

ZDENĚK WEBER

ASTRONOMICKÁ ORIENTACE RONDELU Z TĚŠETIC-KYJOVIC, OKR. ZNOJMO

Ve starším stupni lengyelské kultury (LgK) se v Podunají často vyskytují typické kruhovitě areály s koncentrickými příkopy a palisádami, vybavené několika symetricky rozloženými branami. Na mezinárodním symposiu „Mittelneolithische Grabenanlagen (Kult- und Befestigungsanlagen) in Zentraleuropa“, konaném 9.—10. 4. 1983 v Poysdorf a v Laa a. d. Thaya (Niederösterreich) bylo dohodnuto označovat takové struktury termínem „rondel“.

Přehled dosud zjištěných lengyelských rondelů na Moravě a jejich bližší datování provedl V. Podborský (1983). Podobné objekty byly zjištěny na Slovensku (Němejcová-Pavúková 1980; Romsauer 1980), leteckým průzkumem v Rakousku (Neugebauer 1976; Windl 1982). V Čechách se neolitické rondely objevují v období mladšího stupně s keramikou vypichanou (VK), jejich přehled podal I. Pavlů (1982) a doplnila nejnověji M. Zápotocká (1983).

Společnými znaky rondelů je kombinované použití základních fortifikačních prvků (příkopů, valů, palisád, bran a průchodů) obvykle v osově symetrických uskupeních. Topograficky však bývají umístěny v poloze z vojenského hlediska nevýhodné a mívají až nepřiměřené množství vchodů. Typologicky se od sebe odlišují svým geometrickým tvarem (od prostých kruhů přes zploštělé kruhy, ovály až po elipsy) a mohutností fortifikace (počtem aplikovaných prvků a jejich rozmístěním). Dochází i k odchylkám funkčním, tj. využitím hrazené plochy a její návazností na sídlištní komplex.

O skutečném významu rondelů se velmi diskutuje a protože jen málo z nich je v dostatečné míře archeologicky prozkoumáno, nelze vyslovit konečné závěry. Zdá se nejpravděpodobnější, že plnily současně více funkcí (např. defenzivní, sociální, kultovní a snad i astronomickou) jak uvádí V. Podborský (1976 a 1983), E. Pleslová-Štiková (1976, 1980), I. Pavlů (1982), Sl. Vencl (1983) a M. Zápotocká (1983). Ta také vyslovuje domněnku, že rondely nepatří mezi výjimečné jevy, ale že byly pravděpodobně zcela pravidelnou součástí sídelního komplexu (rondel — osada — pohřebiště), alespoň v určitém časovém horizontu — v době staršího stupně LgK a mladšího stupně VK. Je zajímavé, že u většiny současných velkých výzkumů obvykle jedna ze složek sídelního komplexu chybí; je však zřejmé, že nemusela být nalezena, pokud se neprovedl dostatečně velký plošný odkryv, nebo se nepoužilo geofyzikálního či le-

teckého průzkumu. Podle V. Podborského (1983) jsou rondely dokladem poměrně vysoké organizovanosti a funkční diferenciací sídlišť starší fáze LgK, při čemž jejich funkce defenzivní nebyla dominantní a předpokládaná astronomická funkce nebyla zatím prokázána.

V dané stati se budeme zabývat analýzou astronomické orientace a geometrické konstrukce rondelu z Těšetic-Kyjovic, který jako jediný ze starší fáze (Ia) MMK byl v úplnosti archeologicky prozkoumán v letech 1967—1978. Podrobný popis výzkumu tohoto opevněného areálu byl průběžně zveřejňován v odborné literatuře (např. Podborský 1972; statě ve SPFFBU E 18—19, 1973—74 a E 20—21, 1975—76; Podborský 1979), kde vedle základních dat lze nalézt podrobnější plány rondelu, potřebné pro geometrickou rekonstrukci a astronomickou analýzu.

1. GEOMETRIE RONDELU

Základní údaje (rozměry)

