at the time of the “green Sahara”. C. R. Geoscience 341, 656–670.*

- Wendorf, F. 1977: Late Pleistocene and Recent Climatic Changes in the Egyptian Sahara. The Geographical Journal 143, 211-234.*
- Wendorf, F. – Schild, R. 1998: Nabta Playa and Its Role in Northeastern African Prehistory. Journal of anthropological archaeology 17, 97-123.*
- Wendorf, F. – Schild, R. 2003: Food economy and settlement system during the Neolithic in the Egyptian Sahara. In: Krzyżaniak, L – Kroeper, K. – Kobusiewicz, M. (edd.): Cultural Markers in the Later Prehistory of Northeastern Africa and Recent Research. Poznań: Poznań Archaeological Museum, 145-157.*
- Wendorf, F. – Schild, R. – Nelson, K. 2002: Holocene settlement of the Egyptian Sahara: The pottery of Nabta Playa, Londýn: Springer.*
- Williams, M. A. J. 2009: Late Pleistocene and Holocene environments in the Nile basin. Global and Planetary Change 69, 1–15.*
- Williams, M. – Talbot, M. a kol. 2006: Abrupt return of the summer monsoon 15,000 years ago: new supporting evidence from the lower White Nile valley and Lake Albert. Quaternary Science Reviews 25, 2651-2665.*
- Wright, H. E. Jr. - Kutzbach, T. - Web, T. III - Ruddimann, W. F. - Alayne, S.-P. F. - Bartlein, P. J. (edd.) 1993: Global Climates since the Last Glacial Maximum. Minnesota: The University of Minnesota Press.*
- Yechieli, Y. – Wood, W. W. 2002: Hydrogeologic processes in saline systems: playas, sabkhas, and saline lakes, Earth-Science Reviews 58, 343-365.*
- Zaki, R. 2007: Pleistocene evolution of the Nile Valley in northern Upper Egypt. Quaternary Science Reviews 26, 2883-2896.*
- Zeman, A. – Demek, J. 1984: Kvartér. Geologie a geomorfologie. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.*
- Zelený, V. – Kunte, L. 2008: Okrasné rostliny tropů a subtropů. Praha: Grada.*
- van Zinderen Bakker, Sr. E. M. – Maley, J. 1977: Late Quaternary palaeoenvironments of the Sahara region. Palaeoecology of Africa and the surrounding islands 11, 83-104.*

7. Seznam obrazových příloh

Příloha 1: Geomorfologická mapa jižní části Západní pouště v Egyptě. (Převzato z: *Bubbenzer – Riemer 2007*).

Příloha 2: Rozložení pásma monzunových dešťů (ITCZ) v Africe v červenci a lednu (*Burroughs – Thomas 2009*).

Příloha 3: Fluktuace hladiny Čadského jezera v holocénu (Převzato z: *Anderson – Maasch – Sandweiss 2007*).

Příloha 4: Keramika Incised Wavy Line a Dotted Wavy Line (Převzato z: *Mohammed-Ali – Khabir 2003*).

Příloha 5: Pylový diagram z lokality Wádí Teshuinat v Libyi (Převzato z: *Mercuri 2008*).

Příloha 6: Chronologická tabulka holocenního lidského osídlení východní Sahary (egyptsko-súdánská oblast) (Převzato z: *Kuper 2006*).

