

UNIVERZITA KARLOVA

FILOZOFICKÁ FAKULTA

Ústav pro archeologii

## Sklo a fajáns v době bronzové v Čechách

Bakalářská práce

Lucie Janoutová

Praha 2024

Vedoucí práce: PhDr. Zuzana Bláhová, Ph.D.

Konzultant práce: PhDr. Natalie Venclová, DrSc.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci napsala samostatně s využitím pouze uvedených a řádně citovaných pramenů a literatury a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

---

Lucie Janoutová

V Praze dne

## Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí práce PhDr. Zuzaně Bláhové, Ph.D. a konzultantce práce PhDr. Natalii Venclové, DrSc za cenné rady a vedení ohledně textu i přehledu nálezů. Dále děkuji Mgr. Danu Pilařovi a PhDr. Pavlu Burgertovi, PhD. za podnětné rady k podobě přehledu nálezů.

## Abstrakt

Práce shrnuje výsledky bádání o fajánsových a skleněných předmětech z archeologických nálezů doby bronzové na území Čech. V tomto období odtud známe pouze korálky. Ty byly vyráběny od 4. tisíciletí př. n. l. na Blízkém východě a v Egyptě, od konce 3. tisíciletí př. n. l. také v Řecku. Do Čech byly dopravovány od starší doby bronzové, v mladší době bronzové jejich počet narostl. Dle prvkových analýz je možné korálky přiřadit produkční oblasti, kterou byl ve starší a střední době bronzové Blízký východ, v mladší době bronzové Řecko a severní Itálie. K práci je připojen aktuální soupis nálezů ze skelných hmot doby bronzové na území Čech.

## Klíčová slova

Čechy, doba bronzová, sklo, fajáns, korálky

## Abstract

This thesis summarizes the results of research on Bronze Age faience and glass archaeological finds in Bohemia. Those are only represented by beads in this period. They were produced from the 4th millennium BC in the Near East and Egypt, and from the end of the 3rd millennium BC also in Greece. From the Early Bronze Age (2300 BC) they were imported to Bohemia, and their number increased in the Late Bronze Age (1300 BC). Thanks to elemental analyses, it is possible to assign the beads to a given production area, which was the Near East in the Early and Middle Bronze Age and Greece and northern Italy in the Late Bronze Age. An up-to-date list of Bronze Age glass finds in Bohemia is included.

## Key words

Bohemia, Bronze Age, glass, faience, beads

## Obsah

Seznam použitých zkratk.....	6
1 Úvod .....	8
2 Dějiny bádání .....	8
3 Sklo a jeho složky s ohledem na technologie doby bronzové.....	16
3.1 Složky skla .....	17
3.1.1 Mřížkotvorné suroviny.....	17
3.1.2 Taviva.....	19
3.1.3 Stabilizátory .....	20
3.1.4 Barviva.....	21
3.1.5 Opacifikátory .....	25
3.1.6 Cizorodé příměsi.....	26
3.2 Fyzikálně chemická charakteristika vzniku skla .....	27
3.3 Druhy skla podle složení.....	27
3.3.1 Sodné popelové sklo .....	28
3.3.2 Sodné natronové sklo.....	29
3.3.3 Sodnodraselné sklo typu LMHK .....	32
4 Výrobní technologie skelných hmot ve starším pravěku .....	38
4.1 Příbuzné výrobní technologie předcházející skelným hmotám ....	40
4.2 Socioekonomické pozadí nejranější výroby fajánse a skla.....	42
4.3 Fajáns, egyptská modř, sklo a jejich produkční centra.....	43
4.3.1 Blízký východ.....	46
4.3.2 Egypt.....	50
4.3.3 Středomoří .....	52

4.3.4 Frattesina.....	55
4.5 Zdroje surovin a výrobní zařízení .....	56
4.6 Postup výroby sklářského kmene v primárních dílnách doby bronzové.....	57
4.7 Postup výroby artefaktů ze sklářského kmene.....	60
5 Obchod a okruhy distribuce .....	65
5.1 Blízký východ, Egypt, Středomoří.....	65
5.2 Evropa .....	69
6 Sklo a fajáns doby bronzové na území Čech .....	82
6.1 Starší doba bronzová.....	83
6.2 Střední doba bronzová .....	83
6.3 Mladší doba bronzová .....	85
6.4 Pozdní doba bronzová .....	88
7 Identifikace, dokumentace a konzervace nálezů ze skelných hmot.....	88
7.1 Postdepoziční procesy specifické pro sklo .....	88
7.2 Plavení výplní žárových hrobů a další postupy k zachycení drobných artefaktů.....	90
8 Možnosti a přínosy analýz.....	92
9 Závěr.....	97
10 Soupis nálezů fajánse a skla doby bronzové v Čechách .....	97
Zdroje .....	102

## Seznam použitých zkratek

AAS atomová absorpční spektrometrie

AMČR Archeologická mapa České republiky

AR Archeologické rozhledy

ASM Archeologické studijní materiály

AV Akademie věd

AVČ Archeologie východních Čech

AVJČ Archeologické výzkumy v jižních Čechách

AVSČ Archeologie ve středních Čechách

AZČ Archeologie západních Čech

BEI zpětně odražené elektrony

BZO Bulletin Záchraného oddělení

ČFMo českofalcká mohylová kultura

ČNM Časopis Národního muzea

ČR Česká republika

ČSSA Československá společnost archeologická

EDS, EDX energiově disperzní analyzátor

EPMA elektronová mikroanalýza

ESEM environmentální elektronový rastrovací mikroskop

HMG sklo s vysokým obsahem hořčíku

Kn knovízská kultura

LA-ICP-MS laserová ablace s hmotnostní spektrometrií indukčně vázaného plazmatu

LA-ICP-TOFMS laserová ablace s hmotnostní spektrometrií indukčně vázaného plazmatu s průletovým analyzátozem

LMG sklo s nízkým obsahem hořčíku

LMHK sklo s nízkým obsahem hořčíku a vysokým obsahem draslíku

Lu lužická kultura

Mi milavečská kultura

MU Masarykova univerzita v Brně

NAA neutronová aktivační analýza  
NM Národní muzeum  
NMR nukleární magnetická rezonance  
Ny nynická kultura  
PA Památky archeologické  
PIXE prvková analýza pomocí rentgenového záření vyzářeného v reakci na protonový svazek  
(*particle-induced X-ray emission*)  
PZ Praehistorische Zeitschrift  
RDA rentgenová difrakční analýza  
RSFO oblast rýnsko-švýcarsko-východofrancouzských popelnicových polí  
RFA rentgenová fluorescenční analýza  
SEI sekundární elektrony  
SEM-EDS skenovací elektronový mikroskop s energiově disperzní spektrometrií  
SLS sodnovápenaté sklo (*soda-lime-silica*)  
SlzP slezskoplatěnická kultura  
SNM Sborník Národního muzea  
StAÚ Státní archeologický ústav  
SVS Středočeský vlastivědný sborník  
TIMS hmotnostní spektrometrie s termální ionizací  
UMCh Ústav makromolekulární chemie AVČR  
Ún únětická kultura  
UPOL Univerzita Palackého v Olomouci  
UPce Univerzita Pardubice  
UV-FAR IR infračervená spektroskopie  
VSH Východočeský sborník historický  
VŠCHT Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
WDS, WDX vlnově disperzní analyzátor  
XPS rentgenová fotoelektronová spektroskopie  
ZČAS Zprávy České archeologické společnosti  
ZSAK Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte



## 1 Úvod

Doba bronzová je obdobím prvního výskytu skleněných artefaktů na našem území. Na rozdíl od období pozdějších jde výhradně o korálky, které bývají nejčastěji nalézány v rámci hrobových výbav, méně často také jako součásti depotu, jednotlivě nebo v celých soupravách, které původně tvořily zřejmě náhrdelníky. Drobné korálky nejsou vždy při výzkumech zachyceny a sklo bývá zaměňováno za jiné materiály, jsou také méně chronologicky citlivé. Pokud je jim věnována pozornost, mohou vypovídat o dálkovém obchodu (za současného stavu poznání předpokládáme, že veškeré sklo v Čechách bylo až do doby laténské pouze importované), výrobní specializaci, sociálních a dalších aspektech kultury. Zvláště proto, že jde o předměty neutilitární povahy, mohou korálky přinášet specifické informace o myšlenkovém světě pravěkých společností. Výzkum se zaměřuje na typologii těchto artefaktů, jejich nálezový kontext a geografické rozložení, na jehož základě lze uvažovat o poloze produkčních center, na etnografické paralely a experimentální výrobu, při terénním výzkumu sklářských lokalit pak kromě hotových artefaktů také na výrobní zařízení a odpad. Možnosti hlubšího poznání výrobní technologie a původu surovin poskytují archeometrické analýzy.

Pravěké korálky ze skelných hmot z našeho území byly poprvé souhrnně zpracovány Natalií Venclovou (1990), od vydání této monografie však uběhlo již více než třicet let a od začátku devadesátých let vzrostl jak počet nálezů, tak možnosti archeometrických analýz, nemluvě o množství domácí a zahraniční literatury zabývající se pravěkou sklářskou výrobou. Hlavním cílem této bakalářské práce je rešerše literatury, doplnění teoretické části o nové poznatky a aktualizace soupisu nálezů z Čech.

## 2 Dějiny bádání

Typologie skleněných artefaktů nebo přístupy k jejich zkoumání bývají přenositelné i na jiná období, krátce tedy budou zmíněny i související výzkumy pozdějších skleněných artefaktů. Od začátku 20. století se skleněné artefakty zkoumaly z morfologického hlediska, sjednocovala se terminologie a sestavovaly se katalogy. Nedostatkem v tomto období byly chybějící katalogy z oblastí předpokládaného původu artefaktů, tedy Blízkého východu a Egypta. Původ korálků byl hledán spíše v Egyptě, především proto, že nálezů z Mezopotámie bylo v porovnání s egyptskými méně, a přitom byly silně zkorodované a hůře se daly zkoumat. Nálezy z Núzi publikované v roce 1939 R. F. S. Starrem zájem o mezopotámské sklo obnovily (Moorey 1994, 193). V 50. a 60. letech se pozornost přesunula k

výrobním technologiím. S rychle se rozšiřujícími možnostmi chemických analýz se studium skla jako materiálu stalo standardem a badatelé se snažili na základě poměru obsažených prvků nebo přítomnosti stopových prvků určit provenienci surovin, případně místo výroby skla. Ukázalo se, že spolu s písemnými prameny, popisujícími výrobní postupy a s experimentální tvorbou nám prvkové analýzy mohou poskytnout ještě přesnější informace.

Pozornost badatelů se v raných obdobích zájmu o pravěké sklo zaměřovala spíše na větší a tvarově variabilnější laténské skleněné šperky nebo nádoby z doby římské (Venclová 1990, 13). Paul Reinecke se jako první začal zajímat i o korálky a jejich nálezový kontext, přičemž předpokládal, že veškeré sklo doby bronzové nalézané v Evropě jsou importy. Své závěry shrnul v publikaci *Glasperlen vorrömischer Zeiten aus Funden nördlich der Alpen* (Reinecke 1911, Venclová 1990, 13). Dále byly nálezy korálků zaznamenávány zejména na Britských ostrovech. K další systematizaci přispěl Horace Courthope Beck svou publikací *Classification and Nomenclature of Beads and Pendants* (Beck 1928), ve které korálky z více různých období i oblastí rozděloval do kategorií podle tvaru, barvy a výzdoby (techniku výroby nezohledňoval) a představil jednotný systém jejich popisu – alfanumerický kód, který se stal základem všech pozdějších klasifikačních systémů (Venclová 1990, 21). H. C. Beck se později zabýval nejstarším mezopotámským a egyptským sklem, jako první vypracoval katalog mezopotámského skla (17 předmětů) a vyslovil myšlenku, že nejstarší sklo bylo vyrobeno tam, nikoli v Egyptě (Beck 1934).

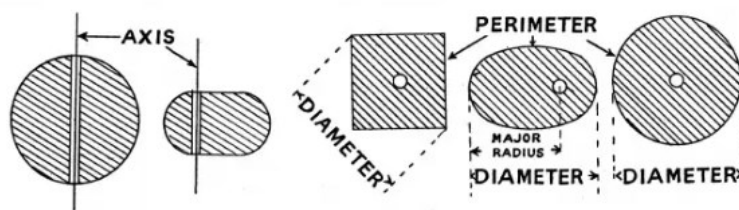


Fig. 1. Axis.

Fig. 2. Transverse section.

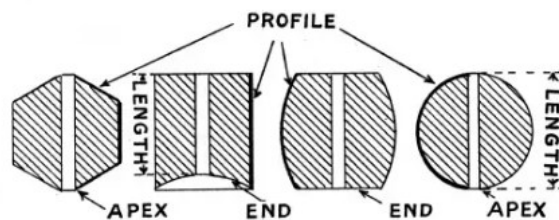


Fig. 3. Longitudinal section.

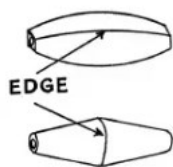


Fig. 4. Edge.

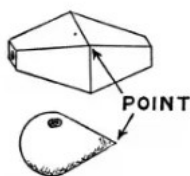


Fig. 5. Point.



Fig. 6. Base.

**Obr. 1.** Popis částí koráleků pro jednotnou klasifikaci H. C. Becka. Zdroj: Beck 1928, 3.

J. F. S. Stone s H. C. Beckem publikovali v roce 1936 článek *Faience beads of the British Bronze Age*, v němž se zaměřovali zejména na morfologii a zvláštní pozornost věnovali segmentovaným korálekům. Původ většiny koráleků hledali v Egyptě a jejich rozšíření na Britské ostrovy zasadili do období 18. dynastie, kolem roku 1400 př. n. l. Určení egyptské provenience bylo obecně snadnější díky tomu, že nejvíce zdokumentovaných artefaktů pro porovnávání s evropskými bylo egyptského původu, byly totiž jak dobře zachovalé, tak dostupné, a ve velkém množství (Peltenburg 1987). Částečný katalog artefaktů ze Středomoří vytvořila například K. P. Fosterová (1979). J. F. S. Stone navázal spoluprací s L. C. Thomasem, jejímž výsledkem bylo vydání článku *The Use and Distribution of Faience in the Ancient Near East and Prehistoric Europe* (1957), ve kterém se snažili původ evropských koráleků v Egyptě dokázat jednak typologicky (jejich klasifikace se potom stala standardem na dlouhou dobu), a jednak poprvé pomocí spektrografické analýzy, na jejímž základě rozdělili nálezy na pravou fajáns a skelnou fajáns. Výjimečnou pozornost věnovali korálku z Abydu, který vykazoval typologickou podobnost s britskými korálky a podporoval tak teorii o jejich původu v Egyptě. Autoři upozornili, že složení evropských koráleků se liší podle regionu a někde přímo souvisí s odlišným složením místních kovových rud. Zároveň ale pochybovali, že by výroba tak komplexního materiálu jako fajáns mohla být objevena náhodou na více místech zároveň, navíc ve společnostech v odlišném stupni vývoje. Dle jejich názoru se tedy

šířily spíše artefakty než znalost jejich výroby. S výsledky jejich analýz později pracovali R. G. Newton a Colin Renfrew ve svém článku *British faience beads reconsidered* (1970). Na rozdíl od práce, ze které vycházeli, hledali původ korálků spíše na Blízkém východě.

Technologií pravěké sklářské výroby se zabýval chemik W. E. S. Turner, který v roce 1915 založil Department of Glass Manufacture na Sheffieldské univerzitě, což byla první akademická instituce zabývající se výzkumem skla, a později i Turner Museum of Glass v roce 1943 (Sheffield.ac.uk). V *Journal of the Society of Glass Technology* (jehož editorem byl on sám) vydal šestidílnou práci o skle *Studies in ancient glasses and glassmaking processes* (1954-1959), jejíž třetí díl se zaměřuje na písemné doklady sklářské výroby a její postupy a čtvrtý díl na dosud provedené analýzy skla a jejich zhodnocení. Celá práce má široký záběr od pravěku po středověk, od Číny přes Blízký východ po Evropu, Turnerovým záměrem však spíše než archeologické bádání bylo zkvalitnění současné sklářské výroby (Douglas 1964). V rámci celoživotního studia římského skla se korálkům věnoval také Donald Benjamin Harden, který publikoval například řadu článků o starověkém skle v *The Archaeological Journal* (1969-1972) a sklu jako materiálu se věnoval také ve druhém dílu řady *History of technology* (1957).

Robert Brill významně přispěl k rozvoji chemických analýz pravěkého skla a výzkum rozvinul také dalším směrem – odpovědi na otázky ohledně konkrétních výrobních postupů a lokalizace dílen hledal v písemných pramenech. Většinu života pracoval v Corning Museum of Glass a kromě výzkumu skla přispěl archeologii zavedením výzkumu izotopů olova, na jejichž základě je možné určit původ rudy. Na základě izotopů kyslíku vypracoval klasifikaci nejstarších skleněných výrobků. Výsledky bádání v těchto dvou propojených oblastech zveřejnil v článku *The chemical interpretation of the texts* (1970), který vyšel v rámci sborníku Adolfa Lea Oppenheima a dalších předních badatelů *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia* a propojuje jak výsledky archeologických výzkumů, tak chemické analýzy a Oppenheimovy překlady klínového písma, které navazují na předchozí práci asyrologa Reginalda Campbella Thompsona, ale jeho závěry opravily na základě nových dostupných chemických analýz (například byla zpochybněna existence červeného skla s obsahem zlata, pro něž nebyly žádné jiné doklady). U těchto překladů činí největší obtíže správné propojení názvu v původním jazyce s kovem nebo jiným prvkem, jak je chápeme dnes, výklady se tedy často liší. K nalezeným pramenným zmínkám o sklářské výrobě v Mezopotámii Brill přispěl vlastní experimentální tvorbou skla, při níž porovnával různé zdroje surovin. Později svůj výzkum shrnul v dvojdílné publikaci *Chemical Analyses of Early Glasses* (1999), kde publikoval katalog 6400 skleněných artefaktů z Egypta a Blízkého

východu a jejich analýzy a morfologickou klasifikaci. Jako třetí díl vyšel v roce 2012 sborník článků z let 2000-2011 (Brill – Stapleton 2012), který shrnuje výsledky výzkumů Corning Museum of Glass a interpretuje data publikovaná v prvních dvou dílech. Další významný článek A. L. Oppenheima byl *Towards a history of glass in the ancient Near East* (1973), ve kterém na základě analýz ingotů uvažoval o závislosti Egypta na syrské oblasti. Práce W. G. N. van der Sleena *A handbook on beads* (1967) byla první vydanou monografií nově vzniklé mezinárodní společnosti pro studium skla *Journees internationales de verre* a spíše než na klasifikaci korálek se soustředila na jejich původ a způsob výroby. Autor navíc přispěl k terminologii překladem základních termínů do pěti jazyků (Summers 1968).

O výzkum skla se významně zasloužila Thea Elisabeth Haevernicková, která se v záběru své celoživotní práce věnovala jak sklu pravěkému, tak artefaktům ze středověku a novověku. Nejprve zkoumala skleněné korálky z depotu z Allendorfu (Durynsko, pozdní doba bronzová), kde identifikovala nový čtyřboký typ (Haevernick 1949-1950). Zkoumání původu drobných skleněných ozdob rozvinula svou práci o středoevropských korálcích střední doby bronzové *Glasperlen aus der bronzezeitlichen Hügelgräberkultur im Gebiet von Schwarza* (1958), ve které popisuje jejich odlišnosti od středomořských a jiných evropských korálek. V roce 1960 vydala práci *Die Glasarmringe und Ringperlen der Mittel- und Spätlatènezeit auf dem Europäischen Festland* o latěnských skleněných ozdobách, v níž zvolila jednotný způsob klasifikace korálek, přenositelný i do jiných období. Později také rozpracovala svou klasifikaci korálek popelnicových polí *Urnfelderzeitliche Glasperlen* (1978) a sestavila katalog nálezů ze střední Evropy. Jejich původ hledala v Mezopotámii (odkud se podle jejího názoru pravděpodobně obchodními cestami dostaly přes Anatolii) spíše než v Egyptě (Henderson 1988a, 435-436). Na základě toho, že korálky jsou si velmi podobné, usuzovala Th. E. Haevernicková, že musely být vyrobeny v krátkém období, ale nošeny byly dlouho poté – známe i halštatské nálezy (Haevernick 1978, 145). Ohledně nálezů skleněných korálek v nádobě ve vřaku u mysu Gelidonya uvažovala, že mohly být dopravovány západovýchodním směrem, ne nutně dováženy k nám (Haevernick 1978, 148).

Edward V. Sayre se věnoval chemickým analýzám pravěkého i středověkého skla z Evropy, Blízkého východu a Afriky. Jeho významným přínosem je rozdělení skla do pěti kategorií podle složení, které představil v článku *Compositional Categories of Ancient Glass* (1961). Sklo s vysokým obsahem hořčíku (high magnesium, HM) vyráběné v období 1500-800 př. n. l. a později 800-1700 n.l., sklo s nízkým obsahem hořčíku (low magnesium, LM) vyráběné v období 800 př. n. l.-800 n.l., sklo s vysokým obsahem olova vyráběné 1000-1400 n.l. a sklo z vysokým obsahem Sb vyráběné 600-200 př. n. l., přičemž v období přechodu od

jednoho typu k druhému je doložen vyšší výskyt skla s variabilním složením různé kvality, na kterém je pozorovatelná experimentální výroba nového, ještě neustáleného typu. Tyto poznatky byly prohloubeny v článku *Some materials of glass manufacturing in antiquity* (Sayre – Smith 1967), ve kterém autoři doplnili zjištění, že korelace mezi obsahem hořčíku a vápníku nebyla vypořádována, zatímco vysoká koncentrace oxidu hořečnatého souvisí s vysokou koncentrací oxidu draselného. Na tomto základě byly uvažovány různé druhy surovin. Kromě toho se E. V. Sayre od 50. let zabýval aplikací nové analýzy NAA (neutronové aktivační analýzy) na archeologické materiály.

Významným badatelem v oblasti pravěkého skla byl také specialista na dobu bronzovou Anthony Filmer Harding, který se soustředil na vztah skla z Britských ostrovů ke sklu střeoevropskému a sklu ze Středomoří. Přiklonil se k názoru, že v Evropě bylo sklo vyráběno lokálně a to zejména proto, že na jih od Dunaje (kudy ze Středomoří mělo být importováno) se téměř nenachází, a navíc evropské sklo bývá datováno do doby ještě před vrcholem pravěkého středomořského sklářství. Typologicky se původ podle jeho soudu jednoznačně určit nedá, ale typy jihovýchodní oblasti se ve střední Evropě nenachází. Z Blízkého východu se technologie výroby podle autora šířila buď přes Kavkaz a kolem Černého moře, nebo námořní cestou z Levanty. Tyto poznatky shrnul v článku *The earliest glass in Europe* (1971). V roce 1973 ve spolupráci s S. E. Warrenem vydal článek *Early bronze age faience beads from central Europe*, kde shrnuje výsledky NAA, které provedli, a podle nichž by většina fajánsových korálek starší doby bronzové nalézáných ve střední Evropě a na Britských ostrovech měla být vyráběna z lokálních surovin a specifickými výrobními postupy. V *European Societies in the Bronze Age* (Harding 2000) zastává názor, že ve starší a střední době bronzové fungoval jak import z Blízkého východu, tak doprava z jihu Evropy na sever (Harding 2000, 190).

Nový systém klasifikace představila E. M. Alexejeva (1975), jde opět o numerický kód popisující rozměry, barvu, opacitu a strukturu hmoty, strukturu povrchu a způsob perforace, přičemž se příliš nesoustředila na techniku výroby. Autorka zároveň zastávala názor, že korálky nebyly v Evropě luxusním zbožím (Venclová 1990, 11, 22). Chemik Alexander Kaczmarczyk se zaměřil na modré sklo, které se od ostatního starověkého skla liší svým složením. Podle poměru příměsí, které se objevovaly s kobaltovým barvivem, (hliník, hořčík, nikl, zinek) zkoumal jeho původ. Ve spolupráci s R. E. M. Hedgesem v publikaci *Ancient Egyptian faience: An analytical survey of Egyptian faience from predynastic to Roman times* (1983) zveřejnil výsledky více než tisíce analýz RFA (rentgenové fluorescenční analýzy) egyptské fajánse a poukázal tak na nutnost analýzy velkých souborů,

kteře mohou mít vypovídající hodnotu. Při snaze o lokalizaci konkrétních dílen ale autoři poukázali na omezenou možnost těchto analýz.

V roce 1987 vyšel sborník *Early Vitreous Materials* (Bimson – Freestone 1987) z konference stejného názvu pořádané Britským muzeem v roce 1984, ve kterém bylo shromážděno množství významných příspěvků od předních badatelů včetně *Early Faience: recent studies, origins and relations with glass* Edgara Peltenburga, ve kterém shrnul dosavadní poznatky o předovýchodní a egyptské fajánsi a jeho spojitosti s nejstarším pravým sklem. Zároveň jako první představil myšlenku lokální výroby fajánse v Evropě cestujícími skláři (Venclová 1990, 38). Ian Freestone se zabýval prvkovou analýzou, lokalizací primárních sklářských dílen na Blízkém východě a stopami po recyklaci skla v podobě stopových prvků vnesených do sklářského kmene z probarveného recyklovaného materiálu, například ve článku *The provenance of ancient glass through compositional analysis* (2005). Poznatky aplikované v tomto případě na římské a raně středověké sklo mohou být přínosné i pro studium dřívějších období stejně jako shrnutí různorodých postdepozičních změn jako koroze a vyluhování alkálií představené v článku *Post-depositional changes in archaeological ceramics and glasses* v *Handbook of Archaeological Sciences* (2001).

A. J. Shortland se zabýval převážně egyptskou fajánsí 18. dynastie, pro téma této práce jsou důležité jeho články *Social influences on the development and spread of glass technology* (2001) k okolnostem šíření sklářské technologie, *The beginnings of vitreous materials in the Near East and Egypt* (Tite – Shortland – Paynter 2002) a *Production Technology of Faience and Related Early Vitreous Materials* (Tite – Shortland 2008) k technologii nejstarší výroby skla. Ve článcích *The raw materials of early glasses: The implications of new LAICPMS analyses* (2005) a *Trace element discriminants between Egyptian and Mesopotamian Late Bronze Age glasses* (Shortland – Rogers – Eremin 2007) se autoři jako první zaměřili na analýzy stopových prvků titanu, chromu, zirkonu a lanthanu, které rozlišují egyptské a mezopotámské sklo lépe než prvky vysokého obsahu.

Badatelem nejnověji shrnujícím široké poznatky o pravěkém skle je Julian Henderson, který je předním světovým specialistou a pravěkému sklu se věnuje od 80. let, kdy zkoumal prvkové složení a podával ucelený pohled na specializovanou sklářskou výrobu ve svých článcích *The raw materials of early glass production (Europe)* (1985) a *Glass production and Bronze Age Europe* (1988a) nebo *Electron probe microanalysis of mixed alkali glasses* (1988b). Jeho následující články mají široký záběr od skla doby bronzové po středověk, od evropského po předovýchodní a asijské sklo a jeho export po Hedvábné stezce, který mezi Středomořím a Čínou probíhal už od 1. tisíciletí př. n. l. V době bronzové se J.

Henderson zaměřuje spíše na Středomoří, například ve článku *Isotopic evidence for the primary production, provenance and trade of late Bronze Age glass in the Mediterranean* (Henderson – Evans – Nikita 2010), v němž na základě analýz izotopů stroncia a neodymu došel k závěru, že ingoty a skleněné předměty z Egypta a Mezopotámie byly vyráběny lokálně a do mykénské sféry byly dováženy z obou těchto oblastí. Poznatky o pravěkém skle shrnul J. Henderson v obsáhlé monografii *Ancient Glass. An Interdisciplinary Exploration* (2013).

Výzkum skla ve střední a východní Evropě prováděl od 40. let Michail A. Bezborodov, později Julija Leonidovna Ščapova, která prováděla první chemické analýzy (1965) nebo Maria Dekówna (1980), která podporovala myšlenku, že kombinace znalosti techniky výroby a chemická analýza mohou určit místo původu, a dokonce i předmět datovat, díky čemuž pak lze pomocí korálků datovat i další artefakty. Rozdělila také produkční centra na primární, kde se vyráběl sklářský kmen, a sekundární, kde se z dovezeného materiálu zhotovovaly finální výrobky. Spíše se ale věnovala středověkému olovnatému sklu. Analýzami zejména polských korálků se intenzivně zabývá Tomasz Purowski, který jich zdokumentoval na 3100, z nichž většinu sám prozkoumal a popsal v práci *Od fajansu do szkła. Kontakty ziem polskich z głównymi centrami cywilizacyjnymi w II–I tys. p.n.e. w świetle badań archeometrycznych tworzyw szklistych* (2019). Zejména se zaměřil na techniku tvarování korálků, podle níž usuzoval na rozdílná místa výroby. Výsledky fyzikálně-chemických analýz 59 korálků (63 vzorků) LA-ICP-MS (laserové ablace s hmotnostní spektrometrií indukčně vázaného plazmatu) a EPMA (elektronové mikroanalýzy), publikoval v této i předchozí studii *Glass on the Amber Road: the chemical composition of glass beads from the Bronze Age in Poland* (2018), na které spolupracoval s Lucjanem Kępou a Barbarou Wagnerovou.

První souhrnný přehled skla nalezeného na území Čech vyrobeného před dobou římskou nabízí monografie *Prehistoric Glass in Bohemia* Natalie Venclové (1990), která vypracovala numerický kód ke klasifikaci korálků vycházející ze systémů H. C. Becka (1928), E. M. Alexejevové (1975) a J. Callmera (1977), jejichž popisné kategorie zjednodušuje na pět nejdůležitějších. Tuto klasifikaci mohou používat také archeologové, kteří se na sklo nespécializují. Zvolenými kategoriemi jsou: technika výroby, tvar, materiál a jeho průhlednost, barva, výzdoba; přičemž důraz je narozdíl od předchozích badatelů kladen na techniku výroby, jejíž stopy lze při dokumentaci rozpoznat i bez laboratorního vybavení. Tato kategorie nahrazuje vyřazené kategorie způsobu perforace a struktury hmoty. Dalšími nadbytečnými samostatnými kategoriemi byly velikost a proporce, které jsou v novém



systému zahrnutý jednoduše pod tvar (Venclová 1990, 24-25). Práce zahrnuje všechny dostupné nálezy do roku 1985, výběrově do roku 1987 (Venclová 1990, 213). N. Venclová se zasloužila také o vznik databáze VITREA, která obsahuje údaje o skle nalezeném na našem území i v sousedních zemích z různých období i o provedených analýzách. Novější analýzy skla knovízské kultury byly publikovány kolektivem autorů v článku *Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia* (2011). Katalog korálek doby bronzové a halštatské na Moravě vypracovala v bakalářské práci Michaela Kršová (Kršová 2013), archeologickému sklu jako materiálu a možnostem jeho analýz se v diplomových pracích věnovali Romana Kozáková (Kozáková 2011) a Martin Dvořák (Dvořák 2010).

### 3 Sklo a jeho složky s ohledem na technologie doby bronzové

Sklo je nekrytalická, mechanicky pevná látka. Podle chemické definice se některými vlastnostmi podobá přechlazeným kapalinám (neboli kapalinám Bernalova typu). Tyto se liší od kapalin Frenkelova typu, mezi které patří většina anorganických látek, a které lze přechladit bez krystalizace jen v rozmezí několika stupňů, při dalším snížení teploty vykrytalizují. U kapalin Bernalova typu při dalším snížení teploty ke krystalizaci již nedochází. Výjimkou je případ, kdy je kapalina ponechána delší dobu při teplotě pouze o trochu nižší, než je její teplota tání. Nad teplotou tání všech složek chemické směsi (teplotou liquidus) je termodynamicky stabilní fází tavenina, v níž se krystalky rozpouštějí. Pod teplotou liquidus jsou termodynamicky stabilní fází krystaly nebo tavenina, tato oblast je metastabilní, pokud je v ní tavenina ponechána delší dobu, dochází ke krystalizaci – odskelnění. Zásadním faktorem je tedy rychlost ochlazování v intervalu teplot, v němž krystalizace možná je (Klebsa 1981, 9-12). Odskelnění je také podporováno opětovným zahříváním skla, kdy sklo prochází nejprve teplotou vhodnou k tvorbě krystalů a poté teplotou jejich maximálního růstu. Jako nukleační zárodky krystalů mohou sloužit také nehomogenity ve sklovině (Kozáková 2011, 25-26). Krytalickou fází vzniklou devitrifikací a původní krytalickou složku skla lze odlišit optickým mikroskopem (Kozáková 2011, 27). Od přechlazených kapalin se sklo odlišuje mechanickými vlastnostmi – je pevné, nikoliv kapalné a při přechodu z kapalného stavu do pevného nebo obráceně prochází transformací (Klebsa 1981, 9-12).

Za teploty skelného přechodu  $T_g$  se sklo začíná více podobat pevným látkám a přechází ze stavu přechlazené kapaliny do skelné fáze. Teplota  $T_g$  není konstantní, závisí na rychlosti chlazení a nastává v konkrétním stupni viskozity nezávisle na složení skla. Čím je

větší rozdíl mezi tavicí teplotou a teplotou skelného přechodu, tím má sklovina větší sklon k vitrifikaci. Na rozdíl od pevných krystalických látek je struktura skla pravidelně uspořádána na menší vzdálenost. Při ochlazování taveniny krystalické látky se objem plynule zmenšuje až do bodu počátku krystalizace, kdy se skokově mění objem v důsledku fázové přeměny a klesání teploty se zastaví. Objem skla se při tuhnutí zmenšuje konstantě a zároveň se zvyšuje jeho viskozita, což znemožní atomům seskupovat se do pravidelné krystalické struktury, mění se objem skloviny a probíhá přeorganizování struktury do nerovnovážného stavu, což je po zchladnutí skla příčinou jeho křehkosti (Fernández – Navarro – Villegas 2013, 2-3). Sklo je tedy produkt tavení, který byl ochlazen do pevného stavu, aniž proběhla krystalizace.

### 3.1 Složky skla

Sklo je tvořeno oxidy přítomnými v různých fázích. Tyto fáze mohou vznikat a zanikat, přičemž homogenní části soustavy skla jsou oddělené hraničními plochami (Klebsa 1981, 14-18). Složky skla rozdělujeme na mřížkotvorné suroviny, taviva a stabilizátory (Smrček – Voldřich 1994, 15). Struktura skla bez pravidelného uspořádání na velkou vzdálenost způsobuje nepravidelné rozložení a různě silné chemické vazby, kvůli nimž může mít sklo různou teplotu tání. Míra promísení jeho složek závisí na jejich přípravě před samotnou tavbou. Podmínky zhoršující tavitelnost přidané suroviny jsou hrubší struktura, složení více se odlišující od skloviny a také malé množství přidávané suroviny (obtížněji se homogenně rozprostře do celého objemu taveniny). Jemnější namletí suroviny dobrému promísení přispívá (Smrček – Voldřich 1994, 27).

#### 3.1.1 Mřížkotvorné suroviny

Křemičitanová síť skla je tvořena tetraedry  $\text{SiO}_4$ . Nejstabilnější uspořádání nastává při minimální vnitřní energii soustavy, kdy se anionty kyslíku, jejichž poměr je konstantní, pravidelně uspořádávají kolem kationtů křemíku do tetraedrové koordinace podle jejich rozměru (Klebsa 1981, 14-18). V pravěkých sklech je obsah oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) 65-70 % (Henderson 2013, 2-5), v moderních sklech tvoří 60-80 % (Smrček – Voldřich 1994, 32). Vyšší obsah oxidu křemičitého zvyšuje chemickou odolnost a teplotní roztažnost, zároveň ale zvyšuje teplotu tavení a sklon ke krystalizaci (Klebsa 1981, 107-114). Oxid křemičitý je hojně se vyskytující oxid, tvořící 59 % objemu zemské kůry. Získává se z křemene nebo křemičitého písku, který vznikl zvětráváním hornin a ze kterého se postupně uvolňují křemenná zrna a je zároveň ochuzován o alkálie a sloučeniny železa; tímto uvolňováním

vznikají jeho ložiska. Písky s nízkým obsahem minerálů vznikly eolickým nebo eolitickým přemístěním starších sedimentů, přičemž nejkvalitnější sklářské písky pocházejí ze svrchní křídly a terciéru (Smrček – Voldřich 1994, 35). Křemík se nejčastěji vyskytuje jako křemen, dále jako tridymit nebo cristobalit. Poslední dvě formy vznikají zahřátím křemene na vysokou teplotu (1470 °C) (Henderson 2013, 56). Formu cristobalitu i tridymitu stabilizuje přítomnost iontů sodíku a draslíku, tridymit dokonce v prostředí bez alkálií nevzniká vůbec a přeměna na cristobalit probíhá přes přechodnou fázi, v níž může vzniknout buď cristobalit nebo tridymit v závislosti na teplotě a obsahu alkálie (Artioli – Angelini – Pollaz 2008).

Zdroj křemičitanu lze zjistit podle obsahu hliníku, který je vázán na alkalické živce v písku a v čistém křemenu se nevyskytuje. Například nízký obsah oxidu hlinitého ( $Al_2O_3$ ) v pozdně bronzových sklech vypovídá o používání čistého zdroje křemičitanů (Henderson 2013, 60). Zdrojem křemičitanu v egyptské fajánsi se zabývali A. Kaczmarczyk a R. E. M. Hedges, kteří dokázali, že jím byl pouštní písek, někdy s příměsemi, někdy čistší – promývaný a proséváný (Kaczmarczyk – Hedges 1983, 123). Používání drceného křemene bylo vyhrazeno pro bílou fajáns (Moorey 1994, 182), jak bylo doloženo z nálezů v Kantiru a Amarně (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1499). Drcené oblázky křemene, které byly napřed vystaveny žáru v peci, poté vhozeny do vody a následně nadrceny se používaly při pozdější výrobě benátského skla v 16. stol. n. l. (Janssens 2013, 29). Geografický původ písku je v některých případech možné určit podle stopových prvků neodymu, zirkonu, titanu, thoria a uranu.

V přírodním křemenu je uspořádání pravidelné, každý atom křemíku je spojen se čtyřmi atomy kyslíku, při výrobě skla se tyto vazby naruší a spojení se sodíkem a vápníkem vytvoří strukturu nepravidelnou, ale ne zcela nestrukturovanou. Kvůli této amorfní struktuře uspořádané na kratší vzdálenost sklo tvoří konchoidální (lasturnatý) lom jako například pazourek (Henderson 2013, 2-5). Přidané modifikátory se vážou na kyslík z původní Si-O-Si vazby a narušují ji (Henderson 2013, 2-5). Mřížkovitým prvkem může být i olovo, například v olovnatém křišťálu z pozdějších období. Výjimečným případem je korálek z Nippuru datovaný kontextem bezpečně do doby akkadské říše (2350-2170 př. n. l.) s vysokým obsahem antimonu a olova, nezvyklého vícefázového olovnato-křemičitého složení, které do 3. stol. př. n. l. nebylo známo, a i od těchto pozdějších skel se odlišuje (Moorey 1994, 190-191).

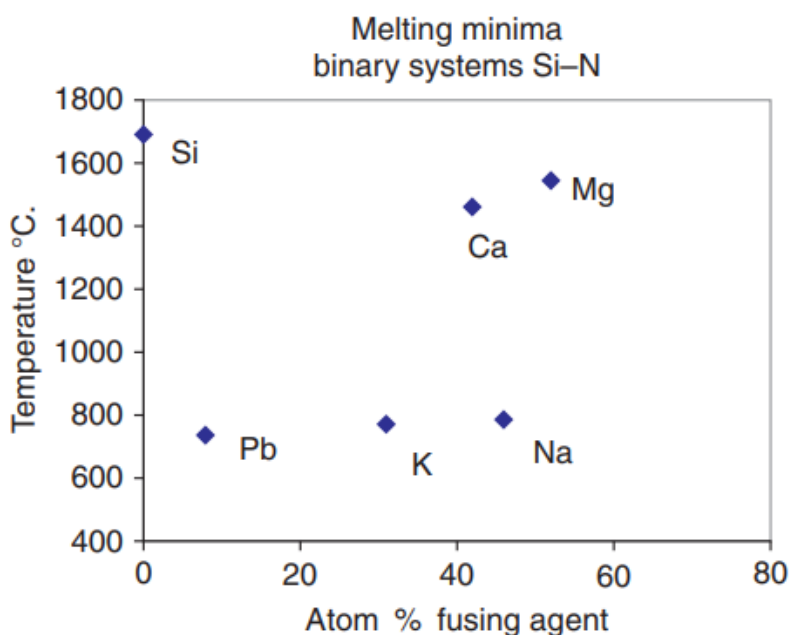
### 3.1.2. Taviva

Modifikátory, které se vážou na nemůstkový kyslík mřížkovité suroviny, narušují tetraedrovou síť a snižují teplotu tavení se nazývají taviva. Mohou jimi být sodík nebo draslík, jejich zdrojem může být v prvním případě rostlinný popel nebo natron, v druhém případě nejčastěji potaš  $K_2CO_3$ . Oba oxidy, oxid sodný i oxid draselný zároveň snižují tepelnou i chemickou odolnost skla (Klebsa 1981, 107-114). Na působí jako silné tavivo, jehož hlavní reakce probíhají v rozmezí 700-900 °C (Smrček – Voldřich 1994, 192-193). Sodná taviva prodlužují dobu tuhnutí skla, které tak lze déle zpracovávat. Ve větším množství činí sklo méně odolným vůči vodní korozi a korozi způsobené oxidem uhličitým (Moretti – Hreglich 2013, 29). Sodík se v litosféře vyskytuje jako albit, jehož zvětráváním vzniká chlorid sodný (NaCl), nebo méně často rozpustné soli (uhličitan sodný  $Na_2CO_3$  a síran sodný  $Na_2SO_4$ ). Zdrojem sodných taviv může být natron nebo popel halofilních rostlin, přičemž oba tyto zdroje souvisí s obsahem solí (s největším podílem chloridu sodného) v mořské vodě – v prvním případě se ukládá odpařováním vody, ve druhém ji vstřebávají rostliny, do jejichž tkání se ukládá (Velde 2013, 68). Podle množství chloridu sodného lze tedy zjistit, zda zdrojem taviva byla ložiska odpařené slané vody (Henderson 1985, 270-275).