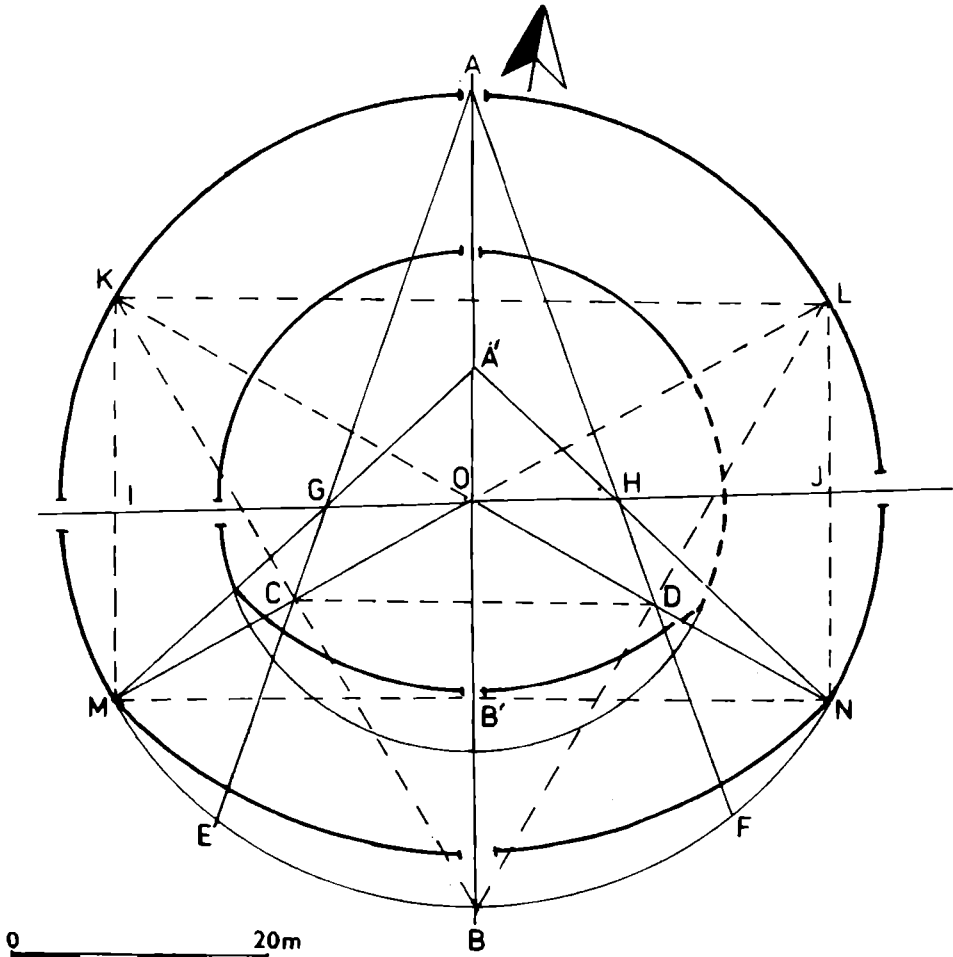
Opevněný areál tvoří kruhovitá plocha se čtyřmi symetricky rozmístěnými branami, obehnaná hlubokým příkopem, o vnějším průměru 63 m ve směru V—Z a 58 m ve směru S—J. Průměrná hloubka příkopu činí 360 cm, šíře jeho ústí při povrchu přesahuje 500 cm. Šířka všech bran je stejná (250 cm), jejich osy jsou na sebe kolmé a jejich průsečík 0 (viz obr. 1) je geometrickým středem rondelu. Příkop z vnitřní strany sledují dva palisádové žlaby, které jsou od sebe navzájem vzdáleny 2—3 m. U jižní, západní a severní brány se palisády rozevírají až do šíře 500 cm; u východní brány je anomálie: nedosahuje k ní nejvnitřnější palisáda. U jižního a západního vstupu byly palisády zakončeny dřevěnou branou. Prostor vymezený nejvnitřnější palisádou má průměr 40 m ve směru V—Z a 36 m ve směru S—J.

Odlišné hodnoty průměrů, naměřené ve dvou na sebe kolmých směrech prokazují, že studovaný útvar má na rozdíl od kružnice osovou symetrii pouze podle směru S—J. V jižní části vykazuje zjevné zploštění, o čemž svědčí kružnice, opsané z bodu 0, které vymezují vnější obvod příkopu a vnitřní palisádový žlab (obr. 1).

Geometrický tvar rondelu z Těšetic-Kyjovic představuje zploštělý kruh (přibližnutý kruh, die Flachkreise), podobný typům A a B v klasifikaci A. Thoma (1966) platné pro megalitické rondely.

Schéma konstrukce rondelu typu A je znázorněno na obr. 2:1. Původní kružnice o poloměru R se rozdělí na šest částí a čtyři díly, tj. $\frac{2}{3}$ kružnice se použijí nezměněné. Deformuje se spodní třetina kružnice tak, že se nový oblouk složí ze tří dílů: oblouků ME a NF (vytvořených z částí kružnic opsaných ze středů C a D o poloměru $R/2$) a oblouku EF (vzniklého jako část kružnice opsané z bodu A o poloměru $\overline{AE} = \overline{AF}$).

Megalitický rondel typu B vznikne postupem uvedených na obr. 2:2. Od předchozího typu se odlišuje hlavně tím, že využívá jen poloviny původní kružnice o poloměru R . Celá spodní polovina kružnice je deformována opět takovým způsobem, že nová křivka skládá ze tří dílů. Tvoří ji oblouky ME a NF (jako části kružnic opsaných ze středů C a D o poloměru $2R/3$) a oblouk EF (vzniklý jako část kružnice opsané z bodu A o poloměru $\overline{AE} = \overline{AF}$).