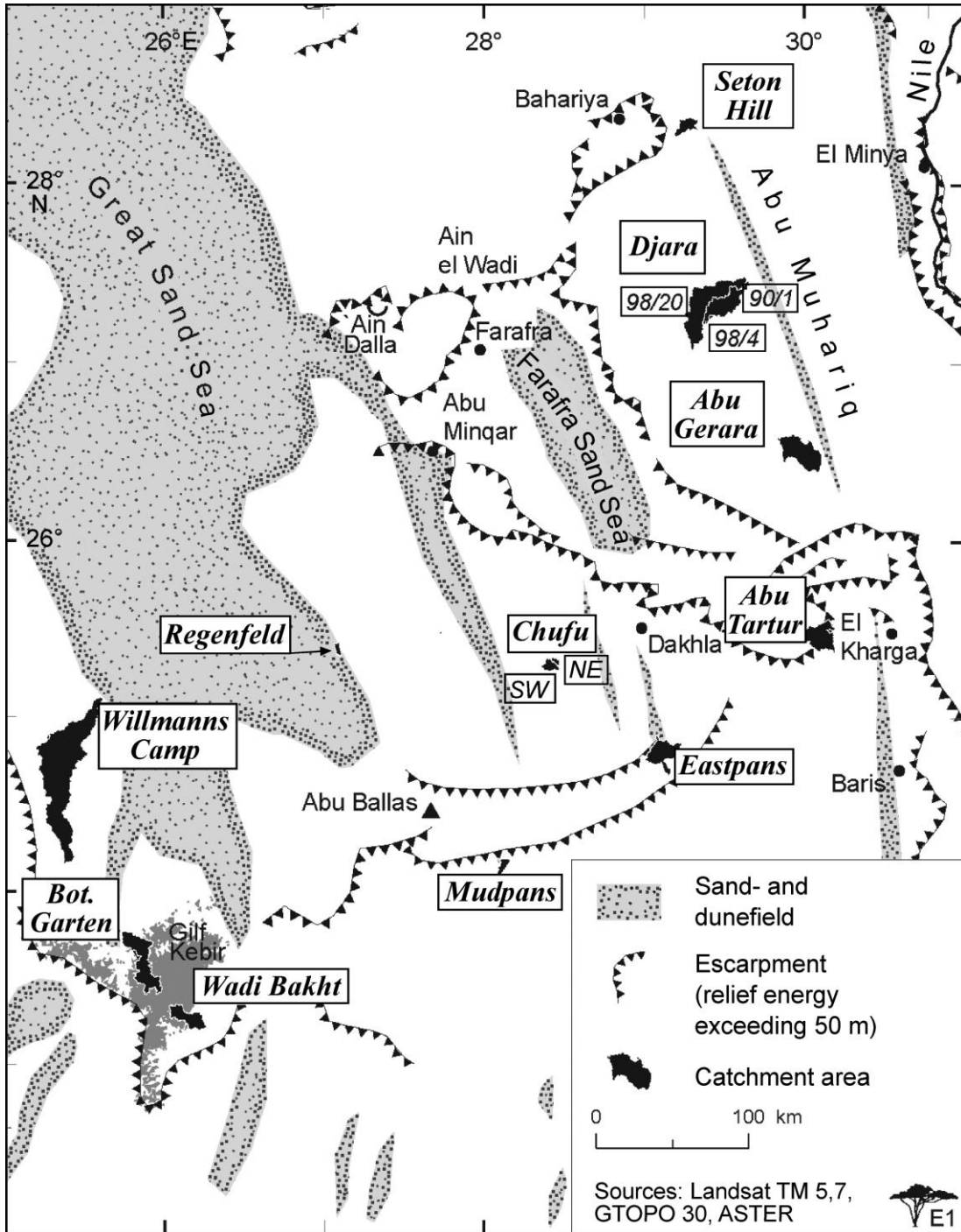
Příloha 7: Plán lokality Nabta Playa v Egyptě (Převzato z: *Wendorf, F. – Schild 1998*).

Příloha 8: Charakteristické kamenné nástroje z lokality Djara v Egyptě (stupeň epipaleolitického osídlení, Djara A, Djara B) (Převzato z: *Kindermann – Bubbenzer 2006*).

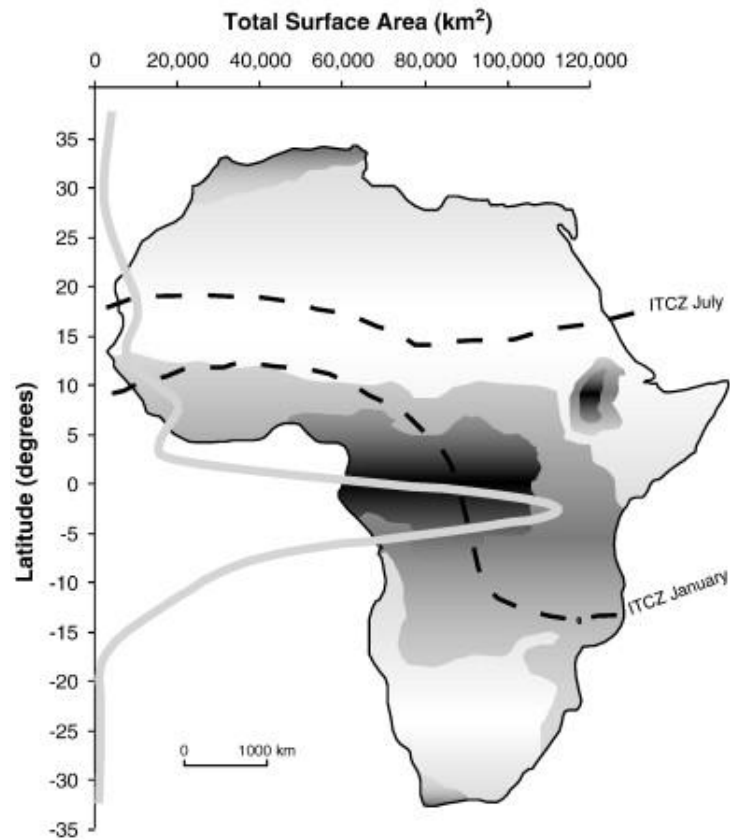
Příloha 9: Kamenné artefakty z lokality Regenfeld v Egyptě (Převzato z: *Kuper 2006*).