Vymýváním horkou vodou se z rostlinného popela odstraňovaly složky rozpustné ve vodě a zůstaly jen nerozpustné karbonáty a fosforečnan vápenatý ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) (Velde 2013, 68). Sodná taviva vyráběná z rostlinného popela vnášejí do skla kromě oxidu sodného také oxid hořečnatý, oxid draselný a oxid fosforečný. Stopové prvky spojené s rostlinným popelem jsou hořčík, draslík a v případě dřevin baryum a stroncium. Pokud byl popel čištěný, očekáváme nízký obsah stroncia a korelující obsah vápníku. Nízký obsah stroncia, hořčíku a vápníku ale může být způsobený také použitím minerálního (namísto rostlinného) zdroje alkálie s obsahem jak draslíku, tak sodíku. Závěr založený pouze na obsahu těchto prvků tedy není jednoznačný. Ložiska přírodní sody ( $Na_2CO_3$ ) se nacházejí v teplých a suchých oblastech. Přírodní kalcitovaná trona ( $Na_3(CO_3)(HCO_3) \cdot 2H_2O$ ) je znečištěný  $Na_2CO_3$  (Smrček – Voldřich 1994, 208). Natron ( $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ ) je čistý zdroj bez obsahu nečistot, které slouží jako stabilizátory – není tedy vhodné jej používat spolu s čistým zdrojem křemičitanu (Moretti – Hreglich 2013, 29).

Zdrojem draslíku jsou draselné soli, které se nacházejí většinou se solemi sodnými, menší množství může být vnášeno i z živce, ve větším množství může pocházet jedině z potaše ( $K_2CO_3$ ). Zdrojem draselné soli mohla být také voda po mytí ovčí vlny s obsahem lanolinu vylučovaného ovčí kůží. Oxid draselný má menší tavíci účinek na písek než

oxid sodný, draselná skla se musí zpracovávat rychleji než skla sodná. Draslík je ve skle slaběji vázán a více těká (je větším a těžším iontem než sodík, přestože náboj mají stejný). Smíšená sodno-draselná skla jsou odolnější vodě (Smrček – Voldřich 1994, 212). Trojvazné oxidy hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a oxid železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) zanášené příměsemi z písku nebo popela mohou působit jako stabilizátory i jako taviva. Jako tavivo může fungovat i olovo, které je jako přísada častější ve středověku, nicméně používalo se už ve starověkém Egyptě v 18. dynastii (1550-1307 př. n. l.) a zmínka o něm je i v mezopotámských textech (Henderson 1985, 276).



**Obr. 2.** Porovnání účinnosti různých taviv na základě minimální tavicí teploty. Nejnižší teplotu potřebují sodík, draslík a olovo. Zdroj: Velde 2013, 68.

### 3.1.3 Stabilizátory

Stabilizátory jako oxid vápenatý ( $\text{CaO}$ ), oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a oxid hořečnatý ( $\text{MgO}$ ) zvyšují chemickou odolnost skla vůči vodě, alkáliím a kyselinám. Ionty  $\text{Ca}^{2+}$  se váží na dva nemůstkové kyslíky, více tedy zvyšují pevnost skla.  $\text{Al}^{3+}$  se v menším množství ve skle váže jako tetraedr  $\text{AlO}_4$ , který se střídá s tetraedry  $\text{SiO}_4$ , z nichž na sebe váže další nemůstkový kyslík, ze kterého se stává můstkový, a tvoří mřížku. Pokud je obsah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vyšší, nemají kolem sebe dostatek nemůstkových kyslíků, tetraedrová koordinace se nevytvoří a ionty  $\text{Al}^{3+}$  působí pouze jako modifikátory v oktaedrové koordinaci (Fernández-Navarro – Villegas 2013, 9).

Hliník bývá vnášen nečistotami alkalických živců a jílu z písku, v případě popelového skla může částečně pocházet i z nečištěného rostlinného popela (Moretti – Hreglich 2013, 30). Oxid hlinitý zvyšuje odolnost vůči krystalizaci a zlepšuje mechanické vlastnosti a chemickou odolnost. Při vyšších teplotách zvyšuje viskozitu a tím zhoršuje tavitelnost (Smrček – Voldřich 1994, 125). Jeho zdrojem jsou živce, kaolin a žnělce. Vápník a hořčík byly v případě popelového skla vnášeny spíše z rostlinného popela, v případě natronového skla z písku. Čištěním popela a rekrystalizací se může snížit množství nerozpustných látek jako  $\text{CaCO}_3$  a  $\text{MgCO}_3$ , což činí sklo méně odolným. Tento postup byl typický pro benátské sklo (Henderson 2013, 25).

Oxid vápenatý ve vyšším množství snižuje tavicí teplotu a činí sklo odolnějším proti vodní korozi, zvyšuje ale sklon taveniny ke krystalizaci a sklo se také hůře opracovává a je křehčí (Klebsa 1981, 107-114). Vyskytuje se ve všech pravěkých sklech (Smrček – Voldřich 1994, 140), přesto ale v písemných pramenech není uveden jako zvláštní surovina, jen Plinius se zmiňuje o schránkách mlžů, jako o zdroji vápníku, který je důležité dodat při výrobě skla z křemene (Moretti – Hreglich 2013, 24, 30). Nejdůležitějšími moderními zdroji stabilizátoru jsou uhličitán vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ) v podobě vápence a křídly nebo vápno ( $\text{CaOH}_2$ ), v pravěku to byl vápenec nebo dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Dolomit je zároveň zdrojem oxidu hořečnatého, který příznivě ovlivňuje mechanické vlastnosti a zvyšuje chemickou odolnost. Pokud se poměr vápníku a hořčíku blíží 1:1, uvažujeme o dolomitu jako jejich zdroji, většinou ale místo toho koreluje spíše obsah oxidu hořečnatého a oxidu draselného (Henderson 1985, 277). Mezopotámské sklo má více oxidu hořečnatého v poměru k oxidu vápenatému než egyptské (Moorey 1994, 210). Podle analýz izotopů stroncia je možné rozlišit geologicky mladší zdroje vápníku jako je písek a starší zdroje jako je rostlinný popel (Henderson 2013, 71).

Olovo může fungovat jako mřížkotvorná surovina, tavnivo i stabilizátor v podobě minerálu litargitu ( $\text{PbO}$ ), navíc je důležitou látkou ve sloučeninách bílých a barevných opacifikátorů. Jako pozdější stabilizátory od 16. stol. sloužily oxid zinečnatý a willemit  $\text{Zn}_2(\text{SiO}_4)$  (Moretti – Hreglich 2013, 30).

### 3.1.4 Barviva

Barva skla je jeho nejnápadnější vlastností. Pokud tento materiál vznikl náhodou, například jako vedlejší produkt výroby kovu nebo keramiky, jistě vizuálně přitahoval pozornost. Ke snaze o jeho další výrobu vedlo tedy spíše zaujetí jeho estetickými kvalitami

než praktická potřeba jako v případě jiných materiálů vyráběných člověkem. Nejstarší skla byla pravděpodobně cenná pro své modré zbarvení a neprůhlednost, jimiž připomínala tyrkys a lapis lazuli. Modré barvě, která je vzácná a ceněná i v jiných odvětvích, bývá přičítán rituální a ochranný význam, což podporují nálezy modrých korálků v hrobech žen a dětí (Henderson 2013, 5-10).

Barviva se před výrobou fajánse a pravého skla používala do polev na mastkové břidlice, tyto budou popsány níže. V Egyptě se již od 4. tisíciletí př. n. l. rozvíjelo používání zelených, modrých a hnědých barviv, černá, bílá a purpurová potom v První dynastii (kolem 2900 př. n. l.), žlutá v 18. dynastii (1550-1350 př. n. l.) a brzy po ní i výraznější modrá, indigová a fialová. Na Blízkém východě se modrá, zelená a černá poleva začaly objevovat kolem poloviny 4. tisíciletí př. n. l., hnědá, červená a žlutá na konci 3. tisíciletí př. n. l. a více odstínů pak přibližně od 1550 př. n. l. Zdrojem černého pigmentu byly železito-manganové oxidy různého obsahu železa. Cínité glazury pravděpodobně na Blízkém východě oproti předchozím domněnkám, opřeným o chybné závěry analýz, známy nebyly (Moorey 1994, 185). V obou oblastech rané sklářské výroby, v Egyptě i na Blízkém východě, se v polovině 2. tisíciletí př. n. l. začalo objevovat polychromní sklo a až po něm polychromní fajáns. Pro fajáns se ale tato nová technologie adaptovala pomaleji, na Blízkém východě se různobarevná poleva na fajánsi nepromíchávala, nanášela se přímo na jádro nebo jedna na druhou, tak jako u skla (Moorey 1994, 185).

Pro dosažení požadovaného výsledku byl důležitý nejen zdroj barviva, ale i způsob jeho přidávání do sklářského kmene. Jinak sklo probarví nečistá ruda, jinak čištěná, mletá a pražená ruda. K probarvování skla také byly připravovány ingoty surového, již obarveného skla, které se míchalo s čirým sklem, a tak mohl výrobce lépe docílit požadovaného odstínu. Tyto ingoty mohly být vyráběny z recyklovaného skla nebo připravované přímo pro účely barvení. Na barvu skla má vliv i doba tavení, podmínky výpalu v peci nebo druh paliva a také druh alkálie, která při vyšším protonovém čísle (při stejném objemu) vytvoří tmavší výsledný odstín. Skla z potaše mají proto nejméně výraznou barvu (Henderson 1985, 66, 278, týž 1988b, 81). Příkladem různých výsledků v závislosti na podmínkách v peci je oxid železa, který za oxidačních podmínek a při malém obsahu alkálie způsobuje růžové zbarvení, za trochu více redukčních podmínek modré nebo zelené zbarvení a za silně redukčních podmínek šedé nebo černé (Moorey 1994, 184). Barvu ovlivňují také vzájemné reakce prvků, například antimon mění stav oxidace  $Fe^{2+}$ , při němž sklo barví do světle zeleného odstínu, na  $Fe^{3+}$ , při němž vzniká barva světle žlutá, která se zdá průhledná; toto bylo záměrně využíváno již od 7. stol. př. n. l. (Moorey 1994, 207).

Prvním barvivem používaným pro fajáns a sklo byla měď a později kobalt, oboje barvící do modra. Měď je běžně dostupná z ložisek ve vnitrozemské Evropě, Středomoří i na Blízkém východě, kobalt je vzácnější (Jackson – Nicholson 2010). Zdrojem tohoto nejstaršího barviva byly oxidy mědi pocházející nejspíše z měděných rud, například malachitu, později i další suroviny jako měděné strusky (Henderson 2013, 5-10). Na měď se váží stopové prvky cín a arsen (olovo nikoliv) (Lankton – Pulak – Gratuze 2022b, 3-4). Při teplotách tavení, které předpokládáme, bylo vnášeno méně dvojmocné mědi než jednomocné, ta je ale bezbarvá, pouze v silně redukčním prostředí a za přítomnosti oxidů železa a cínu (nebo jiného ochranného koloidu) barví červeně (Kozáková 2011, 35). Mědi se sklo barvilo od 15. stol. př. n. l., doklady jejího používání máme z mezopotámského Núzi i z období egyptské 18. dynastie. Do egyptského skla se spíše přidávalo bronzové barvivo, což se odráží ve vyšším obsahu mědi, cínu, arsenu a olova (Lankton – Pulak – Gratuze 2022b, 3-4), v Mezopotámii byla barvivem čistší měď (Varberg et al. 2016, 10).

Tmavší modré zabarvení způsobuje kobalt, jehož zdroj je na rozdíl od jiných barviv teoreticky možné zjistit pomocí analýz stopových prvků olova, antimonu, vanadu a bismutu, výsledky jsou ale často nejednoznačné. Kobalt se přirozeně vyskytuje spolu s niklovými a měděnými rudami, nejčastěji jako kobaltit nebo carrollit. Egyptskými zdroji kobaltových rud mohly být západní oázy Dachla a Charga (Shortland 2008, 68), jejichž výrazně zbarvené fialové a růžové rudy obsahují kromě kobaltu také hliník, mangan, nikl a zinek, které se ve sklech 18. dynastie nacházejí, na rozdíl od mezopotámských, která nikl a zinek ve větším množství neobsahují. Tyto stopové prvky jsou pravděpodobně vázané na egyptský zdroj kobaltu v Oáze Dachla (Moorey 1994, 210).

Zdrojem egyptského kobaltu mohl být kromě kobaltových rud také kamenec nebo niklové rudy, ale kvůli stopovým prvkům, které se vyskytují společně ve více rudách a mohou na sebe navíc navzájem působit při tavně, je těžké určit původní zdroj. Stopové prvky vázané na kobalt jsou hliník, nikl, zinek, mangan a olovo (Lankton – Pulak – Gratuze 2022b, 7). A. Kaczmarczyk (1986) zkoumal obsah manganu, zinku, niklu a hliníku a porovnával je se sklovitými polevami z předchozích období, do nichž se kobalt dostával jako nečistota. Provedl analýzy místního kamence, z nichž vyplývá, že se v něm nacházejí všechny prvky, které jsou přítomné i v kobaltových rudách, a kamenec mohl tedy být také zdrojem kobaltu. Většina modrého kobaltového skla z 18. dynastie obsahuje méně draslíku než sklo jiné barvy, zatímco obsah hořčíku se výrazně neliší, to bývá vysvětlováno obsahem hliníku v kamenci, který reakcí způsobuje snížení obsahu draslíku. Toto vysvětlení komplikuje stejný obsah sodíku (a již zmíněného hořčíku) v kobaltových sklech a sklech jiné barvy. Rozdíl je možná



způsobený používáním různého rostlinného popela pro výrobu skla různých barev, stejně tak jej ale mohly způsobit odlišné podmínky tavby (Henderson 1985, 278-281). Obsah kobaltu koreluje s obsahem manganu, niklu, hliníku a zinku, ale nikoliv s hořčíkem, který byl přidáván ještě z jiného zdroje – z rostlinného popela. Korelace nízké hladiny draslíku a barvení kobaltem neplatí vždy (Henderson 2013, 69-71). Egyptské kobaltové sklo se oproti jiným také vyznačuje nízkým obsahem hliníku (Henderson 2013, 159). Izotopové analýzy olova prokázaly, že egyptské a mezopotámské sklo byly barveny kobaltem z různých zdrojů. (Stejně je to se žlutým barvivem, které bylo vyráběno lokálně pro egyptskou produkci a na jiném místě pro mezopotámskou.) (Moorey 1994, 196). Nicméně dovoz surového kobaltového skla z Blízkého východu ve starší době bronzové byl prokázán výzkumem mykénského vraku z Ulu Burun, kde byla nalezena frita obsahující připravené množství oxidu kobaltnatého (CoO) a také ingoty z již kobaltem probarveného skla (Henderson 1985, 278-281). Možnost dovozu kobaltu jako barviva alespoň pro část vyráběného skla se zdá pravděpodobnější než používání lokálních zdrojů ve všech případech (Henderson 1985, 286).

Čištěním se z kobaltových rud odstraňuje arsen a síra. Mezopotámské kobaltové sklo arsen většinou obsahuje, stejně jako další nezáměrnou příměs železa, niklu, mědi, cínu a olova. Podle nálezů z Eridu byl v Mezopotámii kobalt používán od 2300 př. n. l. (Moorey 1994, 210). V kobaltovém skle z této lokality byla prokázána nepřítomnost arsenu, to může být vysvětleno redukováním skla za vyšší teploty, ta by však musela přesáhnout 1250 °C (Henderson 1985, 278-281). Překvapivý byl také vysoký obsah oxidu draselného, který je typický spíše pro severovýchodnější oblast (Henderson 2013, 158). Na základě absence manganu, zinku a niklu se původ kobaltu ze skla z Eridu hledá v íránských dolech v Khemsaru. Kromě kobaltu obsahoval také větší množství mědi, která ale nebarví v porovnání s kobaltem dostatečně intenzivně (Moorey 1994, 191). Kobaltové barvivo začalo nad měděným v západní Evropě převažovat ve 4.-5. stol. př. n. l. (Henderson 1988b, 81). Kromě mědi a kobaltu barví sklo do modra také zlato (Henderson 2013, 5-7). Zdrojem tyrkysové barvy mohl být olovnatý bronz, jeho používání by nasvědčovalo případný stálý poměr mědi, cínu a olova (Henderson 1985, 282). Analýzy T. Purowského prokázaly, že většina modrého skla doby bronzové nacházena v Polsku byla barvena mědí a jen některé, fialovomodré, sklo bylo barveno kobaltem. Toto fialovomodré sklo je charakteristické vyšším obsahem CoO a NiO. Srovnatelné hladiny těchto prvků má egyptské sklo barvené kobaltem získávaným z hydrátů síranu kobaltnatého (CoSO<sub>4</sub>) a kromě fialovomodrého skla jím mohlo být barveno i tyrkysové sklo (Purowski 2022, 65-67).

Zdrojem zeleného odstínu skla byl oxid hořečnatý, jehož používání bylo charakteristické pro sodné popelové sklo (Henderson 2013, 75). Do zelena může barvit i železo, pokud obsahuje oxidy s převahou dvojmocného  $\text{Fe}^{2+}$  (Klebsa 1981, 303-304). Železo bývá častou příměsí, může být strukturně vázané uvnitř křemenných zrn, ve slepencích, jako výplň spár nebo jako oxidy na povrchu zrn křemene. Může být také obsaženo v huminových látkách (Smrček – Voldřich 1994, 36-38).

Červené zbarvení mohlo být způsobeno mědí. Podle receptů z písemných pramenů se červené barvivo vyrábělo pražením sulfidů mědi, způsobovalo jej buď oxid měďný ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), nebo čistá měď při redukční atmosféře, které bylo dosaženo překrytím skla vrstvou uhlíků, což pomáhalo vyloučení opacifikátorů na povrch skla za pomoci oxidu olova (v oxidační atmosféře by se rozpustily). Takto vzniklé červené opakní sklo je nalézáno od 2. tisíciletí př. n. l., do této doby byl datován korálek z Wilsfordu, který obsahuje jak záměrně přidávanou měď, tak stopové množství oxidu olova. Z 15. stol. př. n. l. pochází červené opakní sklo z Núzi a nalézáno je i v kontextech 18. dynastie (Henderson 1985, 281). Alternativní vysvětlení podávají P. Santopadre a M. Verità (2000), podle nichž je červené zbarvení způsobeno přilnutím tenké vrstvy prášku kupritu ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) a mědi, nikoliv redukční atmosférou. Červené opakní sklo se objevuje od začátku 1. tisíciletí př. n. l. na Blízkém východě (Biron – Chopinet 2013, 62). V období před 9. stoletím př. n. l. se zvyšuje obsah oxidů olova, který pokračuje až do doby římské (Henderson 1985, 281-282).

Žlutou barvou mohli pravěcí skláři napodobovat vzhled zlata (Henderson 2013, 4-5). Žlutým barvivem je antimon, který se do skla dostává jako součást  $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  a funguje zároveň i jako opacifikátor vyskytující se v nejstarších egyptských a mezopotámských sklech. V pravěku se mohl používat také jako odbarvovač, odbarvuje totiž zelené zbarvení způsobené železnými příměsami, a navíc ze skla odstraňuje bublinky vzduchu (Brill 1970, 116). Odbarvovače jako oxid antimonitý ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) se v malém množství přidávaly od poloviny 1. tisíciletí př. n. l. Oxid manganičitý ( $\text{MnO}_2$ ) se používal jako odbarvovač (anebo ve větším množství barvil do fialova) až později, od 2. stol. př. n. l. (Moretti – Hreglich 2013, 32). Analýzy žluté polevy z Tellu Rima prokázaly přítomnost olova a antimonu (olova byl nadbytek a zinek neobsahovala vůbec).

### 3.1.5 Opacifikátory

Nejstarší sklo bývalo částečně opakní kvůli přítomnosti nečistot a příměsí vnášených surovinami. Úplné neprůhlednosti se docílilo přidáváním malých krystalů minerálů

volně se vyskytujících v přírodě, vyvoláním devitrifikace nebo přidáním skla bohatého na krystaly do skloviny, což vyvolalo další následnou krystalizaci. Tímto procesem mělo být docíleno výsledku, který pravděpodobně napodoboval vzhled drahých kamenů, a proces znovuzahřívání přibližně na 600 °C, který vyvolává krystalizaci, plní zároveň úlohu žíhání skla, které jej zpevňuje (Henderson 2013, 156-157). Již od období 18. dynastie se pro docílení modrého nebo bílého opakního skla přidávaly uměle vyrobené bílé krystaly  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  a  $\text{CaSb}_2\text{O}_6$  (Biron – Chopinet 2013, 61). Antimon reaguje s oxidem vápenatým pocházejícím z nečistot písku nebo popela a vytváří  $\text{CaSb}_2\text{O}_6$ , které způsobuje opacitu a bílé zbarvení (Moretti – Hreglich 2013, 31). Jako opacifikátor mohlo být přidáváno olovo, které při vysoké teplotě zlepšuje rozpouštění oxidů antimonu, cínu a mědi, což vede k opacifikaci, pokud při nižší teplotě dojde zároveň ke krystalizaci (Henderson 1985, 276-277).

Není prokázáno, že by sklo jako takové vynalezli Churrité, nicméně jako první jistě vyráběli opakní tyrkysové sklo přidáváním antimonu do průsvitného probarveného tyrkysového nebo kobaltového kmene a opětovným zahříváním, které vedlo ke vzniku krystalků  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  nebo přidáváním namletého  $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ , čímž docílili žlutého opakního vzhledu. Měď zase používali pro dosažení světle červené barvy. Jako první také lépe ovládli proces tavení a používali mozaikový dekor a mramorování, pro které bylo nutné dostatečné spektrum kontrastních barev a opacita skla (Henderson 2013, 146-147). Nejčastější bylo bílé, žluté a tyrkysové opakní sklo (k výrobě všech je třeba antimon). Zdroje antimonu byly objeveny u iránského Anaraku, kde se nachází i zdroje kobaltu (Henderson 2013, 147). Na Blízkém východě se od opakního skla napodobujícího drahé kameny začalo přecházet k transparentnímu sklu ve 2. čtvrtině 1. tisíciletí př. n. l. Bezbarvého skla (stále ale s lehkým žlutým nebo zeleným nádechem kvůli nečistotám) se ale podařilo docílit až v novoasyrské říši (934-609 př. n. l.) (Moorey 1994, 201).

Jako opacifikátor se za přítomnosti dalšího kovového barviva používal i oxid cíničitý, při použití samostatně barví do běla (Moorey 1994, 167). Pokud měly krystalky opacifikátorů dostatečně výraznou barvu, sloužily také jako barvivo (Biron – Chopinet 2013, 62). Přidáváním antimonu jako opacifikátoru se docílilo zvýraznění ostatních barev (Velde 2013, 70).

### 3.1.6 Cizorodé příměsi

Při pravěké výrobě skla byly složky často vnášeny jako nečistoty jiné suroviny, ne nutně každá samostatně, například s pískem bývaly vnášeny uhličitán vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ), oxid

hořečnatý (MgO), oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), vnášený z živců a jílu z písku a částečně i z nečištěného popela, a oxid železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), které fungují jako taviva a stabilizátory. Zdrojem některých z nich mohly ale být i rostlinný popel nebo stěny tyglíku. Oxid vápenatý ze schránek mlžů se do skloviny vnášel také pískem a působil jako stabilizátor. Oxid hořečnatý přítomný v dolomitu zvyšoval chemickou odolnost a působil jako stabilizátor, stejně jako nečistoty z přírodního natronu. Při používání čistších surovin je bylo třeba dodávat uměle, pro výrobu skla byly zásadní. Podle stopových prvků v písku a kobaltových rudách lze někdy zjistit jejich zdroj, jak bylo popsáno v předchozích kapitolách. Nečistoty v podobě síranů, dusičnanů a chloridů zase přispívaly k homogenizaci skla a odstranění vzduchových bublinek (Moretti – Hreglich 2013, 31). Nejčastější vnášenou příměsí je železo a těžko tavitelné materiály způsobující kamínky a šlíry (neprotavené části a skvrny ve skle). Karbidy, kovy, hliník a organické materiály způsobují bublinky  $\text{O}_2$ , méně často  $\text{CO}_2$  a CO (Smrček – Voldřich 1994, 25). Nerozpustné jsou často chromid, zirkon a hrudky kaolinu (Smrček – Voldřich 1994, 42).

### 3.2 Fyzikálně chemická charakteristika vzniku skla

Procesy probíhající při tavně skla lze rozdělit na izolované přeměny (polymorfni přeměny, tepelné rozklady a přechod v taveninu), reakce mezi složkami kmene a vyrovnávání koncentrací v závislosti na heterogenitě vsázky. V první fázi probíhá přeměna vsázky na sklovinu. Nejprve reaguje písek se sodou a vápencem a vzniká tavenina jednoduchých křemičitanů, ve které se později rozpouští i zbývající písek. Pokud rozpouštění probíhá pomalu, může vznikat cristobalit, který stoupá k hladině (Smrček – Voldřich 1994, 34). Při teplotě nad  $1100\text{ }^\circ\text{C}$  se rozpouštějí všechny dosud nezreagované pevné látky – oxid křemičitý a oxid hlinitý. Po vymizení i posledních podílů pevné fáze nastává při moderní výrobě fáze čerení a homogenizace taveniny. Třetí fázi výroby skla je ochlazení na pracovní teplotu (Klebsa 1981, 141-147). Mezi možné vady skla vznikající v tomto procesu patří neprotavené zbytky krystalické fáze křemene nebo zaneseného materiálu stěny pece, odskelnění nebo vzduchové bublinky (Klebsa 1981, 300-303).

### 3.3 Druhy skla podle složení

Poprvé sklo do skupin podle obsahu hořčíku – vysokého (HMG) a nízkého (LMG) rozdělili Sayre a Smith (1961) a dali do souvislosti vysoký obsah MgO a použití popela z vnitrozemských dřevin nebo rostlin z přímořských oblastí, nízký obsah MgO zase s

minerálním zdrojem alkálie. Podobnost skel v rámci těchto vymezených skupin zpochybnil D. Ankner. D. (1965) v článku *Chemische und physikalische Untersuchungen an vor- und frühgeschichtlichen Gläsern*, nicméně rozdělování podle obsahu MgO, MnO, K<sub>2</sub>O, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> případně Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a PbO se ukázalo jako nejvhodnější. Experimentální tavba skla z různých druhů rostlin a různých jejich částí, kterou prováděl R. Brill, ukázala, jak výrazně se může obsah alkálie lišit i v rámci částí jediné rostliny. Ve skutečnosti se ale při zpracování většího objemu materiálu variabilní koncentrace látek zprůměrují a je také možné, že pravěcí skláři přesně věděli, které části rostlin mívají koncentraci látek stálou a jsou tedy vhodným zdrojem suroviny (Henderson 1988b, 77). Ve třetí podkapitole této práce bude popsán typ LMG vyskytující se až po zkoumaném období pro ilustraci variability složení skla a problematiky přechodu z jednoho zdroje alkálie na druhý. Skla typu HMG a LMG bývají v literatuře zahrnuty pod pojem sodnovápenaté sklo – SLS (soda-lime-silica).

První sklo se v Evropě vyrábělo z rostlinného popela, ale jak se znalost výroby šířila na sever, bylo potřeba objevovat nové místní zdroje. V období Římské říše se rozvinula výroba ingotů natronového skla a sklářská výroba stejně jako jiná odvětví se výrazně centralizovala, po jejím rozpadu se soda začala získávat znovu z místních rostlinných zdrojů. Tyto musely později být v severnějších oblastech kvůli nedostatku nahrazeny popelem dřevin. Rostlinný popel se začal znovu používat v palestinské oblasti kolem 800 n. l. a v Itálii se v 16. stol. n. l. vyrábělo sodné benátské sklo (Velde 2013, 76-77).

### 3.3.1 Sodné popelové sklo

Sodné sklo s vysokým obsahem hořčíku (HMG) bylo v pravěku vyráběno z rostlinného popela. Je charakteristické pro oblast mykénského Řecka, Kréty, západní Evropy, Blízkého východu (Mezopotámie, jihozápadní Írán, Anatolie) a střední Asie, vyrábělo se od 16. stol. př. n. l. do 800/750 př. n. l., ve východní Evropě až do 4.-3. stol. př. n. l. Výroba skla HMG probíhala souběžně s výrobou skla typu LMHK i v mladší době bronzové, oba typy byly nalezeny například ve Francii na lokalitách La Colombine (Champlay) a Fort Harrouard (Towle et al. 2001, 7). Z našeho území jsou mladobronzovými lokalitami s jeho výskytem například Čejetičky, Jeřice, Dražkovice, v Polsku Gorszewice (Venclová et al. 2011, 578).

Pro popelová skla je charakteristický obsah oxidu draselného v rozmezí 1-5 % a MgO 2-6 %, nižší obsah těchto látek mají skla natronová (Purowski 2022, 64-65). Zdrojem alkálie v popelových sklech byl popel halofilních rostlin, což je druh vyskytující se v suchých

oblastech, který do sebe čerpá sůl z půdy a jejichž popel ji tedy obsahuje (Henderson 1985, 272).



**Obr. 3.** Sklo typu HMG nalezené na polských pohřebištích a v depotu doby bronzové. Zdroj: Purowski – Kępa – Wagner 2018.

### 3.3.2 Sodné natronové sklo

Natronové sklo se vyznačuje nízkým obsahem hořčíku i draslíku (LMG). Minerální zdroj alkálie, natron,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , se získával z ložisek odpařených solných jezer. Nebyl zcela novým materiálem, k mumifikaci sloužil od 2000 př. n. l., ale k výrobě skla se poprvé začal používat až kolem 10. stol. př. n. l., zřejmě proto, že sklářská tradice pocházela z Mezopotámie, kde je jeho ložisek méně. Vrchol jeho výroby byl přibližně v období 800 př. n. l.–800 n. l. v Evropě a na Blízkém východě. Natron je látka vyšší hustoty, než popel, zabíral tedy méně místa v peci, uspořilo se palivo a jeho těžba probíhající na jednom místě byla časově úspornější než sběr rostlin z větší oblasti. V porovnání s popelem

šlo o čistší zdroj alkálie a výsledné sklo mělo vyšší hustotu, bylo pevnější, a lépe se tedy převáželo (Henderson 2013, 51-52). Zároveň byla však jeho těžba omezena jen na pár lokalit a cena výrobku narůstala s náklady na dopravu. Natronové sklo je také méně odolné než předchozí sodné (Henderson 1985, 272). Natron má velmi variabilní složení, analýzy z Vádí Natrun ukázaly, že v případě ložisek odpařených jezer jde spíše o tronu  $\text{Na}_3(\text{CO}_3)(\text{HCO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , tedy z 90 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , než  $\text{NaCl}$  (Henderson 2013, 91-100). Těžba nebyla nijak náročná, přesto se do Egypta sklo spíše dováželo z Blízkého východu (Henderson 1985, 272).

Existuje několik nálezů skla s nízkým obsahem hořčíku již z 2. tisíciletí př. n. l. z mínojské Kréty, Tellu Brak (14. stol. př. n. l.) a jordánské Pelly (13.-12. stol. př. n. l.), ty jsou ale sporné. Ve (velmi homogenní) skupině kobaltového skla z Tellu el-Amarna byla přítomnost typu LMG vyloučena, přestože některé artefakty mají relativně nízký obsah draslíku (Towle et al. 2001, 7). První předměty prokazatelně vyrobené z natronového skla jsou egyptské nádoby formované na jádro. Jedním z nejstarších nalezišť je hrob Nesikhons, ženy kněze, v Thébách datovaný do 975/4 př. n. l. Od období kolem 800 př. n. l. se natronové sklo šířilo do Středomoří a západní Evropy. V období 750-650 př. n. l. se v Řecku a střední Evropě společně nachází natronové i popelové sklo, v letech 650-550 př. n. l. popelové sklo ve střední Evropě mizí a je zcela nahrazeno natronovým, které bylo nalezeno i v Nimrudu a Hasanlu na Blízkém východě, na lokalitách villanovské kultury i na pozdějších etruských lokalitách a používali jej i Féničané v době železné a řemeslníci Byzantské říše. V 1. tisíciletí n. l. byla centrem jeho výroby syropalestinská oblast. Nejseverněji bylo nalezeno ve Skandinávii a nejdále na západ v Irsku, východním směrem se šířilo až do Číny. Egyptské natronové sklo se vyznačuje nízkým obsahem oxidu vápenatého. V Itálii i v oblasti na sever od Alp mívá natronové sklo z rané doby železné vysoký obsah železa, z analýz nálezů z Chotína na jižním Slovensku vyplývá, že železo bylo záměrně přidáváno jako barvivo barvicí sklo do tmavě hněda. Výroba natronového skla skončila kolem 9. stol. n.l., kdy se na Blízkém východě ve velkém objemu začalo vyrábět islámské sklo a ve stejné době, ale pomaleji, začal přechod na popelové sklo i ve francké říši, kde se s narůstající poptávkou po zdroji alkálie začal používat popel dřevin. Poznává se na základě zvýšeného obsahu hořčíku, oxidu fosforečného, oxidu draselného a oxidu barnatého, bukový popel lze identifikovat podle vyššího obsahu oxidu manganičitého (Henderson 2013, 91-102).

Změny v produkci předovýchodního skla se projevují v období 7.-9. stol. n. l. V dlouhodobějším horizontu je patrné snižování obsahu sodíku spojené se snižováním obsahu natronu a postupné zvyšování obsahu hliníku a vápníku, podle kterých lze pozorovat změnu

ve využívání více znečištěných zdrojů písku. Pokud se ale písek před tavbou čistil, mlel nebo se z něj odstraňovaly živce a schránky měkkýšů (jak postup výroby popisuje Plinius), mohou být tyto výsledky zkreslené a lepší poznání situace by přinesly analýzy izotopů neodymu (Nd), které by odlišily různé písky z pobřeží Levanty a bylo by možné je porovnat s křemičitany použitými pro výrobu místního skla (Phelps et al. 2016).

Centrum výroby bylo v tomto období v palestinské oblasti, nálezy z primárních dílen jsou však jen obtížně datovatelné kontextem. Lepší je tedy datace pomocí prvkové analýzy skleněných nádob z dobře datovaných kontextů na deseti klíčových izraelských lokalitách v oblasti exportu, díky nimž bylo možné rozdělit klíčovou dobu změny výroby na tři období. V prvním se velmi rychle změnila výrobní postupy a palestinské dílny se přesunuly z Apollonie severněji do Bet Eli'ezer, kde byly dostupnější pobřežní zdroje písku i dřeva (tato změna možná souvisela s administrativními změnami chalífy Abdulmalika). Sklo z Bet Eli'ezer se nachází jen na několika málo lokalitách mimo palestinskou oblast, nebylo vyváženo, spíše sloužilo pro místní potřebu. Výjimkou je egyptská Raya, která výměnu zboží mezi oběma oblastmi dokládá, nicméně složení nálezů není jednoznačné. Ve druhém období, které odpovídá umajjovskému chalífátu (661-750 n. l.) a rané dynastii Abbásovců (od 750 n. l.), narostl import egyptského skla (stejně jako keramiky), které bylo zpracováváno v sekundárních dílnách v Tel Avivu. V Egyptě výroba natronového skla skončila v polovině 9. stol. n. l., tedy 50-100 let po Levantě. Příčinou nedostatku natronu byla zřejmě změna klimatu nebo jiné dlouhodobé postupné změny, spíše než sociálně-politické změny, jak se předpokládalo dříve. Nedostatek natronu se totiž začal projevovat ještě před obdobím politické nestability, která trvala od začátku 9. stol. n. l. Postupné snižování obsahu sodíku je pozorovatelné již od 6. stol. n. l. Tyto změny vyžadovaly vyšší teplotu tavení, a tedy větší spotřebu paliva (Phelps et al. 2016).

Ve třetím období změny v palestinském sklářství se začalo objevovat sklo popelové. Přejechod zpět na popelové sklo proběhl kolem 800 n. l. a kromě nutnosti vyhledávání nového zdroje alkálie znamenal zpomalení výroby kvůli hledání nových optimálních postupů a experimentálnímu ověřování optimální délky různých fází tavby (stejně jako při předchozím přechodu z popelového skla na natronové). Na nálezech, jako například na mozaikových dlaždičkách z baziliky na ostrově Torcello v Benátkách z 11. stol. n. l., je znovu pozorovatelné, že byly vyrobené v experimentální fázi, obsahují popelové, natronové i smíšené sklo. V 11.-14. stol. n. l. je už složení stálejší. Nálezy z Rakky z přelomu 8. a 9. stol. n. l. se od produkce z Apollonie i Bet Eli'ezer liší a nabízejí tedy možnost alternativní produkce, která nedostatkem natronu ovlivněna nebyla, což patrně souvisí s tím,



že místní výroba sloužila pro státní paláce a měla tedy výsadní postavení. Dalším možným vysvětlením je, že se dílna soustředila na přetavování importovaného recyklovaného skla. Obchod byl kromě nedostatku surovin ovlivněn také politickými změnami. Muslimské dobytí Levanty oblast odřízlo od obchodu se Středomořím a nově ji propojilo s územím dnešního Iráku a Íránu. Z Blízkého východu se nově vyráběné sodné sklo importovalo do benátských dílen, kde se přetavovalo. Od 13. stol. n. l. se odsud dovážel i rostlinný popel jako surovina na výrobu benátského *cristallo* a *vitrum blancum*, které se od 16. stol. n. l. s tradicí benátského sklářství rozšířilo do západní Evropy (Phelps et al. 2016).

### 3.3.3 Sodnodraselné sklo typu LMHK

Sklo s nízkým obsahem hořčíku a vysokým obsahem draslíku (v anglické terminologii *mixed alkali*) se nachází již ve skelné fázi fajánsových korálků ze starší a střední doby bronzové, například v mohyle Run-ar-Justicou v Bretani (Towle et al. 2001, 9). Do střední a jižní Itálie se skelná fáze fajánse tohoto složení dostalo pravděpodobně z oblasti severně od Černého moře. Ve starší době bronzové (21.-19. stol. př. n. l.) se na 6 lokalitách kolem jezera Garda a 2 lokalitách v severozápadní Ligurii objevují bikónické a segmentované fajánsové korálky (Bellintani 2012, 15-16). Na začátku střední doby bronzové (1700/1600-1400 př. n. l.) se v severní Itálii a na Sicílii objevují diskovité, kulovité a zploštělé kulovité korálky, později (1400-1200 př. n. l.) segmentované, nebo kónické knoflíky s rovným otvorem nebo V-vrtáním (Bellintani 2012, 16) vycházející z tvaru knoflíků kultury zvoncovitých pohárů. Byly nalezeny například v Prato di Frabulino, Poviglio a Trinitapoli; analýzy (Santopadre – Verità 2000), ukázaly, že jejich složení bylo velmi podobné pozdějšímu sklu LMHK. Typologicky i složením odpovídají mykénským korálkům. Na konci střední doby bronzové místní výroba skla typu LMHK mizí (Bellintani 2012, 16). Současně s touto výrobou již probíhala sklářská výroba v egyptské Amarně, tam ale sklo tohoto složení známo nebylo (přestože jde o dílnu významnou a velkou), což dokazuje, že italská produkce byla skutečně nezávislá (Towle et al. 2001, 8). Pravé sklo typu LMHK bylo vyráběno v mladší době bronzové v severoitalské Frattesině, která dodnes zůstává jedinou známou primární evropskou dílnou (Artioli – Angelini – Pollaz 2008). Ve větším množství se zde sklo typu LMHK začalo tavit mezi 11. a 10. stol. př. n. l., tedy v době, kdy výroba předchozího popelového skla začínala upadat, zřejmě v souvislosti s kolapsem mykénské civilizace, Egyptské říše i Chetitské říše a dalších předovýchodních států. Nový typ skla tedy mohl vyplnit mezeru vzniklou výpadkem dovozu zboží ze Středomoří a Blízkého východu. Z Itálie

se sklo šířilo přes Švýcarsko do Německa, Francie a na naše území a dále na Britské ostrovy. Je známo i z pozdějších kontextů doby železné, kdy už se vyrábělo sklo natronové, například z Elateie nebo Rathgallu (Wicklow) (Henderson 2013, 90-92).