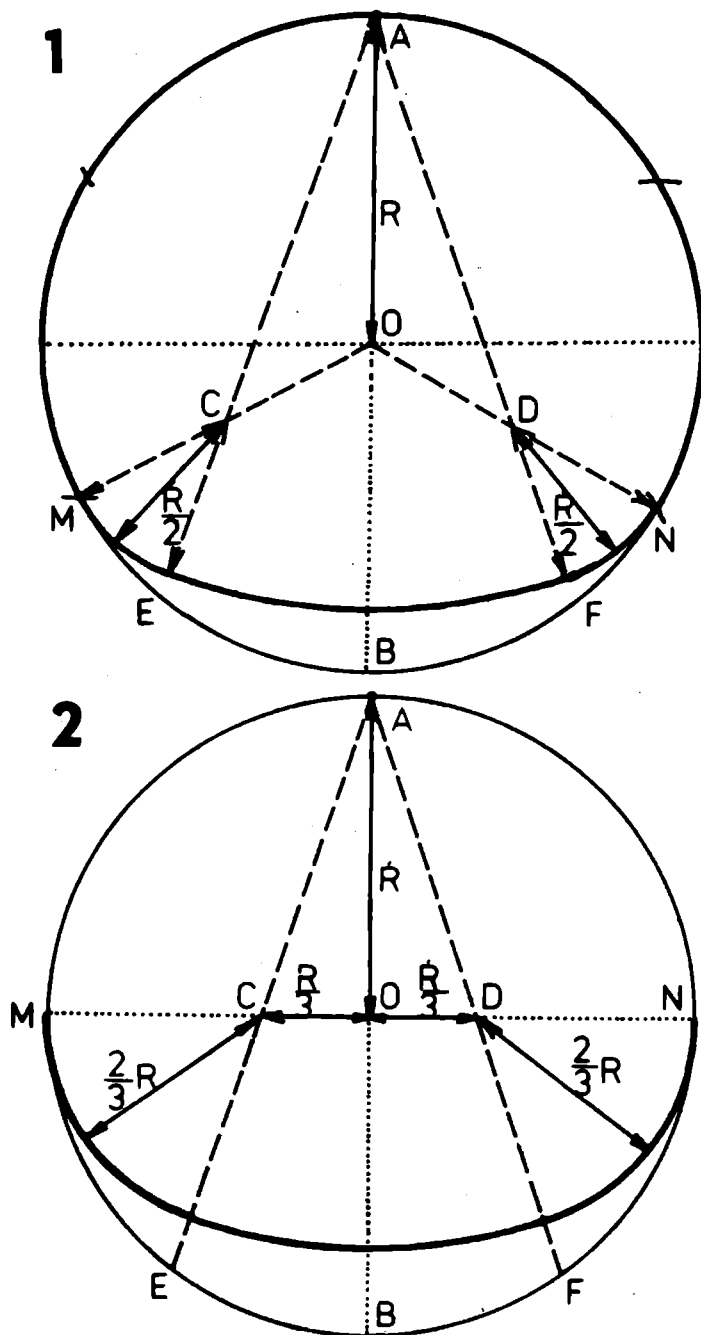


Obr. 1. Geometrická analýza tvaru rondelu z Těšetic-Kyjovic. Zploštělé kruhy odpovídají průběhu vnějšího obvodu příkopu a nejvnitřnější palisády.

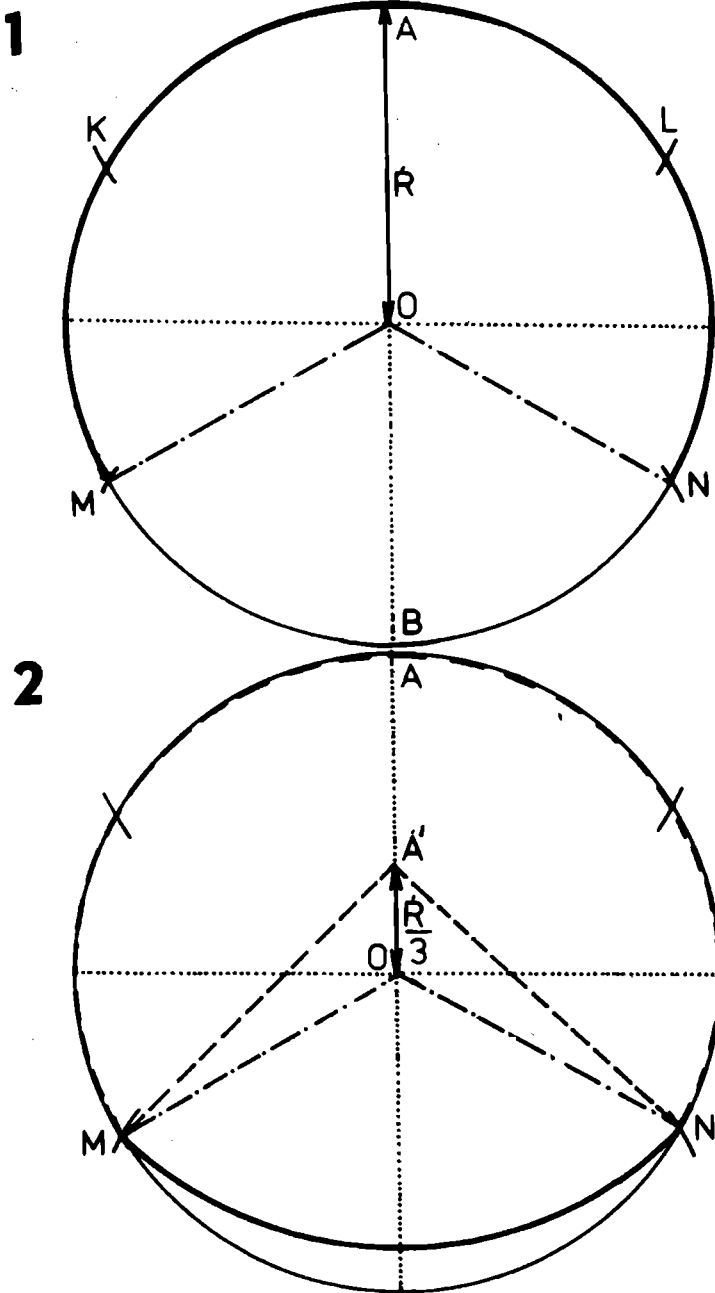
Geometrická konstrukce rondelu z Těšetic-Kyjovic