Příloha 10: Skalní umění v náhorní plošině Messak v Libyi. Dva lovci stílí šípky po nosorožci (Převzato z: *van Albada 1994*).

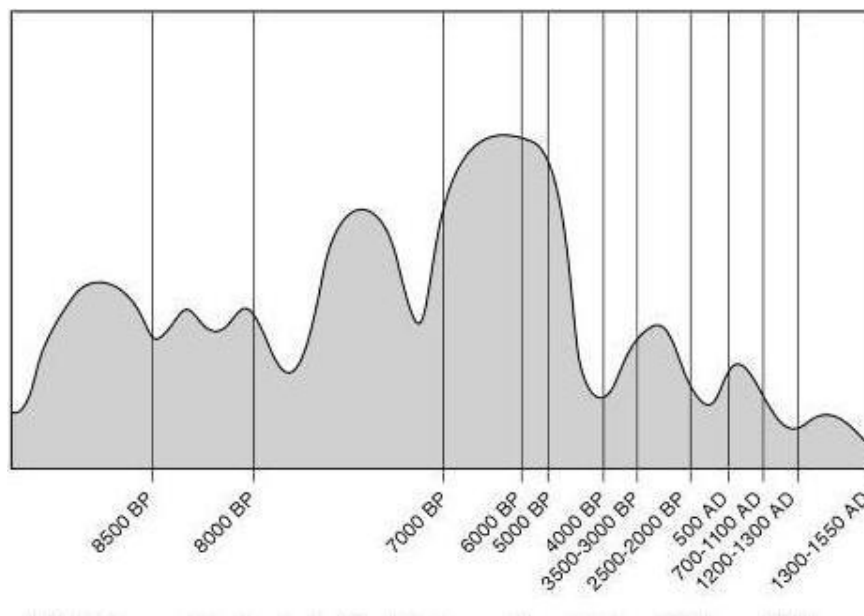
Příloha 1: Geomorfologická mapa jižní části Západní pouště v Egyptě. Byly zde zmapovány typy reliéfu, které se zde vyskytují, společně se zkoumanými lokalitami v rámci projektu ACACIA do roku 2007 (Převzato z: *Bubenzer – Riemer 2007*).



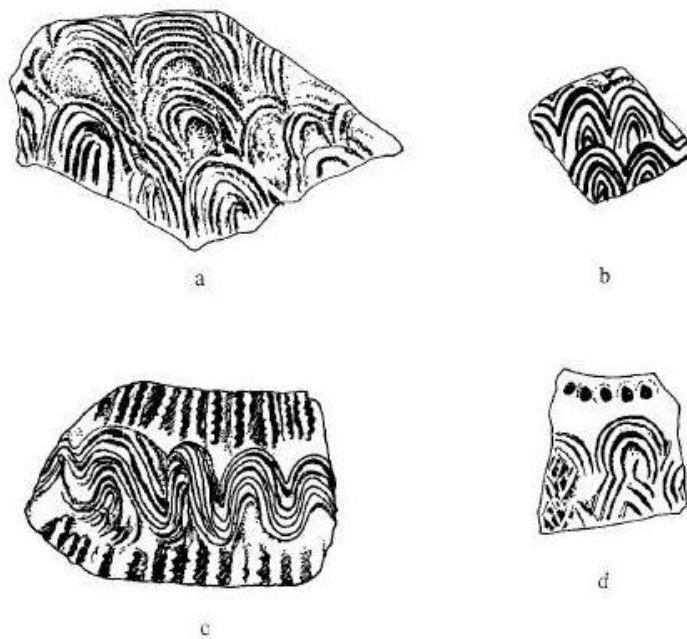
Příloha 2: Rozložení pásma monzunových dešťů (ITCZ) v Africe v červenci a lednu (Burrough – Thomas 2009).