Sklo typu LMHK se vyznačuje obsahem 6–9 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 8–11 %  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,5–1,0 %  $\text{MgO}$ , 2 %  $\text{CaO}$  (Venclová et al. 2011, 564) a korelací výskytu  $\text{K}_2\text{O}$  a  $\text{Na}_2\text{O}$ , přibližně v poměru 1:2 (Venclová et al. 2011, 583-584). Jeho obsah  $\text{SiO}_2$  bývá velmi vysoký, až 80 % a naopak nízký obsah  $\text{Na}_2\text{O}$  jej také výrazně odlišuje od sodných skel. Toto sklo je vysoce odolné korozi. Alkálie v něm jsou jak sodné, tak draselné, ale jejich původ není možné jednoznačně určit. Mohlo se vyrábět loužením rostlinného popela, čemuž by odpovídal poměr oxidu sodného a oxidu draselného, možných postupů je ale více. LMHK obsahuje více rubidia než HMG, a jelikož koreluje s obsahem draslíku, bylo do sklářského kmene zřejmě vnášeno spolu s alkálií a souvisí s procesem loužení. Obsah oxidu nikelnatého je vyšší než v egyptském i mezopotámském skle. Hlavním barvivem tyrkysového a zeleného skla (méně často modrého a tmavě modrého) je měď, jejíž složení odpovídá původu z Německa, Švýcarska, Rakouska nebo České republiky (Purowski 2022, 69).

Výzkum polychromních pozdně bronzových korálek rozvinula po V. Gessnerové (1947) Th. E. Haevernicková (Haevernick 1978, 145) a podle toho, že byly často nalézány na tzv. nákolních osadách (Pfahlbausiedlungen) ve Švýcarsku, pojmenovala korálky Pfahlbauperlen (soudkovité s bílým taženým vláknem), Pfahlbautonnen mit Spirale (se spirálovou dekorací) a Pfahlbaunoppenperlen (se čtyřmi pupky a očky), které se ve více podobách vyskytují v Maďarsku, Švýcarsku, v údolí Yonne ve Francii, v Lünebursku v severním Německu, v italské Frattesině a podobné korálky byly nalezeny i v Irsku. Nově také popsala malé kroužkovité korálky, které se vyskytují ve větším množství, a vzácnější žebrované (melonigge Rippen Perlen) (Henderson 1988a, 435-436). Kromě švýcarského jezerního sídliště Hauterive-Champréveyres byly tyto korálky typu LMHK nalezeny na dalších švýcarských lokalitách (Concise, Corcelletes, Cortailod a Estavayer-le-Lac, – celkem bylo zdokumentováno 300 korálek), v severoitalské Frattesině, ale také například dokonce až v irském Rathgallu nebo tureckém Kamanu (provincie Kırşehir, tell s osídlením v době bronzové, době železné a středověké Osmanské říši). V Evropě byly nalézány ve Francii (Châtillon, Conjux, Grésine, Le Saut), v Belgii (v zaplavené jeskyni Trou de Han u Han-sur-Lesse), ve švýcarském Hauterive-Champréveyres (tam dokonce z vrstev dendrochronologicky datovaných do 1050-1030 př. n. l.), v Rakousku, v Británii a Irsku, Německu, v Čechách a na Moravě. Více na jih byly objeveny v Itálii, Jugoslávii a Řecku a také ve vraku lodi z doby

bronzové potopené u mysu Gelidonya. Z Frattesiny je známo 3000 kusů, z jiných italských lokalit dalších 2500 a stovky ve Švýcarsku a Francii (Venclová et al. 2011, 563).

Dnes známe více než 30 evropských lokalit s nálezy LMHK mladší a pozdní doby bronzové v Itálii, Francii, Švýcarsku, Německu, Čechách a na Moravě a na Britských ostrovech (Venclová et al. 2011, 563-564). Významnou lokalitou jejich výskytu je Allendorf (Hesensko), kde se našel depot datovaný do HaB3-HaB3/C, který obsahoval kromě Pfahlbauperlen modré polychromní korálky bez známých paralel – válcovité z klikatkovou dekorací a zploštěle kulovité s kroužky a vícenásobnými diagonálními liniemi nebo tečkami bílé, žluté, oranžové, červené, hnědé nebo tyrkysové barvy. Jejich provenience je nejspíš různá (Venclová et al. 2011, 563). Výsledkem analýz korálek z tohoto depotu bylo, že popel na jejich výrobu mohl pocházet z bukového dřeva, kapradí nebo slanorožce – rostliny rodu *Salicornia* – a zdrojem křemíku byl čistý písek. Spolu s nimi se nacházely i typologicky jiné korálky odlišného složení HMG a LMG. Pokud přechod z popela na natron proběhl na Blízkém východě v 9. stol. př. n. l., pak tyto tři typy skla v kontextu datovaném do HaB3/HaC mohly pocházet z různých oblastí – jak z Blízkého východu, tak z Evropy.



**Obr. 4.** Analyzované nálezy skla typu LMHK z 12.-9. stol. př. n. l. v Evropě k roku 2011. Zdroj:

Venclová et al. 2011, 568. Legenda: 1 All Cannings Cross, 2 Allendorf, 3 Billy-le-Theil, 4 Bismantova, 5 Borken-Kleinenglis, 6 Bringairet-Grotte (Armissan), 7 Clanezzo, 8 Elateia, 9 Fondo Paviani, 10 Fort Harrouard (Sorel-Moussel), 11 Frattessina, 12 Freestone Hill, 13 Gazzò Veronese, 14 Golasecca – Ca' Morta, 15 Hauterive-Champgréveyres, 16 Holubice, 17 Chiusa di Pesio, 18 Lohfelden-Vollmarshausen, 19 Lough Gur, 20 Mariconda di Mellara, 21 Monte Valestra, 22 Morano sul Po, 23 Narde, 24 Obory, 25 Rancogne, 26 Rathgall, 27 Réallon, 28 Řepín, 29 Salorno-Cava Girardi, 30 Sindou-Grotte (Sénaillac-Lauze's), 31 Thasos, 32 Tuchoměřice.

Označení LMHK poprvé použil J. Henderson v článku *Some glass beads of the later Bronze Age in Ireland* (Raftery – Henderson 1987), kde publikoval RFA a EMPA 88 korálků z Rathgallu, původně datované do 800-600 př. n. l., a porovnal je se sklem podobného složení z jiných období (významná je podobnost s korálky ze severní Itálie a Švýcarska). Tyto korálky měly všechny velmi vysoký obsah  $K_2O$  a dále byly rozděleny do tří skupin: vysoký obsah  $K_2O$  a nízký obsah  $MgO$ , vysoký obsah  $K_2O$  i  $MgO$  a také  $P_2O_5$  a třetí skupina s vysokým obsahem  $MgO$  a  $P_2O_5$  a trochu nižším obsahem  $K_2O$ . Všechny také obsahovaly znatelně méně  $CaO$  než všechny ostatní typy skla. Korálky z Rathgallu byly barveny mědí, obsah  $SnO_2$  ukazuje, že mohlo jít o bronz. Na základě technologie výroby a výzdoby očky byl určen jejich původ v kontinentální Evropě, a stáří je vyšší, než jak byla lokalita datována

původně – tj. do 9.-7. stol. př. n. l. (vzorek C<sup>14</sup> z Rathgallu totiž lokalitu datuje již do 11. stol. př. n. l.). Opakní sklo použité na dekoraci se složením odlišovalo, v rámci jedné dílny se tedy vyráběly nejméně dva různé druhy skla pro různé účely. V navazujícím článku *Electron probe microanalysis of mixed alkali glasses* (Henderson 1988b), rozdělil J. Henderson sklo do pěti kategorií podle Sayrea a Smithe (1961) a jako možný zdroj alkálie navrhl slanorožce.

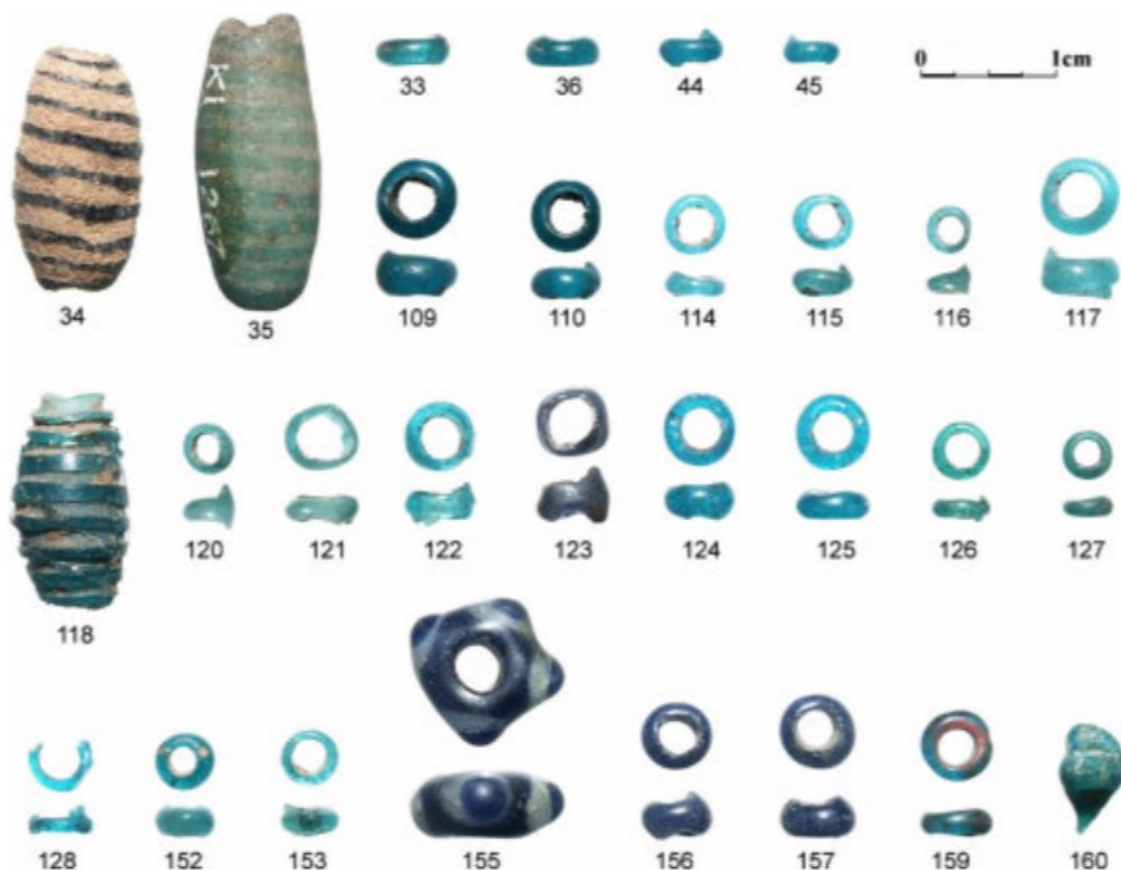
J. Henderson pokračoval analýzami skla typu LMHK z Bristkých ostrovů a Irska (Henderson 1988a), ze švýcarské jezerní lokality Hauterive-Champréveyres (Henderson 1993), a z řeckého ostrova Thasu, kde byl poprvé zjištěn korálek s vysokým obsahem draslíku. Výsledky analýz ukázaly, že v době bronzové mohlo být současně se sklem typu LMHK již vyráběno i sklo typu HMG, které pak převládlo v době halštatské. Italskou produkci LMHK spojil J. Henderson s kolapsem mykénské civilizace, a uvažoval nad možností, že technologie výroby tohoto skla se uplatňovala už dříve v době bronzové. Výzkum barviv ukázal, že zelenomodré zabarvení způsobuje CuO a reakce kobaltu s niklem, zatímco zelené zabarvení přítomnost FeO. Opakní sklo používané na dekorace obsahuje malé množství antimonu nebo žádný. Na základě experimentální výroby určil G. Hartmann (Hartmann et al. 1997) jako zdroj potaše (drasla) v LMHK loužený popel z bukového dřeva.

Výzkum skla typu LMHK publikoval také R. Brill v článku *Chemical analyses of some glasses from Frattesina* (1992), ve kterém za zdroj alkálie označuje loužený dřevěný popel, natron znečištěný draselnými solemi nebo výkvětky soli z hnoje či latrín, které by obsahovaly i přirozeně se vyskytující dusičnany KNO<sub>3</sub> a NaNO<sub>3</sub> (Venclová et al. 2011, 564). EPMA více než 100 korálků z Frattesiny a dalších italských lokalit (Mariconda di Melara, Canal Bianco, Ca' Garzoni, Ca' Cima, Chiusi) provedl Andrew C. Towle (Towle et al. 2001). Porovnal obsah prvků jak v sodných sklech popelových, tak v natronových sklech a sklech typu LMHK. Nepodařilo se odhalit žádný vztah mezi poměry mědi a cínu, byla tedy vyloučena vazba barviva na místní bronzové artefakty. Barvivem mohla být měď a byl detekován i kobalt neznámého původu. Zatímco barviva mohou vykazovat regionální odlišnosti, složení skla LMHK je velmi podobné. Opacita byla podle autorů způsobena neroztavenými krystalky křemičitanu, nikoliv CaSb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, jako tomu bylo u předchozího egyptského skla a skla z období pozdějšího. Tři korálky z Frattesiny se vymykaly běžnému složení, mají nízký obsah sodíku, spíše spadají do kategorie skla z potaše. Kontinuitu výroby skla typu LMHK, o které se uvažovalo do 6. stol. př. n. l., se z nálezů etruských skleněných nádob nepodařilo prokázat. Jsou totiž z natronového skla, nikoliv z LMHK, a etruská výroba

navíc nedosahovala úrovně skla doby bronzové, s výjimkou Poggio Civitale (Henderson 2013, 155).

Další významné analýzy provedli Angellini et al. (2002), jejich výsledkem bylo zjištění (zmíněné v úvodu této kapitoly), že kompozice zkoumaných skel LMHK byla charakteristická pro severoitalské sklo mladší a pozdní doby bronzové (tedy po 1200 př. n. l.), ale odpovídalo i složení skelné fáze fajánse ze střední a starší doby bronzové (Venclová et al. 2011, 565-566). V roce 2004 bylo zkoumáno 11 vzorků odpadu a hotových korálků z Frattesiny metodami EPMA, SEM-EDS, AAS a XPS. Kromě barviv byly rozlišeny tři komponenty: téměř čistý křemík, stabilizátory (oxid vápenatý a oxid hořečnatý) a alkálie (oxid sodný a oxid draselný), jejichž zdrojem byl pravděpodobně rostlinný popel. Obsah oxidu sodného a oxidu draselného se lišil, což ukazuje, že byly použity dva různé druhy alkálie. V případě tmavě modrého skla byl barvivem kobalt, zatímco červené barvy bylo dosaženo kontrolovanou oxidací mědi.

Francouzský katalog korálků typu LMHK z doby bronzové sestavili B. Gratuze a Y. Billaud (2014). U většiny potvrdili severoitalský původ, přičemž 90 % zkoumaných korálků bylo identifikováno jako typ LMHK. Dále ověřili předpokládanou různou distribuci typů v oblasti rýnsko-švýcarsko-východofrancouzských popelnicových polí (RSFO) a atlantické doby bronzové, které se přikláněly ke kulturním vlivům z různých oblastí. Malé kroužkovité nebo soudkovité korálky a velké korály ovinuté vláknem odlišné barvy (Pfahlbaunoppenperlen) se vyskytují v oblasti RSFO a v atlantickém okruhu doby bronzové téměř nejsou. Naopak korálky s očky a fajánsové korálky jsou častější v atlantickém okruhu doby bronzové. Odlišovalo se pět korálků ze sodného skla, jejichž složení neodpovídalo sklu z Blízkého východu a mohly spíše pocházet z Frattesiny.



**Obr. 5.** Sklo typu LMHK nalezené v polských hrobech doby bronzové. Zdroj: Purowski – Kępa – Wagner 20118.

#### 4 Výrobní technologie skelných hmot ve starším pravěku

Složení skelných hmot může být velmi různorodé. Rozlišit záměrně a nezáměrně vyrobené sklovité materiály není vždy snadné, jak ukazují závěry analýz sklovité strusky nalézané v žárových hrobech pozdního neolitu a doby bronzové (3500-2500 př. n. l.) z Orknejských ostrovů (Photos-Jones et al. 2007). V této málo zalesněné oblasti mohly jako palivo sloužit mořské řasy, které byly ještě v 18. a 19. stol. n. l. využívány na industriální výrobu potaše a sody. Výskyt podobného sklovitého materiálu potvrdil J. Henderson (Henderson et al. 1987) také v žárových hrobech ve východní Anglii. Sklovitá struska stavená s kusy opálených kostí vznikla ze směsi písku a mořských řas, které pravděpodobně byly položeny pod hranici nebo sloužily jako palivo, případně ze dřeva použitého na ni. Tato interpretace byla podložena přítomností všech fází přeměny pálených kostí (kolagen, hydroxyapatit, jeho rekrystalizace a spojení krystalů), které postupně propadávaly hranicí a mísily se se struskou. Přítomnost řas byla dále prokázána nekorelujícím obsahem oxidu

vápenatého a stroncia, které muselo pocházet z jiného zdroje než z kostí. Podle autorů struska sloužila k zachycení drobných kostí, které bylo po natavení možné přenést do nádoby. Nález strusky vytvarované podle nádoby z Kewingu dokazuje, že struska byla přenesena ještě horká (Photos-Jones et al. 2007). Podobná struska jako v tomto případě vzniká i při řízené výrobě skla na jeho povrchu ze složek, které nezreagovaly kvůli nesprávnému poměru surovin. V případě nálezů z Orknejských ostrovů nešlo o záměrnou výrobu artefaktu, sklovitý materiál vznikl reakcí přítomných složek, stejně jako tomu bylo při výrobě kovu a keramiky, kdy zdrojem křemíku byly stěny pece nebo tavícího tyglíku a popel pocházel z paliva. (Biernacka et al. 2023). Teoreticky také v keramické hmotě může proběhnout vitrifikace, pokud se vypálí na dostatečnou teplotu; jde v podstatě o porcelán (Henderson 2013, 5-7).

Silikátová struska vznikající jako odpad při výrobě železných a neželezných kovů bývá tvořena různým poměrem oxidu křemičitého, oxidu železnatého, oxidu vápenatého (přidávaného pro zvýšení viskozity a lepší oddělení kovu od strusky), oxidu hlinitého (ze stěny pece), oxidu hořečnatého a oxidu draselného (vnášeného z paliva). V případě železářské strusky je nejčastější silikát fayalit ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), při větším množství vápníku v tavenině vzniká kirschsteinit ( $\text{CaFeSiO}_4$ ) a monticellit ( $\text{CaMgSiO}_4$ ). Při tavně stříbrných rud vznikají kromě mědi lehká světlá a těžká tmavá olovnatá struska. Polymetalická struska obsahuje nejvíce oxidu křemičitého, oxidu železnatého a oxidu olovnatého. Struska z polymetalické výroby se liší od strusky z výroby železa nižším obsahem oxidu železitého, vyšším obsahem oxidu křemičitého a oxidu olovnatého a vznikem galenitu. Polymetalická struska je tvořena skelnou fází se zrny křemene, galenitu a živců. Skelná fáze železné strusky má větší obsah fayalitu a pyroxenů. Rozdílné fázové složení je výsledkem odlišné rychlosti chlazení, při které dochází ke krystalizaci složek (Drobilič 2020, 11-14).

Vitrifikace probíhala i v tzv. spečených valech pozdní doby bronzové a doby železné nacházených nejvíce ve Skotsku, ale i v jiných částech Evropy, jejichž odolnost se při odhadované teplotě 900-1150 °C kvůli mikroskopickým prasklinkám ve větších kamenech snižovala, z čehož byl vyvozován závěr, že nemohly být zapalovány za účelem jejich zpevnění (MacKie 1976, 205-235). Podle názorů jiných badatelů (Wadsworth – Heap – Dingwell 2016) ale stavení drobnějších křemičitých částecek pískovce obsahujícího křemen a křemičitany a takto snížená pórovitost val posílí a záměrné zapalování tedy nelze vyloučit. Přeměna křemene na cristobalit a roztavení živců je nesporným důkazem o tom, že konstrukce hořela při teplotě kolem 1100-1250 °C, pravděpodobně déle než 10 hodin (nejspíše několik dní), a toto probíhalo v silně redukčním prostředí, které by při pouhém



neplánovaném zapálení valu dřevem nevzniklo. Pro usnadnění hoření mohl být přidáván organický materiál. Na samotný val však nebyly používány materiály usnadňující hoření (byly to vždy lokální, ne nutně dobře tavitelné materiály) a některé valy byly prokazatelně vystaveny žáru až několik stovek let po jejich navržení (Youngblood et al. 1978). Nehledě na funkci tohoto procesu, se při zapálení valu vytvořila sklovitá hmota a devitrifikované sklo, podobně jako při dalších případech vystavení směsi vhodného složení žáru.

Podobný proces probíhal při požárech domů – zde opět není snadné určit, zda byly záměrné – při nichž se jílová složka mazanice stavila podobně jako keramická hmota slinula při vypálení na otevřeném ohni. Stejně jako v případě keramické hlíny byl pro stavbu domu žádoucí jíl s minimální příměsí písku a rozložené organiky, která by mohla pevnost stěn narušovat. K vitifikaci je třeba 800-900 °C, tak vysoká teplota při požárech domů většinou nenastávala. Při delší době vystavení žáru stačí ke slinutí jílových částic teplota 500-800° C. Experimentální zapálení repliky domu v mexickém Hidalgotitlánu prokázalo, že tepelné přeměny mazanice se liší v závislosti na její poloze. Největší teplotě bývá vystavena na horní straně stěn, které se dotýkají hořící střechy a kolem sloupů podpírajících vnitřní stěny. Při experimentu bylo zjištěno, že celkem bylo stavěno méně než 2 % z celého objemu mazanice (Kruger 2014).

Složky skla byly materiály dostupnými a běžné používanými k jiným účelům dlouho před záměrnou tavbou skla. Popel halofilních rostlin je dosud využíván k výrobě mýdla a dalších čistících prostředků (Henderson 2013, 85), natron sloužil k mumifikaci a kovová barviva byla známá z metalurgické výroby. Důležitými předchůdci sklářské výroby byly nanášení sklovité polevy na jiné materiály a později na křemičité jádro i keramika samotná (Towle et al. 2001, 7). Otázku, která z těchto předcházejících technologií přímo vedla k objevu skla, nelze snadno zodpovědět. Po objevení reakce křemičitanu a alkálie nastala, stejně jako při objevu jiných materiálů, experimentální fáze, po níž následovala fáze postupného vývoje výroby a získávání větší kontroly nad celým procesem (Henderson 2013, 12).

#### 4.1 Příbuzné výrobní technologie předcházející skelným hmotám

Před fajánsovou výrobou se místo křemičitého jádra pokrývaly sklovitou polevou drobné předměty z mastkové břidlice (Henderson 2013, 13). V Egyptě a Mezopotámii šlo nejčastěji o steatit a serpentinit nebo silikáty jako křemen nebo pazourek, často s vyšším obsahem příměsí železa (Moorey 1994, 168). V oblastech rozvoje fajánsové výroby (Egypt,

Mezopotámie, poříčí Indu) jí předchází tradice zahřívání steatitu a někde také jeho glazování, která po určitou dobu pokračuje i současně s produkcí fajánse. Předchůdcem, který pravděpodobně vedl k objevu techniky glazování, bylo spojení pískovce a malachitu. Jelikož pokrývání kamenů polevou směřovalo k výrobě imitace drahých zelenomodrých kamenů, výrobci se snažili jejich vzhled napodobit malachitovým práškem. Malachit se dlouho předtím užíval k výrobě kosmetiky, přičemž se často připravoval na pískovcových destičkách, a tak mohlo dojít k reakci, pokud se tyto dva materiály dostaly do kontaktu při dostatečné teplotě (Moorey 1994, 168).

V Egyptě se první zelenomodré steatity pokryté polevou objevují od období badárské kultury (poslední čtvrtina 5. tisíciletí př. n. l.), tyto glazované kameny se dále používaly k výrobě korálků až do konce předdynastického období (3150 př. n. l.) (Moorey 1994, 168). Steatit (mastek) je velmi měkký, dá se snadno opracovávat do korálků a ozdob, navíc při vystavení žáru nepraská a tepelné opracování díky dehydrataci zvyšuje jeho tvrdost. Při procesu zahřívání steatitu a jeho bělení je přidána alkálie, která reaguje s křemičitanem, a malachitový prášek. Už H. C. Beck pozoroval tři různé techniky nanášení polevy na steatit: Glazování v Egyptě, při kterém se nanese sklovitá glazura a předmět se poté vystaví žáru (podobá se technice cementace), opalování v Mezopotámii a povodí Indu, které spočívá v nanesení vrstvy alkálie, která po vystavení žáru odpadne a zanechá jen tenký povrch, a leptání, prováděné jen v povodí Indu, při němž se povrch steatitu vybělil alkálií a po zahřátí se dekoroval jilem s obsahem železa nebo železitou solí (Moorey 1994, 169). Důkazem o používání této techniky je vysoký obsah hořčíku ve skelné polevě, který vznikl v důsledku reakce alkálie s příměsí mědi se steatitem, který byl bohatý na křemík (Henderson 2013, 13). Alfred Lucas experimentálně ověřil možnost dvoufázové výroby a souvislosti glazování steatitu a výroby fajánse. Nejprve pokryl oblázky křemene polevou z natronu a malachitu. Po reakci složek vrstvu seškrábal a rozemlel na prášek, kterým pokryl jádro z rozemletého křemene a vypálil jej (Moorey 1994, 168).

Glazování kamenů mohlo vést jak k vývoji techniky fajánse, tak ke glazování keramiky, která potom mohla být jedním z předchůdců sklářské výroby nebo se mohly obě navzájem ovlivňovat. Na keramice Blízkého východu se glazury vyskytují až v 16. stol. př. n. l. Na lokalitě Tell Ačana se na začátku střední doby bronzové objevují zároveň nejstarší skleněné nádoby a glazovaná keramika. To, ukazuje, že obě technologie jsou propojené a správná technika glazování je vázaná na porozumění materiálu skla, jinak by kvůli špatnému poměru materiálů a jejich různé rozpínivosti při žáru v peci glazura popraskala (Moorey 1994, 195). Rané polevy byly modré nebo zelené, barvené mědí, nešlo ale o pravé glazury,

nýbrž spíše o nátěry, některé polevy měly organické složky a při výpalu by shořely, na rozdíl od glazury, která vysokou teplotu ke slinutí potřebuje (Moorey 1994, 167). Na artefaktu se nanášení glazury rozpozná podle stop po jejím stékání a nerovnoměrném rozprostření (Moorey 1994, 184).

## 4.2 Socioekonomické pozadí nejranější výroby fajánse a skla

Existence specializované výroby dokládá organizaci složité výrobní činnosti, jestliže výrobek neslouží jen pro místní spotřebu a je vyráběn pro směnu, pak také zapojení do širší obchodní sítě. Výroba polospecializovaná (domácká) může probíhat v domácnosti, plně specializovaná (řemeslná) pak probíhá v dílně a využívá plnou kapacitu výrobců. Specializace se může týkat celé skupiny obyvatel nebo pouze její části. Roli hraje i vzácnost suroviny a složitost investované práce. Směna může být občasná nebo může probíhat na stálém trhu. Objem a variabilita sortimentu může být také různá. V pravěku se zřejmě rodinná a centralizovaná výroba kombinovaly. Pozornost se při zkoumání specializované výroby zaměřuje také na prostorové vztahy výrobního a sídelního areálu (Venclová 1995, 541-543). Dovednost zacházení s pecí, příprava materiálů, jejich doprava ze vzdálených oblastí a distribuce skla z výrobních center, to vše skláštví mezi specializovanou výrobou jednoznačně řadí.

Dílny je třeba při výzkumu rozdělovat na primární, kde se ze surovin vyráběl sklářský kmen, a sekundární, kde se z materiálu dodávaného ve formě ingotů vyráběly finální výrobky. Na lokalitách, z nichž nemáme doklady primární výroby v podobně tyglíků a pecí, ji nemůžeme předpokládat (Nightingale 2008, 92). Pokud se na lokalitě nacházejí odpadní produkty, můžeme je porovnat s hotovým sklem z téže lokality a odhalit například experimentování s poměry surovin. Samostatné alkálie nezpracované do skla rychleji degradují, proto se suroviny nenalézají často a je tedy těžší prokázat primární výrobu než sekundární. Z tohoto důvodu dlouho přetrvával názor, že se v Evropě sklo lokálně nevyrábělo (Henderson 1985, 267-268). Při zkoumání technologií se můžeme zaměřovat nejen na suroviny a postup výroby, ale i na to, zda je na dané lokalitě postup inovativní, experimentální nebo převzatý z jiné oblasti (Towle et al. 2001, 7).

Nejstarší výroba skelných hmot byla vázána na vzestup městských státních útvarů v Mezopotámii (a později stejným způsobem závisela na centralizaci měst v Evropě). Rozvoj sklářské výroby v severní Babylonii probíhal za vlády akkadské dynastie (24. nebo 23. stol.- 2190 př. n. l.). V jižním Uru probíhala centralizace spojená se specializovanou výrobou

luxusních výrobků a technologickým vývojem ve 21. stol. př. n. l. Sklo se vyrábělo v palácových nebo chrámových dílnách, řemeslníci spolu úzce spolupracovali (Moorey 1994, 195) a stejně jako u ostatních řemesel byli organizováni do cechů. Pracovníci soustředění v paláci byly odděleni od ostatních obyvatel a výsadní postavení mezi nimi měli specializovaní řemeslníci, úředníci a kněží (společně nazývaní slovem *ummānu* a nejlepší z nich slovem *apkallu*), nad nimiž byli už jen členové armády (Henderson 2013, 132). Podle Oppenheimových překladů textů klínových tabulek byli řemeslníci v paláci Dur Kurigalzu ve 14. stol. př. n. l. najímáni, aby zdobili palác vzácnými materiály, stejně jako v Aššuru, Tellu Brak, v Núzi a na Tellu Rima. Toto může indikovat, že chrámové a palácové dílny zahrnovaly i skláře (Moorey 1994, 1989).

Z Egypta jsou známé tři dílny s přímými důkazy o primární výrobě. První je lokalita Kantir ze 13. stol. př. n. l., druhou je známější Amarna, kde byly nalezeny kusy surového kobaltového skla ve válcové nádobě, ingot tyrkysového skla, skleněné probarvené tyče a také tavící pece a nedokončené výrobky, které složením odpovídají výrobnímu odpadu a místním hotovým výrobkům. Třetí primární dílna se nacházela v Malkatě (Smirniou – Rehren 2011), předpokládá se, že Amarna je pozdější a příchozí skláři již měli znalosti z předchozí Malkaty (Shortland – Eremin 2006, 582-589). Sekundárními egyptskými dílnami jsou Lišt, Menšiyeh a možná Gurob. Z Mezopotámie jsou známé pouze sekundární dílny, mezi něž patří Núzi, Kar-Tukulti-Ninurta, Tell Brak, Tell Ačana, Ugarit a Tell Ašara-Terka. Velká část prvních skleněných výrobků byla nalezena v oblastech pod vlivem království Mitanni (1550-1260 př. n. l.), výjimkou je Ugarit, kde se jich našlo nejvíce (Henderson 2013, 136). Rozvoj sklářské výroby je přímo spojen s nově ustavenou vládou Churritů a královstvím Mitanni, center, kde probíhaly inovace, bylo ale pravděpodobně více (Moorey 1994, 195). Ve Středomoří se nacházejí sekundární dílny v Thébách, Tíryntu, Mykénách a snad na Krétě (Henderson – Evans – Nikita 2010, 3-4).

#### 4.3 Fajáns, egyptská modř, sklo a jejich produkční centra

Skelné hmoty doby bronzové jsou velmi různorodé. Hrubě se dají rozdělit do tří skupin: V první je fajáns s obsahem skelné fáze do 25 %, jehož neroztavená zrnka křemičitanu jsou spojená skelnou hmotou, která vytváří lesklý povrch. Ve druhé je skelná fajáns, v níž skelná fáze tvoří 25-75 % (Purowski 2020a, 3), materiál je méně porézní a na rozdíl od fajánsu je probarvený celý, nejen poleva. Ve třetí skupině je sklo, v němž skelná fáze tvoří většinu objemu výrobku (Venclová et al. 2011, 566), mohou se objevit sekundárně

vzniklé krystaly nebo může proběhnout devitifikace. Tyto tři skupiny se mohou lišit nejen technikou výroby, ale i chemickým složením skelné fáze (Santopadre – Verità 2000, 26).

Materiálem podobným fajánsi je egyptská modř, která se odlišuje složením:  $\text{CuO} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2$ , skládá se stejně jako fajáns z krystalické části a neprotavených zrn křemičitanu, na rozdíl od fajánse však nelze snadno odlišit jádro a vrstvu polevy. Může být jak tvrdá tak velmi porézní (při nižším obsahu alkálie), a jde ji vyleštit a docílit vzhledu lesklého skla (Brill 1970, 114-115). Zatímco alkálie obsahuje málo, křemičitanu v ní bývá více, než je třeba k reakci. Výroba probíhala ve dvou fázích při teplotě 900-1000 °C po několik hodin, jak bylo experimentálně ověřeno (Tite – Bimson – Cowell 1987). Pro výrobu hrubší egyptské modři s vyšším obsahem alkálie bylo třeba teploty asi 900 °C. Hmota se tavila jen jednou a byla poté používána jako pigment. Varianta s nízkým obsahem alkálie vyžadovala dvoufázovou tavbu při teplotě 1000 °C a 850-950 °C, přičemž v mezifázi mezi výpaly se hmota rozemlela a vytvarovala do požadovaného tvaru. Egyptskou modř vyrobenou dvoufázově lze rozpoznat podle jednotného rozprostření krystalů mezi nezreagovanými zrny křemičitany. Při vyšším podílu alkálie byla modř tvrdší a světlejší a bledší (Moorey 1994, 189). Egyptská modř má shodné složení jako přirozeně, ale vzácně se vyskytující cuprorivarit, ten ale ve starověku využíván nebyl (Moorey 1994, 168, 186).

Vývoj termínů byl složitý, protože se měnily s růstem poznání. Nejasnosti vznikají také při překladech, německé slovo Fritte bylo například používáno pro egyptskou modř, zatímco v angličtině frit znamená fajánsové jádro bez polevy, na rozdíl od něj fajáns polevu mít může a záměna může nastat jen tehdy, je-li poleva fajáse zcela odkorodovaná nebo jinak odstraněná (Bimson – Freestone 1987, 1). Slovo fritta označuje v pozdějším historickém sklářství první stupeň výroby, tedy směs písku a taviva ještě před tavbou (Moorey 1994, 167-168). Termínem skelná pasta L. Woolley označoval bez rozdílu jak mezopotámskou neglazovanou fajáns, tak opakní sklo (Moorey 1994, 168). Slovo fajáns bylo převzato z názvu pro středověkou italskou majoliku s cíničitou glazurou původně z Faenzy, jejíž technologie výroby byla v 16. stol. n. l. přenesena do Lyonu a dalších francouzských center. V 19. stol. n. l. se pojem rozšířil na starověké glazované předměty, zejména egyptské, z nichž většina byla z drcené křemičité hmoty, přestože to je materiál velmi odlišný (Peltenburg 1987). Spojení mezi těmito dvěma materiály bylo vytvořeno na základě představy, že jak renesanční majolika, tak starověká fajáns se vyráběla dvoufázově nanesením polevy na již vypálené jádro. Po experimentálním ověření jednofázové výroby fajánse a výsledků analýz, které jednofázovou výrobu potvrdily, byla hypotéza dvoufázové výroby opuštěna (Harding 2000, 266).

Oba materiály, sklo i fajáns, vyžadují zvládnutí podobných pracovních postupů. V oblastech, kde byly na konci 4. a ve 3. tisíciletí př. n. l. poprvé vyráběny fajánsové předměty je zároveň pozorovatelný výrazný vývoj ve výrobě keramiky a kovu vycházející z lepšího ovládnutí pyrotechnologie a experimentování s pigmenty a rudami (Moorey 1994, 169). Podle názorů některých badatelů v místech první výroby fajánse nebyly dostupné polodrahokamy, které skelné hmoty měly napodobovat. Podle jiných se zde naopak nacházely, ale kvůli vysoké ceně byly luxusním zbožím signalizujícím vysoké společenské postavení. Řemeslníci se pak pokoušeli o výrobu jejich levnější napodobeniny (Moorey 1994, 169).

Výroba fajánse podle některých názorů vypovídá o kontrole, kterou nad výrobní teplotou museli řemeslníci mít (aby místo něj nevzniklo při vyšší teplotě sklo), důvodem je ale spíše omezení pecí, které vyšší teploty neumožňovaly. Podle H. Hodgese (1992, 125) bylo vystavení fajánse vyšší teplotě to, co k objevení skla vedlo. Pro výrobu skleněných výrobků je podstatné nejen úplné slinutí křemičitanů a alkálií v první fázi výrobního procesu, ale i znovuzahřátí ingotu a vytvarování do požadované podoby. Jde tedy o podstatně složitější proces a souvislost výroby těchto dvou materiálů nelze jednoznačně prokázat (Henderson 2013, 14-15). Podporuje ji skutečnost, že nejstarší osobní ozdoby a amulety ze skla v syropalestinské oblasti a Turecku na konci střední doby bronzové vycházely z fajánsových předloh (Moorey 1994, 194), stejně jako první skleněné nádoby z 16.-15. stol. př. n. l., které napodobují fajánsové a na lokalitě Alalach byly nejstarší skleněné nádoby a předchozí fajánsové dokonce nalezeny v superpozici (Henderson 2013, 14-15). Podle E. Peltenburga (1987, 14) je role fajánse jako jediného přímého předchůdce skla nepravděpodobná. Pokud se mělo sklo vyvinout z fajánsových předloh, bylo to pravděpodobně v období, kdy ve výrobě fajánse docházelo ke zrychlení a zefektivnění produkce a vyráběly se nové druhy předmětů jako například nádoby. Tyto nádoby by měly být pokryty polychromními glazurami, ze kterých byla technika přenesena na následující skleněné. Tomu ale odporuje absence takových pokročilých fajánsových nádob a polychromií. Polychromní glazury jsou svázané až s výrobou skla, která si vypůjčuje jak ze znalosti z výroby fajánse, tak z metalurgie (v případě metalurgie jde o zpracování v peci a oxidy kovu jako barviva) (Moorey 1994, 195).

Pravé sklo je na rozdíl od předchozích skelných materiálů zcela roztavený křemičitý písek s alkálií, jen výjimečně s neprotavenými zbytky původních materiálů (Henderson 1988a, 435). Výroba skla, na rozdíl od fajánse, vyžaduje neustálé udržování při tavící teplotě, dovednost pracovat s tekutou sklovinou, měnící se viskozitou a jejím chlazením, dílny tedy musely být upraveny a vybaveny odlišně. Mezi další nutné inovace ve

výrobě patřilo zvětšení pecí, aby se do nich vešla vsádka. Prostor pro variabilitu složení tohoto nového materiálu nebyl podle T. Rehrena tak široký. Poměr surovin nutný k výrobě skla s žádoucími vlastnostmi je relativně pevný a odchylky vedly k rychlému neúspěchu (Henderson 2013, 10). Pro výzkum vývoje technologie by bylo přínosné porovnání většího množství odpadu a výrobků ze stejné lokality ze stejného období, byla by tak pozorovatelná například posloupnost experimentování s měnícím se obsahem složek při hledání ideálního poměru. Tuto jednoduchou představu ale komplikuje několik skutečností. Kvůli degradaci materiálu a selektivnímu vyluhování jeho složek není vždy možné odhadnout jejich původní obsah, natož zdroj (Henderson 2013, 10-11).

Názory na dataci nejstarších skleněných výrobků vycházejí kromě jiných zdrojů i z interpretace písemných pramenů, která, jak bude ještě ukázáno, je subjektivní a nespolehlivá. Dle názoru A. L. Oppenheima bylo první sklo vyrobeno v době, ze které pochází inventář Třetí dynastie Uru (2116-2003 př. n. l.) se záznamy o míse z materiálu nazvaného *an-zah*, což je stejné slovo, kterým se později označuje sklo ve sklářských výrobních postupech, nicméně podle D. Baraga jde pouze o označení sklovité glazury. Obě možné varianty by ale výrazně předcházely dobu, kdy je výskyt těchto materiálů archeologicky doložen (Henderson 2013, 132-133).

Sklo, stejně jako předtím fajáns, se pravděpodobně vyrábělo jako nápodoba drahých kamenů a mušlí. Přírodninami byly inspirovány i jeho tvary – přívěsky ve tvaru ptáků, much, žab, květů a mořských hvězdic (Moorey 1994, 197). Dalším zvládnutým vývojovým stupněm po fajánsi bylo tvarování skla na hliněné jádro nebo kovovou tyčinku, odlévání do formy, broušení a řezání za studena, mozaikové sklo sestavované do formy a později foukání v 1. polovině 1. stol. př. n. l. a roztáčení používané při výrobě laténských náramků od poloviny 3. stol. př. n. l. (Venclová 2005, 30-32).