je konstrukčně jednodušší než megalitické typy A i B. Skládá se jen ze dvou částí: základ tvoří $\frac{2}{3}$ původní kružnice o poloměru R (vymezující např. vnější hranici příkopu) — viz oblouk definovaný body MKALN na obr. 3:1. Deformaci spodní části kruhu (mezi body M, N) vytváří oblouk kružnice opsané z bodu A' o poloměru $\frac{4R}{3}$. Sekundární střed A' lze získat několika způsoby, z nichž nejjednodušší je prosté posunutí středu O po spojnici \overline{OA} o hodnotu $\frac{R}{3}$ (obr. 3:2).

Jiné možné řešení je čistě geometrické, jak znázorňuje postup na obr. 4:1.



Obr. 2. Schéma konstrukce zploštělého kruhu podle klasifikace A. Thoma (1966), platné pro megalitické rondely. 1 – typ A; 2 – typ B.



Obr. 3. Schéma konstrukce zploštělého kruhu typu TK. 1 — základní část rondelu ($2/3$ kružnice se středem O a poloměrem R); 2 — doplnění tvaru rondelu (kruhová výseč se středem A' a poloměrem $A'M$).

Spojnice \overline{BK} (resp. \overline{BL}) půlí úsečku \overline{OM} (resp. \overline{ON}) v bodě C (resp. D). Spojnice CA (resp. DA) vytýčí na průměru body G a H, potom se spojnice bodů \overline{MG} a \overline{NH} protnou na průměru \overline{BOA} v hledaném bodě A'. Bod A' je možné nalézt řadou dalších postupů, stejně jako sestrojiti celou konstrukci rondelu — bez dělení oblouku kružnice na šest dílů — využitím např. pravoúhlých trojúhelníků s kladným celočíselným poměrem stran (tzv. Pythagorova čísla jako jsou 3, 4, 5 nebo 5, 12, 13 atd.). Další možná konstrukce rondelu tohoto typu využívá vlastností čtverců a obdélníků o stranách, které jsou násobky poloměru základní kružnice R a vyhledává potřebné body jako průsečíky vhodných spojnic (viz obr. 1).

Sestrojení průběhu vnitřního palisádového žlábků uvnitř vyměřeného rondelu (vymezení vnější hranici příkopu) nečiní žádné potíže: 1. Opíšeme z bodu O kružnici o zvoleném poloměru. 2. Z již nalezeného bodu A' opíšeme kruhový oblouk o poloměru A'B' ve výšce MON. Příklad sestrojení průběhu nejnvnitřnější palisády popsáním způsobem je na obr. 1.

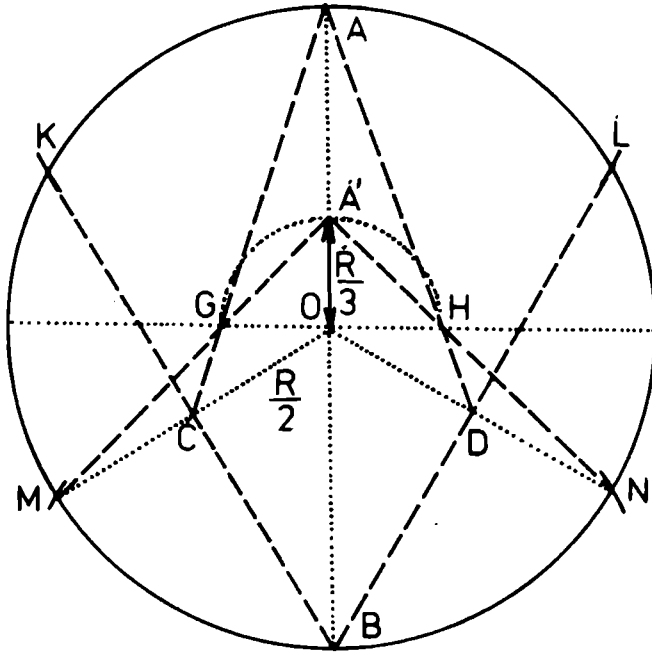
Vzájemné porovnání tvarových odchylek obou megalitických typů A a B s pravidelným kruhem a s rondelem z Těšetic-Kyjovic je zakresleno na obr. 4:2. Tvar tohoto rondelu vykazuje proti nejbližšímu typu A odchylky v celé deformované části, a to jak v obloucích ME a FN, tak v uzavírajícím oblouku EF. Vytváří samostatný typ starolengyelského rondelu, který budeme dále pracovníčně označovat jako „typ TK“. Typologicky tvoří logický přechod vývoje od pravidelného kruhu k pozdějším megalitickým rondelům typu A nebo B.