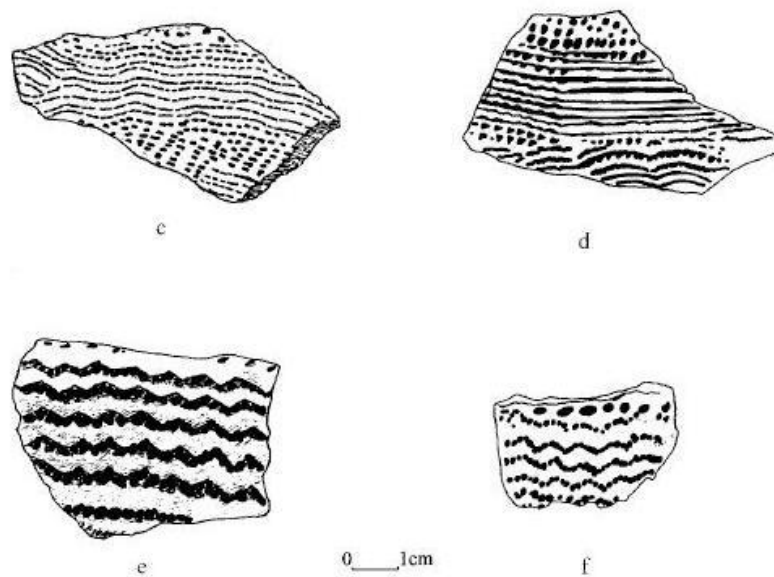
Příloha 3: Fluktuace hladiny Čadského jezera v holocénu (Převzato z: Anderson – Maasch – Sandweiss 2007).



Příloha 4: Keramika Incised Wavy Line a Dotted Wavy Line (Převzato z: *Mohammed-Ali – Khabir 2003*).