#### 4.3.1 Blízký východ

Fajáns se vyráběla v severní Mezopotámii pravděpodobně od 4. tisíciletí př. n. l. (Henderson 2013, 14), odtud se technologie šířila do jižní Mezopotámie, Egypta a Indie (Towle et al. 2001, 7). Na pohřebišti Gaura v severní Mezopotámii a na lokalitě Tell Brak byly nalezeny fajánsové korálky již rozvinuté produkce ze 4. tisíciletí př. n. l. V Chrámě očí na lokalitě Tell Brak se nacházely dokonce celé vrstvy ze sklených hmot a korálky z fajánse a steatitu s polevou zapracované přímo do stavebních cihel (Moorey 1994, 169-172). Ve 3. tisíciletí př. n. l. se začalo rozvíjet používání forem, což výrobu fajánse standardizovalo a

zároveň se přestaly polevou pokrývat kusy steatitu. V 1. polovině 3. tisíciletí př. n. l. už se fajáns distribuovala na území dnešního Ománu (a velmi rozvinutá a variabilní produkce probíhala od 3. tisíciletí př. n. l. v povodí Indu). Ze severního Akkadu z Tellu Taja pocházejí korálky datované destrukční vrstvou do akkadského období (vrstva VIII-IX), knoflíky a přívěsky, jednoduché misky a nádoby vykládané korálky, které se našly i v Mării (Moorey 1994, 174). Na rozdíl od syropalestinské oblasti lokální primární výroba není doložena na žádné mezopotámské lokalitě. V polovině 2. tisíciletí došlo k velkým inovacím ve výrobě fajánse, skla i glazur. Období tohoto přechodu ale nebylo v žádné sekvenci možné detailně vysledovat, zejména v Mezopotámii výrazně chybí (Moorey 1994, 177). Ve starochetitské říši (1700-1500 př. n. l.) se fajáns ve větším množství nevyskytoval.

V 16.-15. století se začínají objevovat první nádoby z pravého skla, nicméně výroba fajánse pokračovala paralelně s výrobou skla, byly z ní zhotovovány figurky, nádoby i stavební obklady a intarzie (Venclová 2005, 30-32). Fáze rozvinuté výroby fajánse v období 1550-1350 př. n. l. v Mezopotámii a Sýrii se někdy nazývá mitanská kvůli sjednocenému vlivu nad těmito územími a řízenému exportu artefaktů za jeho hranice. V tomto období bylo sklo luxusním zbožím a jeho výroba byla koncentrována v dílnách paláců a chrámů, jak je doloženo například z Núzi a Tell Rima. Distribuováno potom bylo do svatyní a paláců nebo hrobů bohatých služebníků paláců a chrámů. V následujícím středoasyrském období (1350-1200 př. n. l.) se výroba rozšířila do více produkčních center. Některé nádoby a osobní ozdoby byly široce užívané (nalézají se hojně v hrobech), což ukazuje na širší síť produkčních center, některé i mimo úzkou organizaci států. Drobnější osobní ozdoby jako korálky byly pravděpodobně distribuovány mezi širší populaci od konce 14. a ve 13. století př. n. l. Byly nalezeny například v chudších hrobech na Tellu Mohammad Arab (Moorey 1994, 197). Pro toto období jsou důležité také nálezy z Aššuru (paláce v Kar-Tukulti-Ninurta a Ištařina chrámu), kde je pestrý rejstřík výrobků ukazující na lokální produkci (Moorey 1994, 178).

Na konci 2. tisíciletí př. n. l. sklářská výroba na Blízkém východě ustala a do pádu Asyrské říše máme informace jen o dvou lokalitách, podle kterých můžeme datovat ante quem: Hasanlu v severozápadním Íránu, které bylo zničeno v 8. stol. př. n. l., a destrukční vrstva několika budov v Nimrudu (614/612 př. n. l.) (Moorey 1994, 198). V Babylonii je tedy z následujícího období (1200-750 př. n. l.) skla nalézáno méně. V paláci v Larse byly nalezeny intarzie z doby 1068-1047 př. n. l., které byly možné ztotožnit s dobře datovanou přestavbou pokojů 15 a 13 a Dvora I, kde bylo sklo použito na dekoraci soch. Pokud byly tyto kusy skla vyrobeny v tomto období, sloužily by jako výjimečný doklad tohoto přechodného



období mezi rozvinutou výrobou ve 13. stol. př. n. l. a jejím doloženým návratem v 9. stol. př. n. l. (Moorey 1994, 198). Po období 1200-900 př. n. l., z něhož nemáme o vývoji technologií žádné informace, se objevily první artefakty z egyptské modři v iránském Hasanlu, což je lokalita s častými kontakty se Sýrií a Mezopotámií, a proto je těžké rozpoznat importy od místních výrobků. Předpokládá se, že technologie výroby předmětů z egyptské modři v tomto období přišla ze syrsko-fénické oblasti (Moorey 1994, 187). V Mezopotámii byly v 8.-6. stol. př. n. l. předměty z egyptské modři většinou egyptského vzhledu (skarabové a jiné drobné předměty), přestože v Egyptě používání tohoto materiálu již upadalo. Egyptská modř bývá v Egyptě nalézána v ústí Nilu (lokality Naukratis, Tanis), což byla oblast obývaná zahraničními řemeslníky a obchodníky. Na mezopotámských lokalitách jako Aššur, Nimrud a Ninive se egyptská modř v tomto období používala na výrobu pečeti, přívěsků a korálků (Moorey 1994, 188).

Do palestinské oblasti se techniky fajánse rozšířily z Egypta v 1. čtvrtině 2. tisíciletí př. n. l. Místní výroba měla určité lokální prvky, ale spíše reprodukovala egyptskou tradici. Tyto dílny se více rozvinuly ve střední době bronzové. V syrském centru Tell Ačana byly nalezeny čtyři fajánsové nádoby, nepochybně lokální výroby. Do Anatolie byl na začátku 2. tisíciletí př. n. l. pravděpodobně jen importován (Moorey 1994, 193).

Skla vyrobeného před 1500 př. n. l. je v Mezopotámii málo, je špatně datovatelné, jde jen o drobné osobní ozdoby (Henderson 2013, 145). Nejstarší sklo nalezené v severní Sýrii je skleněná struska, která byla součástí pohřební výbavy kostrového hrobu z Tellu Brak datovaného do 2300 př. n. l. Z téže lokality pocházejí i pozdější skleněné výrobky z 15. a 14. stol. př. n. l. (Henderson 2013, 139-140). Zajímavá je i podobnost jména města Nagar z let 2600-2300 př. n. l. se slovem používaným ve starověké asyrštině pro sklo, *naga*, což může být odrazem souvislosti tohoto místa s dřívější sklářskou výrobou (Henderson 2013, 156). Složení bloku skla nalezeného v sumerském Eridu, datovaného do stejného období, nese již známky řízené výroby a podobá se pozdějším profesionálním výrobkům barveným kobaltem (Henderson 2013, 8). Mezi nejstarší nálezy patří korálek z Tellu Džudaida z raného 3. tisíciletí př. n. l., hlavička jehlice z Núzi z období 2350-3150 př. n. l. nebo tyč z překvapivě kvalitního skla z Tellu Asmar datovaná do 23. stol. př. n. l.

Barvené sklo se začalo ve větším množství vyrábět kolem poloviny 16. stol. př. n. l. v období churritského království Mitanni (1550-1260 př. n. l.). Jednak se taval větší objem skla (k čemuž bylo potřeba stavět dostatečně velké pece a dosáhnout teploty až 1200 °C), jednak bylo objeveno formování na jádro. Experimentální fáze bylo v tomto případě velmi krátká a již brzy po prvních výrobcích nacházíme výrobky profesionální kvality. To může ale

být ovlivněno stavem bádání a starší nedokonalé výrobky ještě mohou být objeveny jako potvrzení hypotézy P. S. Mooreyho o zasazení největšího vývoje technologie do 1. čtvrtiny 2. tisíciletí (Henderson 2013, 144).

První nádoby tvarované na jádro byly vyráběny v pozdním 16. stol. př. n. l. například na Tell Ačana, jejíž datace je ale kvůli pozdějším intruzím nespolehlivá (Shortland 2001, 212). Nejstarší stratifikovaný nález skleněné nádoby je z vrstvy II z Núzi z 1. pol. 14. stol. př. n. l., kde bylo sklo nalezeno také v destrukčních vrstvách chrámu, ale důkazy primární nebo sekundární výroby chybí (Henderson 2013, 132-136 a 140-143). Nádoby ze severní Mezopotámie mají všechny podobnou charakteristickou opakní výzdobu z taženého skla, což je technika používaná při výrobě korálek, která vyžaduje znalosti optimálního složení dlouhého skla (Henderson 2013, 139-140). Tyto nádoby se používaly na vzácné oleje nebo jiné ingredience, případně i při stolování (Moorey 1994, 195).

Pozdější nádoby tvarované do formy byly náročnější na výrobu (Henderson 2013, 139-140). Významná kolekce mozaikových nádob tvarovaných do formy pochází z Dur Kurigalzu. Vůbec nejvíce fragmentů mezopotámských mozaikových nádob bylo nalezeno v hrobce v Aššuru, jejíž datace do 15.-14. nebo 13. století př. n. l. je však nejistá. Nálezy ingotů i množství výrobků podporují hypotézu o lokální primární produkci (Henderson 2013, 141-142). Na lokalitě byly nalezeny obchody specializované na glazovanou keramiku se širokým resjtříkem motivů a technik skleněných výrobků, které ukazují na lokální výrobu. Na Tellu al-Rima (před 1250 př. n. l.) byla nalezena fritá, fajánsové nádoby, destičky, masky a polychromní korálky, avšak bez dokladů primární výroby (Henderson 2013, 132-136). Mezi nejvýznamnější mezopotámské lokality s nálezy sklených hmot patří Ugarit (dnešní Ras Šamra) datovaný do 1400-1200 př. n. l. s více než 20 000 nálezy nádob, surovin, ingotů i hotových výrobků. Jediný přímý doklad primární výroby je písemný pramen popisující export bloků surového skla (Henderson 2013, 138-139).

Pokud oblast dnešní Sýrie měla vlastní rozvinutou výrobu, jejímiž příklady mohou být mozaikové nádoby z Hasanlu a Marliku, znamenalo by to, že ve větším množství se sklo z Mezopotámie exportovalo pouze do západního Íránu (Moorey 1994, 202). Výroba v syropalestinské oblasti mohla na začátku mladší doby bronzové uspišit rozšíření technologie výroby skla do Egypta, širší Mezopotámie a Středomoří díky mezinárodním diplomatickým sítím (Moorey 1994, 195-196). Mezopotámská produkce byla přerušena v pozdním 13. nebo raném 12. stol. př. n. l. a byla obnovena až v novoasyrské říši ve 2. pol. 8. stol. př. n. l. (Henderson 2013, 147). Přestože při absenci artefaktů je těžké určit, zda výroba přestala úplně, nebo se udržela v menších regionálních dílnách, dobrým vodítkem při absenci

písenných pramenů může být srovnání s pozdější místní výrobou a hledání podobností. V případě novoasyrské fajánse však žádnou návaznost nebylo možné vysledovat. Nový impuls k výrobě mohl být přejat ze západu, možná z fénické sféry, což by podporovaly značky egyptského stylu (Hórovo oko) na fajánsových amuletech a přívěscích (Moorey 1994, 180-181). Po obnovení palácových dílen, například v Nimrudu, do nich přicházeli řemeslníci ze západu, kde se nacházelo centrum sklářských inovací. Mohla se lišit produkce Fénické říše a syrské oblasti, přičemž syrská by po toku Eufratu spíše byla propojená s Babylonií, ale není možné s jistotou rozlišit, jakou roli každá z nich měla, zda mezi nimi probíhala výměna a kterým směrem se exportovaly jejich výrobky (Moorey 1994, 202).

### 4.3.2 Egypt

V Egyptě se fajáns vyráběla od začátku 4. tisíciletí př. n. l. (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 89-90). Zelené fajánsové korálky se objevují v Nakádě I (4000-3500 př. n. l.). Nejstarší nález egyptské modři pochází z předdynastické Nakády III z 3250 př. n. l., více se vyráběla ve Čtvrté dynastii (2575-2465 př. n. l.) (Henderson 2013, 13), v pozdním 3. nebo na začátku 2. tisíciletí př. n. l. se rozšířila do východního Středomoří a po celé Římské říši (poprvé byla objevena v Pompejích v roce 1814). Jako pigment se používala ještě ve středověké Evropě (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 89-90).

Do Egypta se sekundární výroba skla rozšířila v 15. stol. př. n. l., primární předpokládáme ve 14. stol. př. n. l. (Henderson 2013, 146). Podle P. T. Nicholsona se do Egypta dopravovaly nejen výrobky, ale už nápadně rozvinutá technika, kterou mohli přinášet cestující skláři. Na druhou stranu je ale sklo vyrobeno z místního natronu i kobaltu a některé skleněné nádoby nesou známky opracování za studena, jako by egyptští řemeslníci aplikovali známý způsob opracování kamene na nový materiál. Navíc je v raném egyptském skle pozorovatelná široký rejstřík experimentálních technik zdobení jako například dekorace rozdrčeným sklem a polevou. Rané egyptské nádoby jsou velmi heterogenní a jejich podoba se standardizovala až později, což odpovídá modelu místního vývoje technologie (Shortland 2001, 218-220).

Z doby vlády Hatšepsut, regentky za nedospělého Thutmose III. (1479–1458 př. n. l.) nalézáme pouze menší korálky a amulety (šperky z Kau el-Kebir nebo z hrobu panovnice Ahhotep), ale v jejich případě nemuselo jít o pravou záměrnou výrobu skla, jen přepálení fajánse (Shortland 2001, 211). Z této doby pocházejí dva korálky s jmény Hatšepsut a Senenmuta z čirého skla z Dér el-Bahrí datované do 1473-1458 př. n. l., jejichž obsah hořčíku

je srovnatelný s Amarnou, přestože je asi o 100 let starší, což ukazuje, že technika výroby byla ustálená již v tomto období a nešlo o experimentální fázi (Moorey 1994, 194). Větší skleněné nádoby v Egyptě poprvé vznikaly za vlády Thutmose III. (1458-1425 př. n. l.), který pořádal válečné výpravy do Levanty a Nubie a po vítězství nad mitanským královstvím dostával dary z Aššuru a babylonského Sangaru (Shortland 2001, 213-214). Import doložený záznamy na zdech chrámu v Karnaku, kde je postupně podle hodnoty vyobrazeno nejvzácnější zboží (včetně ingotů skla hned za zlatem a stříbrem) získané válkou v syrské oblast (Varberg et al. 2016, 2). V tomto zásadním období technologického vývoje je ale velmi obtížné vysledovat kontinuitu výroby a importy popsané v pramenech je těžké doložit archeologickými nálezy (Moorey 1994, 194). Nejstarší nádoby tvarované na jádro pocházejí z hrobky Thutmose I., datace je ale problematická, nádoby mohly být uloženy až při přemístění hrobu Thutmose II. nebo III. (Shortland 2001, 212). Na nápisech z Karnaku je sklo popsáno jako „lapis lazuli vyráběný člověkem“. Z těchto pramenů lze přibližně určit dokonce i obsah dováženého skla. Je zde popsán dovoz tyrkysového popelového skla s mědí a několikrát méně často dováženého tmavě modrého skla s vyšším obsahem mědi (právě to se podobalo lapisu lazuli). Zároveň se v Egyptě z místních zdrojů ze západních oáz vyrábělo místní tmavě modré natronové sklo barvené kobaltem, které je možné identifikovat podle obsahu stopových prvků hliníku, manganu, niklu a zinku. Antimon používaný do bílého skla mohl pocházet až z Kavkazu (Shortland 2001, 213-214).

Ve větším objemu se sklo začalo vyrábět až za vlády Thutmose IV. (1401-1391 př. n. l.) a nejlépe zdokumentovaná je výroba z pozdější generace probíhající v Amarně (Moorey 1994, 194). Dalšími dílnami byly Malkata, jejíž výzkum ze začátku 20. stol. už bohužel není možné revidovat, Lišt, z něhož bylo také hodně informací ztraceno, a Kantir, což je nejstarší známá primární dílna z 13. stol. př. n. l., kde se vyrábělo neobvyklé červené opakní sklo (Henderson – Evans – Nikita 2010). Amarnské období (1353-1336 př. n. l.) znamenalo významné strukturální změny, stabilní sjednocenou vládu malé skupiny králů nad městskými státy a vazalskými oblastmi. To vedlo k velkým inovacím v dopravě, technologiích, vojenství a výrobě. Dobré popisy výrobků a jejich ceny poskytují seznamy darů (Robson 2001, 39-41). V tomto období narostl počet místního tmavě modrého skla, a možná i překonal objem tyrkysového skla barveného mědí (Shortland 2001, 213-214). Kobaltové barvivo ze západních oáz se používalo do konce 18. dynastie v Malkatě a Amarně. V 19. a 20. dynastii, kdy výroba skla výrazně poklesla, se v dílnách v Lištu a Kantiru používal kobalt z jiného zdroje (Yoshinari et al. 2012).

### 4.3.3 Středomoří

Na Krétě byla vyráběna skelná hmota s vyšším podílem skelné fáze od konce 3. tisíciletí př. n. l. Impuls pro výrobu fajánse sem mohl přijít spíše ze severní Sýrie než z Egypta, stejně jako tomu prokazatelně bylo v případě metalurgie (Moorey 1994, 175). Fajáns byla vyráběna z lokálních materiálů, zatímco pro výrobu egyptské modři a skla se používaly spíše importované suroviny (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 89-90). Mínojská fajáns byla barvena kombinací mědi, manganu a železa, jejímž výsledkem spolu s redukčními nebo oxidačními podmínkami byla široká paleta barev od purpurové a fialové přes žlutozelenou k tyrkysové. Tmavě modré korálky byly barveny směsí mědi a kobaltu. Barvy dnes na zkorodovaných předmětech nejsou dochované, ale analýzy ukazují, že jejich variabilita je mnohem větší než na egyptských výrobcích. Barviva byly experimentálně vyrobena a otestována M. Panagiotaki a kolektivem studentů (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 93-94).

Nepokročilejšími výrobky jsou prostorové modely lidských postav a detailně tvarovaných hadů nebo destičky ve tvaru domů z paláce na Knóssu zdobené různobarevnou intarzií datované do 1700-1630 př. n. l. V Období 1630-1480 př. n. l. se fajáns rozšířila do mykénského Řecka. Nádoby podobné mínojským se objevují v šachtových hrobech a v celém rozsahu mykénské sféry jsou nacházeny tyrkysové a tmavě modré fajánsové korálky. Zároveň s fajánsí bývají nalézány nádoby a korálky z egyptské modři a ve stejné době také první sklo (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 91-92). Nejtypičtěji jsou tenké destičky s reliéfní dekorací na jedné straně nalézány již v šachtových hrobech, mezi další typy patří kulovité, válcovité, různé tvary s drážkami nebo lucernovité (Nightingale 2008, 73). Pro práci s fajánsí nebyla na Krétě vyvinuta nová technika, která by se přizpůsobila vlastnostem nového materiálu, fajáns byla opracovávána stejně jako dříve zlato, i forma reliéfních korálků se vyvinula z dřívějších kovových. Nejstarší fajánsové reliéfní korálky byly objeveny na Krétě, potom se v období šachtových hrobů rozšířily do pevninského Řecka a zároveň pokračovala i výroba kovových korálků. Že tvar vycházel z kovové předlohy se odráží i na technikách dekorace jako jsou tlusté obroubené okraje nebo granulace. Není jasné, jak se fajánsové reliéfní korálky vyráběly, uvažuje se o odlévání z kusu ingotu, který se položil na formu a v peci se roztavil a zatekl dovnitř, vyléváním horké skloviny přímo do formy nebo vtlačováním viskózní chladnoucí skelné hmoty do formy. Doklady kamenných forem jsou známé například z Mykén a Knóssu (Nightingale 2008, 79). Kolem 1450 př. n. l. fajánsová

produkce na Krétě upadá, převažuje egyptská modř a sklo s převahou korálek, zejména reliéfních. Nově se objevují kobaltové modré fajánsové korálky jak v pevninském Řecku, tak v Egyptské Nové říši, odkud byly do Řecka nejspíš importované, a stejné byly nalezeny ve vraku u Ulu Burun (Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020, 91-92).

Na Krétě se pravé sklo vyskytovalo od 1800 př. n. l. (Venclová 1990, 38) a během palácového období (pol. 15. stol.-12. stol. př. n. l.) se dalším produkčním centrem staly Mykény (vedle Egypta, Blízkého východu a pozdější severoitalské Frattesiny). Typickým mykénským výrobkem byly reliéfní korálky, které se v palácovém období vyráběly už jen z pravého skla, ale od dřívějších fajánsových se příliš nelišily. Mezi další typy patří kulovité, válcovité, různé tvary s drážkami nebo lucernovité. Dekorační motivy byly přejímány z typické mínójsko-mykénské tradice (rozeta, lilie, břechťanové listy, granátové jablko, srdcovky, chobotnice nebo argonaut). Z Tíryntu máme doklady výroby v podobě intarzií a výrobního odpadu. Tato nejlépe zdokumentovaná dílna, objevená H. Schliemannem, bohužel dnes není lokalizována (Nightingale 2008, 92). Většina řeckých korálek je silně zkorodovaná a zajímavé je, že přestože bílé sklo bylo použito na dekoraci typologicky jednoznačně mykénských korálek, a znalost jeho výroby místní řemeslníci tedy měli, tělo korálek je vždy jen modré. Skleněné korálky byly někdy dekorované zlatem, nebo byly ve šperku kombinované se zlatými a ametystovými nebo karneolovými korálky, což ukazuje, že sklo bylo stejně cenným materiálem jako ty, se kterými bylo kombinováno. Navíc se nachází v bohatě vybavených hrobech, které jsou spojovány s vyššími vrstvami společnosti. Nebylo tedy jen levnější náhražkou za zlato nebo jiné materiály (Nightingale 2008, 81).

Šperky z tmavě modrého skla bývají součástí kroje v hrobech, a to i mužských, více pak v hrobech žen a dětí, jak chudších, tak bohatších, stejně jako v palácích a významějších budovách v jejich okolí, kde jde často jen o jejich zlomky nebo ojedinělé ztrátové nálezy. Bývají také nacházeny jako oběti ve svatyních, nebo mohly patřit do jejich inventáře (například v kultovním centru v Mykénách a ve Fylakopi na Mélu). Korálky nosí ženy a bohyně znázorněné na nástěnných malbách v palácích (například v kultovním centru v Mykénách). V Asině na sídlišti na hoře Barbouně byly korálky nalezeny i v základu stavby, v tomto případě mohlo jít o stavební obětinu. V kontextu dílen byly nalezeny v Thébách, Mykénách a Tíryntu. Vyskytují se i v depotech, například opět v Tíryntu. Větších skleněných předmětů je jen málo, bývají v bohatých hrobech nebo v palácových kontextech a na centrálních lokalitách (Mykény, Knóssos, Dendra, Spata). Na Rhodu jakožto lokalitě mimo palác bylo nalezeno neobvyklé množství korálek včetně typů bez známých paralel s motivem sfingy, byly zde objeveny také formy, což oboje může ukazovat na místní výrobu. Reliéfní

korálky se neexportovaly mimo oblast mykénské kultury měly tedy zřejmě úlohu kroje nebo jinak značily etnickou příslušnost (Nightingale 2008, 93).

Větších předmětů bylo výrazně méně, místního původu je miska z Kakovatu, dvě rukojetí zbraní z Mykén z Mykén a Knóssu. Ke skleněným součástem zbroje se může řadit i napodobenina přilby z kančích klů vyrobená ze skleněných destiček nalezená v attické Spatě. Všechny tyto artefakty spadají do začátku období mykénských paláců za stále silného vlivu z Knóssu, 16.-14. stol. př. n. l. Zatímco tvary fajánsových nádob byly převzaty z dřívější mínojské tradice, skleněné nádoby z žádných předloh nevychází. Výroba větších předmětů do pozdějšího období mykénských paláců nepokračuje, tam se již objevují jen korálky a intarzie (Nightingale 2008, 93-95).

Někteří badatelé se snaží počátky sklářské výroby a úlohu skla ve společnosti lépe pochopit s pomocí rozboru písemných pramenů, podobně jako v Mezopotámii. Řecké slovo *κυανός* se vyvinulo ze slova lineárního písma B *ku-wa-no*, což bylo zřejmě mykénské slovo pro modré sklo. V homérských eposech je slovo *κυανός* používáno jako přídavné jméno popisující lidi nebo předměty nějak ovlivněné bohy nebo jinak interagující s nadpřirozenou sférou nebo něčím nebezpečným. Toto slovo je již v homérské epice zastaralé a odtržené od běžné denní zkušenosti. Když se sklo začalo znovu používat ve větším množství, používalo se pro něj už jiné slovo: *ύαλος* (Nightingale 2008, 89).

Po pádu mykénských paláců (1200 př. n. l.) následoval stupeň LHIIC mladší doby bronzové, ve které už se v Egeidě sklo a fajáns nevyráběly. To může odrážet rozpad palácových center a jejich vlivu, obchodních cest a dílen, administrativní a ekonomické sítě. Nové vládnoucí vrstvy pokračovaly v provozování některých jiných řemesel jako byla keramická výroba a metalurgie. Sklo bylo z výroby vyřazeno pravděpodobně kvůli narušení obchodních cest a nedostatku surovin. Obchodní vztahy se severní Itálií, kde výroba skla pokračovala, přerušeny nebyly, sklo typu LMHK z tohoto přechodného období, kdy místní výroba upadala, se našlo v Elateie-Alonaki a na Thasu (Nightingale 2008, 89). Ani obyvatelstvo migrující z mykénského Řecka na Kypr a dále na východ nezachovalo řeckou sklářskou výrobu, přestože jiné aspekty mykénské kultury byly se v novém prostředí obnovit podařilo. Jednoduché diskovité korálky, které se v palácovém období vyráběly, ale nebyly tak významné, jsou na postpalácových pohřebištích (Perati a Knóssos) nacházeny současně se staršími typy mykénských korálků, ale ty pokračují v Egeidě dál až do doby železné (Nightingale 2008, 92).

#### 4.3.4 Frattesina

Mezi 11. a 10. stol. př. n. l. se sklo typu LMHK začalo vyrábět ve Frattesině v severovýchodní Itálii při ústí Pádu. Už od místní mladší doby bronzové se do oblasti terramarní kultury (Polada II) dopravovaly suroviny z Etrurie, která se stala novým centrem dálkových kontaktů a s níž byla nejvíce propojená právě Frattesina, která tyto kontakty zprostředkovávala východní a zaalpské Evropě. Frattesina mohla mít i obchodní vztahy s Egeidou a východním Středomořím, ale spíše se orientovala na Kypr a Foiníkii. Frattesina byla obývaná od 12. do 9. stol. př. n. l., největší rozvoj zažívala na začátku místní doby železné (1020-960/920 př. n. l.), po kolapsu kultury Polada II a konci terramarní kultury v Popádi i jezerních osad v Přialpí (kolem 1200 př. n. l.), kdy dílna fungovala v kontextu protovillanovské kultury (11.-9. stol. př. n. l.). V této době existovala kulturní jednota na širokém území Evropy a měnily se cesty distribuce železných rud i hotových železných výrobků. Souběžně došlo ke kolapsu mykénských paláců (Henderson 2013, 149-154).

Ve frattesinském komplexu bylo zjištěno sídliště a v jeho blízkosti dvě pohřebiště, Fondo Zanotto a Narde, z nichž pochází nejvíce typů skleněných korálků. Z doby fungování dílny se v okolí asi 9 km, na jižním břehu řeky Pádu, nacházelo několik dalších menších sídlišť. Frattesina je z nich největší, v jejím středu se koncentrují řemeslné okrsky, kromě sklářství zde byly vyráběny artefakty z parohů, slonoviny a bronzu; našlo se na 70 forem na odlévání kovu. Šlo o jedno z největších sídlišť mladší doby bronzové, které se od ostatních odlišovalo pestrostí i objemem specializované výroby, která naplno zaměstnávala část populace. Bylo zde nalezeno velké množství importů včetně mykénské keramiky, pštrosích vajec a jantaru, které dokládají kontakty se zaalpskou oblastí a východním Středomořím. Opačným směrem odsud byly exportovány hlavně soudkovité korálky ovinuté kontrastním skelným vláknem (Pfaahlbauperlen) a korálky s pupky a vrstvenými očky (Pfaahlbaunoppenperlen), které se objevují od stupně Ha A, ale vrcholu dosahují v Ha B, a jejichž nález potvrdil hypotézu Th. E. Haevernickové o jejich evropském původu. Kromě nich se exportovaly také jednoduché jednobarevné kulovité korálky (Towle et al. 2001, 10-11). Ze severní Itálie se dopravovaly přes alpské přechody na sever do Zaalpí, přes Friulskou plošinu na Balkán, do Rakouska a Maďarska, podél pobřeží Středozemního moře pak do jižní Francie (Henderson 2013, 154).

Velká část nálezů ve frattesinském komplexu byla objevena povrchovými sběry a díky analýze složení pak mohly být propojeny se stratifikovanými nálezy. Vyrábělo se zde sklo bezbarvé, tyrkysově a fialovomodré i zelené a hnědé, opakní červené a bílé. Mělo



podobu diskovitých ingotů, finálních výrobků i kusů surového skla. Našly se také zlomky tyglíků s přitaveným sklem (v tomto případě šlo o sklo sodné) a korálky zdeformované žářem (Henderson 2013, 154). Že v Itálii existovala další primární dílna naznačují výsledky analýz izotopů stroncia a nedymia, které spojují kus skla nalezeného ve Frattesině s podložím v okolí Říma. (Problematický je neodpovídající izotopový profil místních rostlin.) Výzkumy na Mariconda a Montagnana prokázaly přítomnost sekundárních dílen (Henderson et al. 2015), nicméně rozsah frattesinské výroby byl natolik velký, že mohl pokrýt veškerou primární produkci sám (Henderson 2013, 155-156).

#### 4.5 Zdroje surovin a výrobní zařízení

Pro pravěkou výrobu skla byly třeba nejméně tři suroviny. První obsahovala křemičitan a alkálie – pokud šlo o písek bohatý na živce, nebo byla alkálie vnášena z vápence nebo dolomitu. Z druhé pocházel stabilizátor, tedy oxid železitý, oxid hořečnatý, oxid vápenatý, oxid sodný a oxid draselný, které se často v přírodě vyskytují společně. Ze třetího zdroje pocházelo barvivo.

Od počátku výroby skla v Mezopotámii a později v Egyptě až do přechodu na natronové sklo kolem 800 př. n. l. byly zdrojem alkálií po popelové sklo halofilní merlíkovité rostliny, pocházející pravděpodobně z polopouští a pouští ve vnitrozemí Blízkého východu. Rostou ale i například v deltě Ebra, v deltě Rýna, v jižní Francii u jezera Camargue a v deltě řeky Durance. V jejich tkáních se ukládají alkalické soli a po spálení obsahují vysoké množství  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , který reaguje s křemičitany. Ostatní obsažené soli s křemíkem reagují minimálně a při sklářské výrobě jsou vyloučeny jako odpad nebo vytěkají (Henderson 2013, 23-24). Podle R. Brilla rostlina označovaná v písemných pramenech slovem *naga* odpovídá slanorožcům (rod *Salicornia*) nebo slanobýlům (rod *Salsola*), které rostou v Iráku, Íránu a Sýrii na okrajích bažin a v poušti (Henderson 1985, 270). Natron jako zdroj alkálií pro natronové sklo se v Egyptě používal už od Čtvrté dynastie (2575-2465 př. n. l.) k mumifikaci. Jeho zdroje se tedy hledaly hlavně tam, ale už Plinius uvádí jeho naleziště v Malé Asii, a to jezero u Chalstry v Makedonii, které ale nebylo lokalizováno. Podle L. Oppenheima měla místa těžby surovin mýtický význam, v textech jsou zmiňovány například stříbrné hory, zlaté hory nebo hory, kde se nachází lapis lazuli (Henderson 2013, 10).

Podobu výrobních zařízení můžeme odhadovat z písemných pramenů, ve výjimečných případech z dobových nálezů dílen, ale spíše z jejich pozdějších podob. V dílně v Amarně z 18. dynastie byla pravděpodobně používána pec s otevřeným ohništěm. Do 1370

př. n. l. byl datován válcovitý tyglík o průměru 18 cm. Nalezené materiály dovolovaly nejvyšší teplotu tavby kolem 1100 °C (Turner 1954). Mělké pánve podepřené ohnivzdornými objekty (*refractory drums*) neumožňovaly zahřátí na vysoké teploty, sklo se proto neodlévalo, ale ve viskózním stavu se tvarovalo na hladké podložce. V pramenech je ale zmiňován jiný druh pece „s komorou“, do které se dvířky vkládala skleněná vsádka. To už mohla být pec, která měla sklo a výheň oddělené (*reverberatory kiln*), přestože není zcela jasné, jak v tomto případě teplo prostupovalo do horní komory. Doklady o takové vyvinutější peci máme až ze 7. stol. př. n. l. z asyrské Aššurbanipalovy knihovny, která ale popisuje starší tradici. V těchto záznamech jsou popsány tři typy pecí: *kuru* – zřejmě pec zřejmě na fritování (první promísení surovin), další typ se čtyřmi otvory na vkládání skla a otvory v přepážce mezi komorami, kterými prostupoval žár, a třetí typ nazvaný *atunu*, který se používal na delší tavbu, která mohla trvat až týden. Text ze Sýrie z 9. stol. př. n. l. popisuje pec se šesti oddělenými prostory, z nichž tři jsou nad sebou a v nejnižším a nejhlubším hoří oheň, v prostředním jsou dvířka a vkládá se do něj vsádka, a v horním prostoru s klenutým stropem se sklo chladí (Charleston 1978, 9-10). Z klínopisných textů z Ninive ze 7. stol. př. n. l. pochází zmínka o dvou typech pecí, jedné na výrobu frity a druhé na její tavbu. Podle popisu barvy můžeme usuzovat na nejvyšší dosaženou teplotu ve druhé peci – kolem 1100 °C (Moretti – Hreglich 2013, 39).

Jediný přímý doklad dílny vyrábějící fajáns v pozdní době bronzové pochází z Týru v dnešním Libanonu, kde byla odkryta pracovní plocha a pánev, na které se mlely a jinak připravovaly suroviny jako uhličitan vápenatý. Dílna byla používána i v následujícím období, v horní vrstvě je navíc doklad pece s velkou keramickou zásobní nádobou (*pithem*) a nasbírané plážové oblázky (Moorey 1994, 182). Nejdůležitější nálezy pecí v primární dílně v izraelském Bet Eli'ezer pocházejí až z 6.-7. stol. n.l. Těchto 17 odkrytých pecí mělo dvě topeniště, z nichž se teplo odvádělo do největší, třetí části, v níž se taval písek a natron v objemu až 8 tun po dobu 10-15 dnů (Moretti – Hreglich 2013, 39-40).

#### 4.6 Postup výroby sklářského kmene v primárních dílnách doby bronzové

Hlavní prameny pro poznání primární výroby jsou písemné, jde zejména o Amarnské dopisy – diplomatickou korespondenci mezi Egyptem a Blízkým východem v období Nové říše, seznamy darů Thutmose III. a IV. nalezené na stěnách v paláci v Karnaku a texty z Aššurbanipalovy knihovny nalezené v Ninive. Amarnské dopisy a seznamy darů obsahují informace o množství a podobě importů včetně jejich hodnoty. Texty z asyrské

Aššurbanipalovy knihovny jsou mladší, ale dle interpretací poskytují informace o starší tradici výroby skla. Přístupy k jejich interpretaci a související obtíže budou popsány níže. Obecně lze říci, že při studiu písemných pramenů nemůžeme předpokládat, že skláři přesně znali účinek každé přidávané látky a že postupovali utilitárně. Proto je zbytečné pozastavovat se nad tím, že se v receptu na daném místě má přidat látka, jejíž účinek se nám z dnešního pohledu zdá malý a bezvýznamný. Kromě toho mohlo jít v některých případech o snahu nahradit dražší materiál levnějším (bez znalosti toho, že bude reagovat jinak) nebo podobné úpravy původního receptu, které už dnes není možné vysledovat (Brill 1970, 108-109). Vysvětlením tohoto nadbytečného postupného přidávání složek, které mají velmi podobné složení, může být systém přípravy různých druhů surového skla, které slouží jako mezifáze výroby. Takový postup má více výhod, snižuje například riziko vyplývání většího množství cenné suroviny v případě, že se něco při výrobě pokazí – znehodnocena bude jen jedna várka primárního skla, nikoliv celá vsádka. Roli mohla také hrát rigidita postupů, jež vycházely z dřívějšího nepochopení účinku látek, ale kvůli rituální úloze se neměnily. Šíření technologie výroby skla jako tajné rituální techniky mohlo být také různými prostředky omezováno (Henderson 2013, 145).

Slova, která v těchto pramenech označují různé druhy surového skla, jsou podle R. Brilla *anzaḥḥu*, *kutpû*, *bûšu*, *zukû* a *tuzkû*. Liší se složením i funkcí. Z *anzaḥḥu* a *bûšu* se dají vyrábět finální výrobky. *Zukû* a *tuzkû* jsou jen mezistupně výroby opakního skla. Další související objevující se slova *huluhḥu* a *ḥuḥû* neoznačují sklo, *ḥuḥû* bývá interpretováno jako struska z pece používaná na výrobu keramiky (Oppenheim 1970, 19). Tyto mezikroky sklářské výroby je téměř nemožné potvrdit archeologicky. Jedinou výjimkou je nález frity ze zbytků křemičitých jader spojených sklem a obarvených kobaltem nebo v některých případech mědí, která byla nalezena v Amarně a datována do pol. 14. stol. př. n. l. Pokud to byla fritka na výrobu skla, musely se ještě některé složky přidat, nalezené složení by samo k výrobě nestačilo.

První složkou, ze které se vyrábějí různé varianty primárního skla jsou *immanakku* – blíže nespecifikovaná bílá pevná hmota, která fungovala jako zdroj křemičitanu a která se používá i na výrobu pečetidel. Mohlo jít o vápenec nebo pískovec. Slova „říční naplavenina s oblázky“, která měla podle původního překladu popisovat vzhled tohoto kamene (typu slepence nebo kvarcitu), přinesly další interpretační obtíže, může totiž jít o oblázky křemene, které jsou častou říční naplaveninou. Ty jsou ale na výrobu pečetidel příliš křehké. Další složkou je rostlinný popel označovaný slovem *ḥussu* z rostliny *naga*, který se

používá k bělení lnu a k výrobě mýdla. Poslední složkou bylo barvivo označené *nēhu*, které se namlelo a na něj se nasypalo předem nahřáté primární sklo zukû. Mohlo jít o modrý měděný pigment, jakým byla egyptský modř. Touto kombinací vzniklo *tersītu* (Moorey 1994, 212). Experimentální tavba R. Brilla opírající se o překlady textů proběhla za použití přibližně dvaceti různých druhů rostlin (Brill 1970, 109) při teplotě 920 °C pro první tavbu, při které se stavil křemen a popel rostlin. Vynechána byla „bílá rostlina“, kterou nebylo možné identifikovat. Víme jen, že v lékařských textech tak možná byla označována míza topolu, která se používala také jako lepidlo. Druhá fáze probíhala při teplotě 1100 °C po 16 hodin (Brill 1970, 12-13). Úspěšnou výrobu však nelze považovat za důkaz přesnosti návodu.

Zde se setkáváme s problémem datace a povahy textů. Aššurbanipalova knihovna v Ninive, z níž texty pocházejí, byla datována do 7. stol. př. n. l. Původní předlohy textů byly podle interpretace L. Oppenheima sepsány písaři z Assuru v poslední třetině 2. tisíciletí př. n. l. s odkazy na předlohy ještě starší, ze začátku středobabylonského období, které shromažďovaly zkušenosti z geograficky širší oblasti. Písař jeden text časově zařadil „rok po tom, co se Gulkišar stal králem“. Tento panovník vládl v 16. stol. př. n. l. Podle Oppenheima jde o záměrné situování textu do dřívější doby, prodloužení datace textů až do starobabylonského období odmítá. Navíc zůstává nezodpovězená otázka, zda se tato datace vztahuje k originálu, nebo přepisu textu (Moorey 1994, 213). Starší je text z Uru z konce 3. tisíciletí př. n. l., který popisuje činnosti řemeslníků v průběhu roku a suroviny, které používají. Zmiňuje také hotové výrobky a odpad, který se dá použít k recyklaci (Moorey 1994, 174). Oppenheimův výklad se zakládá na přesvědčení, že texty popisující výrobu skla patří do širší skupiny textů, které mají sloužit jako přesné instrukce a recepty pro výrobce, matematiky, astronomy nebo další „vědce“ a specialisty v různých oblastech. Text je ale pravděpodobně spíše součástí rozšířené mezopotámské tradice literárních útvarů, které shromažďují texty lexikálního nikoliv informačního významu. Sloužily k zaznamenání slov, nikoliv postupů, a ty tedy nelze vnímat jako přesné recepty, kterými na začátku vytváření tradice být mohly, nicméně později se opisovaný text stal už jen opakovanou tradicí bez praktického využití (Moorey 1994, 211). Přesná datace tedy není z hlediska vývoje technologie podstatná. Zajímavostí je, že podle Oppenheima všechna akkadská slova pro primární skla byla převzata z jiného jazyka a že dokonce starší sumerské slovo *anzah* mohlo být přejato neznámo odkud (Moorey 1994, 192).