Konstrukce rondelu TK v přírodě nebyla obtížná. Možný byl např. následující postup: Na vybraném místě byl kulem vyznačen střed O. Pomocí provazu o délce R, upevněného volně na kůlu O, byl narýsován kruh (vymezení průběh vnějšího okraje příkopu) a vetknutím dvou kůlů A, B na protilehlých koncích byla orientována hlavní osa souměrnosti \overline{AOB} . Potom se provaz přenesl na kůl B a souměrně na obě strany od něho byly na kruhu označeny pomocí kůlů body M a N (obr. 3:1). Pak byl provaz prodloužen o $R/3$ (tj. na délku $4R/3$) a na úsečce AO byl vytýčen kulem bod A'. Po přenesení provazu na kůl A' byl narýsován uzavírající oblouk MN s délkou provazu rovnou $\overline{A'M} = \overline{A'N}$ (viz obr. 3:2). Podobným způsobem, ale podstatně snadněji se sestrojily průběhy palisádových žlábků, neboť body A', M a N byly již vyznačeny. Poloha bran byla pravděpodobně stanovena průsečíky kruhu s hlavní osou souměrnosti (v místech kůlů A a B) a ve směru průměru kolmého na tuto osu. (Při konstrukci rondelu mohla provazec nahradit řada lidí držících se za ruce. K volbě místa a orientace osy rondelu viz dále část 2).

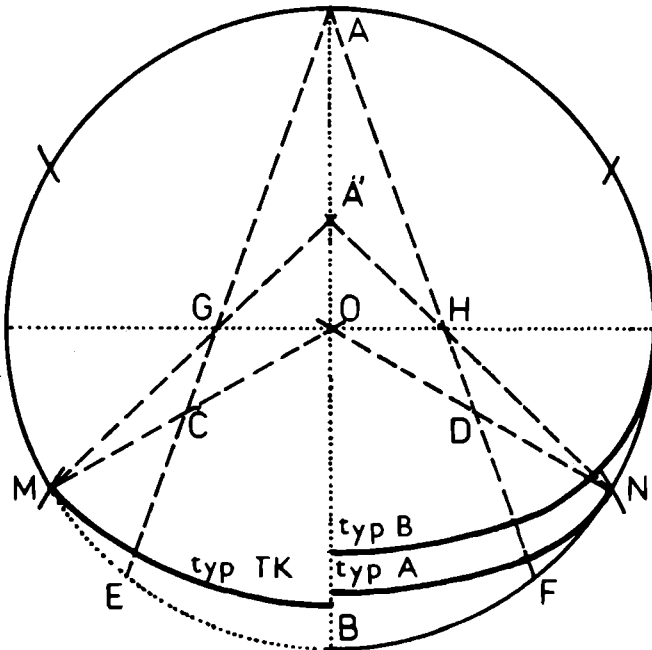
Jaký smysl a význam měl takový tvar a proč nevyhovoval pravidelný kruh? Na uvedené otázky nelze dosud jednoznačně odpovědět: můžeme předložit pouze pracovní hypotézy. Thom (1966) a později i Wood (1978) považují zploštěné kruhy za výsledek snahy o sestrojiti takového okrouhlého tvaru, jehož obvod je trojnásobkem průměru. Skutečně pro typ A dostáváme pro poměr (obvod rondelu : průměr rondelu) hodnotu 5,99, která se od 6,0 liší o méně než 0,2 %. Pro typ B je už chyba větší (7,2 %), neboť poměr vychází nepřiznivěji v podobě hodnoty 5,6. Zjistíme tento poměr také pro typ TK.

Obvod rondelu je složen vlastně ze dvou oblouků kruhových výsečí. Prvá výseč je tvořena dvěma třetinami kruhu o poloměru R, má tedy středový úhel 240° . Druhá výseč je tvořena třetinou kruhu o poloměru

1



2



Obr. 4. Geometrická analýza rondelů ve tvaru zploštělých kruhů. 1 — geometrická sestavení středu A' rondelu TK; 2 — porovnání tvarových odchylek základních typů zploštělých kruhů a pravidelného kruhu.

$$\frac{5 \cdot \sqrt{2}}{6} R = 1,1785 \cdot R, \text{ má tedy středový úhel } 120^\circ.$$

Délku oblouku kruhové výseče obecně vypočteme ze vztahu

$$b = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = 0,017453 \cdot r \sqrt{\alpha} \quad (1)$$

kde r je poloměr kruhu, α je středový úhel výseče ve stupních. Použijeme vztahu (1) pro určení délky oblouků výsečí rondelu TK a dostáváme pro jeho obvod

$$o = (0,017453 \cdot 240 \cdot R) + (0,017453 \cdot 120 \cdot 1,1785 \cdot R) = 6,66 \cdot R \quad (2)$$

Poměr o/R u typu TK činí 6,66, což znamená, že je podstatně větší než číslo 6,0 a blíží se číslu 7,0 s chybou 4,86 %. Zdá se tedy věrohodnější, že smyslem konstruování rondelů v podobě deformovaného kruhu bylo vyjádřit tímto způsobem obvod jako celistvý násobek poloměru základního (výchozího) kruhu. Tuto podmínku nemohl ideální kruh splnit pro iracionálnost a transcendentnost čísla π . Cílem tohoto úporného snažení, které přetrvává průběžně od vrcholného neolitu po dobu bronzovou, není jistě jen samoúčelné splnění této podmínky. Jako pravděpodobnější se jeví snaha vyjádřit určitou závažnou informaci ve velikosti obvodu rondelu vhodnou volbou hodnoty poloměru R . Řečeno soudobou terminologií, měli bychom dekódovat tuto pro pravěk jistě důležitou informaci právě detailním rozbořem geometrických a algebraických vztahů základních rozměrů rondelů. Této domněnce neodporuje také jistá uniformita ve tvaru a základních rozměrech rondelů, která je nápadná ve starším období lengyelské kultury.