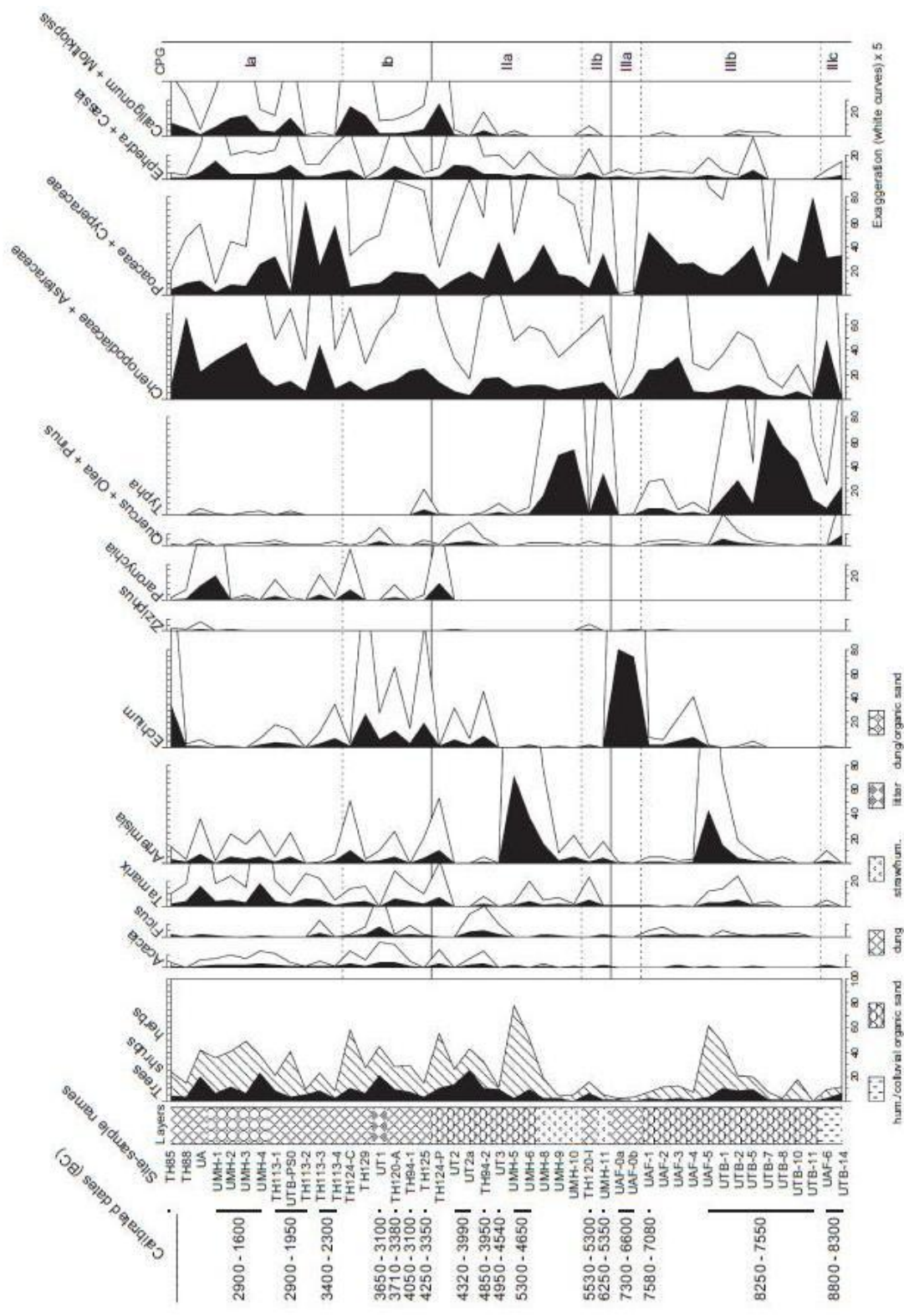


Vysvětlivky: Keramika s rytou vlnicí: A-D.

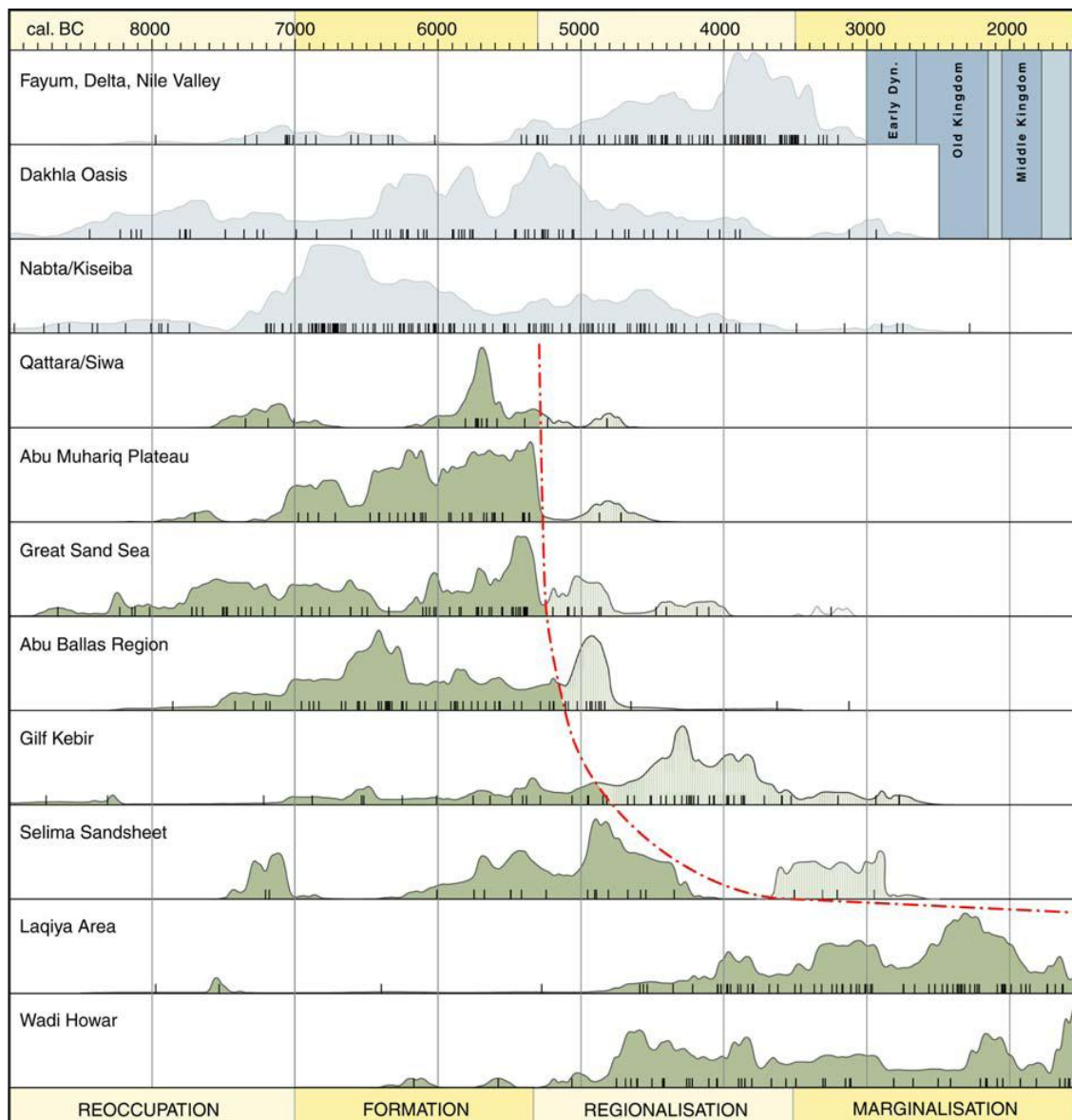


Vysvětlivky: Keramika s vypíchanou vlnicí: C-F.