Zatímco výrobní postupy se těžko interpretují, prameny mohou být dobrým zdrojem informací o společenském aspektu sklářského řemesla. Výroba skla je hojně

popisována, zatímco jiné, stejně inovativní technologie ne (Robson 2001, 39-41). Nejstarší klínopisné tabulky popisující sklářskou výrobu známé z Chattuše a Babylónu jsou současné s mozaikovým sklem z pozdního druhého tisíciletí př. n. l. Následují výše popsané recepty z Aššurbanipalovy knihovny (668–627 př. n. l.), o nichž L. Oppenheim soudí, že to jsou kopie, protože popisují jen staré sklářské techniky. Kolem 900 př. n. l. už se sklo dávno odlévalo, bylo řezáno za studena a přidával se do něj antimon. Žádná z těchto technik tam však není popsána. To je podle E. Robsonové důkaz, že texty byly dvorními písaři zapsány, nikoliv aby popsaly řemeslo, nýbrž pro jeho symbolický nebo kulturní význam. Lapis lazuli, karneol a achát, které sklo napodobovalo byly v Mezopotámii luxusními importy. Tyto kameny byly ceněny nejen pro svůj vzhled, ale byly jim přičítány i magické vlastnosti, jejichž sepisování tvoří dokonce specifický literární žánr *abnu šikinšu*. Stejně tak znalosti o skle nebyly pouze technologického rázu, ale byly spojeny s oblastí léčitelství, náboženství a magie. To může ilustrovat také popis tavby, v němž se píše, že pro započetí stavby pece musí být vybrán speciální den, v peci musí být umístěny rituální figurky a do její blízkosti v době stavby nesmějí vstupovat cizí a nečisté osoby (zejména nesmí procházet před ní). V den tavby se obětuje ovce a zvláštní požadavky jsou kladeny i na palivo. Magické a utilitární úkony nebyly ve starověku striktně oddělené (Robson 2001, 50-54).

Nové analýzy stopových prvků vázaných na barviva ingotů z Ulu Burun ukazují, že se do taveniny přidávalo recyklované sklo. Přítomnost v kobaltových sklech se dříve připisovala obsahu mědi v kobaltových rudách. Antimon byl přidáván běžně, někdy i do bezbarvého skla před probarvením. Většina skla z Ulu Burun obsahující antimon obsahuje také olovo, které oba mohly pocházet z recyklovaného skla variabilního složení (Lankton – Pulak – Gratuze 2022b, 13).

#### 4.7 Postup výroby artefaktů ze sklářského kmene

Stopy po výrobních postupech lze pozorovat ve hmotě a na povrchu artefaktů. Poleva na fajánsové korálky se vyráběla třemi různými způsoby. Buď se vypálila rozemletá fritra (přímá aplikace polevy), nebo se jádro ponořilo do roztoku rozpustných solí či práškové frity a následně se usušilo (eflorescence), nebo se jádro obalilo v glazovací prášku a poté se vypálilo (cementace) (Venclová 2005, 29). Techniky eflorescence a cementace bývají v anglicky psané literatuře označovány termínem *self-glazing*.

Při přímé aplikaci se na méně porézním jádru vytvoří tlustá vrstva polevy z vody a namletých přísad po celé ploše předmětu (nelze ji snadno odlišit od jádra), která může mít

stopy stékání, ale nemívá stopy osychání, může mít na spodní straně stopy podložky (Peltenburg 1987). Přímá aplikace se používala pro glazování keramiky. Do polevy lze předmět namáčet, poleva se může nanášet nebo se jí předmět polévá (Mehran – Moujan 2012).

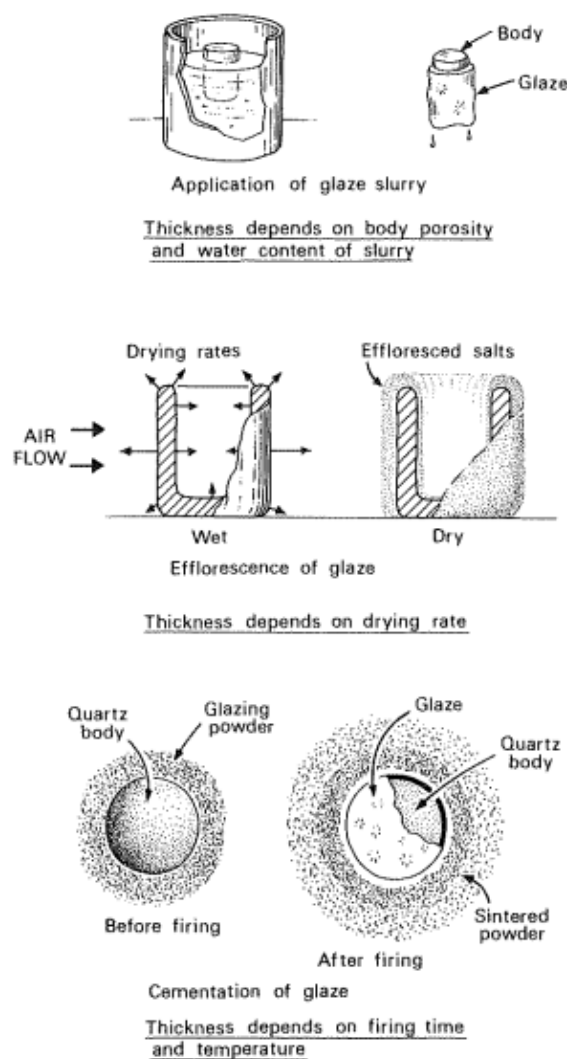
Při eflorescenci se na poréznějším jádru se vytvoří popraskaná poleva, která je slabší na hranách a konkávních částech (lze ji snadno odlišit od jádra, mezivrstva je tenká, ale to závisí na teplotě a typu taviva), je beze stop osychání, může mít na spodní straně stopy podložky (Peltenburg 1987). Připravené rozpustné alkalické soli, měď, drcený křemen a voda se smíchají a vytvoří hustou pastu, ze které se předmět vymodeluje (Mehran – Moujan 2012). Zatímco vysychá, jsou kapilárními jevy vynášeny z jádra k povrchu alkálie rozpustné ve vodě ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  nebo  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), rostlinný popel nebo natron, sírany nebo chloridy, a tak se na povrchu vytvoří bílý povlak. Oxidační atmosféra výpalu vysušené fajánse způsobí, že se alkálie na povrchu chovají jako tavivo a vytvoří polevu. Zásadní je rychlost schnutí fajánse, pokud je fajánsové jádro vystavené lepšímu proudění vzduchu a vysychá rychleji, vytvoří se silnější vrstva polevy (Santopadre – Verità 2000, 32).

Při cementaci se na méně porézním jádru se vytvoří tenká vrstva polevy po celé ploše předmětu (lze ji snadno odlišit od jádra, mezivrstva je tlustší), tato technika nezanechává žádné stopy osychání a předmět nemá na spodní straně stopy podložky (Peltenburg 1987). Korálek se zaboří do připravené směsi na glazuru z rostlinného popela, hydroxidu vápenatého, nadrceného křemene a barviva. Ta v peci sline při teplotě  $800\text{ }^\circ\text{C}$  (někdy uváděno  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ ) a přilne na povrch, zatímco zbytek směsi se z korálku odrolí. Vrstva sodné skelné hmoty totiž prosákne křemičitanem, ale s vápenatými sloučeninami už nereaguje. Povrchové napětí tak způsobuje, že k předmětům nepřilne prášek, který je pokrývá. Stejným postupem se vyráběly první duté skleněné předměty formované na jádro z oxidu vápenatého (nikoliv z písku, s tím by poleva reagovala). Výsledná směs křemičitého jádra a skleného povrchu se mohla potom ještě rozemlít a smíchat s vodou a namletým křemenem na výrobu korálků ze skelné fajánse (Santopadre – Verità 2000, 32). Tato technika je výhodná pro výrobu více menších předmětů a experimentálně bylo ověřeno, že stačí velmi malé množství alkálie. Tavivem tedy nemusela být jen soda (včetně přírodní sody – natronu) nebo potaš, které jí obsahují hodně (Mehran – Moujan 2012).

Neprotavené jádro fajánse vyrobené technikou eflorescence obvykle neobsahuje skelnou fázi a ještě méně ji má při výrobě technikou cementace nebo přímé aplikace. Skelná fajáns na rozdíl od těchto technik musela být vypálena na vyšší teplotu (Artioli – Angelini – Pollaz 2008). K rozlišení pravé fajánse a skelné fajánse je třeba změřit obsah skelné fáze

hluboko pod polevu dovnitř jádra, jinak mohou být zaměňovány, o vyšší teplotě výpalu může svědčit také přítomnost cristobalitu. Všechny tyto postupy byly v Egyptě používány a často souběžně, výjimečně dokonce i na jednom předmětu. Eflorescence a přímá aplikace byly běžně užívané postupy už na začátku 3. tisíciletí př. n. l. Cementace se užívala až od Střední říše (2064-1797 př. n. l.) (Moorey 1994, 184). Technika eflorescence byla v Egyptě spojena se sodným tavivem cementace zase s potašem (Mehran – Moujan 2012). Tyto různé techniky nelze vždy rozpoznat makroskopicky, s pomocí SEM lze pozorovat rozdíly ve třech vrstvách – svrchní polevy, přechodné vrstvy a jádra. Předměty vyrobené cementací mají tenčí polevu i přechodovou vrstvu, při eflorescenci jsou obě tlustší. Při přímé aplikaci je přechodová vrstva tenká a poleva nanášena v tlustší vrstvě (Mehran – Moujan 2012).

J. V. Noble (1969) na základě experimentální výroby popsat výrobní postup takto: Nejdříve se suroviny smísí s vodou a vzniklou zrnitou pastu lze ručně tvarovat do hrubých tvarů nebo vtlačit do jednostranných keramických forem, z nichž je ale ihned vyjmuta a ponechána schnout na vzduchu. Vytáčení na kruhu z této hmoty bylo možné jen velmi obtížně, protože jí chybí plasticita. Fajánsové nádoby se spíše tvarovaly postupně z částí a pak byly spojeny, nebo byly modelované na jádro ze slámy a rákosu, které v peci shořely. Experimentální výroba proběhla úspěšně při teplotě 800-950 °C, což je teplota, kterou by mezopotámské pece jistě zvládly vytvořit také (Moorey 1994, 183).



**Fig. 12.** Three methods of glazing faience as explained by Vandiver (after Vandiver, in Kaczmarczyk and Hedges 1983: fig. 23).

**Obr. 6.** Techniky výroby fajánsové polevy: přímá aplikace, eflorescence, cementace. Zdroj: Moorey 1994, 185.

Technikou výroby korálků nalezených v Polsku se intenzivně zabývá T. Purowski. Zdokumentoval techniky svinutí a navíjení. Při svinutí korálek vznikl spojením konců obdélníkové destičky nebo tyčinkového ingotu skla. Sklovina zpracovávaná touto technikou byla chladnější a více viskózní, zanechává doklady v podobě spoje mezi konci destičky (spoj ale mohl být zahlazen opětovným zahřátím) nebo neprotavených delších stran destičky. Stopy po výrobě bývají častěji pozorovatelné na korálcích typu HMG než LMHK (Purowski 2022, 70-73).

Navíjení spočívá v nanesení horkého skelného vlákna na nahřátou kovovou tyčinku. Možná je varianta namočení konce trubičky do horké skloviny, ze které se táhlo



vlákno pomocí druhé trubičky, na kterou se navinulo a nechalo vychladnout. Skleněný ingot ve tvaru tenké tyčinky se mohl nahřát a omotat kolem kovové trubičky nebo se namáčela zužující se kovová trubička přímo do tyglíku, z něž se navíjelo vlákno nejprve na ní a poté na druhou trubičku, což vytvořilo otvor tvaru přesýpacích hodin (tento typ se ale u nás nenachází) (Purowski 2022, 70-73). Na trubičku musel být předtím aplikován nějaký separátor (Moorey 1994, 204). Bublinky vzniklé ve sklovině jsou uspořádány kocentricky nebo spirálovitě a mají elipsovité tvar. Od této techniky se odlišuje technika tažení, kdy se trubička skla vzniklá tažením dělí sekáním na jednotlivé korálky (Purowski 2022, 70-73). Nejjednodušší způsob výroby – tvarování v ruce nebyl na Blízkém východě obvyklý (Moorey 1994, 203).

Nejstarší způsob výroby skleněných nádob bylo tvarování na jádro z jílu a hnoje, který přetrval až do doby Parthské říše (2. stol. n. l.). Tato technika navíjení mohla být odvozená z výroby nádob z neglazovaného křemičitého materiálu nebo z glazování keramiky. Kvůli nízké teplotě bylo sklo viskózní a jádro nebylo možné namáčet přímo do skloviny. Místo toho se na jádro navíjelo skleněné vlákno, přičemž sklovina musela být opakovaně nahřívána, a spoje se zahladily dalším zahřátím, při němž bylo možné přidat barevné vlákno, z něhož se vytvořila dekorace a zapustila se do nataveného povrchu. Válením na rovné podložce bylo možné korigovat tloušťku stěny nádoby (Moorey 1994, 204).

Mozaikové sklo tvořené do formy se vyvinulo kolem poloviny 2. tisíciletí př. n. l. Nejstarší mozaikové nádoby byly vyrobené z nařezaných jednobarevných tyčinek skla, které se nařezaly na tenké plátky, které se vložily do formy a při výpalu slinuly a vyplnily mezery a ostré okraje mezi sebou. Výjimkou je nádoba z Akar Kúfu, která byla vytvořena z nařezaných kusů tyčí tří různých barev, kocentricky vyskládaných. Tvarování do jednoduché otevřené formy, která se vložila do pece, bylo napřed použito na drobné fajánsové předměty a později na skleněné přívěsky a amulety. Přívěsky se po vyjmutí z formy brousily a leštily. Formy z více částí byly pokročilejší, ale proces výroby není srovnatelný s metalurgií, protože dosahovaná teplota nebyla dostatečně vysoká, aby se sklo dalo lít jako roztavený kov (Moorey 1994, 204). V písemných pramenech byly popsány „formy, které se v peci nechávaly po sedm plus tři dny“, to mohly být formy na mozaikové nádoby (Henderson 2013, 156-157). Vrchol sklářské výroby nastal ve třetí čtvrtině 2. tisíciletí př. n. l., kdy byly nádoby tvarované na jádro a mozaikové nádoby rozšířeny po celém Blízkém východě. (Robson 2001, 50-54).

Řezání za studena bylo přejato ze zpracování kamene. Sklo je měkké než pazourek, šlo ho tedy buď opracovávat za studena nebo po tavbě obrušovat. Bylo také možné

tvarovat nádobu ze skleněného bloku stejně jako kamenné nádoby (Moorey 1994, 206). Všechny tvary nádob před vynálezem sklářské píšťaly byly odvozeny z keramických, kovových nebo kamenných nádob. Nejčastější tvary nádob formovaných na jádro jsou poháry, číše a láhve, v 1. tisíciletí pak láhve s hrotitým dnem, amfory, a džbánky. Nádoby tvarované do formy byly v 1. tisíciletí př. n. l. nejčastěji mísy (Moorey 1994, 201).

## 5 Obchod a okruhy distribuce

### 5.1 Blízký východ, Egypt, Středomoří

Sklo lze přiřadit k produkční oblasti podle složení a pokud je nalezeno mimo předpokládanou oblast výroby, bývá určeno jako import. Někdy je možné jej přesněji geograficky lokalizovat a prokázat jeho souvislost s místními zdroji surovin například pomocí izotopů stroncia, neodymu nebo složení kobaltových rud. Záběr této práce je omezený na oblasti, ze kterých mohlo být sklo dováženo do Čech, korálky ale byly dopravovány po trasách mnohem delších, a velmi brzy, jak dokazují nálezy segmentovaných fajánsových korálků typu LMHK z čínského Adunqiaolu (západní Xinjiang), z hrobu datovaného radiokarbonově 1689-1528 př. n. l., které se podobají evropským nejen složením, ale i technikou výroby, cementací. Tato lokalita se nacházela na Jantarové stezce a 47 fajánsových korálků představuje nejstarší čínský nález skelných hmot vůbec (Wang et al. 2020)

Podle obsahu oxidu sodného a oxidu vápenatého bylo možné sklo doby bronzové rozdělit do dvou produkčních oblastí. Egyptské sklo mívá vyšší obsah sodíku, sklo z Řecka a Mezopotámie nižší. Výjimkou je sklo z řecké Elatei, které se složením blíží spíše egyptské oblasti, a existují i výjimky opačné. Vztah poměru oxidu hořečnatého a oxidu draselného toto rozdělení do dvou oblastí podporuje, egyptská skla mají nižší obsah oxidu draselného (Moorey 1994, 194). Pokud bylo sklo z jedné lokality vyrobeno z různých surovin, může vykazovat variabilnější složení, a v některých případech nelze původ určit jen na základě majoritních prvků. Vhodné stopové prvky k rozlišení oblastí, ve kterých se sklo vyrábělo ve stejném období, jsou titan, chrom, zirkon a lanthan, které jsou vázané na těžké minerály a jíly a při zahřátí netěkají a nemění se. Že na základě těchto prvků lze spolehlivěji rozlišit egyptské a mezopotámské sklo jako první prokázal A. Shortland (Shortland – Rogers – Eremin 2007). Mezopotámská skla se vyznačují vyšším obsahem chromu, jehož zdrojem jsou aluviální půdy, které vznikají erozí ultramafických hornin, ze kterých je tvořeno podloží východního Tauru. Vyšší obsah lanthanu, titanu a zirkonu, který má egyptské sklo, souvisí se sedimenty z koryta Nilu, které se mohly do skla dostávat ze stěny tavicí pánve. Většina nálezů v Egyptě

i Mezopotámii odpovídá místní geologii a vyráběla se lokálně (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1499). Dlouhou dobu nebylo nalezeno egyptské sklo v Mezopotámii ani naopak (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1501-1502), až nedávné analýzy prokázaly podle obsahu stopových prvků, vzácných prvků i prvků s vyšším obsahem, že dvě skleněné tyčinky z Amarny jsou vyrobeny z mezopotámského skla (Varberg et al. 2016, 6-7). V Amarně byly nalezeny také egyptské předměty z mezopotámského skla (Richthofen et al. 2018, 74). Další analýzy (Lankton – Pulak – Gratuze 2022a) rozsáhlého souboru pak odhalily první egyptské sklo z mezopotámských lokalit. T. Purowski v souvislosti s výzkumem polského pravěkého skla také porovnal tyto stopové prvky v egyptském a mezopotámském skle z 2. tisíciletí př. n. l. a potvrdil, že hladina titania, zirkonu a lanthanu bývá v egyptském skle vyšší a chromu v něm bývá naopak méně (Purowski 2022, 65-67).

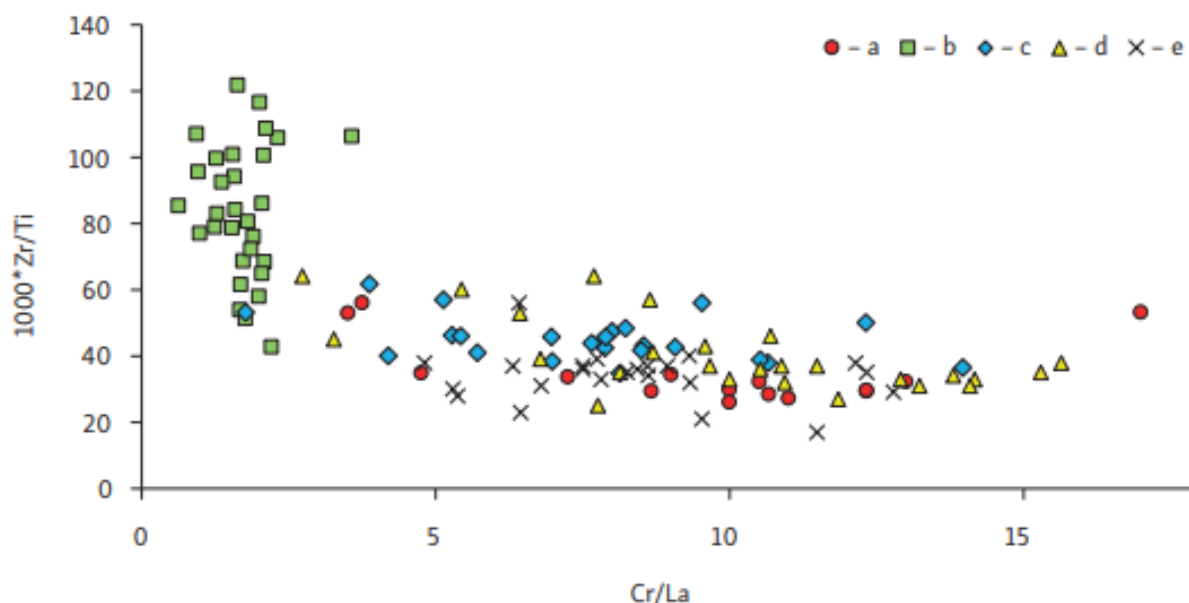


Fig. 4. Cr/La vs. Zr/Ti in Bronze Age high magnesium glass (HMG)

a – Poland; b – Egypt; c – Mesopotamia; d – Denmark; e – Corsica.

After Shortland, Rogers, Eremin 2007; Varberg, Gratuze, Kaul 2015; Peche-Quilichini *et al.* 2016; Purowski 2019; processing T. Purowski

**Obr. 7.** Vztah mezi poměry Cr/La a Zr/Ti – egyptské sklo (zeleně) se složením odlišuje, evropské vzorky (červeně a žlutě) odpovídají mezopotámským (modře) a středomořským (křížky). Zdroj: Purowski 2019

V případě řeckých korálek dlouho panovaly spory o tom, odkud bylo do této oblasti sklo dováženo. Přestože korálky z Elateie-Alonaki a Théb by podle analýz Kalliopi Nikity (2004) mohly dokládat primární výrobu, nejde o nezpochybnitelné doklady, a předpokládá se tedy, že primární dílny Mykéňané neměli, a jistě tedy dováželi alespoň ingoty. Egyptské a levantské importy do Egeidy nebo blízkovýchodní vlivy na tuto oblast nelze

snadno identifikovat jen na základě typologie (Nightingale 2008, 73). O importu z východu se uvažuje v případě dekorace taženým vláknem a korálků tvaru ptáčků. Korálky s inleji se nacházejí také v severní Evropě a na Blízkém východě a mohly odtud být dováženy do Řecka. Tzv. korálky typu Núzi (silné obdélníkové dvakrát perforované a žebrované a tlusté válcovité) byly do Řecka ze syropalestinské oblasti importované už od období šachtových hrobů, stejně jako silné diskovité přívěsky s hvězdicovým ornamentem a plakety s motivem nahé ženské postavy a rozdělovače tvarované do formy (všechny nalézané v kontextech 15. a 16. stol. př. n. l.) (Moorey 1994, 194, Nightingale 2008, 79).

Analýzy mohou hypotézy formulované na základě typologie potvrdit. Nejrozsáhlejší analýzy SEM-EDS frity z palácového komplexu v Thébách a pohřebiště Elateie z období 1425/1390-1000/950 př. n. l. provedli K. Nikita a J. Henderson (Nikita – Henderson 2006). Některé importy byly určeny jako mezopotámské, ale na základě stopových prvků je Řecko spojováno spíše s oblastí Egypta. Odlišovala se jedna skupina mykénského skla, jejíž obsah oxidu hořečnatého byl nižší (méně než 2,5 %), což podle autorů ukazuje na používání jiného rostlinného popela než u egyptského a mezopotámského skla. Tento závěr však není jednoznačně přijímán (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1498-1499). Pozdější výsledky EPMA a TIMS izotopů neodymu a stroncia potvrdily, že sklo se do Středomoří dováželo ze dvou různých výrobních okruhů, z Egypta i Mezopotámie (Henderson – Evans – Nikita 2010, 3-4).

LA-ICP-TOFMS nálezů in situ z Tíryntu a některých nálezů uložených v Paul Getty Museum (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009) přinesla první přímý důkaz dovozu skla do Řecka jak z Egypta, tak z Mezopotámie. Na základě stopových prvků chromu, lanthanu, titanu a zirkonu bylo jedenáct analyzovaných korálků rozděleno na šest egyptských a pět mezopotámských. Korálky z Egypta a Mezopotámie se odlišovaly také podle zdroje rostlinného popela (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1499) a barviv. Část mykénského skla barveného mědí se překrývá s egyptským a část s mezopotámským. Zdroj kobaltu v mykénském kobaltovém skle je shodný s amarnským (odpovídá zvýšený obsah hliníku, zinku, niklu a manganu) a odpovídá zdrojům v oáze Kharga (Mildner et al. 2014, 105).

Mykénám mohly dovoz skla zprostředkovávat oblasti využívající mořeplavbu jako Kypr a syropalestinská oblast (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1501-1502). Analýzy ukazují, že reliéfní korálky mohly být ke konci mykénského období importované i ze západu. Korálky typu LMHK byly nalezeny například v Kentrii, Elateie-Alonaki a Thasu.

Vztahy mezi Itálií a Řeckem v mladší době bronzové jsou doloženy i importovanou keramikou, jantarovými korálky a kovovými artefakty. Mykénské jednoduché a lucernovité korálky se našly v severní Itálii (na lokalitách Poviglio-Villaggio Grande a Franzine) a typické italské fajánsové korálky s V-vrtáním byly nalezeny v Řecku. Dovoz skla typu LMHK z Itálie zřejmě souvisel se změnou obchodních vztahů a tras v poslední fázi Palácového období. Typologicky řecký plochý bikónický korálek se našel dokonce až v Pörrndorfu (Bavorsko). V tomto případě je spíše překvapivé, že je ojedinělý, protože obchod přes Alpy s jiným zbožím běžně fungoval (Nightingale 2008, 79-87).

Řecké exporty stejně jako keramika mířily spíše východním směrem, některé až na pobřeží Malé Asie a dál do anatolského vnitrozemí. Silně ovlivněný mykénskou kulturou byl Kypr, kromě korálků bývají nalézány také motivy přizpůsobené místním zlatým předmětům. Ani takto silně propojená oblast však nepřevzala reliéfní korálky, které se nevyskytují nikde mimo oblast mínojské sféry. Výjimkami jsou jediný reliéfní korálek s rozetou z Ugaritu a z blízké Minet el-Beida korálek s ženskou postavou. V Egyptě se našlo jen pár velmi jednoduchých korálků a lucernový korálek v Amarně. Z mnoha typů řeckých korálků jich bylo exportováno jen několik a nikdy v původní podobě celých šperků, buď se tedy prodávaly nebo byly darovány v menším množství, nebo byly náhrdelníky rozebrány a smísily se s místními korálky (Nightingale 2008, 85).

Další informace o obchodu se sklem a jeho rozšíření ve 3. čtvrtině 2. tisíciletí př. n. l. můžeme získat z mezopotámských písemných pramenů přeložených L. Oppenheimem. Text z Ugaritu indikuje synonymní vztah mezi pravděpodobně churritským slovem *ehlipakku* (to se vyskytuje v pramenech z Boghazkoy, Tell Ačana, Ugaritu, Qatna a Núzi, ale nenachází se v žádných textech o skle) a západosemitským slovem *mekku* (vyskytuje se v Tyre, Ugaritu a v Assýrii). Materiál označovaný těmito slovy si vyžádal faraon v Amarnských dopisech od vládců městských států v Palestině a Libanonu. Podle Oppenheima jde jednoznačně o sklo, které se do Egypta dováželo ze Syropalestinské oblasti. Tuto interpretaci rozporuje K. P. Fosterová, která slovo překládá spíše jako drcený křemen, což spíše odpovídá skutečnosti, že si tento materiál vyžádal panovník říše, ve které se sklo lokálně vyrábělo a dovážet jej nebylo třeba (na rozdíl od surovin). Vztah Egypta se syropalestinskou oblastí dokládá korespondence mezi Amenofisem III a Achnatonem, která je součástí Amarnských dopisů. Žádné texty v lineárním písmu B se o obchodu se sklem nezmiňují, některá slova označující předměty byla ale očividně přejata z jiných jazyků: *ku-wa-no*, slovo pro modré sklo, je přejato z chetitského *kuwanna* (Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1497-1498).

Jedinečné poznatky o obchodních vztazích mohou poskytnout vraky lodí. Jedním z nejvýznamnějších je vrak z Ulu Burun datovaný do 1300 př. n. l., na němž bylo kromě měděných ingotů, jantaru a slonoviny přepravováno také sklo v podobě ingotů i hotových výrobků. Mezi 75 000 fajánsových a 9 500 skleněných korálků, z nichž většina byla stavěna do bloků (Ingram 2014), patří i stovky jednoduchých mykénských fajánsových korálků, což je více než z celého Kypru a Levanty. Zajímavý je nálezný 14 typicky mykénských reliéfních korálků, které mohly být osobním majetkem člena posádky lodi. Skleněné ingoty podobné těm z vraku byly nalezeny pouze na šesti vnitrozemských lokalitách (Tell Brak, Tell Ačana, Kar-Tukulti-Ninurta, Núzi – sporné, Ugarit a Tell Ašara-Terka) (Henderson 2013, 148). Nalezené tyrkysové, kobaltově modré a fialové ingoty (Moorey 1994, 195, Walton – Shortland – Kirk – Degryse 2009, 1497-1498) mohly být podle lokace vraku na cestě z Egypta nebo Mezopotámie, oběma oblastem by odpovídal obsah <1,5 % oxidu draselného (Henderson 2013, 170). Podle výsledků analýz J. Hendersona byly jejich složení i vzhled velmi heterogenní a mohly pocházet z více různých lokalit. Analýzy SEM-EDS a LA-ICP-MS C. Jacksonové a P. T. Nicholsona (2010) poprvé prokázaly podobnost nalezených ingotů s Egyptským sklem podle obsahu stopových prvků a na základě podobnosti s formami z Amarny a otiscích z výroby odpovídajícím vnitřku forem (Jackson – Nicholson 2010). Novější, rozsáhlejší analýzy všech 200 ingotů a 30 reliéfních korálků (kromě dalších kusů egyptského, mezopotámského, levantského a egejského skla) provedli J. Lankton, C. Pulak a B. Gratuze (2022a). U části ingotů byla také provedena analýza izotopů stroncia. Výsledky ukazují, že ingoty byly vyrobeny během 28 sérií, z nichž největší obsahovala 40 kg skla, a co je nejdůležitější, téměř všechny ingoty i reliéfní korálky jsou egyptské, přestože spíše než amarnské produkci, většina odpovídá jinému neznámému výrobnímu centru, což by odpovídalo dataci vraku krátce po době, kdy byla Amarna opuštěna (Lankton – Pulak – Gratuze 2022b).

## 5.2 Evropa

V Evropě nebývají skleněné korálky doby bronzové nalézány často, a nálezný většího souboru může výrazně změnit představu o dlouhodobých trendech jejich výroby a distribuce, přestože mohlo jít o jednorázový import zboží. Tyto drobné předměty nevyžadují mnoho času, práce ani materiálu na výrobu, mohly být tedy vyráběny a dodávány příležitostně, což také souvisí s otázkou specializace výroby a možnostmi dopravy. Představu o jejich distribuci v čase a prostoru zkresluje také stav poznání, který se v různých zemích liší

(Venclová 1990, 38). Výskyt korálek v bohatých hrobech mohylových kultur i kultur popelnicových polí napovídá, že šlo o materiál stejně cenný jako například zlato nebo jantar, a společně byly také dopravovány po jantarových stezkách (Mildner et al. 2014, 100), jak bude popsáno v závěru této kapitoly po přehledu jednotlivých zemí. Ve starší době bronzové se vyskytují pouze drobné kroužkovité nebo hvězdicovité či segmentované fajánsové korálky. Sklo je až do mladší doby bronzové výjimečné (Harding 2000, 266-268). Ve starší a střední době bronzové je možné rozlišit dva evropské okruhy ze zvýšeným počtem nálezů, západní a východní.

Západní okruh zahrnuje Britské ostrovy, kde se sklo nachází až v kontextech pozdní wessexské kultury (od 1400 př. n. l.) a je zde častější než v té době na našem území, a přilehlou západní Evropu (Venclová 2005, 32-33). Datace tohoto skla až po období egyptské i středomořské sklářské výroby i různé lokální typy a odlišné složení vedly k hypotézám o místní výrobě (Harding 1971, 188). V západním okruhu bývají nalézány lokální varianty velkých kroužkovitých korálek ve Velké Británii nebo pěti- až devíticípých ve Skotsku. Analýzy (Aspinal et al. 1972) srovnávající sklo a bronz z Britských ostrovů ukázaly, že skleněné korálky obsahují více cínu než místní bronz, a cín byl tedy záměrně přidáván z jiného zdroje (Venclová 1990, 37). Jedinečné typy korálek, ani jejich odlišné složení ale nemusí být jednoznačným dokladem místní produkce.

První pravé pravěké sklo nalezené na Britských ostrovech byly korálky z kamenné mohyly s komorou u Knackyboy Carn (farnost St. Martin's, ostrov Scilly), datovány byly jen typologicky podle hvězdicovitého korálku do mladší doby bronzové. Po P. Reineckem (1911) popsal nálezy skla na Britských ostrovech F. J. Stone (1952). Mykénské importy na území Britských ostrovů zpracoval H. McKerrell (1972) a na základě RFA se snažil vypořádat souvislost mezi poměrem mědi a cínu ve skle a v bronzu ze stejné oblasti, aby zjistil, zda byl bronz záměrně používán jako barvivo. Zároveň se snažil určit původ těchto surovin. A. Harding poznatky o importech shrnul v publikaci *Myceneans and Europe* (1984). Výzkum skla na Britských ostrovech byl nejprve omezen na několik hrobových nálezů, později se ale začalo objevovat i v sídlištních kontextech (Guido-Henderson 1987) – např. ve Walligfordu (Oxfordshire) a v Potterne (Wiltshire) nebo také na hradišti Rathgallu (Wicklow). Výjimečným nálezem skla ze starší doby bronzové je fialový korálek z Wilsdorfu neobvyklého složení (Harding 2000, 268).

Nejdále na sever bylo egyptské i mezopotámské sklo nalezeno v dánských, převážně ženských, bohatých hrobech v rakvích z 2. poloviny 2. tisíciletí př. n. l. v oblasti od

ostrova Bornholmu až po pobřeží Jutska. Přestože tyto nálezy byly popsány již na konci 19. století, hypotéza jejich původu v Egyptě byla zavržena kvůli nedostatku paralel ve střední Evropě. Po výzkumech ve Frattesině se jejich původ hledal v této evropské dílně. Pomocí LA-ICP-MS byly rozlišeny skupiny odpovídající egyptské a mezopotámské produkci na základě poměru chromu vůči lanthanu a zirkonu vůči titanu, a dále rozlišeny podle obsahu bóru a lithia; srovnávaná skla se zvýšeným obsahem bóru pocházejí z Hasanlu a Tellu Brak (Varberg – Gratuze – Kaul 2015). Skandinávské korálky mívají vyšší obsah chromu než egyptské a mezopotámské sklo, ale korelace mezi obsahem chromu/ lanthanu a zirkonu/ titanu stále odpovídá předpokládané produkční oblasti Mezopotámie (Purowski – Kepa – Wagner 2018). Podobnost s egyptským sklem byla posuzována na základě zvýšených hladin niklu, zinku a manganu, které korelují s obsahem kobaltu. Mezopotámské sklo převažuje, některé egyptské bylo možné přiřadit přímo dílnám v Malkatě a Amarně, jiná se odlišovala od kobaltu ze západních oáz, spíše se podobala kobaltovému sklu z Nippuru (Varberg – Gratuze – Kaul 2015). V Ølby byl nalezen korálek z egyptského kobaltového skla v náramku, v Hesselager byl skleněný korálek součástí jantarového náhrdelníku, přičemž z nevelké vzdálenosti odsud pochází hrobový nález z Melby (Richthofen et al. 2018, 74-75). Na lokalitě Puggegaard na Bornholmu byl v ženském hrobě nalezen mezopotámský korálek a blízko něj i jantarový korálek, bronzový tutulus a bronzové trubičky ze sukne (Varberg et al. 2016, 5). V Søvigårdu byl v bohatém hrobě ženy uložen méně obvyklý korálek z mezopotámského skla s očky. Bronzové předměty z tohoto hrobu mají paralely v Lünebursku, odkud mohla žena pocházet (Richthofen et al. 2018, 76). Obchodní kontakty mezi Dánskem a oblastmi spojenými se sklářskou výrobou jsou dále doloženy výskytem skládacích stoliček, které byly nalézány jak v Dánsku (v mohyle Guldhøj v jižním Jutsku bylo dokonce možné ji datovat do r. 1389 př. n. l.), tak v Egyptě jsou vyobrazeny v palácích v Pylu a Knóssu. Dalším středomořským importem byly břitvy, které se ve Skandinávii objevují také kolem r. 1400 př. n. l. (Varberg – Gratuze – Kaul 2015). V severské mladší a pozdní době bronzové se rozšířila variabilita tvarů a barev, objevily se dvoubarevné a polychromní korálky a první korálky s očky nebo žebrované s tečkami (Mildner et al. 2014, 100).

Německé korálky typu HMG lze podle obsahu stopových prvků rozdělit na starší (1500-1050 př. n. l.) a mladší (800/750 př. n. l.), přičemž mladší obsahují více lanthanu, zirkonu i titanu. Vyšší obsah titanu může být důsledkem opakovaného recyklování, při němž mohly být z tavicí pánve z místního materiálu vnášeny do taveniny další prvky (Purowski – Kepa – Wagner 2018). V Německu převažují nálezy skla typu LMHK, některé mají neobvyklý poměr mezi sodíkem a draslíkem, což může být výsledkem lokálního mísení



alkálií, jak tomu mohlo být v případě korálků z Volders u Innsbrucku, které mají složení odpovídající zlomku ingotu skla nalezeného ve Frattesině (ten se ale od místních výrobků odlišuje barvou) (Mildner et al. 2014, 105). Na severu Německa bylo objeveno sklo, jehož složení se liší od typu HMG i LMHK (označuje se HK, tedy vyšší množství draslíku, ale bez sníženého množství hořčíku jak je obvyklé u LMHK) a bylo tedy pravděpodobně vyrobeno z jiného zdroje alkálie, snad popela vnitrozemských kapradin nebo jiných rostlin, jehož složení se může různit podle místa výskytu, stejně jako v případě halofilních rostlin (Mildner et al. 2014, 103, 105).

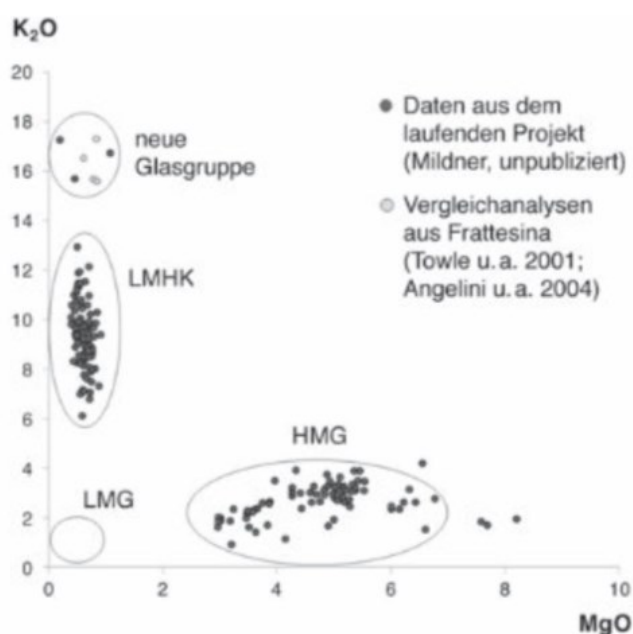


Abb. 2: Diagramm  $K_2O$ :  $MgO$  zur Klassifizierung der bronzezeitlichen Glastypen im westlichen Mitteleuropa (nach Henderson 1988) mit Daten aus dem laufenden Projekt und Vergleichsanalysen aus Frattesina

**Obr. 8.** Nová skupina skla z popela kapradin (*neue Glasgruppe*) zjištěná na severu Německa odlišná od všech tří hlavních typů skla. Zdroj: Mildner et al. 2014, 103.