Mezi důležité geometrické parametry studovaného útvaru patří vedle obvodu také jeho obsah. Pro rondel TK vypočteme plochu opsanou vnějším obvodem příkopu (o poloměru $R = 31,5$ m) jako součet ploch dvou kruhových výsečí, jejichž parametry byly uvedeny výše v odstavci před vztahem (2). Aplikací vztahu (1) a obecného vzorce pro plochu výseče

$$P = o \cdot r/2 \quad (3)$$

dostaneme pro obsah rondelu TK

$$P = (131,95 \cdot 31,5/2) + (77,75 \cdot 31,50 \cdot 1,1785/2) = \underline{3\,521,3 \text{ m}^2}. \quad (4)$$

Je zajímavé, že velikost této plochy (0,35 ha) je obsažena v celé řadě starověkých jednotek této plošné míry střední Evropy. Tak např. staročeský korec měřil 0,3 ha, jitro — 0,31 ha, dvě vídeňské měřice — 0,38 ha, arpa (maďarské jitro) — 0,4 ha, arpent (v Belgii a Francii) — 0,3 ha, dan oranja (starosrbská míra) — 0,36 ha, hon — 0,38 ha atd. Společným racionálním základem všech těchto jednotek byl výměr zemědělské půdy, kterou bylo možno obdělávat za jeden den. V této souvislosti není bez zajímavosti srovnání hodnoty základního poloměru rondelu TK ($R = 31,5$ m) se starověkou délkovou mírou — provazcem (13—43 m).

2. ASTRONOMICKÁ ORIENTACE RONDELU

Zeměpisné souřadnice rondelu z Těšetic-Kyjovic, které budeme potřebovat pro astronomickou analýzu, převzaté z Podborského (1979), jsou souhrnně uvedeny v tabulce T-1. Pro datování rondelu jsme použili střední hodnotu ze zveřejněných radiokarbonových dat pro některé hliníky a příkop (Podbor-

ský 1976; 1979) s uvážením korekcí podle Neustupného (1968) a Wooda (1978) a s přihlédnutím k zjištění geologů při studiu příkopu (Zeman—Havlíček 1976).

Tab. T-1. Základní data rondelu

zeměpisná šířka	$\varphi = 48^{\circ}54' = 48,9^{\circ}$ severní šířky
zeměpisná délka	$\lambda = 16^{\circ}08' = 16,13^{\circ} = -1^h 4,5^m$ vých. d.
nadmořská výška	$H_0 = 275$ m
datování	$4\,500 \pm 250$ př. n. l.

Geodetické zaměření hlavní osy souměrnosti rondelu TK a os dalších bran vzhledem k současné poloze světového pólu (přibližně signalizovaného polohou Polárky α UMi) je uvedeno v tab. T-2. Údaje představují tzv. astronomické azimuty A (úhly určující směr objektu se měří od J ve směru oběhu hodinových ručiček) a odchylku ΔA zjištěného azimutu od současné světové strany, přičemž stanoviště teodolitu bylo v geometrickém středu (O) rondelu TK.

Tab. T-2. Orientace bran rondelu na světové strany

brána	azimut A °	odchylka ΔA °	
severní	170,1	9,9	SSZ
východní	259,9	10,1	SSV
jižní	350,3	9,7	JJV
západní	80,5	9,5	JJZ

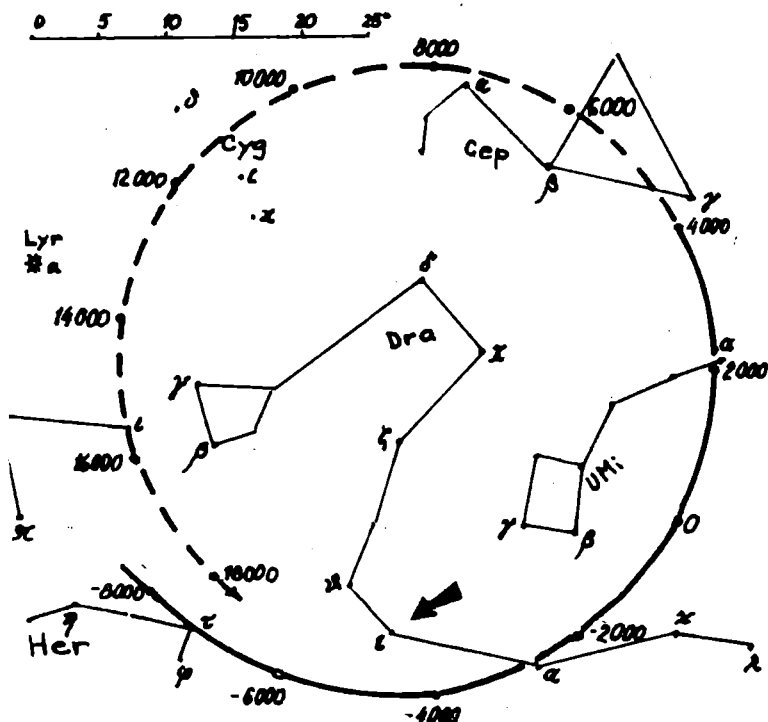
Z konstantní hodnoty průměrné odchylky místní polední přímky od hlavní osy souměrnosti rondelu a z odchylek orientace bran (cca 10°) vyplývá závěr, že stavba byla plánovitě koncipována s fixním astronomickým zaměřením bran na světové strany. Soudobá odchylka od světového severního pólu je vysvětlitelná precesí zemské osy. V době vzniku stavby byl sever určován zřejmě nikoliv pomocí přístrojů, ale ztotožněním s polohou (azimutem) určité cirkumpolární hvězdy, která podle tehdejších pozorování a zkušeností dostatečně přesně simulovala polohu světového severu. Bližší rozbor je uveden níže.