Příloha 5: Pylový diagram z lokality Wádi Teshuinat v Libyi. Vybrané pylové taxony značí výskyt travnaté savany (*Chenopodiaceae*, *Poaceae*) (Převzato z: Mercuri 2008).

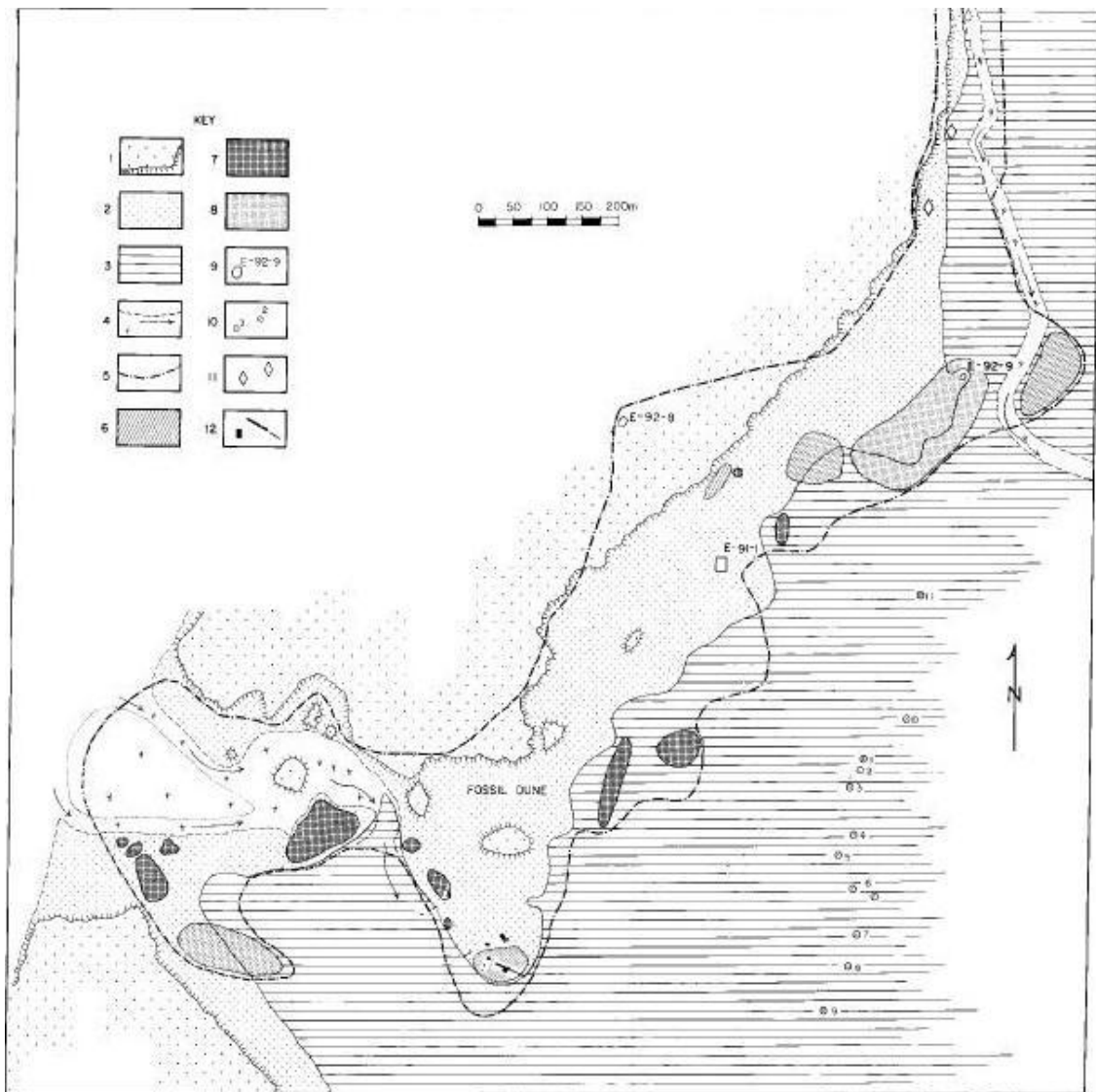


Příloha 6: Chronologická tabulka holocenního lidského osídlení východní Sahary (egyptsko-súdánská oblast). Radiokarbonová data z uhlíků, skořápek pštrosích vajec a kosterních pozůstatků (Převzato z: *Kuper 2006*).