Depot z Neustrelitz datovaný okolo r. 1200 př. n. l. obsahoval bronzové artefakty a 179 skleněných korálků, které odpovídají mezopotámskému sklu, zub divočáka a jantarové korálky v keramické nádobě (Varberg et al. 2016, 2-3, 5). Jeden korálek z kobaltového skla má výjimečné složení, byl barven mědí i kobaltem z egyptských západních oáz, ale podle obsahu chromu, lanthanu a zirkonu odpovídá skupině mezopotámského skla. Podle publikované interpretace mohlo být malé množství mědi vneseno s větším objemem mezopotámského skla, do nějž bylo přidáno egyptské kobaltovo-měděné barvivo, pravděpodobně v řecké nebo egyptské sekundární dílně. Pokud by kobaltu bylo ještě o trochu

méně, nebylo by ho už možné zjistit a sklo by bylo klasifikováno jako čistě mezopotámské. To může být případ některých dalších skel, u nichž tento výrobní proces rozpoznán nebyl (Varberg et al. 2016, 6-9). Z žárového hrobu ženy z Jänkendorfu u Zhořelce v Horní Lužici, datovaného okolo 1300 př. n. l., pochází soubor silně natavených zlomků patnácti skleněných korálků z náhrdelníku nebo náramku. Pro toto období je takový nález skla výjimečný, bez paralel v okolních oblastech (Richthofen et al. 2018, 71-72). Nálezy ze západní části střední Evropy byly porovnány se sklem z Amarny, Malkaty, Núzi, Nippuru, Tellu Brak a mykénskými nádobami z Pylu a Tíryntu (Mildner et al. 2014). Nálezovými lokalitami byly hroby i sídliště z období 14.-9. stol. př. n. l. Kromě výjimek neodpovídá sklo nalézané ve střední Evropě zcela egyptskému ani mezopotámskému složení, odlišuje se zejména obsahem zirkonu. V Rakousku jsou lokalitami starší doby bronzové s výskytem skla Leopoldsdorf a Wachberg v Melku (Kršová 2013, 11-12), ze střední doby bronzové pochází nález z Roggendorfu (Kršová 2013, 22).

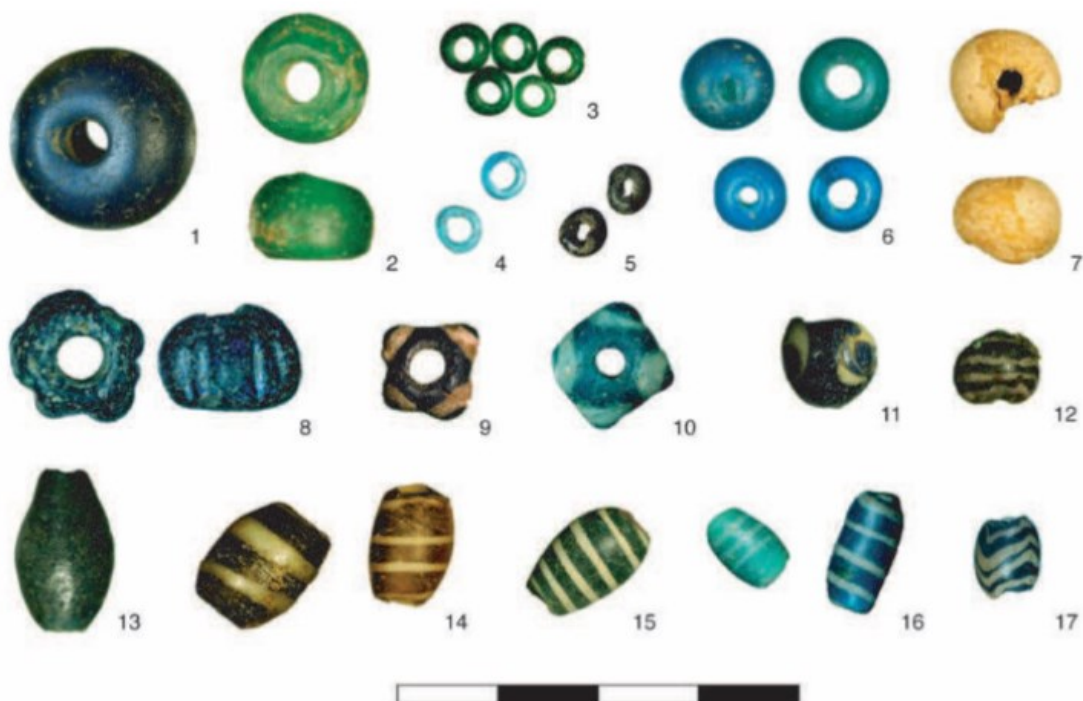


Abb. 1: Auswahl mittel- und spätbronzezeitlicher Glasperlen aus Deutschland und Österreich. 1 Oberegging, Lkr. Weilheim-Schongau; 2 Nateln, Lkr. Uelzen; 3 Grundfeld-Reundorf, Lkr. Lichtenfels; 4; 5 Augsburg-Haunstetten I, Stadt Augsburg; 6 Wendelstein, Lkr. Roth; 7 Wellendorf-Nateln, Lkr. Uelzen; 8 Reutlingen, Lkr. Reutlingen; 9 Bergheim, Lkr. Waldeck-Frankenberg; 10; 16 Hagnau-Burg, Bodenseekreis; 11 Innsbruck-Wilten, Stadt Innsbruck; 12, 13 Innsbruck-Mühlau, Stadt Innsbruck; 14 Deutsch-Evern, Lkr. Lüneburg; 15 Volders, Bez. Innsbruck Land; 17 Römhild, Lkr. Hildburghausen. M. 3:2

**Obr. 9.** Korálky rozmanitých tvarů, velikosti i barev ze střední a mladší doby bronzové z Německa a Rakouska. Zdroj: Mildner et al. 2014, 101.

Východní okruh zahrnuje celou Ukrajinu, severně od Černého moře sahá ke Karpatům a zahrnuje i naše území jako západní periferii – na Moravě, na Slovensku, v Polsku

a na Ukrajině se v mladší době bronzové korálků nachází více ve více variantách než u nás (například diskovité korálky, typ se čtyřmi pupky nebo válcovité dvojčipé z Podněpří a mnohocípé z Kavkazu) (Venclová 1990, 36-37). Korálky z Ukrajiny a Kavkazu byly datovány do 2. čtvrtiny 2. tisíciletí př. n. l., možná dokonce do 2. poloviny 3. tisíciletí př. n. l., což je mnohem dříve než na našem území. Do období před mladší dobou bronzovou byl datován nález z jeskyně Verteba u Bil'če Zolotého (Ternopilská oblast) a z hrobu v Parkanech u Tyraspolu v dolním Podněstří (Harding 2000, 268). Významná je absence korálků na jih od Dunaje.

V západním Rumunsku jsou nálezy skla četné, bylo zde nalezeno v několika hrobech a depotech, z nichž nejvýznamnější je jeskyně Cioclovina s depotem 2325 skleněných a 570 fajánsových korálků (mimo to zde byla deponována kostěná udidla, bronzové předměty a jantarové korálky). Korálky mohly být součástí postroje, může jít o mezopotámské sklo, ale uvažuje se i o lokální výrobě skelné hmoty (Richthofen et al. 2018, 77). Dalšími lokalitami jsou Dobrocina a Pecica, datované 1300-1200 př. n. l. (Varberg et al. 2016, 10-11) a Cluj-Napoca, Strada Banatului (Banátská ulice) s 54 hroby včetně bohatého ženského hrobu datovaného 1400-1200 př. n. l., který obsahoval bronzovou jehlici, kostěnou jehlici, fosilní ulitu, zuby divočáka a dva skleněné korálky (Varberg et al. 2016, 2). Fajánsové a skleněné korálky jsou nalézány i na dolním toku Dunaje. Hroby z jeskyně Cămpina bylo možné datovat radiokarbonově 1495-1402 př. n. l. Dalšími lokalitami jsou Lăpuș a Pecica v Transylvánii (Ilon – Kasztovszky 2016, 64).

Do Karpatské kotliny se výroba fajánse ve starší době bronzové rozšířila brzy, nálezy jsou četné v hrobech košťanské kultury i otomanské kultury (komplex Otomani-Füzesabony), v nitranské méně. V Maďarsku jsou nálezy skla mladší doby bronzové jen výjimečné. Korálky piliňské kultury střední až mladší doby bronzové byly nalezeny na pohřebišti Nagybatony (Kozáková 2011, 46). Korálky ze závěru mohylové kultury a starších popelnicových polí (Bz C2-Ha A1) ze severozápadního Maďarska jsou ze sodného skla podobně jako nálezy ze západní Evropy. V Bakonyjákó-Malomoldal bylo nalezeno 47 korálků, některé nálezy z Jánosháza-Országúti už dnes není možné dohledat, kontext Némethánya-Felsőerdei bylo možné radiokarbonově datovat 1362/1279-1211 až 1216/1108-1024 BC, což je období překrývající se s mykénskou i severoitalskou výrobou skla, čtvrtou lokalitou je Ugod-Katonavágás (Ilon – Kasztovszky 2016, 57-58). Výrobní odpad dokládající primární výrobu nalezen nebyl (Ilon – Kasztovszky 2016, 64).

Do Polska se fajáns dopravovala od starší doby bronzové (od 1950 př. n. l.), pravé sklo od 1600 př. n. l. nepřetržitě až do doby laténské (Purowski 2020a, 3). Nejstarší fajáns byla nalezena na lokalitách strzyżówské a mierzanowické skupiny epišňůrového komplexu na horním toku Visly a Bugu. Celkem bylo nalezeno 6150 fajánsových korálků a jeden přívěsek na 31 lokalitách starší doby bronzové. Korálky se skelnou fází složení LMHK byly ve střední Evropě vyráběny lokálně, typ HMG byl pravděpodobně dovážen z Egypta nebo Blízkého východu (Purowski 2020b, 1). V II. až IV. periodě doby bronzové fajáns mizí a je nahrazena pravým sklem, které bylo nalezeno na 41 lokalitách, celkem 3100 korálků, z nichž většinu prozkoumal T. Purowski: 59 z nich bylo analyzováno fyzikálně-chemickými metodami a byly určeny techniky navíjení v případě skla LMHK, které převažovalo, a svinutí v případě skla HMG (Purowski – Kępa – Wagner 2018; Purowski 2019, 116–144, Purowski 2022, 61-62). Do starší doby bronzové (1950-1600 př. n. l.) byly datovány nálezy z Tomaszowa a Dolných Krzyżanowic. Korálky II.-III. periody jsou vzácnější, pocházely pravděpodobně z Řecka nebo Egypta, exempláře složení HMG pocházely z Mezopotámie, několik z Egypta. Korálky typu LMHK se objevují od IV. periody, tehdy se vyskytují nejvíce, méně pak již v V. periodě (Purowski 2020a, 19). Lokalitami II.-V. periody (1600-800/750 př. n. l.) jsou Kietrz (přes 500 korálků), Ożumiech, Domasław, Kraków-Bieżanów (přes 350 korálků), Targowisko (380 korálků), Belcze, Błogocice, Dacharżów, Domasław-Chrzanów (přes 1000 korálků), Górzycyca, Legnica, Lipnik, Rzędziny, Samborowice (asi 200 korálků) a Zbrojewsko (Purowski 2020a, 4). Většina polského skla doby bronzové na základě stopových prvků chromu, lanthanu, titanu a zirkonu odpovídá sklu mezopotámskému, jen pár kusů egyptskému (Purowski 2022, 65-67). Fajáns z Dolných Krzyżanowic a Tomaszowa byla pravděpodobně vyrobena ve střední Evropě ze smíšené alkálie, jejímž zdrojem mohly být zčásti halofilní rostliny přirozeně se vyskytující kolem vnitrozemských solných jezer v jihovýchodním Polsku (Purowski 2020a, 16, 19). Tyto místní suroviny mohli využívat cestující skláři, kteří s sebou přinesli technologii, ze surovin však pouze měděné nebo bronzové barvivo, jak dokládají výsledky analýz (Purowski 2020b, 12). Lokálně se mohl vyrábět jak typ LMHK, tak HMG, jak ukazují výsledky EPMA dvanácti fajánsových korálků starší doby bronzové (Purowski 2020b). Barvivem tyrkysového a modrého skla byla měď, fialovomodré sklo bylo barveno kobaltem a odpovídá složení egyptského kobaltového skla (Purowski 2022, 65-67).



Figure 1 (a) The distribution of faience beads from the Early Bronze Age in Polish territory (1, Chyża; 2, 3, Horodysko, site 1 and 13; 4-6, Hrebennie, site 10, 24 and 34; 7, Hrubieszów-Podgórze; 8, 9, Husynne Kolonia, site 6 and 7; 10, 11, Iwanowice, site 'Babia Góra' and 'Góra Klin'; 12, Janki Dolne; 13, Kichary Nowe; 14, Kokotów; 15, Krzyżanowice Dolne; 16, Książnice; 17, Lubcze; 18, Łukawa Kościelna; 19, Malice Kościelne; 20, Mierzanowice; 21, Nedeżów; 22, Nieledeń; 23, Pieczenięgi; 24, 25, Raciborowice Kolonia, site 1 and 2; 26, Rogalin; 27, Skołoszów; 28, Skomorochy Małe; 29, Sobów; 30, Stanisławice; 31, Szarbia; 32, Szarbia Zwierzyniecka; 33, Świerzczów; 34, Tomaszów; 35, Wilczyce; 36, Wojciechowice; 37, 38, Złota), (b) faience beads from Krzyżanowice Dolne (numbers next to objects refer to sample nos in Tables 1 and 2). [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

Obr. 10. Fajáns starší doby bronzové z území Polska. Zdroj: Purowski 2020b, 2.



Obr. 11. Sklo doby bronzové z území Polska. Zdroj: Purowski 2020a, 10.

Problematice slovenského skla doby bronzové se věnovali nebo stále věnují Jozef Bátora, Klára Marková, Vladimír Mitáš a Milan Hornák. Na jihozápadním Slovensku se fajáns objevuje už od eneolitu (Kršová 2013, 3, Ilon – Kasztovszky 2016, 64). Nejstaršími lokalitami jsou Kolta, Lužany, Očkov a Velké Ripňany, v porovnání s Maďarskem je jich méně (Ilon – Kasztovszky 2016, 64). Ve starší době bronzové se fajáns vyskytovala na lokalitách nitranské, košťanské a únětické kultury. Vyskytují se čtyři základní typy korálků: diskovité, segmentované, válcovité a soudkovité. Pro starší stupeň nitranské kultury jsou typické diskovité korálky, které bývají nalézány spíše v mužských hrobech, například v Jelšovcích a Mýtné Nové Vsi, tato odchylka může ale být způsobena stavem bádání. V klasické nitranské skupině se už objevují v hrobech žen, jak je obvyklé jinde a jejich počet narůstá (Kršová 2013, 20, Bátora 2018, 215). Hroby nitranské kultury s nálezy fajánse byly odkryty v Branči a Nižné Myšľi. V Branči bylo v hrobě č. 160/62 nalezeno 150 fajánsových korálků, na celém pohřebišti pak až 578 korálků (Harding 1971, 196, Bátora 2018, 217), Nižná Myšľa je příkladem jediného nálezu, který kvůli svému objemu může změnit dosavadní názory na distribuci skla, bylo zde totiž nalezeno celkem 3252 korálků, z nichž 2666 bylo uloženo v jediném hrobě (Kršová 2013, 19) a šlo zřejmě o nášivky zástěrek nebo lemu oděvu (Venclová 2005, 32-33, Bátora 2018, 217). V únětické kultuře se kromě dvojkónických objevují i segmentované korálky, pro košťanskou jsou typické jednoduché válcovité a segmentované a výjimečné jsou fajánsové nápodoby mušlí z lokality Valaliky-Všechsvätých (Bátora 2018, 217). Korálky byly nalezeny na výjimečných sídlištních lokalitách otomanské kultury z Barce a Gánovců (Kršová 2013, 12). V maďarovské kultuře se fajáns téměř nevyskytuje, byla nahrazena jantarem (Bátora 2018, 217). Na území Slovenska byly korálky pravděpodobně importovány z východní Evropy, čemuž odpovídá jejich nárůst v klasické fázi kultur epišňurového kulturního okruhu. Později v kultuře únětické a otomanské se předpokládá již domácí výroba ve více centrech (Bátora 2018, 218).

Lokality piliňské kultury střední doby bronzové s nálezy skla jsou Barca (9 korálků), Seňa (1 válcovitý korálek), Radzovce, odkud pochází nejvíce nálezů (z piliňské fáze bylo sklo ve 22 hrobech) a depot Dreveník-Tehra II (Kozáková 2011, 46). Karpatské mohylová kultura je zastoupena Salkou (6 korálků), středodunajská mohylová kultura pak Smolenicemi (2 korálky) (Kršová 2013, 22). Do mladší doby bronzové byla datována mohyla čakanské kultury ve Velkých Ripňanech, v níž se nacházelo nejméně 70 korálků původně tvořících náhrdelník (Kršová 2013, 32-33). Nálezy lužické kultury pocházejí z Dlžina (1 korálek), Velké Lehoty (až po 18 kusech nalezených v jednom hrobě), Martina (1 korálek, hrob), Žiaru nad Hronom (1 korálek v hrobě), Partizánského (3 korálky z 1 hrobu),

Liptovského Mikuláše-Ondrašové a Sklabinského Podzámku (2 hroby, celkem 5 korálků), Trenčianských Teplic-Kúta (7 korálků z 1 hrobu), Diviaků nad Nitricou (13 celých korálků a zlomky, vše v 1 hrobě), Kšinné-Noviny a Ilavy. Úlomky materiálu z Žiaru nad Hronom jsou pravděpodobně také skleněné, a výjimečný fajánsový válcovitý korálek z Švábovců pochází z hrobu datovaného do HA, což je období, v němž už fajáns nepředpokládáme (Makarová 2008, 82). Z piliňské fáze Radzovců – z rozsáhlého pohřebiště čítajícího celkem 1334 hrobů představuje tato fáze 982 hrobů – (Furmánek – Mitáš 2010, 53) obsahovalo sklo 22 hrobů, většinou ženských (Kršová 2013, 33). V kontextu kultury Suci de Sus byly nalezeny jen 2 korálky, z gávské 1, všechny v Košicích (Kršová 2013, 45-46). Korálků kyjatické kultury je od stupně HA méně, jde o menší jednoduché navíjené korálky. Byly nalezeny na navazujícím pohřebišti v Radzovcích, kde už se sklo vyskytovalo jen ve 2 hrobech, v Zádielských Dvorníkách-Včelárech (1 korálek), v Háji-Kostrové jaskyni (1 korálek). Do pozdní doby bronzové (Kršová 2013, 38) byly datovány nálezové kontexty skla z Chotína II (podolská kultura, 2 korálky) a Vojnatiny (gávská kultura, 1 červenohnědý korálek).

Devět korálků piliňské kultury z Radzovců a jeden z Kostrové jeskyně byly podrobeny analýze SEM/EDS, RFA a RDA (Kozáková 2011). Dva korálky, jeden z Radzovců a jeden z Kostrové jeskyně, vykazovaly velmi podobné složení a možná pocházely ze stejné dílny. Mají vysoký obsah oxidu draselného, který je vyšší než obsah oxidu vápenatého, liší se jen obsahem rubidia a titanu (Kozáková 2011, 66). Jisté je, že pocházejí z jiné dílny než starší výrobky, podobají se italskému sklu, ale tuto souvislost nelze jistě potvrdit (Kozáková 2011, 69). Ze zkoumaných deseti vzorků piliňské kultury bylo možné zjistit složení šesti, z nichž pět je velmi podobných. Jde o sklo popelové, pozoruhodná je absence oxidu fosforečného (Kozáková 2011, 67). Korálky jsou dobře chemicky odolné (Kozáková 2011, 70), barvivem byla měď se železem se stopami manganu, což je pro tato modrá skla typické. Pocházejí pravděpodobně z Blízkého východu (Kozáková 2011, 68), vyrobeny byly navíjením, zrnitý povrch otvoru vypovídá o výrobě na tyčince pokryté vrstvou hlinky (Kozáková 2011, 69).

Katalog fajánse a skla doby bronzové z Moravy sestavila Michaela Kršová (2013). Na Moravě, stejně jako na jihozápadním Slovensku jsou skelné hmoty známé již od eneolitu (Kršová 2013, 3). Ze starší doby bronzové bylo celkem nalezeno 650 korálků (Kršová 2013, 11-12). Do protoúnětické kultury patří neobvyklý čočkovitý korálek z Maref (Kršová 2013, 15), do únětické pak lokality Příkazy, Jiřkovice (několik stovek korálků), Prušánky (v náhrdelníku spolu s bronzem), Kyjov (spolu s bronzovými závitky a dentáliemi), Brodek u Prostějova, Němčice na Hané (spolu s perleťovými korálky), Rajhrad (kostra

v zásobní jámě s trubičkami dentálií a spirálovitými trubičkami z měděného drátu), Ostrožská Nová Ves, Kyjovice, Petrovice, Horní Dunajovice, Mokrý-Horákov, Vážany nad Litavou, Vyškov a Hrušky (Kršová 2013, 18-19). Z nitranské kultury jsou známé nálezy z Holešova, kde byly korálky umístěny v neobvyklé poloze u pasu a u nohou a kde bylo možné nejlépe antropologicky určit lidské ostatky jako 15 žen a 7 mužů, přičemž ženy zemřely kolem 20-30 let a děti byli převážně chlapci (Kršová 2013, 17-20). Ve Slatinicích-Trávníkách byly korálky nalezeny jako součást náhrdelníku s korálky z parohoviny a ve druhém hrobě s náhrdelníkem z mušlí (Kršová 2013, 19). V kontextech úněticko-nitranských byly korálky nalezeny opět v Příkazech. Věteřovskými lokalitami jsou Bánov (sídlištní nález) a Nedakonice (soliterní žárový hrob). Ve střední době bronzové je skla méně, podobně jako v okolních zemích, známe pouze dvě lokality, jimiž jsou žárová pohřebiště v Oblekovicích (jen zlomek korálku a dno nádoby) a Slížanech (silně natavené, v hrobu s dalšími přídavky v podobě kovových artefaktů) (Kršová 2013, 22).

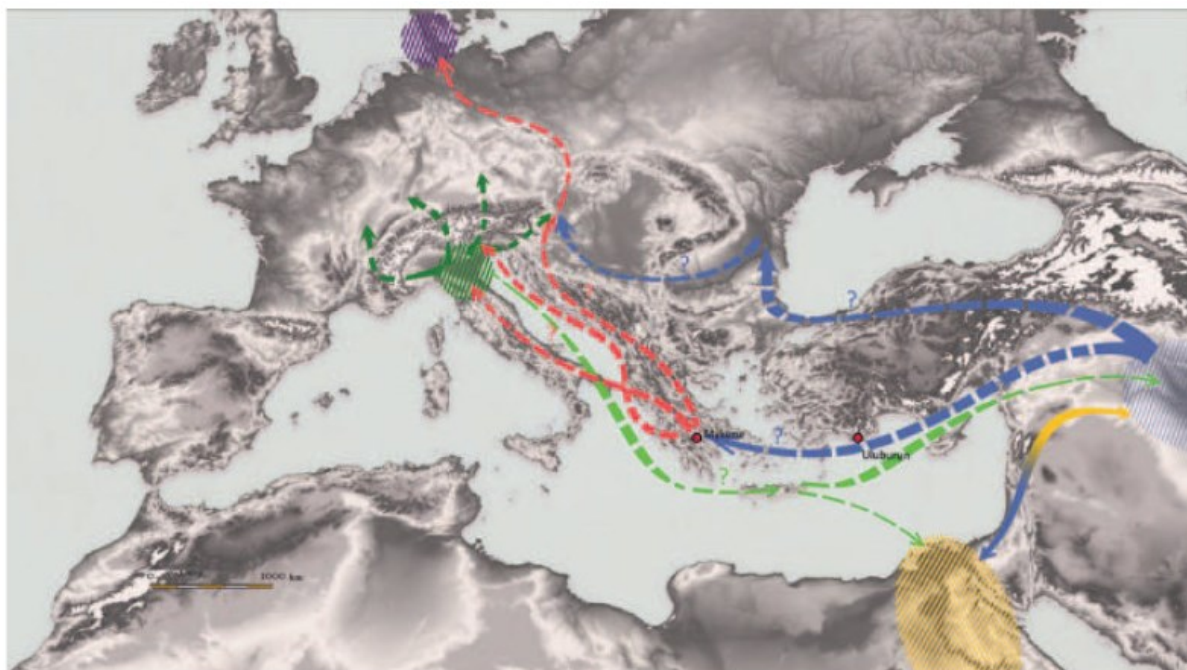
V mladší době bronzové se sklo objevuje často s jantarovými korálky (Kršová 2013, 31), a nálezy jsou četnější – z tohoto období je známo přes 730 korálků (Kršová 2013, 57). Z lužické kultury, v níž se nacházejí bohatší hroby než ve velatické a podolské kultuře (Kršová 2013, 30), jsou zdokumentované nálezy z Moravičan, kde byl nalezen největší počet korálků, až 30 na jeden hrob (Kršová 2013, 32). Dalšími lokalitami jsou Opava-Kateřinky (hrob s 15 korálky), Pavlovice, Šišma (zde bylo sklo jediný hrobový přídavek), Kožušany sklo (spolu s bronzovými korálky), Dolní Sukolom, Uničov, Mostkovice (i zlomky a slitky), Vlachovice, Ivanovice na Hané, Kokory, Slatinice-Čtvrti, Vrbátky (na slitku korálku natavený prstní článek, přičemž jde jen o slitky, žádné celé korálky, a nelze tedy určit jejich počet), Rájec, Domaželice-Horka (1 skleněný korálek jako součást náušnice), Chválkovice, Kostelec u Holešova (náhrdelník s bronzovými korálky a trubičkami), Malé Hoštice, Tetčice, Vémyslice a Domamyslice. Ve velatické kultuře se sklo vyskytuje v Blučině u koster v příkopu ohraničujícím výšinné sídliště a v depotu nad kostrami, celkem zde bylo nalezeno 171 korálků nebo zlomků. Jeden korálek byl nalezen v depotu nad kostrou spolu s jantarovými a další v hromadném kostrovém hrobě u krku a hrudníku nebo u pánve a lokte, přičemž na jedince připadá 46-115 korálků. Výjimečně bylo v tomto případě možné určit pohlaví – všechny kostry byly ženské. Tři korálky z bohatého hrobu mají v otvoru bronzové spirálky (Kršová 2013, 25, 30-33, 182). Na pohřebišti v Oblekovicích byly v hrobě č. 11 nalezeny 2 modrozelené korálky deformované žářem (Říhovský 1968, 11), v hrobě č. 15 dva modré kroužkovité korálky a jeden se čtyřmi výčnělky s oky (Říhovský 1968, 12), v hrobě č. 27 jeden korálek a zlomek dalšího (Říhovský 1968, 15) a v hrobě č. 71 pět malých morých



korálků a zlomek dalšího (Říhový 1968, 26). Z velaticko-podolského horizontu jse známý popelnicový hrob z Klentnice s nálezem 3 korálků (Kršová 2013, 24, 32).

V pozdní době bronzové se počet korálků opět snižuje a bývají více deformované žárem (Kršová 2013, 35), poprvé se objevují žluté opakní typy (Kršová 2013, 38). Z podolské kultury známe pohřebiště Brno-Obřany, kde se nacházelo nejvíce korálků – až 45 v jednom hrobě (Kršová 2013, 40) a Kuřim, kde byl nalezen jeden žlutý korálek s očky a neúplná bronzová spona s obloukem obloženým neprůsvitnou černou skelnou hmotou se třemi plastickými žlutými očky (Kršová 2013, 38, 40). Ze slezské kultury jsou známé Tršice, Miškovice a Dubicko (Kršová 2013, 39). Z Kotouče u Štramberka pocházejí válcovité žluté opakní korálky s osmi modrobílými očky, jde o dva nálezy z platěnického sídliště (Kršová 2013, 35, 38-39).

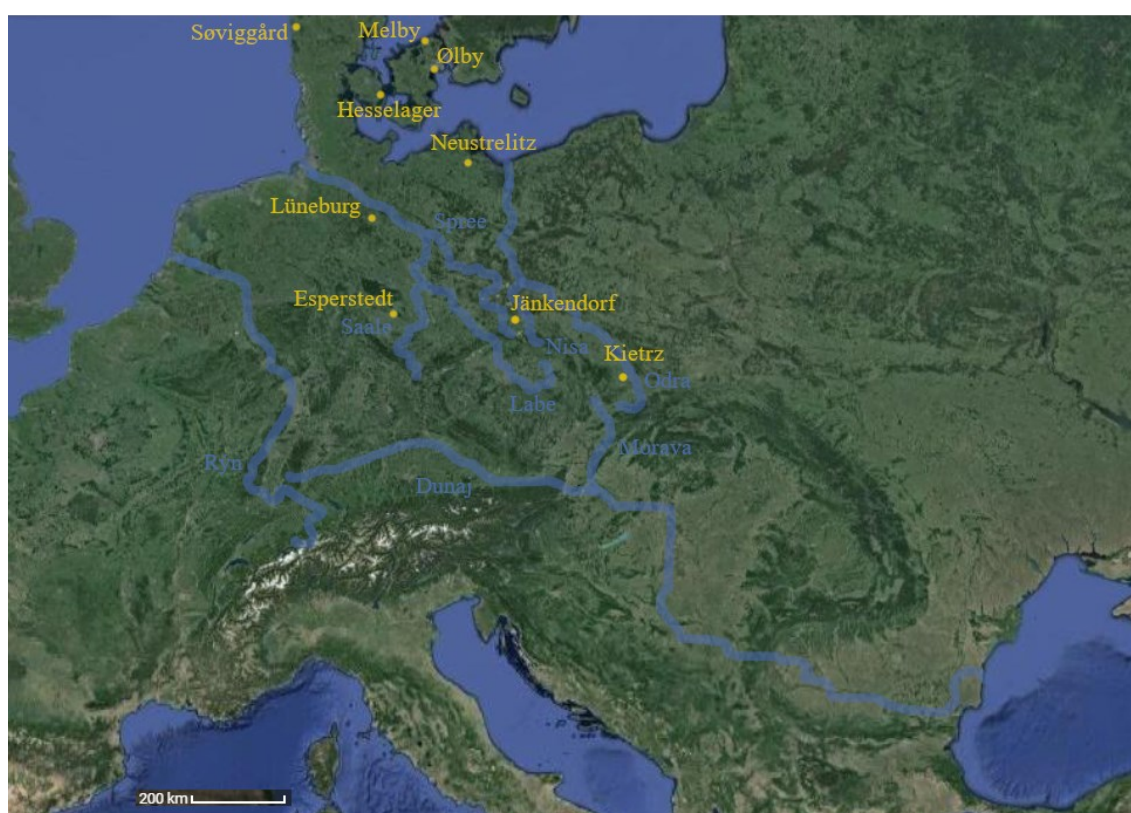
Rozložení a množství korálků mohou poskytovat cenné informace o obchodních trasách. Do Karpatské kotliny se sklo mohlo dostávat obchodní cestou z Mezopotámie, přes Anatolii a Kavkaz (Ilon – Kasztovszky 2016, 64). Další cesta mohla vést z mykénského Řecka po moři do severní Itálie a Slovinska nebo po pobřeží Jaderského moře po souši. Třetí cesta se mohla větvit různými směry ze severní Itálie kolem Gardského jezera a nebo přes Slovinsko, západem Karpatské kotliny. Tyto cesty mohly fungovat po celou dobu bronzovou. Trh byl propojen s jantarem, jak ukazují četné nálezy obou materiálů pohromadě, například na centrální lokalitě u Velem-Szentvid (okres Kőszeg) a v mohyle u Jánosházy v západním maďarském Zadunají (Ilon – Kasztovszky 2016, 63-64). Nálezy ze západního Středomoří dokládají, že z Mykén bylo sklo exportováno již ve 14. a 13. stol. př. n. l. V Campu Stefanu na Korsice byly také nalezeny skleněné korálky z tohoto období spolu s jantarovými. Z Korsiky mohla cesta pokračovat přes Alpy, možná proti toku Rhóny, což je podloženo nálezy z italského sídliště Sotciastel v údolí Badia, jižně od Brennerského průsmyku, jímž mohly obchodní cesty vést. (Tento nález skla typu HMG pochází z horní vrstvy datované 1600-1300 př. n. l.) Východnější cesta mohla vést podél řek Murese, Dunaje, Odry a Havoly (Varberg et al. 2016, 10-11).



**Obr. 12.** Možný průběh obchodních tras, po nichž se dopravovalo sklo do Evropy v mladší době bronzové. Zdroj: Ilon – Kasztovszky 2016, 65.

Průběh obchodních tras rekonstruovali na příkladu několika lokalit s nálezem korálků z mezopotámského skla také Jasper von Richthofen, Jeanette Varberg, Flemming Kaul a Bernard Gratuze v rámci projektu institucí z Dánska, Rumunska a Německa (Richthofen et al. 2018). Ve zkoumaném období, kolem 1300 př. n. l., to byla zejména poptávka po bronzu a zlatě, která byla impulsem pro rozvoj dálkového obchodu v severské době bronzové. Nejbližší měď se nacházela v Alpských ložiscích, cín v Cornwallu a ty mohly být měněny se vzdálenými oblastmi až ve východním Středomoří za místní jantar po trasách podél Rýna, Labe a Odry – severský jantar byl nejdále nalezen v Sýrii. Tyto dva materiály se vyskytují společně jak ve Středomoří, tak na severu, i po celé trase jantarových stezek (Richthofen et al. 2018, 77). Bohužel z klíčového území Maďarska, kde se stezky mohly napojovat na tok Dunaje, mnoho nálezů skla není. Od soutoku Dunaje s Moravou vede cesta přes malokarpatské průsmyky a Moravskou branou až k horní Odře. Na polských nálezích je možné pozorovat šíření importů mezopotámského skla po toku Odry až k Baltskému moři. Na horní toku bylo sklo nalezeno v Ketři (Kietr), od ústí Odry je už nedaleko Bornholm, kde bylo nalezeno sklo ve dvou hrobech v Ølby a Melby. Nedaleko je i severoněmecké Neustrelitz (1200 př. n. l.). V okolí Jänkendorfu protéká Spréva a Nisa, která se vlévá do Odry, ty mohly sloužit jako prodloužení obchodních tras. Ženský hrob z Esperstedtu (1300-1200 př. n. l.), kde byl také nalezen korálek z mezopotámského skla v bronzové čelence, se nachází 12 km od řeky Sály, která se vlévá do Labe (Richthofen et al. 2018, 78). V této době představovaly říční

koridory vhodné dálkové cesty, přičemž doprava byla zřejmě rozdělena na jednotlivé etapy, mezi nimiž byl náklad překládán nebo nabízen na tržištích a poblíž jednoho z nich mohl být i Jänkendorf. Nejpozději od 1000 př. n. l. se v Horní Lužici objevují opevněná sídliště – hradiska (Landeskrona, Sshafberg, Totenstein, Ojvín/Oybin), na nichž vznikaly řemeslné okrsky, někde prokázané přítomností dokladů metalurgie, a jež měly přístup k dálkovým obchodním trasám (Richthofen et al. 2018, 79). Komplexní pohled na lokality v okolí říčních toků může přinést o poznatky o jejich možném ekonomickém, ale zejména kulturním propojení, o němž se nám však svědectví dostává jen v podobě několika málo typů artefaktů včetně skla. Jantar, stejně jako většina ostatních součástí kroje se v žárových hrobech většinou nedochovává (Richthofen et al. 2018, 80-81).



**Obr. 13.** Poloha vybraných lokalit s nálezem skleněných korálků vzhledem k řekám, které mohly fungovat jako dopravní koridory. Zdroj: Richthofen et al. 2018, zpracování: L. Janoutová.

## 6 Sklo a fajáns doby bronzové na území Čech

Skelná fajáns se na našem území vyskytuje od konce 3. tisíciletí př. n. l. (první nálezy v kontextu únětické kultury) a pokračuje až do raného středověku (Černá – Nový – Venclová 2021, 15). Korálky se vyráběly fajánsovými technikami a navíjením na jádro (tažení a sekání trubičky a mozaikové techniky se objevují až od mladší doby železné). Nádoby ze skelných

hmot, které se ve Středomoří vyskytují od poloviny 2. tisíciletí př. n. l., se k nám dostávaly až v 6.-5. století př. n. l., v době bronzové jde pouze o drobné ozdoby (Černá – Nový – Venclová 2021, 16), které v kontextu nejsou vždy pevně fixované, mohou propadávat a vlivem postdepozicičních procesů se mísit s kontexty jinými. Pro svou výraznou barevnost a vizuální nápadnost byly také uchovávány jako starožitnosti a ukládány v mladších kontextech (Venclová 2021, 35). Ve většině hrobů se korálky vyskytují spolu s bronzovými předměty (Venclová et al. 2011, 582).

## 6.1 Starší doba bronzová

Ve starší době bronzové se na pohřebištích únětické kultury vyskytují modrozelené opakní fajánsové korálky kroužkovité, cylindrické nebo bikónické. Byly vyrobeny zaškrcováním delší trubičky, jsou z jemného i hrubého zrnitého materiálu. N. Venclová (Venclová 1990, 35) vymezila 5 typů:

1. 08 090 3 42 válcovitý vysoký, modrozelený
2. 08 090 3 54 válcovitý vysoký, tmavě zelený
3. 08 100 3 42 kroužkovitý malý, modrozelený
4. 08 130 3 42 bikónický malý, modrozelený
5. 08 282 3 42 segmentovaný válcovitý, modrozelený

Na pohřebišti v Polepech u Kolína byly fajánsové korálky nalezeny v hrobech č. 10 (dodnes dochováno 11 ks), 36 (4 ks) a 117 (2 ks, nedochovány). Korálky z hrobu č. 10 spadají pod typ 4, korálky z hrobů 36 a 177 pod typ 3 (Venclová 1990, 35, 216). Z Měníka u Nového Bydžova pochází 20 korálků typu 4, které jsou jedinou pravou fajánsí bez probarveného jádra (Venclová 1990, 216). Z výzkumu v Horním Přímu u Hradce Králové se dochovaly 3 korálky typu 1, 2 a 5 (Venclová 1990, 216). Na sídlišti v Hostech u Týna nad Vltavou, které představují výjimečnou lokalitu s doklady specializované výroby a nálezy západokarpatské kultury bez českých paralel (Chvojka 2021), byly nalezeny dva korálky, jeden údajně průsvitný, kobaltově modrý a druhý neprůsvitný bílý (Chvojka 2011, 41). Zatímco korálků z Čech je ve starší době bronzové 43, na Moravě jich bylo nalezeno kolem 650 a v Polsku 6150, potvrzuje se tedy okrajová role Čech v jejich distribuci nebo menší poptávka vzniklá rozdíly mezi únětickou kulturou a epišňurovým kulturním komplexem.

## 6.2 Střední doba bronzová

Ve střední době bronzové se vedle fajánse nově objevuje i hladké homogenní sklo. Jde o větší světle modré, modrozelené i azurově modré korálky zaoblené nebo čočkovité, které se na rozdíl od fajánse vyráběly navíjením skleněného vlákna na kovovou tyčinku pokrytou hlinou (jádro). Bývají průsvitnější a větší než fajánsové ve starší době bronzové (Venclová 1990, 39). Tyto importy pocházely nejspíše z Blízkého východu, egejské výroby nejsou doloženy ani v jiných importech (Venclová 2005, 33). Existence evropské dílny pro toto období není předpokládána kvůli malému množství nálezů (Venclová 1990, 40).

N. Venclová (Venclová 1990, 39) vymezuje 8 typů:

1. 02 010 ? 41 kulovitý, světle modrý
2. 02 020 1 42 zploštěle kulovitý, modrozelený, průsvitné sklo
3. 02 030 1 41 čočkovitý malý, světle modrý, průsvitné sklo
4. 02 030 1 42 čočkovitý malý, modrozelený, průsvitné sklo
5. 02 030 1 44 čočkovitý malý, tmavě modrý, průsvitné sklo
6. 02 040 2 42 čočkovitý velký, modrozelený, opakní sklo
7. 02 040 1 44 čočkovitý velký, tmavě modrý, průsvitné sklo
8. 02 100 1 41 kroužkovitý malý, světle modrý, průsvitné sklo

Nálezy střední doby bronzové pocházejí ze sedmi lokalit, z nichž šest jsou mohylová pohřebiště, výjimku tvoří ojedinělý nález z Kluků (o. Písek). Ve Hvožd'anech u Bechyně byly na náhrdelníku z bronzových spirálek nalezeny dva skleněné korálky, dodnes se dochoval jeden typu 7 a druhý, nedochovaný, spadal pod typ 1 (Venclová 1990, 217).

Z Kaliště (o. Klatovy) pochází jeden korálek typu 2 (Venclová 1990, 217), v Klukách byl při povrchovém sběru zachycen korálek typu 6 (Fröhlich 1998, 71-72). V Sepekově (o. Písek) byl nalezen jeden korálek typu 2 (Venclová 1990, 217), nálezy ze Starého Sedla (o. Tábor) se nedochovaly (Venclová 1990, 217). Ze Všekar (o. Domažlice) pochází jeden korálek typu 3 (Venclová 1990, 217) a ze Zeleného (o. Plzeň-jih) pět korálků: typ 4 – dva kusy, typ 5, typ 6, a typ 8 (Venclová 1990, 217). Do střední doby bronzové bylo datováno kolem 12 nálezů, v tomto období počet klesá i v okolních oblastech.

## 6.3 Mladší doba bronzová

V mladší a pozdní době bronzové jsou novinkou oválné korálky zdobené taženým vláknem jiné barvy než základ vyráběné v severní Itálii; převažují lineární ornamenty,

objevují se také jednobarevné pupky a již i vrstvená očka. Ojediněle se ještě vyskytuje fajáns, převažuje sklo (Venclová 2005, 33-34).