Pro geometrický střed (O) rondelu TK byla dále provedena analýza viditelnosti, tj. stanovení astronomické výšky h_0 v určitých vybraných azimutech A. Tyto obzorníkové souřadnice (A, h_0) jsou spolu s údajem vzdálenosti d (km) a nadmořskou výškou H (m) překážek v terénu souhrnně uvedeny v tab. T-3. Pro výpočet astronomické výšky horizontu h_0 byl použit vztah

$$h_0 = \arcsin \frac{H - H_0}{d} \quad (5)$$

Tab. T-3. Viditelnost horizontu

směr	A/°	h_0 /°	d/km	překážky (H/m)
J	0	1,7	1,00	les Purkrábka (305)
JZ	45	1,7	2,75	Deblínek (356)
Z	90	1,7	2,00	Tvoříhrázký les (335)
SZ	135	0,7	2,00	terén (300)
S	180	0,7	5,00	Mikulovický les (344)
SV	225	0,3	1,00	terén (280)
V	270	0,4	0,75	terén (280)
JV	315	-0	10	terén (pod 250)



Obr. 5. Změna polohy severního pólu vůči cirkumpolárním souhvězdím v důsledku precese zemské osy. Šipka označuje hvězdu Eldsiich.

Z tab. T-3 vyplývá, že zvolené umístění rondelu TK poskytuje velmi dobrý výhled v rozsahu azimutů ($160\text{--}330^\circ$), kdy překážky na bližším horizontu (do 5 km) nepřesahují astronomickou výšku $0,4^\circ$ a na vzdáleném horizontu (do 10 km) dosahují maximálně $0,7^\circ$ nebo jsou pod úrovní pozorovacího stanoviště. O něco horší viditelnost je v rozsahu azimutů ($120\text{--}150^\circ$), kdy astronomická výška nerovností terénu dosahuje $0,7^\circ$ již v blízkém horizontu pozorování. Špatný výhled je v rozsahu azimutů ($340\text{--}360^\circ$), ($0\text{--}55^\circ$) a ($70\text{--}120^\circ$), kdy astronomická výška překážek činí $1,7^\circ$ na velmi blízkém horizontu (do 3 km). Výjimku tvoří „výhledové okno“ v úzkém rozsahu asi 10° (azimuty $60^\circ\text{--}70^\circ$), kde nerovnost terénu dočasně poklesla a nepřevyšuje astronomickou výšku $0,3^\circ$ na rozhraní blízkého a vzdáleného horizontu.

Podle údajů v tab. T-1 a na základě rozboru tab. T-3 dospíváme k dílčímu závěru, že místo zvolené pro rondel TK poskytuje obecně velmi dobré pozorovací podmínky pro sledování východů různých nebeských těles v průběhu celého roku; v omezené míře též pro sledování západů v letním období a velmi omezeně pro sledování západů nebeských objektů v zimním období.

Pro další úvahy budeme potřebovat znát hodnoty oprav souřadnic objektů na obloze v důsledku pomalých změn sklonu ekliptiky ϵ . Vedle obzorníkových souřadnic (A, h) se používají také souřadnice rovníkové (δ, α) pro stanovení polohy objektu na nebeské kouli. Zde deklinace δ , definovaná jako úhlová vzdálenost objektu od světového rovníku a měřená ve stupních, nabývá