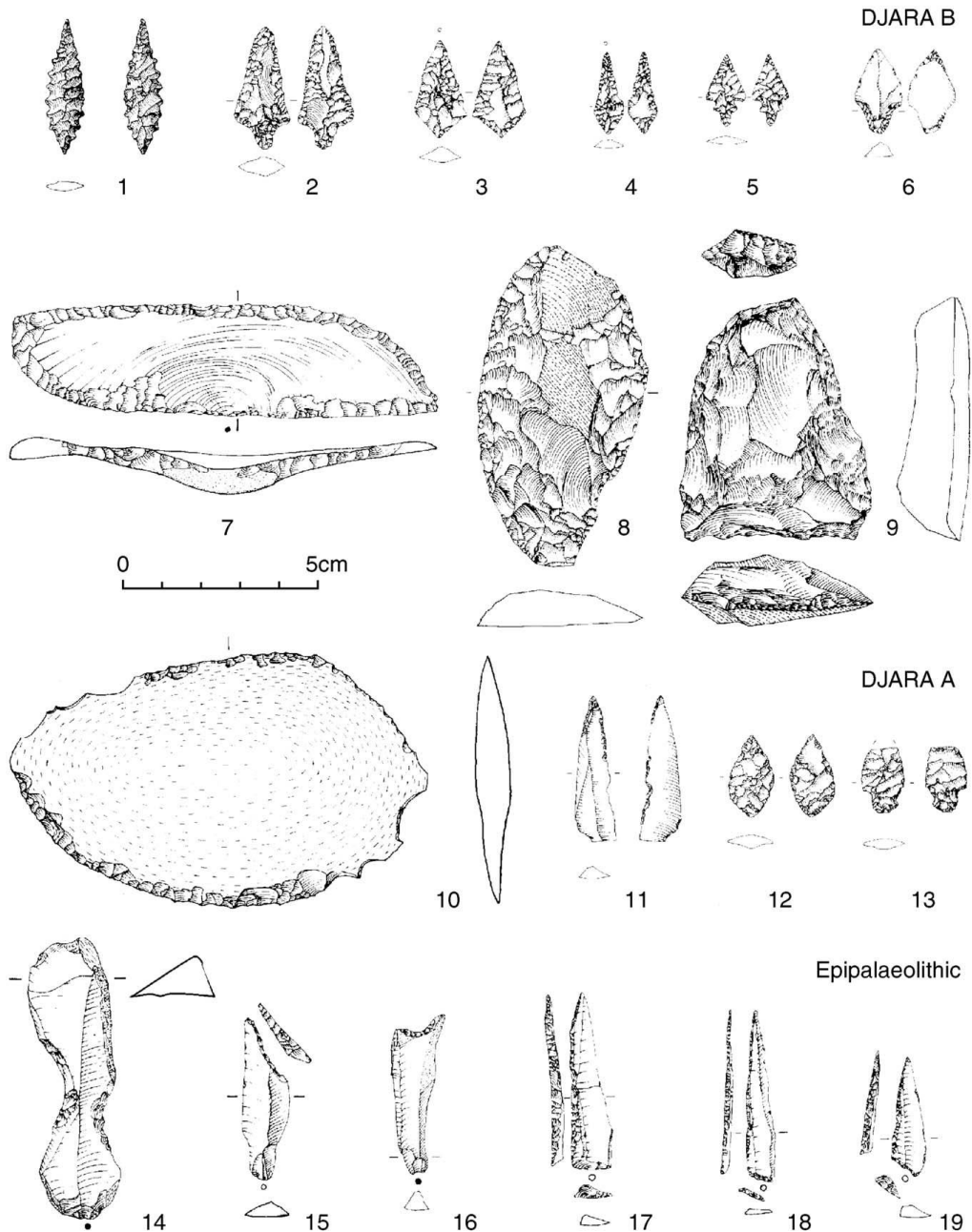
Vysvětlivky: Červená linie označuje počátek aridifikace v Západní poušti okolo 5300 cal. BC. Data z pozdního období pochází z lokalit s trvalou vodní plochou.

Příloha 7: Plán lokality Nabta Playa v Egyptě (Převzato z: *Wendorf, F. – Schild 1998*).