N. Venclová (Venclová 1990, 41) vymezila těchto 5 typů:

1. 02 100 1 41 kroužkovitý malý, světle modrý, průsvitné sklo
2. 02 100 1 42 kroužkovitý malý, modrozelený, průsvitné sklo
3. 02 030 2 42/ 10502 44-11 čočkovitý, modrozelený, opakní/ se 4 bílo-modrými očky ze 2 vrstev
4. 02 070 2 42/ 20401 11 vřetenovitý, modrozelený, opakní/ s jednoduchou mléčně bílou příčnou šroubovicí
5. 08 070 3 53/ 21101 11 vřetenovitý, světle zelený, fajáns/ s mléčně bílou vlnicí mezi dvěma šroubovicovými liniemi

V okruhu lužických popelnicových polí bylo sklo nalezeno na celkem 11 lokalitách lužické kultury a ve všech případech jde o žárové hroby, a pokud bylo možno korálky určit, většina patří k typu 2. V Mladé Boleslavi-Čejetičkách bylo v hrobu č. 2/55 nalezeno až 30 korálků typu 1 (Venclová – Tomková – Černá – Mařík 2010, 69-89). Na pohřebišti u Dneboha (o. Mladá Boleslav) bylo nalezeno celkem asi 24 korálků typu 2 v hrobech č. 10, 11 a 27 (Venclová 1990, 218). V Kostelci nad Orlicí (o. Rychnov nad Kněžnou) se v hrobě č. 493/92 našel jeden světle zelený korálek (Vokolek 2003, 133), nálezy z Českého Meziříčí (o. Rychnov nad Kněžnou) se nedochovaly (Venclová 1990, 218). Ve Lháni (o. Jičín) v hrobě č. 67 bylo nalezeno až 89 natavených a spečených korálků typu 2, které tvořily náhrdelník (Venclová 1990, 219). V Neštěmicích (o. Ústí nad Labem) bylo nalezeno pět korálků typu 2 (Venclová 1990, 219), na pohřebišti Ústí nad Labem-Střekov II modrozelené sklo deformované žářem, které už nebylo možné dohledat (Venclová 1990, 219). Z jeřického mohylníku na Hořicku (o. Jičín) pocházejí korálky ze dvou mohyl: v mohyle č. 41/1927 na k. ú. Třebovětice se našlo deset korálků typu 2 (Venclová 1990, 218), z mohyly č. III na k. ú. Votuz šest korálků typu 2 (Venclová 1990, 218). V nedaleké Ostroměři (o. Jičín) byl nalezen jeden korálek typu 2 (Vokolek 2003, 44). Výjimečný je nález tří korálků z depotu v Chotěšicích (o. Nymburk), které se ale nedochovaly (Venclová 1990, 218).

Knovízských lokalit je také 11, liší se však nálezové kontexty, kterými bývají jak hroby, tak rovinné sídliště nebo hradiště, je zde také zastoupeno více typů. V Březnici u Bechyně bylo ve žlabu č. 1/05 a v hrobech č. 4, 13, 20 nalezeno po jednom korálku. Korálek z hrobu č. 13 spadá do typu 1, korálek z hrobu č. 20 do typu 2. Korálek z hrobu č. 4 je bez

známých paralel, spíše se podobá typu 1 ze střední doby bronzové. Čtvrtý nebyl v době publikace výzkumu k dispozici, a není tedy určen (Chvojka et al. 2020, 94). Korálek typu 3 z vrchu Rubína u Podbořan (k. ú. Dolánky, o. Louny) popsala jen Th. E. Haevernicková (Haevernick 1978, 146), nebylo jej možné dohledat (Venclová et al. 2011, 560). Nález devíti korálků typu 2 pochází z žárového pohřebiště v Holubicích (o. Praha-západ) z hrobu č. 3 (Venclová et al. 2011, 560). V Levousích u Litoměřic (k. ú. Křesín, o. Litoměřice) v mohyle č. 6 byl nalezen jeden korálek typu 5 z bílým zrnitým fajánsovým jádrem (Venclová 1990, 220) Venclová et al. 2011, 561-562). Z žárového pohřebiště v Noutonicích u Prahy pochází z hrobu č. 5 jeden korálek typu 2 a jeden typu 4 (Venclová et al. 2011, 560), z žárového pohřebiště v Oborách u Dobříše pochází z hrobů č. 106 a 126 šest korálků typu 2, z nichž jeden je načervenalý (Venclová et al. 2011, 561). Z žárového hrobu v Praze-Zbraslavi pochází asi 15 stavených korálků typu 2, dnes nedostupných (Venclová 1990, 220). V Řepíně u Mělníka byly nalezeny dva korálky typu 4, informace o kontextu chybí (Venclová 1990, 220). Dalšími dvěma výjimečným nálezovými kontexty jsou depot ze Středokluk (o. Praha-západ), kde byl nalezen jeden korálek typu 2 (Venclová 1990, 220), a sídliště v Toušeni u Čelákovic (Snítílý 2003, 392-393). Z žárového pohřebiště v Tuchoměřicích pochází díky plavení hrobových výplní 33 korálků typu 2 z hrobů č. 4/05, 6/05 a 16/05, pak jeden čtyřcípý modrozelený s kroužkovou výzdobou z hrobu č. 12/05 a jeden větvenovitý průsvitný modrozelený s bílou spirálovitou výzdobou z hrobu č. 16/05, dále náhrdelník z cca 20 korálků položený na zakrytou urnu z hrobu 22/07 (Venclová et al. 2011, 561). Jediným nálezem milavečské kultury jsou dva korálky ze sídliště v Klatovech nalezené při povrchovém sběru (Hůrková 1996, 5, 8). V mladší době bronzové je 269 českých korálků překonáno 737 moravskými.

Korálky byly do žárových hrobů pravděpodobně přidávány jak zvlášť, tak v některých případech společně se zemřelým, například jako součást jeho oděvu. I přes žárový rítus, při kterém velká část korálků mohla být zničena, pozorujeme v tomto období jejich nárůst. Běžná skla se deformují již při teplotě 550-600 °C, při kremaci teplota dosahovala 800-1000 °C, zachovat se tedy mohly pouze korálky, které byly na kraji pohřební hranice nebo byly přidány až později do hrobu (Kozáková 2011, 27), jako tomu bylo ve většině případů knovízských nálezů (Venclová et al. 2011, 561). Kvůli pohřebnímu ritu zároveň u většiny nálezů chybí informace o pohlaví a věku zemřelého (výjimkou jsou například Tuchoměřice), v knovízských hrobech s mužskou výbavou se sklo nenachází (Venclová et al. 2011, 561), v případě lužické kultury je vyhodnocení problematictější kvůli nižšímu výskytu zbraní v hrobech a častému pohřbívání více osob společně. O vysoké ceně skla svědčí nálezy v bohatých hrobech se zlatem například v Oborách a Tuchoměřicích (Venclová et al. 2011,

561-562). Korálky mladší a pozdní doby bronzové mají vysoký obsah draslíku a nízký obsah hořčíku, oblastí původu je tedy pravděpodobně jižní nebo východní Středomoří. Sklo typu LMHK se zřejmě dováželo jako luxusní zboží nadregionální povahy přes Alpy severojižní cestou do sféry knovízské kultury v západních a středních Čechách, zatímco sklo HMG se současně do lužické kultury ve východních Čechách dostávalo východní cestou ze Středomoří – tyto dva okruhy se orientovaly na odlišné kulturní vlivy (Venclová et al. 2011, 570-579). Polychromní korálky podobné českým knovízským se vyskytují na Moravě ve velatické kultuře, např. v Blučině (Kršová 2013, 25, 30-33, 182). V mladší a pozdní době bronzové se rozvíjela bronzová metalurgie i jiná odvětví výroby a s nimi spojený dálkový obchod, který zvyšoval frekvenci kontaktů s jižními oblastmi.

Analýzy SEM-EDS polychromních korálků složení LMHK objevujících se na našem území pouze ve stupni HA v knovízské kultuře provedli N. Venclová a kol. (2011) v Ústavu skla a keramiky VŠCHT v Praze v rámci projektu Sklářství v pravěku a středověku: kulturní a technologické proměny. Z 19 korálků ze 4 lokalit odebrali 23 vzorků. Hmota těchto korálků je průsvitná, někdy i opakní, ale nikoliv homogenní. Mají zelenomodrou barvu, výjimečně se v nich nacházejí stopy červeného barviva, například v exemplářích z Holubic a Obor. Některé mají dekoraci z bílého skla, korálek z Rubína měl být dekorován sklem modrým. Zvláštní je korálek z Levous z bílé zrnité fajánse, na povrchu světle zelený, jehož technika výroby je neznámá (Venclová et al. 2011, 582). Ostatní zkoumané korálky byly vyrobeny navíjením (Venclová et al. 2011, 561-562).

V souladu s předchozími analýzami bylo dále zjištěno, že modrozelené sklo obsahuje směs nerozpuštěných zrn, zřejmě tridymitu (který vzniká při 870 °C). Vykazuje také trhliny, které vznikly během chlazení, bublinky a menší krystaly, které vznikly při odskelnění. Zkoumané sklo obsahuje také inkluze bohaté na titan a měď, které se vyskytují v přechodné fázi mezi skelnou fajánsí a sklem (v tomto případě převažuje skelná fáze). Až na vzorky z Řepína a Tuchoměřic, u nichž byl zřejmě popel loužen jiným než obvyklým způsobem, vzorky obsahovaly ionty jak sodíku, tak draslíku, a spadají tedy do skupiny LMHK. Podle autorů může poměr prvků vysvětlovat loužení popela směsi přímořských a kontinentálních rostlin, vyloučen není ani minerální zdroj nebo import alkálie z jiné lokality. Barvivem byla vždy měď, v několika případech kobalt nebo oxid železitý. Poměr obsahu mědi a cínu odpovídá barvení bronzem. Tři korálky z Holubic byly navíc analyzovány metodou LA-ICP-MS v British Geological Survey v Keyworth a podle obsahu stopových prvků bylo možné potvrdit, že křemík pocházel z jiného zdroje než u egyptských a mezopotámských skel (podle nízkého obsahu thoria a uranu nešlo o granit). Obsah zirkonu indikuje, že šlo o písek čistší.



Obsah neodymu ve třech korálcích z Holubic je jen o trochu vyšší než u mezopotámského skla pozdní doby bronzové, u nějž předpokládáme výrobu z rozdrčeného křemene. Zkoumaný soubor byl velmi jednotný, uvažuje se proto o krátkodobé či dokonce jednorázové dodávce artefaktů na území knovízské kultury. Od jednobarevných kroužkovitých korálek se polychromní dekorované korálky liší nejen vzhledem, ale i složením, což naznačuje, že by mohly pocházet z jiné dílny, případně být vyrobeny za jiných podmínek (Venclová et al. 2011, 570-579).

#### 6.4 Pozdní doba bronzová

V pozdní době bronzové je koráleků menší množství, rejstřík se v lužickém kulturním okruhu rozšířil o vřetenovité, válcovité, cípaté a korálky s hrbolky (Venclová 2021, 35), které dále pokračují do doby halštatské, kdy roste podíl importů z jihu. Korálky s barevnými pupky jsou zatím známé jen z Moravy (Venclová 1990, 44).

Vyskytují se tyto typy:

1. 02 100 1 41 kroužkovitý malý, světle modrý, průsvitné sklo
2. 02 100 1 42 kroužkovitý malý, modrozelený, průsvitné sklo
3. 02 030 2 42/ 10502 44-11 čočkovitý, modrozelený, opakní/ se 4 bílo-modrými očky ze 2 vrstev
4. 02 070 2 42/ 20401 11 vřetenovitý, modrozelený, opakní/ s jednoduchou mléčně bílou příčnou šroubovicí
5. 08 070 3 53/ 21101 11 vřetenovitý, světle zelený, fajáns/ s mléčně bílou vlnicí mezi dvěma šroubovicovými liniemi

(Venclová 1990, 41).

Sklo v prostředí I. a II. fáze slezskoplatěnické kultury bylo nalezeno na dvou pohřebištích. V Dražkovicích u Pardubic bylo nalezeno až 50 silně stavených kusů typu 2 (Venclová 1990, 219) a v Koldíně (o. Ústí nad Orlicí) korálky neznámého typu i počtu (Brnič 1997, 101). Ze štítarské kultury zatím skleněné korálky neznáme. Nynická kultura je zastoupena zatím jedním, dnes nedostupným korálkem neznámého typu z Nynic u Plzně z hrobu č. 180 (Venclová 1990, 221). V pozdní době bronzové převažuje počet koráleků v Čechách (kolem 52) nad moravskými (26) pouze díky padesátikusovému souboru z Dražkovic.

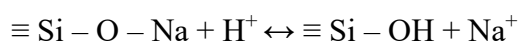
## 7 Identifikace, dokumentace a konzervace nálezů ze skelných hmot

Zmatnělé korálky potažené bílým povlakem mohou být zaměněny za kost, kámen nebo keramiku, v tomto případě je k rozlišení materiálu často třeba chemické analýzy. V případě odlišení od jiných krystalických materiálů je možné rozlišit sklářskou a keramickou techniku výroby pomocí RDA a petrografického průzkumu. Chemickými analýzami lze pak odlišit sklovité slitky z metalurgické výroby a záměrně vyrobené sklo. Sklářský skelně krystalický materiál je směs bez jílových složek s obsahem skelné amorfní fáze 30-70 % vyrobený sklářskou technologií (Kozáková 2011, 12). Fajáns se od keramické hmoty liší absencí plastické jílové složky, přestože technologie výroby se keramické velmi podobá (Kozáková 2011, 13).

### 7.1 Postdepoziční procesy specifické pro sklo

Po depozici na sklo působí vlhkost a pH půdy. Při styku s vodou se narušují vazby na jeho povrchu, vyluhují se alkálie a nevázaný kyslík začne reagovat s prostředím. Chemickou odolnost zvyšují křemík, titan, hliník a zirkon, v menší míře i hořčík, vápník, baryum a olovo (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 89). Skla s vyšším obsahem alkálie jsou k vodní korozi náchylnější (Klebsa 1981, 75-77) a sodná skla jsou odolnější než draselná, protože větší ionty jsou v křemičité síti vázány slaběji a snáze se vyluhují. Korozní vrstvy draselného a sodného skla se liší (Kozáková 2011, 24).

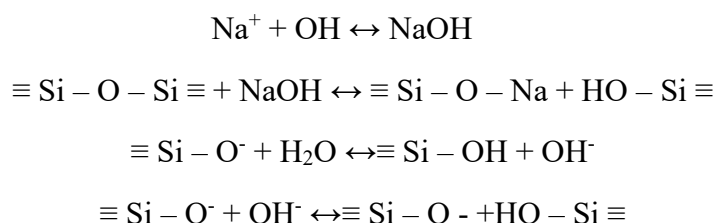
Při krátkodobém vystavení vlhkosti vodní pára na skle kondenzuje, do reakce vstupují oxid uhličitý a oxid siřičitý ze vzduchu. Na povrchu skla se vytváří tenký film, který plyny absorbuje a v němž začíná probíhat výměna iontů sodíku a draslíku, které jsou nahrazovány ionty  $H^+$  nebo  $H_3O^+$  a sklo se vyluhuje:



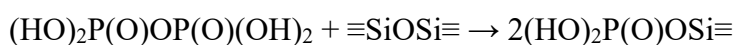
Vyloužené ionty jsou odplavovány a pokud se odplavují dostatečně rychle, může povrchová vrstva ochuzená o alkálie sklo před další korozi chránit, přičemž vzniká nejčastěji vrstva uhličitanů, síranů a křemičitanů:  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $CaCO_3$ ,  $K_2Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$ , a z 90 % hydratovaný gel kyseliny křemičité s vazbami Si-OH s molekulami vody jak absorbované, tak i v hydroxidových skupinách. Rezidua v podobě těžších prvků hliníku, železa, manganu a olova tvoří zbytek obsahu. V tomto případě není narušena křemičitá vazba, reagují pouze vazby mezi kyslíkem a modifikátory. Pokud se ve skle vytvoří praskliny, může jimi voda

postupovat skrz ochrannou vrstvu. V případě odpaření vody zůstanou na povrchu korozní produkty v podobě alkalických uhličitů, síranů, uhličitanu vápenatého,  $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$ , v menší míře pak síran draselný, chlorid draselný a chlorid sodný, které začínají sklo rozpouštět. Při konzervaci je nutné zamezit rychlému vysušení. Po odstranění alkálií z povrchu se sklo pokryje vrstvou s vyšší koncentrací oxidu křemičitého (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 92-94).

Vyloužené ionty zvyšují pH okolního prostředí, reagují s atmosférickým oxidem uhličitým a zpětně působí na sklo. Vzniklý koncentrovaný hydroxid rozrušuje vazby mezi křemíkem a kyslíkem a způsobuje silnou korozi. V zásaditém prostředí ( $pH > 12$ ) je proces rychlejší a velmi agresivní. Je narušena křemičitá síť, netvoří se povrchová křemičitá vrstva, materiál ubývá, a oxid křemičitý ve zvýšené míře přechází ze skla do roztoku (Kozáková 2011, 22-23):



Kyselina fosforečná a kyselina fluorovodíková na skle netvoří vrstvu jako jiné kyseliny, ale rozpouštějí je do hloubky. Kyselina fosforečná se může vyskytovat v hrobech – fosfátový anion  $PO_4^{3-}$  v hydroxyapatitu, který se ukládá v kostech (nebo může pocházet z dřevěného popela), se při žárovém pohřbu přeměňuje, a pokud je následně kost uložena ve vlhkém prostředí, může vznikat kyselina fosforečná. Ta korozi nezpůsobuje sama o sobě, ale dimer kyseliny, který vzniká její polymerací při dehydrataci, ano. V reakci se sklem pak vzniká křemičitý fosfát, který tvoří na skle povlak:



Pokud degradace prostoupí do celého střepu, mění se jeho barva na hnědou až černou, což je vysvětlováno přítomností inkluzí v lamelách vylouženého skla obohacených manganem. Hnědé a černé vrstvy na povrchu mohou být způsobovány také obsahem iontů železa v křemičité vrstvě (Klebsa 1981, 75-77, Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 92-94). Při dlouhodobém uložení v půdě se na povrchu tvoří praskliny a lamelovité struktury v podobě tenkých vrstev, které tvoří iridescentní povrch (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 92-94).

Působením korozních činitelů se může sklo zmatňovat nebo se na něm vytvoří bílá nebo černá vrstva. Vlivem dehydratace sklo praská a odlupuje se a mohou se tvořit drobné prasklinky (Dvořák 2010, 19). Při biokorozi ve styku s organickými kyselinami se tvoří vrstvy

s draslíkem, sírou, fosforem, vápníkem, fází  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  a  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  – šťavelan vápenatý, který vzniká reakcí kyseliny šťavelové, vylučované mikroorganismy, a již přítomným uhličitanem vápenatým. Tato reakce může zvýšit pH a urychlit korozi. Tyto vrstvy nepropouští vlhkost ze skla ven, sklo navíc může být poškozeno i mechanickým prorůstáním (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 92-94). Na sklech s nízkým obsahem stabilizátoru oxidu vápenatého se projevuje tzv. *crizzling*, který od vytváření zamlženého kluzkého povrchu může vytvářet drobné trhlinky nebo odpadávající šupinky, které mohou vést až k úplnému rozpadu skleněného předmětu. Dlouhodobé působení ultrafialového záření způsobuje zabarvení skla do fialova a nazývá se solarizace. Tyto dva typy koroze jsou typické pro barokní sklo, jsou uvedeny jen pro úplnost (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 92-94).

## 7.2 Plavení výplní žárových hrobů a další postupy k zachycení drobných artefaktů

Nejen korálky a další drobné artefakty, ale i makrozbytky a pylová zrnka mohou být nenávratně ztraceny, pokud se s výplní žárového hrobu nezachází vhodně. Žárové hroby bývají navíc kvůli svému mělkému zahloubení ničeny orbou, případně skryvkou při výzkumu, pokud nejsou před jeho začátkem identifikovány. I jejich preparace má svá specifika. Při rozebrání přímo na místě výzkumu bývají stejně jako ostatní objekty děleny na segmenty a preparovány po vrstvách s kontrolou v řezu, nebo se postupuje od okrajů ke středu s odhadem dostatečné rezervy kolem samotného hrobu. Pokud jsou jednotlivé situace vyzvedávány samostatně, odebírá se z jejich okolí zemina, což vede ke ztrátě informací. V ideálním případě se celý hrob vyzvedne v bloku a preparuje až v laboratoři. V tom případě se odkrývá jen svrchu, aby se zjistilo, jak je velký, a je před ním vyhlouben prostor pro manipulaci, nebo se odstraní zemina kolem – metoda tzv. „na šuplík“. Vhodná je fixace bloku fólií a sádrovým obvazem po níž se blok odřízne od podkladu. Pro větší situace je vhodnější použít dřevěné bednění (Šírová 2023, 30-34).

V rámci snahy o získání co největšího množství informací o skladbě výbavy a její poloze je nutná fotografická dokumentace v různých fázích preparování žárového hrobu (Šírová 2023, 18), zaznamenává se tvar, rozměry, podloží a vyplňuje se kontextový formulář. Je možné vytvořit 3D model průsekovou fotogrammetrií, k menšímu modelu stačí i běžné fotografie, 3D skenování je vhodné pro velké a komplexní situace. Výstup z počítačové tomografie pomůže vytvořit si představu o celém bloku (Šírová 2023, 34-37). Křehkou keramiku je vhodné čistit pouze na sucho nebo opatrně navlhčit pouze vrstvu zeminy tak aby

voda nepronikla až ke střepu (Šírová 2023, 37-43). Křehkou, rozpadající se keramiku lze konsolidovat, to ale znemožní následné analýzy (Šírová 2023, 43-46). Povrch keramiky není nutné vždy čistit, vrstva zeminy může předmět ochránit před korozi a mechanickým poškozením a totéž platí u skleněných korálek (Šírová 2023, 79-81).

Cenné informace mohou poskytnout proteiny a lipidy uchované v nádobě, k jejich analýze se používá hmotnostní spektrometrie a plynová chromatografie (Šírová 2023, 82). Nálezy uhlíků mohou sloužit k radiokarbonovému datování a přináší poznatky o složení dřeva, případně dalších materiálů použitých na hranici (Šírová 2023, 88). Makrozbytky a pyly nesou informace o krajině a využívaných kulturních a divokých plodinách. Lze je separovat nasucho i plavením, a to i v terénu, pokud se odebraná zemina v silném pytli pošle na proplavení. Při rozdělávání v terénu se ale zvyšuje riziko odstranění nálezů s výplní. Plavit se může na plavičce, nebo ručně flotační metodou s následným přeléváním přes síta (Šírová 2023, 89-90), výplň se může plavit celá, nebo jen částečný vzorek (Šírová 2023, 31). Díky důkladnému plavení výplní hrobů a uren bylo možné identifikovat například korálky z Holubic, Noutonic a Tuchoměřic (Venclová et al. 2011, 582).

## 8 Možnosti a přínosy analýz

Možnosti poznání procesu výroby skla pomocí analýz jeho složení jsou omezené. Nelze vždy rozlišit, ze které složky prvek pochází, jeho obsah se může lišit i v závislosti na použité části rostliny v případě popelových skel. Další změny může způsobit úprava suroviny jako je její čištění nebo pražení. Například informace o přesném postupu mísení primárních skel na Blízkém východě bylo možné získat až z písemných pramenů, z výsledku analýz by patrný nebyl. Vždy tedy předpokládáme nejmenší možný počet složek (Shortland – Eremin 2006, 582-589). Do skloviny mohou být vnášeny příměsi z tavících pánví a stěn pece nebo může být zdrojem daného prvku recyklované sklo. Na základě majoritních a stopových prvků tedy nelze vždy spolehlivě určit původ suroviny (konkrétní surovinu, ani její geografický původ), v některých případech je to ale možné díky izotopům (Henderson – Evans – Nikita 2010, 3). Kontrast mezi geologickým stářím surovin a lokálního podloží je dobře patrný na výsledcích EPMA a TIMS v případě izotopů neodymu a stroncia. Pomocí analýzy ingotů, surového skla, nádob a korálek z Mezopotámie, Egypta a Řecka bylo tak možné je rozdělit na mezopotámské a egyptské s řeckým. Mezopotámské sklo má méně stroncia a jeho poměr  $^{87}\text{Sr}$  a  $^{86}\text{Sr}$  je variabilnější (to ukazuje, že rostliny byly nasbírány z širší oblasti), druhá skupina skla má více neodymu i stroncia a poměr  $^{143}\text{Nd}$  a  $^{144}\text{Nd}$  je variabilnější, zatímco stroncium

nikoliv (to ukazuje, že centrum výroby mohlo být jen jedno, zřejmě Amarna). Řecké mladší geologické podloží vzniklo erozí čedičových pohoří Pindos a Taurus, egyptské podloží je tvořeno náplavami Nilu z Etiopské vysočiny a sedimenty ze Sahary. Rozdílné geochemické půdní podmínky se odráží v různém obsahu chromu a draslíku v popelových sklech.

Interpretace analýzy každé ze složek přináší specifická úskalí. Snaha o rozpoznání provenience písku je nesnadná jak podle obsahu stopových prvků europia a ceria (respektive rozdíly v jejich frakcionaci za různých podmínek) pro raně středověké sklo, tak podle složení magnetitu a rohovce v oblasti Asuánské přehrady pro egyptské starověké sklo. Písek se v krajině přemísťuje a není homogenní, není tak silně vázaný na lokalitu jako jiné suroviny (Henderson 1985, 286-270). Někdy lze rozpoznat použitou surovinu podle prvků, které se v ní ve stálém poměru vždy vyskytují, například vápník a hořčík u dolomitu. Další obtíž představuje rozlišení ustálené lokální výrobní tradice, případně její převzetí nebo rozšíření cestujícími skláři, experimentu jednotlivého výrobce atd. (Henderson – Evans – Nikita 2010, 3-14). Pokud výzkumem nebyla odkryta dílna, nedají se s ní provázat poznatky o distribuci hotových výrobků a ingotů z dané oblasti (Venclová 1990, 15).

K poznání skla slouží zobrazovací metody a invazivní a neinvazivní analýzy. K invazivním je třeba nevratně odebrat množství materiálu, které bude zničeno, třebaže malé. Problematický může být výběr místa vzorku, který musí být reprezentativní vzhledem k celku. Optická mikroskopie umožňuje detailní prozkoumání povrchu korálku, pod ultrafialovým světlem pak lze rozpoznat biodegradaci a organické vrstvy. Po prozkoumání povrchu lze lépe určit místo pro odběr vzorku a je možné záměrně odebrat skelnou fázi, křemičité jádro nebo korozní produkty zvláště. Pro vytvoření 3D skenu průhledného skleněného předmětu je třeba zmatnit jeho povrch. Pomocí RTG skeneru lze vytvořit 3D model povrchu i struktury v řezech, to odhalí praskliny a použití různých materiálů. Toto se ale týká větších předmětů, než jsou korálky doby bronzové. Z předmětu se pro analytické metody odebírají nábrusy (zalití do pryskyřice) nebo větší výbrusy (zbroušený a naleštěný vzorek se fixuje na podložním skle), pro některé analýzy je třeba ze vzorku vytvořit roztok.

Pro měření majoritních prvků se nejčastěji používá SEM-EDS, pro barviva a stopové prvky RFA a pro zjištění mineralogického složení krystalické fáze RDA. SEM-EDS k zobrazování využívá pohyblivý svazek urychlených elektronů, který vysílá postupně na celý povrch vzorku, a obraz se vytvoří pomocí záření při jejich interakci. Vzorek se pokovuje nebo napařuje uhlíkovou vrstvou, nepokovený lze měřit pouze ve vakuu. Nevodivé materiály je nutné poprášit nebo napařit tenkou vodivou vrstvou uhlíku, zlata a palladia. Lze tak měřit

chemické složení skla, korozních produktů nebo barevné vrstvy. K mikroskopu lze připojit analyzátor, který dovoluje vybrat i proměřit dané místo plošně nebo bodově na základě rentgenového záření (Kozáková 2011, 38). Liší se analýza energiově disperzní (EDS, EDX) a vlnově disperzní (WDS, WDX). EDS je rychlá, ale nevhodná k měření stopových prvků (0,1-0,5 %). WDS je náročnější, vzorek musí být umístěný v rovině, ideální je nábrus. Tato metoda má nižší citlivost (stovky ppm), je vhodná pro stopové prvky. Obě jsou nedestruktivní (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 95-115). Vizualizace probíhá pomocí sekundárních elektronů (SEI). Pomocí zpětně odražených elektronů (BEI) je možné zobrazit morfologii povrchu a změřit atomová čísla prvků v měřeném místě. (Fáze, které se liší atomovým číslem jsou například kaliva a šlíry.) Pomocí ESEM (environmentálního elektronového rastrovacího mikroskopu) lze stanovit stupeň poškození (Dvořák 2010, 23). SEM má v České republice k dispozici Ústav petrologie a strukturní geologie při Univerzitě Karlově, Ústav skla a keramiky při VŠCHT Praha a Fakulta chemickotechnologická při UPce, ESEM pak Vědecko-výzkumné centrum kulturního dědictví České republiky při NM, Centrum výzkumu materiálů při UPOL a Ústav geologických věd při MU (Dvořák 2010, 23).

EPMA je nedestruktivní metoda měřící chemické složení a může také stanovit stupeň koroze. Mikrosonda se skládá z elektronového mikroskopu a RTG spektrometru. Ten mívá jeden EDX, který se používá pro majoritní prvky a tři až pět WDX, ty se používají pro stopové i hlavní prvky (Dvořák 2010, 21). U nás je EPMA dostupná ve Vědecko-výzkumném centru kulturního dědictví České republiky v NM a v Ústavu geologických věd při MU Brno (Dvořák 2010, 22).

RFA je nejrozšířenější nedestruktivní prvková analýza. Měří sekundární rentgenové záření vyslané vzorkem při interakci se zdrojem záření. V závislosti na absorbované energii se ve vzorku elektrony z vnitřních elektronových hladin přesouvají výše a při zaplnění elektrony z vyšších vrstev přebytečnou energii vyzáří ve formě fotonů, které jsou změřeny. V nich se promítne rozdíl mezi elektronovými hladinami, které se u každého prvku liší. Takto lze zjistit kvantitativní zastoupení prvků i prvkové složení korozních produktů (Kozáková 2011, 39). RFA lze provádět i neinvazivně z povrchu ručním přístrojem, ale tento postup má nižší mezi detekce prvků (jen od hliníku po uran). Pomocí mikro-RTG se měří pouze vybraná mikrooblast (od fluoru po uran). Rentgenem je možné zobrazit heterogenní materiály pomocí tomografie ve 2D i 3D. To je vhodné například pro průzkum koroze. V České republice je na RFA vybavené Vědecko-výzkumné centrum kulturního dědictví České republiky pod NM v Praze, Ústav skla a keramiky ve spolupráci s Centrálními

laboratořemi VŠCHT a Centrum výzkumu nanomateriálů při UPOL (Dvořák 2010, 25). RDA probíhá pomocí ozařování různě orientovaných krystalků ve vzorku svazkem paprsků. Pozice některých z nich zesílí difraktované záření a lze je detekovat (Kozáková 2011, 39).

LA ICP MS dokáže měřit majoritní prvky, stopové prvky i izotopy a je citlivější než RFA. Hmotnostní spektrometrie funguje na principu interakce nabitých částic s elektrickým nebo magnetickým polem ve vakuu. Hmotnostní spektrometr se skládá z iontového zdroje, analyzátoru a detektoru částic. Je třeba připravit roztok vzorku, který se rozprašuje do argonového plynu, je vháněn do hořáku a argonové plazma je udržováno střídavým vysokofrekvenčním magnetickým polem. Měří se hmotnostní spektra, při variantě ICP OES se měří emisní spektra (Dvořák 2010, 30-32). Při TOFMS se používá průletový analyzátor rozdělující ionty na základě rozdílné doby letu, který má oproti kvadrupólovému analyzátoru vyšší rozlišovací schopnost (Friedecký – Lemr 2012, 154). Metoda je částečně destruktivní, ale stačí velmi malé množství. U nás je dostupná v Laboratoři geologických ústavů při Univerzitě Karlově na Ústavu chemie při MU a v Centrální laboratoři České geologické služby (Dvořák 2010, 30-32).

NAA měří majoritní i stopové prvky. Vzorek je ozařován v jaderném reaktoru, přičemž vznikají nuklidy, které se následně rozpadají a emitují gama záření, které je měřeno. U nás je dostupná v Laboratoři analýz a modifikace látek iontovými svazky na Ústavu jaderné fyziky AV ČR (Dvořák 2010, 33).

PIXE pomocí svazku urychlených iontů, nejčastěji protonů, vyvolá ze vzorku rentgenové záření, které se změří. Lze měřit škálu od sodíku po uran, specializované přístroje dovedou změřit i kyslík a uhlík. Ruční přístroje mají nižší citlivost, protože měření probíhá za normálního tlaku. PIGE je komplementární metoda, která detekuje promptní fotony záření gamma, tedy záření vznikající při jaderných reakcích s jádru atomů, které je ve vzorku vyvoláno dopadem urychlených iontů. Využívá se k detekci lehkých prvků. Obě metody jsou nedestruktivní a mají nižší mez detekce než RFA, jde o jednotky až desítky ppm. Metoda je velmi nákladná a nevyužívá se běžně (Zlámalová Cílová – Šefců 2021, 95-115).

AAS měří pouze stopové prvky, ale vždy jen jeden, pak je nutné vyměnit katodu. Metoda je destruktivní, vzorek se připraví ve formě roztoku. V ČR je dostupná v Laboratoři atomové absorpční spektrometrie při VŠCHT, v Centrální Laboratoři České geologické služby a v Laboratoři geologických ústavů při Přírodovědecké Fakultě UK (Dvořák 2010, 33-34).

Mezi používané strukturní analýzy patří Ramanova spektroskopie a infračervená neboli vibrační spektroskopie. Ramanova spektroskopie je vhodná pro chemickou analýzu,



stanovení míry devitrifikace a používá se pro odhad výrobní technologie. Vhodná je kombinace s infračervenou spektroskopií, protože měří odlišná komplementární spektra. Ramanův rozptyl vzniká při interakci mezi fotony dopadajícího světla s vibračními a rotačními stavy atomů nebo molekul. Rozptýlené a dopadající záření se liší délkou, což je možné změřit. U nás je možné ji využít ve Společné laboratoři chemie pevných látek UMCh AV ČR a UPce a na Katedře analytické chemie UPOL (Dvořák 2010, 26). Výstupem UV-FAR IR (infračervené spektroskopie) je charakteristika fázového složení na základě vazeb prvků, je tedy vhodná pro zjištění fázového složení včetně amorfních látek nebo formy vázané vody (zda je ve formě OH<sup>-</sup> skupin). Dostupná je v Centru výzkumu nanomateriálů při Univerzitě Palackého ve Společných laboratořích chemie pevných látek UMCh AV ČR a na Katedře analytické chemie UPOL (Dvořák 2010, 25).

NMR (nukleární magnetická rezonance) určí stupeň depolymerace. Poskytuje tedy informace o složení a struktuře molekul a o množství zkoumané látky. Dostupná je v Laboratoři NMR spektroskopie v Centrálních laboratořích VŠCHT, v Laboratoři NMR spektroskopie při Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a v Laboratoři NMR spektroskopie na Katedře anorganické chemie při Přírodovědecké fakultě MU (Dvořák 2010, 27-28). Katodová luminiscence identifikuje minerály a struktury, které jinak detekovat nelze, pomocí měření obsahu vzácných zemin, kterými v případě skla mohou být cizorodé materiály ze stěny pece. Provozuje se na Katedře geologie UPOL na Ústavu geologických věd MU (Dvořák 2010, 28). Fluorescenční mikroskopie zjišťuje biologické narušení skla a distribuce uranu a vzácných zemin. U nás se provádí na Katedře geologie UPa, na Ústavu geologických věd MU a na Ústavu experimentální biologie MU (Dvořák 2010, 29). XAS (*X-ray absorption spectroscopy*) je nedestruktivní chemická analýza anorganických složek, ve skle poškozeném korozi tedy například například stavu oxidace manganu a železa (Janssens 2013, 79-80).

## 9 Závěr

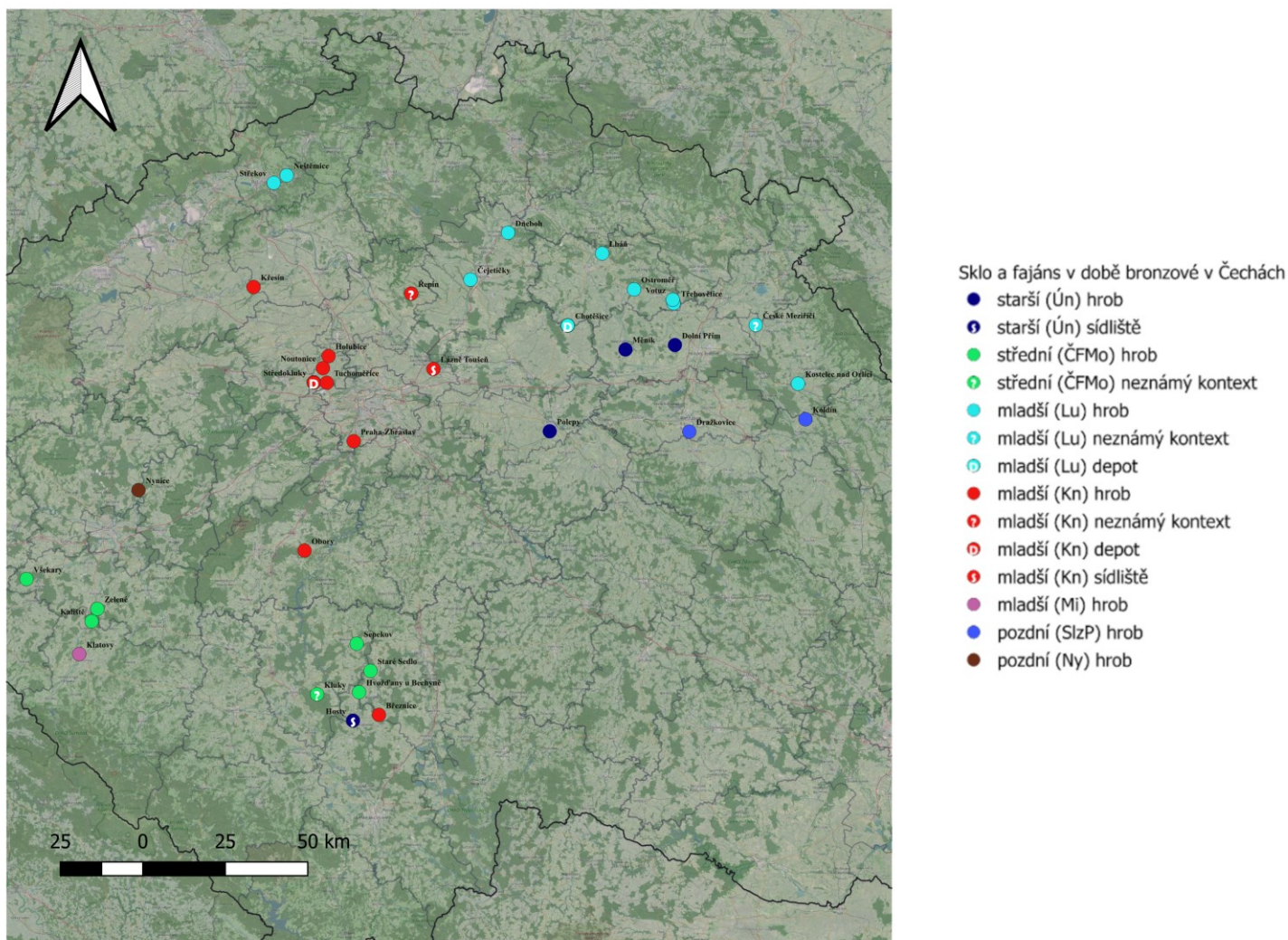
Cílem práce bylo sestavení aktuálního přehledu nálezů fajánse a skla doby bronzové v Čechách. K tomuto účelu jsem kromě starších nebo částečných katalogů (Venclová 1990, Venclová et al. 2011, Ferenczová 2017) prostudovala databázi AMČR a záznamy z dřívějšího BZO, databázi NM, soupisy sbírek publikované v ZČAS/ZČSSA Supplément a publikace výzkumů doby bronzové v základních periodikách (VSH, AVSČ, AZČ, AVJČ, AVČ) a souhrnných monografiích (Vokolek 2003 a Kytlicová 2007). Bylo tak možné přidat alespoň jeden nový nález pro každé období doby bronzové v Čechách, a to buď díky novým

výzkumům nebo publikaci starších výzkumů. Některé nové nálezy nebyly zatím v rámci této práce dohledány a zdokumentovány v muzeích (lokality Hosty, Koldín, Kostelec nad Orlicí a Toušeň), některé údaje tedy v databázi chybí a jejich doplnění může být cílem navazující práce. Soupis obsahuje celkem přibližně 380 korálků, z toho 43 ze starší doby bronzové, 12 ze střední doby bronzové, kolem 270 z mladší doby bronzové a kolem 52 z pozdní doby bronzové. Potvrdil se předpoklad, že v Čechách jakožto západním výběžku východního distribučního okruhu nebývá nalézáno takové množství korálků jako ve východnějších oblastech na Moravě a na Slovensku, a zejména v Polsku, což může být způsobeno odlišnými preferencemi různých kulturních okruhů a různými sítěmi distribuce. Pomocí archeometrických analýz je možné určit místo výroby skla a pozorovat tak odlišnou ekonomickou a kulturní orientaci různých současných kultur. Zatímco ve starší a střední době bronzové se zdá být zkoumané území napojeno na Blízký východ, v mladší době bronzové lze Čechy rozdělit na sféru lužické kultury, do níž bylo importováno sklo typu HMG z jižního nebo východního Středomoří, a knovízské kultury s korálky typu LMHK s bílou výzdobou pocházející ze severoitalské Frattesiny. Skleněné korálky mladší a pozdní doby bronzové mohou snadno uniknout pozornosti, je proto vhodné výplně žárových hrobů systematicky plavit.