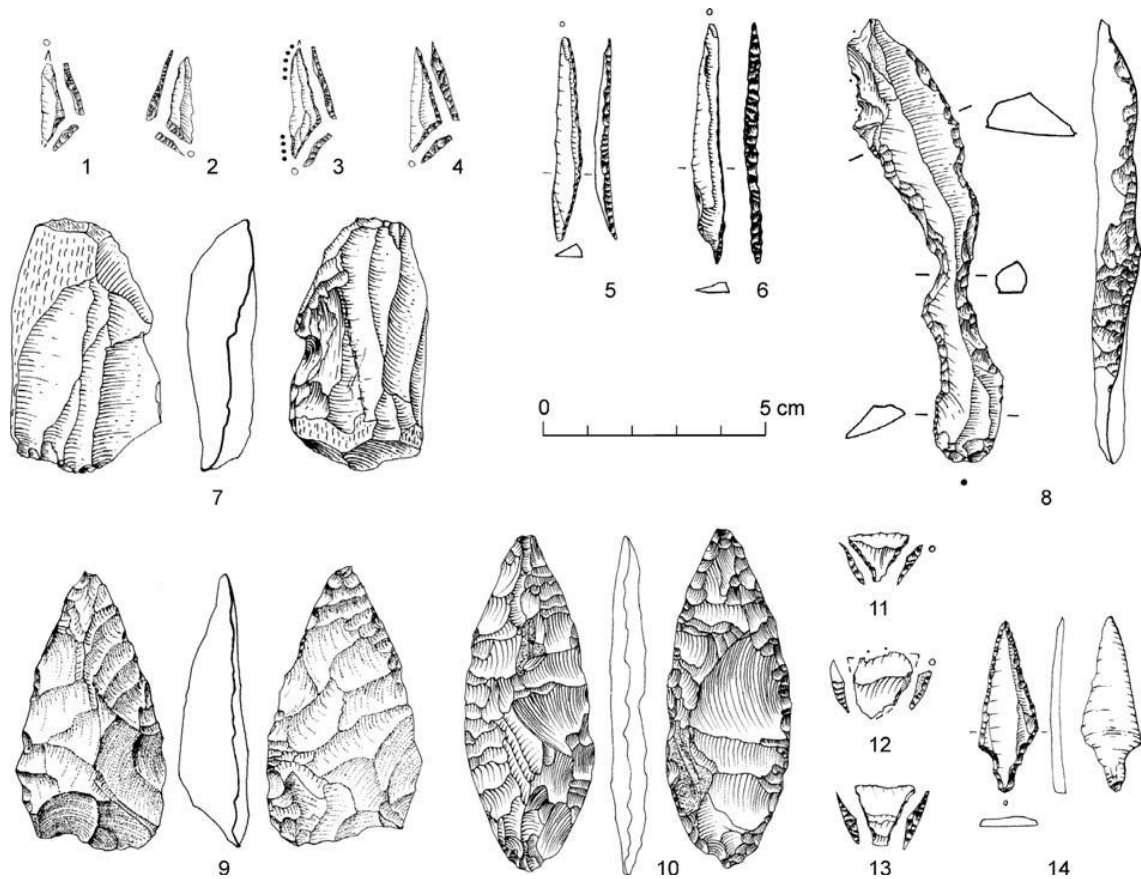
Vysvětlivky: 1. Pískovcové podloží 2. Písek navátý větrem 3. Depozity v pláji 4. Údolí wadí 5. Hranice kulturních pozůstatků 6. Koncentrace raně neolitických artefaktů 7. Koncentrace ohnišť datovaných do středního neolitu 8. Koncentrace ohnišť datovaných do pozdního neolitu 9. Kamenný kruh 10. Řady megalitů 11. Tumuly s rituálními pohřby dobytka 12. Exkavační plochy

Příloha 8: Charakteristické kamenné nástroje z lokality Djara v Egyptě (stupeň epipaleolitického osídlení, Djara A, Djara B) (Převzato z: *Kindermann – Bubenze 2006*).



Vysvětlivky: Djara B: 1-6 hroty šípů, 7 ústěp s bočním ... 8 drasadlo, 9 hladitko. Djara A: 10 drasadlo, 11-13 hroty šípů. Epipalaeolit: 14 zúžená čepel, 15-16 zkrácené čepelky, 17-19 protáhlé nerovnoměrné trojúhelníky.

Příloha 9: Kamenné artefakty (kamenné nástroje) z lokality Regenfeld v Egyptě (Převzato z: *Kuper 2006*).



Vysvětlivky: 1-8 fáze reokupace, 9-14 formování fáze osídlení.

Příloha 10: Skalní umění v náhorní plošině Messak v Libyi. Dva lovci stílí šípy po nosorožci (Převzato z: *van Albada 1994*).