Korálky ze sklovitých hmot byly pravděpodobně pro svůj výjimečný vzhled a vlastnosti materiálu ceněny jako apotropaické, což dokládá zvýšená míra jejich výskytu v hrobech žen a dětí. Jako nadregionální import, často se vyskytující s kovovými předměty a jantarem a zřejmě také vázané na dopravu po jantarové stezce, mohlo být luxusním předmětem signalizujícím společenské postavení. Jeho distribuce v rámci širší Evropy může být předmětem navazující práce, ve které by měla být větší pozornost přikládána nálezovému kontextu a dalším luxusním předmětům, které bývají se skleněnými korálky nalézány. Interpretace výsledků archeometrických analýz bývají často nejednoznačné, je vhodné sledovat spíše obecnější trendy v distribuce dobře odlišitelných typů skla různého složení. Srovnání hotových výrobků se surovým sklem z našeho území není v tomto období kvůli absenci lokálních dílen možné, kvůli malému množství korálků je také obtížné formulovat obecné závěry. Význam by mělo provedení analýz typologicky neobvyklých korálků nebo sledování geografického rozložení nálezů ve spojitosti s předpokládanými obchodními trasami.

## 10 Soupis nálezů fajánse a skla doby bronzové v Čechách

Za evidenční jednotku databáze (k práci je připojena v elektronické podobě) byl zvolen soubor korálek téhož typu z téhož kontextu uložený pod týmž inventárním číslem. V tabulce jsou nálezy řazené abecedně podle katastrálního území, lokalizace je upřesněna v polích **lokalita** (číslo parcely, číslo popisné, PIAN), případně v poli **slovní upřesnění**. Výzkum je zaznamenán v podobě **roku** a **vedoucího výzkumu** (pokud jsou známy). **Datace** je vyjádřena zkratkou stupňů P. Reineckeho, většinou bylo možné doplnit i **kulturu**. Číselný kód popisující barvu, tvar atd. byl přejat z Prehistoric glass in Bohemia (Venclová 1990). V poli **literatura nález** je uvedena literatura převážně k nálezům skla, někdy i obecněji k výzkumu. Nálezy byly očíslovány podle kvality dat na škále 1-3 (hodnotové číslo). Nejspolehlivější data označená **1** pocházejí z novějších výzkumů, které jsou dobře lokalizované a korálky byly v institucích možné dohledat. Nejméně spolehlivá data se váží na korálky ztracené, špatně dokumentované, ze starých nelokalizovatelných výzkumů. Zvláštní skupinu tvoří nálezy, které bez revize nelze do přehledu zařadit kvůli nespolehlivé dataci (označené **X**) a nálezy prokazatelně datované do jiného období, které mohly být dříve chybně datovány do doby bronzové. Ty jsou do přehledu zahrnuty pro upřesnění a aby se zamezilo opakování chyby při případném dohledávání informací ze starší literatury. Jsou v poli **Kvalita dat** označeny **XX**. Následují údaje o **uložení** v instituci včetně **inventárního čísla**. Pokud byly provedeny analýzy, jsou uvedeny s odkazem v polích **analýzy**, **odkaz analýzy** a **poznámka analýzy**. Poslední tři sloupce jen označují, zda nálezy byly uvedeny ve dvou základních publikacích (Venclová 1990 a Venclová et al. 2011) a zda jsou vedeny v současné databázi sbírky Národního muzea (sloupce **V90**, **V11**, **NM**).



**Obr. 14.** Nálezy skla a fajánsu doby bronzové v Čechách zobrazené na mapě. Mapový podklad: Google Sattelite, OSM Standard, ArcČR 500. Zpracování: L. Janoutová.

## Elektronické zdroje

Venclová et al. 2011: Databáze VITREA. Dostupné z:

<http://www.arup.cas.cz/cz/VITREA/index.htm>.

## Zdroje

Alexejeva, E. M. 1970: Klassifikacija antičnych bus. In: B. A. Kolčin – Ja. A. Šer (eds.), Statistiko-kombinatornye metody v archeologii, Moskva, 59-82.

Alexejeva, E.M. 1975: Antičnje busy Severnogo Pričernomor'ja I. Archeologija SSSR. Moskva.

Angelini, I. et al. 2002: Project Glass materials in the protohistory of North Italy: a first summary. In: *Atti del II Congresso Nazionale di Archeometria*, Bologna: Patron Editore, 581–595.

Angelini, I. et al. 2004: Chemical analyses of Bronze Age glasses from Frattesina di Rovigo, Northern Italy. *Journal of Archaeological Science* 31, 1175–1184.

Ankner, D., 1965: Chemische und physikalische Untersuchungen an vor- und frühgeschichtlichen Glasern, *I Techn. Beitr. Archäol.* 11, 74-104.

Artioli, G. – Angelini, I. – Pollaz, A. 2008: Crystals and phase transitions in protohistoric glass materials. *Phase Transitions* 81, (2–3), 233–252.

Aspinall, A. et al. 1972: Neutron activation analysis of faience beads, *Archaeometry* 14, 27-40.

Bartoš, V. 1998: Kluky, okr. Písek. *Výzkumy v Čechách 1996-7*, 71.

Bátora, J. 2018: Slovensko v staršej dobe bronzovej. Bratislava.

Beck, H. C. 1928: Classification and Nomenclature of Beads and Pendants, *Archaeologia (Cambridge)* 77, 1-76.

Beck, H. C. 1934: Glass before 1500 BC, ancient Egypt. London.

Beck, H.C. – Stone, J.F.S. 1936: Faience beads of the British Bronze Age, *Archaeologia* 85, 203-52.

Bellintani, P. 2012: Bronze Age Vitreous Materials in Italy. In: I. Lazar (ed.), *Annales du 19<sup>e</sup> congrès de l'association internationale pour l'histoire du verre*, Piran, 15-21.

Beneš, A. 1984: Pravěká osada z doby bronzové na soutoku Lužnice a Vltavy. Předstihový archeologický výzkum v Hostech 1981-1983. Týn nad Vltavou.

Beneš, A. 1988: Sídliště ze starší doby bronzové u Hostů, České Budějovice. *AVJČ* 5, 7-26.

Beneš, J. – Bumerl, J. – Chvojka, O. 2013: Březnice, okr. Tábor. *Výzkumy v Čechách 2011-2012*, 31.

Biernacka, P. et al. 2023: Archaeometallurgical research into the ironworking activities of the Medieval Harbour at Hoeke (Belgium). *STAR: Science & Technology of Archaeological Research* 9 (1). <https://doi.org/10.1080/20548923.2023.2257067>.

Bimson, M. – Freestone, I. C. (eds.) 1987: *Early Vitreous Materials*. British Museum.

- Biron, I. - Chopinet, M.-H. 2013: 1.3 Colouring, Decolouring and Opacifying of Glass. In: K. Janssens (ed.), *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, Wiley, 49-66.
- Brill, R.H. 1970: The chemical interpretation of the texts. In A.L. Oppenheim et al., *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia*, New York, 105-128.
- Brill, R. H. 1999: *Chemical Analysis of Early Glasses 1 & 2*. New York.
- Brill R. H. – Stapleton, C. P. 2012: *Chemical analyses of early glasses, 3 The years 2000–2011, Reports and essays*. New York.
- Brnič, Ž. 1997: Koldín, okr. Ústí nad Orlicí. *Výzkumy v Čechách 1993-5*, 101.
- Břicháček, P. 1981: Milevsko, okr. Písek. *Výzkumy v Čechách 1976-7*, 82.
- Callmer, J. 1977: *Trade beads and bead trade in Scandinavia ca. 800-1000 A. D.* Bonn-Lund.
- Cílová, Z. – Tisucká, M. 2011: Analýza skleněných korálek z mohylových pohřebišť metodou EPMA. *ČNM, Řada historická 180*, 82–88.
- Černá, E. – Nový, P. – Venclová, N. 2021: Historie sklářské výroby. 1.1. Výroba a zpracování skla. In: J. Podliska et al. 2021, *Sklo z archeologických výzkumů*, Technické muzeum v Brně, 15-17.
- Čujanová-Jílková, E. 1970: *Mittelbronzezeitliche Hügelgräberfelder in Westböhmen*. ASM 8. Praha.
- Čujanová, E. 1983: Dokument C-TX-198303453. Archeologický ústav AV ČR, Praha, v.v.i.. Dostupné z: <https://digiarchiv.aiscr.cz/id/C-TX-198303453>.
- Daněček, D. et al. 2015: 120 let odkryvů pohřebního okrsku doby bronzové v Holubicích, okr. Praha-západ. In: *ZČAS Suppl. 97*, 28-29.
- Dekówna, M. 1980: Methods of examining ancient glasses. In: J. Schild (ed.): *Unconventional Archaeology*, Wrocław: Ossolineum, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 213–233.
- Dobeš, M. 1992: Archeologická sbírka bývalého muzea v Podbořanech. *ZČAS Suppl. 15*. Praha.
- Domečka, L. 1910-12: Hroby a kulturní jámy skrčků na Hradecku, PA XXIV, 459-466.
- Douglas, R. W. 1964: William Ernest Stephen Turner. 1881-1963. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 10*, 325-355.

- Drobilič, I. 2020: Typologie strusek z archeologických nálezů a metodika jejich určování. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- Dubský, B. 1949: Pravěk jižních Čech. Blatná.
- Duška, J. 1898: Nálezy předhistorické v kraji královéhradeckém. Hradec Králové.
- Duška, J. 1900: Památky po našich pohanských předcích v kraji královéhradeckém. Jaroměř.
- Dvořák, F. 1926-27: Pohřebiště únětické kultury v Polepech u Kolína, PA XXXV, 22-45.
- Dvořák, M. 2010: Archeologické sklo a možnosti jeho analytického studia v České republice. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Eisner, J. 1922-23: Jihočeské mohyly, PA XXXIII, 193-231.
- Ferenczová, B. 2017: Pravěké sklo v jižních Čechách. Bakalářská práce, FF, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. Dostupné online: <https://dspace.jcu.cz/bitstream/handle/20.500.14390/35942/Ferenczova.pdf?sequence=1>.
- Fernández-Navarro, J.-M. – Villegas, M.-A. 2013: 1.1 What is Glass? In: K. Janssens, Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass, Wiley, 1-22.
- Filip, J. 1936-37: Popelnicová pole a počátky železné doby v Čechách. Praha.
- Filip, J. 1947: Dějinné počátky Českého ráje. Praha.
- Filip, J. 1948: Pravěké Československo. Praha.
- Foster, K. P. 1979: Aegean faience of the Bronze Age. New Haven.
- Frána, J. – Maštalka, A. 1990: The neutron activation analysis. In: Malinowski, T. ed., Research on glass of the Lusatian and Pomeranian cultures in Poland, Słupsk, 37-85.
- Freestone, I.C. 2001: Post-depositional changes in archaeological ceramics and glasses. In: D.R. Brothwell – A.M. Pollard (eds.), Handbook of archaeological science, Chichester, 615–626.
- Freestone, I. 2005: The provenance of ancient glass through compositional analysis. In: B. Pamela et al., Materials Issues in Art and Archaeology VII, Materials Research Society symposium proceedings 852, Warrendale, OO8.1.13.
- Friedecký, D. – Lemr, K. 2012: Úvod do hmotnostní spektrometrie. Klin. Biochem. Metab. 20/41/3, 152–157.
- Fröhlich, J. 1975: Varvažov, okr. Písek. Výzkumy v Čechách 1973, 175.

Fröhlich, J. 1977: Praveké sklo v jižních Čechách, Výběr z prací členů Historického klubu při Jihočeském muzeu v Českých Budějovicích 14 (2), 83-87.

Fröhlich, J. 1998: Kluky, o. Písek. Výzkumy v Čechách 1996-1997, 71-73.

Furmánek, V. – Mitáš, V. 2010: Pohřební ritus západní enklávy jihovýchodních popelnicových polí. Analýza pohřebiště v Radzovicích (Slovensko), PA 101, 39-110.

Gessner, V. 1947: Vom Problem der spätbronzezeitlichen Glasperlen. In: W. Drack – P. Fischer (eds.), Beiträge zur Kulturgeschichte. Festschrift, 80.

Reinhold Bosch zu seinem sechzigsten Geburtstag (Aarau 1947) 80–98.

Gratuze, B. – Billaud, Y. 2014: Inventaire des perles en verre et en faïence de l'Age du Bronze originaires des ateliers de la région de Frattesina retrouvées en France. In: S. Ciappi – A. Larese – M. Ubaldi (ed.), Il vetro in età protostorica in Italia, Atti delle XVI Giornate Nazionali di Studio, Adria (RO), 12-13 maggio 2012, Cremona, AIHV-Comitato Nazionale Italiano, p. 25-37.

Günzel, F. V. 1911: Einige prähistorische Funde aus dem Saazer Lande, PZ III, 300-307.

Haevernick, Th. E. 1949–1950: Hals- und Haarschmuck. In: O. Uenze, Der Hortfund von Allendorf. PZ 34–35, 213–217.

Haevernick, T. E. 1958: Glasperlen aus der bronzezeitlichen Hügelgräberkultur im Gebiet von Schwarz. In: R. Feustel, Bronzezeitliche Hügelgräberkultur im Gebiet von Schwarz /Südthüringen/, Weimar, 20-21.

Haevernick, T. E. 1960: Die Glasarmringe und Ringperlen der Mittel- und Spatlarenezeit auf dem Europäischen Festland, Rudolf Habelt, Bonn.

Haevernick, Th. E. 1978: Urnenfelderzeitliche Glasperlen, ZSAK 35, 145-157.

Harden, D. B. 1957: Glass and Glazes. In: History of technology II. Oxford, 311-346.

Harden, D. B. 1969: Ancient Glass. 1 Pre-roman, The Archeological Journal 125, 46-72.

Harden, D. B. 1970: Ancient Glass, 2 Roman, The Archaeological Journal 126, 44-77.

Harden, D. B. 1972: Ancient Glass, 3 Post Roman, The Archaeological Journal, 128, 78-117.

Harding, A. 1971. The earliest glass in Europe. AR 23, 188–200.

Harding, A. 1984: The Mycenaeans and Europe. Londýn.

Harding, A. 2000: European Societies in the Bronze Age. Cambridge.



- Harding, A. F. – Warren, S. E. 1973: Early bronze age faience beads from central Europe, *Antiquity* XLVII, 64–66.
- Hartmann, G. et al. 1997: Chemistry and Technology of Prehistoric Glass from Lower Saxony and Hesse, *Journal of Archaeological Science* 24, 547–559.
- Hásek, I. 1955: Českomoravské zlaté nálezy z doby bronzové, *AR VII*, 659-676.
- Hellich, J. 1913: Poklady předvěkého zlata z Poděbradska, *PA XXV*, 27-36, 67-79.
- Henderson, J. 1985: The raw materials of early glass production (Europe). *Oxford Journal of Archaeology* 4, 267 - 291.
- Henderson, J. 1988a: Glass production and Bronze Age Europe. *Antiquity* 62, 435-451.
- Henderson, J. 1988b: Electron probe microanalysis of mixed alkali glasses. *Archaeometry* 30, 79–91.
- Henderson, J. 1993: Chemical analysis of the glass and faience from Hauterive-Champréveyres, Switzerland. In: A.-M. Rychner-Faraggi, *Métal et parure au Bronze final, Hauterive-Champréveyres 9*. *Archéologie neuchâteloise* 17, 111–117.
- Henderson, J. 2013: *Ancient Glass: An Interdisciplinary Exploration*. Cambridge.
- Henderson, J. et al. 1987: Cremation slag: a substance found in funerary urns. In: A. Boddington et al., *Death, decay and reconstruction: approaches to archaeology and forensic science (Manchester)*, 81–100.
- Henderson, J. – Evans, J. – Nikita, K. 2010: Isotopic evidence for the primary production, provenance and trade of late Bronze Age glass in the Mediterranean, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 10, (1), 1–24.
- Henderson, J. et al. 2015: Production, mixing and provenance of Late Bronze Age mixed alkali glasses from northern Italy: An isotopic approach. *Journal of Archaeological Science* 55, 1–8.
- Hložek, J. 2009a: Výzkumy společnosti Archeocentrum – Institut pro archeologii a památkovou péči středních Čech o. p. s. v roce 2008. Holubice, okr. Praha-západ. *SVS* 27, 160–163.
- Hložek, J. 2009b: Dokument C-TX-201603175. Archeologický ústav AV ČR, Praha, v.v.i.. Dostupné z: <https://digiarchiv.aiscr.cz/id/C-TX-201603175>.
- Hodges, H. 1992. *Technology in the ancient world*, New York: Barnes and Noble, 2nd Edition.
- Horáková-Jansová, L. 1931: Žárový hrob z pozdní doby bronzové ze Zbraslavi, okr. Praha-venkov, *Zprávy StAÚ II-III*, 84-86.

- Hrala, J. 1985: Obory, okr. Pardubice. Výzkumy v Čechách 1982-3, 119.
- Hrala, J. 1987: Obory, okr. Pardubice. Výzkumy v Čechách 1984-85, 139-140.
- Hrala, J. 2000: Profil knovízskou žárovou nekropolí u Obor. AR 52, 623–631.
- Hralová-Adamczyková, J. 1957: K problémům pozdní doby bronzové v Pojizeří, SNM, řada A – Historická XI (1), 3-55.
- Hralová, J. 1974: Nálezy z lužického pohřebiště u Neštěmic, ČNM CXLIII (1-2), 23-41.
- Hůrková, J. 1997: Klatovy, okr. Klatovy. Výzkumy v Čechách 1993-1995, 99.
- Hůrková, J. 1996: Okresní muzeum v Klatovech. Katalog pravěké a středověké sbírky. ZČAS Suppl. 27. Praha.
- Charleston, R.J. 1978: Glass furnaces through the ages, Journal of Glass Studies 20, 9–34.
- Chvojka, O. 2006: Jižní Čechy v mladší a pozdní době bronzové. Disertační práce. Filozofická fakulta Masarykovy univerzity v Brně. Ústav archeologie a muzeologie. Dostupné online: <https://digilib.phil.muni.cz/node/10493>.
- Chvojka, O. 2011: Rovinná sídliště doby bronzové v hornodunajském kulturním okruhu. Habilitační práce. Brno - Masarykova univerzita, fakulta filozofická. Dostupné online: <https://is.muni.cz/do/rect/habilitace/1421/chvojka/habilitace/>.
- Chvojka, O. 2021: Rovinná sídliště starší a počátku střední doby bronzové na Českobudějovicku. Studia archaeologica Brunensia 26 (1), 23-48.
- Chvojka, O. et al. 2020: Pohřební a sídlištní areály střední a mladší doby bronzové v okolí Březnice u Bechyně. AVJČ 33, 59-152.
- Ilon, G. – Kasztovszky, Z. 2016: Untersuchung spätbronzezeitlicher Glasperlen aus West-Ungarn, Archeometriai Műhely 2016/XIII (1), 55-68.
- Ingram, R. S. 2014: Vitreous beads from the Uluburun shipwreck. In: A. Golani – Z. Wygnańska, Beyond ornamentation. Jewelry as an Aspect of Material Culture in the Ancient Near East. Polish Archaeology in the Mediterranean 23/2, Special Studies: Warszawa, 225-246.
- Jackson, C. – Nicholson, P. 2010: The provenance of some glass ingots from the Uluburun Shipwreck. Journal of Archaeological Science 37. 295-301.
- Jansová, L. 1932: Prehistorické nálezy v roce 1930 a 1931. PA 38, 92-100.
- Janssens, K. 2013: 2.1 X-Ray Based Methods of Analysis. In: K. Janssens, Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass, Wiley, 79-128.

- Jiráň, L. (ed.) 2008: Archeologie pravěkých Čech 5. Doba bronzová. Praha.
- Kaczmarczyk, A. 1986: The Source of Cobalt in Ancient Egyptian Pigments. In: J. S. Olin – M. J. Blackman (eds.), Proceedings of the 24th International Archaeometry Symposium, Washington DC, 369-376.
- Kaczmarczyk, A. – Hedges, R. E. M. 1983: Ancient Egyptian faience: An analytical survey of Egyptian faience from predynastic to Roman times. Warminster: Aris and Phillips.
- Klebsa, V. 1981: Technologie skla a keramiky I. Sklo. Vysoká škola strojní a textilní v Liberci.
- Kozáková, R. 2011: Průzkum pravěkých a středověkých skel. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné online: [https://is.muni.cz/th/qw212/kozakova\\_romana\\_DP.pdf](https://is.muni.cz/th/qw212/kozakova_romana_DP.pdf).
- Kršová, M. 2013: Skleněné korálky doby bronzové a halštatské na Moravě. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Ústav archeologie a muzeologie. <https://is.muni.cz/th/o7txg/bakalarka.pdf>.
- Kruger, R. P. 2014: A Burning Question or, Some Half-Baked Ideas: Patterns of Sintered Daub Creation and Dispersal in a Modern Wattle and Daub Structure and Their Implications for Archaeological Interpretation. *Journal of Archaeological Method and Theory* 22, 883-912.
- Kytlicová, O. 1959: Příspěvek k otázce bronzových tepaných nádob z mladší a pozdní doby bronzové, *PA L*, 120-157.
- Kytlicová, O. 1991: Die Bronzegefäße in Böhmen. *Prähistorische Bronzefunde II*, 12. Stuttgart.
- Kytlicová, O. 2007: Jungbronzezeitliche Hortfunde in Böhmen. *Prähistorische Bronzefunde XX*, 12. Stuttgart.
- Lankton, J. – Pulak, C. – Gratuze, B. 2022a: Glass ingots from the Uluburun shipwreck: Glass by the batch in the Late Bronze Age. *Journal of Archaeological Science Reports* 42 (3).
- Lankton, J. – Pulak, C. – Gratuze, B. 2022b: Glass Ingots from the Uluburun Shipwreck: Addition of Glass Cullet During Manufacture and Evidence for the Changing Context of New Kingdom Egyptian Glass Production in the Late 18th Dynasty. *Journal of Archaeological Science Reports* 45, 103596.
- MacKie, E W 1976: The vitrified forts of Scotland. In: D. W. Harding (ed.), *Hillforts. Later Prehistoric Earthworks in Great Britain and Ireland*. London, 205-35.
- Makarová, E. 2008: Ženský kroj lužickéj kultúry v dobe bronzovej na Slovensku. Pokus o rekonštrukciu na základe hrobových nálezov a depotov, *Študijné zvesti* 44, 65-192.

Mattiello, L. 2018: Dokument C-TX-202100282. Ústav archeologické památkové péče středních Čech, p.o.. Dostupné z: <https://digiarchiv.aiscr.cz/id/C-TX-202100282>.

McKerrell, H. 1972: On the origins of British faience beads and some aspect of the Wessex – Mycenae relationship, PPS 38, 286-301.

Mehran, M. – Moujan, M. 2012: Egyptian faience glazing by the cementation method part 1: an investigation of the glazing powder composition and glazing mechanism. *Journal of Archaeological Science* 39 (3), 763-776.

Michálek, J. 1979: West- und südböhmische Funde in Wien. *Výzkumy v Čechách – Supplementum*, 44-65.

Mildner, S. et al. 2014: Bronzezeitliches Glas im westlichen Mitteleuropa – Funde, Zusammensetzung und die Frage nach seiner Herkunft. In: B. Nessel - I. Heske – D. Brandherm (eds.), *Ressourcen und Rohstoffe in der Bronzezeit. Nutzung – Distribution – Kontrolle. Beiträge zur Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Bronzezeit auf der Jahrestagung des Mittel- und Ostdeutschen Verbandes für Altertumsforschung in Brandenburg an der Havel*, 16. bis 17. April 2012, Brandenburg, 100-108.

Moorey, P.R.S. 1985: *Materials and manufacture in ancient Mesopotamia: The evidence of archaeology and art*, Oxford: British Archaeological Reports, International Series.

Moorey, P. R. S. 1994. *Ancient Mesopotamian materials and industries. The archaeological evidence*, Oxford.

Moretti, C. – Hreglich, S. 2013: 1.2 Raw Materials, Recipes and Procedures Used for Glass Making. In: K. Janssens, *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, Wiley, 23-48.

Moucha, V. 2013: Únětický náhrdelník z fajánsových perel z Měníka, okr. Hradec Králové. *AVSČ* 17 (1), 67-75.

Newton, R. G. – Renfrew, C. 1970: British faience beads reconsidered, *Antiquity* XLIV, Nr. 175, 199–206.

Nightingale, G. 2008: Tiny, fragile, common, precious. Mycenaean glass and faience beads and other objects. In: C.M. Jackson – E.C. Wager (eds.), *Vitreous materials in the Late Bronze Age Aegean*, Sheffield Studies in Aegean Archaeology, Oxford, 64–104.

Nikita, K. 2004: *Technological and Archaeological Investigation of Glass in the Late Bronze Age Aegean (ca.1600–1250 BC)*. PhD dissertation, University of Nottingham.

Nikita, K. – Henderson, J., 2006. Glass analyses from Mycenaean Thebes and Elateia: compositional evidence for a Mycenaean glass industry. *Journal of Glass Studies* 48, 71–120.

- Noble, J. V. 1969: The Technique of Egyptian Faïence. *American Journal of Archaeology* 73 (4), 435-439.
- Oppenheim, A.L. 1973: Towards a history of glass in the ancient Near East. *Journal of the American Oriental Society* 93, 259-266.
- Oppenheim, A.L. – Brill, R.H. – Barag, D. and Von Saldern, A. 1970: *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia*, New York.
- Panagiotaki, M. – Maniatis, Y. 2020: Aegean vitreous materials of the Bronze Age: technological transfer and local innovation. In: M. Panagiotaki et al., *Cutting-edge technologies in Ancient Greece. Materials science applied to trace ancient technologies in the Aegean world. Proceedings of two conferences held in Rhodes, 12–14 January 2018 and 11–13 January 2019*, 89-95.
- Peltenburg, E. J. 1987: Early Faïence: recent studies, origins and relations with glass. In: M. Bimson – I. C. Freestone (eds.), *Early Vitreous Materials, Occasional Paper No 56, British Museum*, 5-30.
- Petera-Rohoznický, F. 1878: Zprávy o starém pohřebišti u Libně. PA X, 590.
- Phelps, M. et al. 2016: Natron glass production and supply in the late antique and early medieval Near East: The effect of the Byzantine-Islamic transition. *Journal of Archaeological Science* 75, 57-71.
- Photos-Jones, E. et al. 2007: On the intent to make cramp: An interpretation of vitreous seaweed cremation 'waste' from prehistoric burial sites in Orkney, Scotland. *Oxford Journal of Archaeology* 26 (1), 1-23.
- Píč, J. L. 1897: Mohyly Bechyňské, PA XVII, 1-18.
- Píč, J. L. 1899: Starožitnosti země České 1/1. Čechy předhistorické. Pokolení skrčených koster. Praha.
- Píč, J. L. 1900: Starožitnosti země České 1/2. Čechy předhistorické. Pokolení kamenných mohyl. Praha.
- Píč, J. L. 1902: Žárové hroby lužického typu u Lháně, PA XIX, 249-262.
- Píč, J. L. 1905: Z archeologického bádání r. 1904. Nálezy v okolí Doksan, PA XXI, 343-350.
- Pleiner, R. – Rybová, A. (red.) 1978: *Pravěké dějiny Čech*. Praha.
- Pleinerová, I. 1966: Únětická kultura v oblasti Krušných hor a jejím sousedství 1. PA LVII, 339-458.

Plesl, E. 1955: Výzkum v Mladé Boleslavi - Čejetičkách, trat' Choboty. Lužické pohřebiště a hradiště. Referáty Liblice 1954, Praha, 2.

Plesl, E. 1961: Lužická kultura v severozápadních Čechách. Praha.

Purowski, T. 2019: Od fajansu do szkła. Kontakty ziem polskich z głównymi centrami cywilizacyjnymi w II–I tys. p.n.e. w świetle badań archeometrycznych tworzyw szklistych. Warszawa.

Purowski, T. 2020a: Glass and faience in the territory of Poland in the 2nd–1st millennium BC: production technology, origin and incoming directions Purowski, T. 2022: Identifying Bronze Age glass production centres through bead-making techniques, *Archeologia Polski* LXVII, 61-80.

Purowski, T. 2020b: New data on the technology of faience production in central Europe in the Early Bronze Age, *Archaeometry* 62 (3), 1-14.

Purowski, T. – Kępa, L. – Wagner, B. 2018: Glass on the Amber Road: the chemical composition of glass beads from the Bronze Age in Poland, *Archaeological and Anthropological Sciences* 10, 1283–1302.

Purowski, T. – Syta, O. – Wagner, B. 2019: Mycenaean and Egyptian faience beads discovered in southern Poland. *Journal of Archaeological Science: Reports* 28, 102023.

Raftery, B. – Henderson, J. 1987: Some glass beads of the later Bronze Age in Ireland. In: O. H. Frey – H. Roth – C. Dobiak Hrsg., *Glasperlen der vorrömischen Eisenzeit II (nach Unterlagen von Th. E. Haevernick)*, Marburg: Hitzeroth Verlag, 39–53.

Reinecke, P. 1911: *Glasperlen vorrömischer Zeiten aus Funden nördlich der Alpen, Altertümer unserer leidenischen Vorzeit* V, 60-67.

Richthofen, J. von et al. 2018: 3.000 Jahre "Globalisierung" in der Oberlausitz? Bronzezeitliche Glasperlen aus einem Brandgrab bei Jänkendorf. *Görlitzer Magazin* 30/2017, 70-81.

Robson, E. 2001: Technology in society: Three textual case studies from Late Bronze Age Mesopotamia. In A. J. Shortland (ed.), *The social Context of Technological Change: Egypt and the Near East 1650–1550 BC*, Oxford, 39–57.

Říhovský, J. 1968: Das Urnengräberfeld in Oblekovice / Pohřebiště kultury popelnicových polí v obci Oblekovice na Moravě. *Fontes Aethaeologici Pragenses* 12 (2).

Santopadre, P. – Verità, M. 2000: Analysis of the production technologies of Italian vitreous material of the Bronze Age. *Journal of Glass Studies* 42, 25-40.

Sayre, E.V. – Smith, R.W. 1961: Compositional categories of ancient glass, *Science* 133, 1824–1826.

Sayre, E.V. – Smith, R.W. 1967: Some materials of glass manufacturing in antiquity. In: M. Levey, *Archaeological Chemistry: A Symposium, 3rd Symposium on Archaeological Chemistry, Atlantic City, New Jersey*, 279-312.

Shortland, A. J. 2001: Social Influences on the Development and Spread of Glass Technology. In A. J. Shortland (ed): *The Social Context of Technological Change: Egypt and the Near East, 1650-1550 BC*. Oxford, 211-222.

Shortland, A.J. 2005: The raw materials of early glasses: The implications of new LAICPMS analyses, *Annales de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, 16, London, 2003, Nottingham, 1–5.

Shortland 2008: Cuneiform glass texts: A question of meaning? In: M. Martín-Torres – T. Rehren (eds.), *Archaeology, history and science. Integrating approaches to ancient materials*, Walnut Creek, 61 - 76.

Shortland, A. J. – Eremin, K. 2006: The analysis of second millennium glass from Egypt and Mesopotamia, Part 1: New WDS analyses. *Archaeometry* 48 (4), 581-603.

Shortland, A.J. – Rogers, N. – Eremin, K. 2007: Trace element discriminants between Egyptian and Mesopotamian Late Bronze Age glasses, *Journal of Archaeological Science* 34: 781–9.

Sklenář, K. 1966: *Vlastivědné muzeum v Mělníku. Katalog pravěké sbírky. ZČSSA Suppl. 2*. Praha.

Daněček, D. et al. 2015: 120 let odkryvů pohřebního okrsku doby bronzové v Holubicích, okr. Praha-západ. In: *ZČAS Suppl. 97*, 28-29.

Sklenář, K. 1974: Objev pohřebiště lužické kultury u Neštěmic v roce 1845, *ČNM CXLIII*, 1-22.

Sklenář, K. 1982: *Pravěké nálezy na Mělnicku a Kralupsku. Mělník*.

Skružný, L. 1971: Materiály ze sbírkových fondů Oblastního muzea v Roztokách u Prahy, *Zpravodaj středočeské vlastivědy a kronikářství III*, 191-199.

Smejtek, L. 2005: Praha bronzová. In: M. Lutovský – L. Smejtek a kol., *Pravěká Praha*, Praha, 349-590.

Smirniou, M. – Rehren, T. 2011: Direct evidence of primary glass production in Late Bronze Age Amarna, Egypt. *Archaeometry* 53 (1), 58-80.

Smrček, A. 2005: Sklářské suroviny. In: O. Drahotová a kol., *Historie sklářské výroby v českých zemích, I. díl Od počátků do konce 19. století*, Praha, 379-411.

Smrček, A. – Voldřich, F. 1994: *Sklářské suroviny*. Praha.

- Smrž, Z. 1975: Knovízský mohylník v Levousích (Křesín, okr. Litoměřice). AR 27, 611–628.
- Snítílý, P. 2003: Toušeň, okr. Praha-východ. Výzkumy v Čechách 2000, 392-393.
- Starr, R. F. S. 1939: Núzi. Report on the Excavations at Yorgan Tapa Near Kirkuk Iraq Conducted by Harvard University in Conjunction with the American Schools of Oriental Research and the University Museum of Philadelphia 1927–1931. Volume I. Text. Cambridge.
- Stocký, A. 1908-1909: Prehistorický výzkum okolí Nového Bydžova r. 1907, PA XXIII, 165-168.
- Stocký, A. 1928: Čechy v době bronzové. Praha.
- Stone, J.F.S. 1952. Report on the beads from Knackyboy Cairn, St Martin's Isle of Scilly, Antiquaries Journal 32, 30-34.
- Stone, F. J. – Thomas, L. C. 1957: The Use and Distribution of Faience in the Ancient Near East and Prehistoric Europe, Proceedings of the Prehistoric Society 22, 54.
- Summers, R. (rec.) 1968: Van der Sleen, W. G. N., A Handbook on Beads. Liège 1967. The South African Archaeological Bulletin 23/89, 8.
- Šaldová, V. 1965: Západní Čechy v pozdní době bronzové. Pohřebiště Nynice I, PA LVI, 1-96.
- Ščapova, J. L. 1965: Spektralnyj analiz i istoria stekla. In: B. A. Kolčín (ed.), Archeologia i jestestvennyje nauki, Moskva: Izdatel'stvo Nauka, 111-118.
- Šírová, K. 2023: Metodika exkavace a preparace žárových hrobů. Diplomová práce. Filosofická fakulta, Univerzita Hradec Králové. Dostupné online: <https://theses.cz/id/yll1qz/STAG91656.pdf>.
- Šulová, L. 2006: Tuchoměřice, výstavba komunikací obytné zóny (č. př. 8/2005), 135-136. In: D. Daněček – J. Hložek – I. Pleinerová – L. Šulová, Archeologické výzkumy Středočeského muzea v Roztokách u Prahy v roce 2005, SVS 24, 132-141.
- Šulová, L. 2007: Žárové pohřebiště kultury knovízské v Tuchoměřicích (Praha-západ) – předběžná zpráva. In: M. Salaš – K. Šabatová (eds.), Doba popelnicových polí a doba halštatská. Příspěvky z IX. konference, Brno: Masarykova univerzita, 323–325.
- Šulová, L. 2008: Tuchoměřice, okr. Praha-západ. Výzkumy v Čechách 2005, 286-287.
- Šulová, L. 2010: Noutonice, okr. Praha-západ. In: M. Lutovský et al., Terénní výzkumy Ústavu archeologick památkové péče středních Čech v letech 2007 a 2008. AVSČ 14, 997.
- Šulová, L. 2012: Dokument C-TX-201303239. Ústav archeologické památkové péče středních Čech, p.o.. Dostupné z: <https://digiarchiv.aiscr.cz/id/C-TX-201303239>.



- Šulová, L. 2016: Tuchoměřice, okr. Praha-západ. *Výzkumy v Čechách* 2011/12, 482.
- Tite, M. S. – Bimson, M. – Cowell, M. R. 1987: The technology of egyptian blue. In: M. Bimson – I. C. Freestone (eds.), *Early Vitreous Materials*, British Museum, 39-46.
- Tite, M. – Shortland, A. – Paynter, S. 2002: The beginnings of vitreous materials in the Near East and Egypt, *Accounts of Chemical Research* 35, 585–593.
- Tite, M.S. – Shortland, A.J. (eds.) 2008: *Production Technology of Faience and Related Early Vitreous Materials*, Oxford: Oxford University School of Archaeology.
- Towle, A. Henderson, J. – Bellintani, P.– Gambacurta, G. 2001: Frattesina and Adria: report of the scientific analysis and early glass from Veneto', *Padusa*, 37, 7–68.
- Turner, W. E. S. 1954-1959: Studies in ancient glasses and glassmaking processes. I-VI. *Journal of the Society of Glass Technology*.
- Van der Sleen, W. G. N. 1967: *A Handbook on Beads*. Journées internationales du Verre. Liège.
- Varberg, J. – Gratuze, B. – Kaul, F. 2015: Between Egypt, Mesopotamia and Scandinavia: Late Bronze Age glass beads found in Denmark. *Journal of Archaeological Science* 54, 168-181.
- Varberg, J. et al. 2016: Mesopotamian glass from Late Bronze Age Egypt, Romania, Germany, and Denmark. *Journal of Archaeological Science* XXX, 1-11.
- Velde, B. 2013: 1.4 Glass Compositions over Several Millennia in the Western World. In: K. Janssens, *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, Wiley, 67-78.
- Vencl, S. 1977: České Meziříčí, okr. Rychnov nad Kněžnou. *Výzkumy v Čechách* 1976-1977, 24.
- Venclová, N. 1990: *Prehistoric glass in Bohemia*. Praha.
- Venclová, N. 1995: Specializovaná výroba: teorie a modely, *AR XLVII*, 541-564.
- Venclová, N. 2005: Počátky sklářství a jeho ohlasy v pravěku českých zemí. In: O. Drahotová a kol., *Historie sklářské výroby v českých zemích, I. díl Od počátků do konce 19. století*, Praha, 29-37.
- Venclová, N. 2021: Co nacházíme. 3.1 Pravěk a stěhování národů (od 23. století př. n. l. do 6. století po Kr.). In: J. Podliska et al. 2021, *Sklo z archeologických výzkumů*, Technické muzeum v Brně, 35-42.
- Venclová, N. – Tomková, K. – Černá, E. – Mařík, J. 2010: Vitrea: databáze chemických analýz archeologických skel. *Archeologické rozhledy* 62, 359–361.

Venclová et al. 2011: Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia, *Archeologické rozhledy* 63 (4), 559-585.

Vokolek, V. 1966: Nécropole tumulus de Jeřice (Bohème). In: J. Filip (ed.), *Investigations archéologiques en Tchécoslovaquie*, Prague, 147-148.

Vokolek, V. 1999a: *Východočeská halštatská pohřebiště*. Pardubice.

Vokolek, V. 1999b: *Pohřebiště lidu popelníkových polí v Ostroměři*. Hradec Králové.

Vokolek, V. 2003: Gräberfelder der Lausitzer Kultur in Ostböhmen - Pohřebiště lužické kultury ve východních Čechách I-II. *Fontes archaeologici Pragenses* 27, 367-785.

Wadsworth, F. B. – Heap, M. J. – Dingwell, D. B. 2016: Friendly fire: Engineering a fort wall in the Iron Age. *Journal of Archaeological Science* 67, 7-13.

Walton, M. S. – Shortland, A. – Kirk, S. – Degryse, P. 2009: Evidence for the trade of Mesopotamian and Egyptian glass to Mycenaean Greece. *Journal of Archaeological Science* 36 (7), 1496-1503.

Wang, Y. et al. 2020: New evidence for the transcontinental spread of early faience. *Journal of Archaeological Science* 116, 105093. 10.1016/j.jas.2020.105093.

Youngblood et al. 1978: Celtic vitrified forts: Implications of a chemical-petrological study of glasses and source rocks. *Journal of Archaeological Science* 5 (2), 99-121.

Yoshinari, A. et al. 2012: Transition in the use of cobalt-blue colorant in the New Kingdom of Egypt. *Journal of Archaeological Science* 39 (6), 1793-1808.

Zlámalová Cílová, Z. – Šefců, R. 2021: Co je sklo? Definice skla. In: J. Podliska et al. 2021, *Sklo z archeologických výzkumů*, Technické muzeum v Brně, 85-94.

Who was W E S Turner? Sheffield.ac.uk. University of Sheffield. Zdroj: <https://www.sheffield.ac.uk/turner-museum/w-e-s-turner> [citováno 16.2. 2024)