kladných hodnot od rovníku k severu (v rozsahu $0^\circ - 90^\circ$), k jihu pak hodnot záporných; je analogií zeměpisné šířky. Rektascence α je definována jako úhel měřený od jarního bodu γ do průmětu objektu na světový rovník, obvykle se udává v časové míře ($0^h - 24^h$) a je analogií zeměpisné délky. Oba souřadné systémy se průběžně používají: tak určování času a zeměpisné polohy na Zemi předpokládá měření obzorníkových souřadnic těles; hvězdné mapy a katalogy používají však rovníkových souřadnic, které nezávisí ani na poloze pozorovatele na Zemi, ani na noční či denní době. Pro vzájemné převody obou druhů souřadnic jsou stanoveny transformační vztahy. Podstatnější je však skutečnost, že se hodnoty rovníkových souřadnic těles v průběhu staletí mění. Důvodem je jednak již zmíněný precesní pohyb zemské osy, jednak pozvolné zmenšování sklonu ekliptiky ϵ v důsledku složité gravitační interakce mezi Zemí a sousedními planetami. I když tyto změny nejsou příliš velké — např. změna rektascence hvězd na rovníku v důsledku precese činí $50''$ za rok a změna sklonu ekliptiky za 1 000 let činí jen asi $0,1^\circ$ — je přece nutné je ve výpočtech vždy respektovat. Pro historickou dobu zjištění velikosti oprav nečiní poříze. Problémy nastávají pro doby prehistorické, kdy potřebné údaje buď chybí nebo nejsou dostatečně přesné. Jako příklad uvedeme tabulku sklonu ekliptiky (ϵ) v pravěku. Pro období (4 000—1 000) př. n. l. ji publikuje Wood (1978), pro naše účely ji však bylo nutné extrapolovat do časového rozmezí (6 000—3 000 př. n. l.) — viz tab. T-4.

Tab. T-4. Sklon ekliptiky (ϵ) v pravěku

Rok př. n. l.	6000	5500	5000	4500	4000	3500	3000
$\epsilon/^\circ$	24,21	24,19	24,17	24,14	24,11	24,07	24,03

Pro rozhodnutí, zda rondel mohl mít astronomický význam, je důležité stanovení azimutů východu a západu hlavních nebeských těles (Slunce a Měsíce) a to s ohledem na zeměpisnou šířku pozorovacího místa (φ), astronomickou výšku viditelného horizontu (h_0), astronomickou výšku tělesa (h), na jeho poloměr (q), na paralaxu (p), atmosférickou refrakci (r), zakřivení zemského povrchu (k) a deklinaci (δ) opravenou o případný časový posuv. Potřebné vzorce jsou následující:

— Výška okraje slunečního nebo měsíčního disku nad viditelným horizontem (D)

$$D = h \pm q - p + r - h_0 + k \tag{6}$$

Pro východ nebo západ Slunce či Měsíce položíme $D=0$ a řešíme vztah (6) vzhledem h

$$h = (h_0 - r) + p - k \pm q \tag{7}$$

Ve vztahu (7) uvažujeme u členu q znaménko $+$ ($-$) jde-li o východ (západ) sledovaného tělesa. Protože však hodnota refrakce (r) závisí na astronomické výšce (h_0), vypočítáme nejdříve hodnotu h_0 podle (5) nebo použijeme výsledků tab. T-3. K této hodnotě h_0 nalezneme v tabulce T-5 odpovídající velikost průměrné refrakce r_0 případně korigované r (tj. velikosti refrakce opravené na teplotu, tlak a nadmořskou výšku pozorovacího místa). O tuto hodnotu r_0 resp. r zmenšíme velikost h_0 podle vztahu (7) a po přičtení dalších korekcí (p , k , q) dostaneme výslednou korigovanou hodnotu astronomické výšky h sledovaného nebeského tělesa.

— Závíslost průměrné atmosférické refrakce (r_0) na geometrické výšce h_0 podle Bessela (Hawkins 1977) je v tab. T-5. V této tabulce je dále uvedena hodnota opravené refrakce (r) podle vztahu

$$r = r_0 \cdot f_1 \cdot f_2, \quad (8)$$

kde koeficient $f_1 = 0,999$ respektuje jinou teplotu (T) a tlak (P), a koeficient $f_2 = 0,968$ zohledňuje nadmořskou výšku pozorovacího místa, tj. rondelu TK.

— Opravný koeficient f_1 se vypočte ze vztahu

$$f_1 = 1 - 0,0036 (T - T_0) - 0,0010 (P - P_0), \quad (9)$$

kde $P_0 = 1\,002$ mbar, $T_0 = 10$ °C. Do tohoto vztahu dosadíme $T = 15$ °C (průměrné teploty v neolitu byly vyšší než dnes) a $P = 1\,030$ mbar (střední hodnota tlakové výše pro stálé počasí). Ze vztahu (9) dostáváme hodnotu $f_1 = 0,999$.

— Opravný koeficient f_2 se vypočte ze vztahu

$$f_2 = \exp(-H/8\,400), \quad (10)$$

kde H je nadmořská výška pozorovacího stanoviště. Do (10) dosadíme za $H = 275$ m a dostáváme $f_2 = 0,968$.

— Oprava na zakřivení povrchu Země (k) při vzdálených horizontech (d) je dána hodnotou $0,0045^\circ$ na každý kilometr délky d ,

$$k = 0,0045 \cdot d \quad (11)$$

— Hodnota paralaxy (p) je prakticky konstantní a činí

$$\text{pro Slunce} \quad p = 0,002^\circ \quad (12)$$

$$\text{pro Měsíc} \quad p = 0,951^\circ \quad (13)$$

— Poloměr disku nebeského tělesa q je

$$\text{pro východ Slunce} \quad + 0,267^\circ \quad (14)$$

$$\text{pro západ Slunce} \quad - 0,267^\circ \quad (15)$$

$$\text{pro východ Měsíce} \quad + 0,259^\circ \quad (16)$$

$$\text{pro západ Měsíce} \quad - 0,259^\circ \quad (17)$$

Tab. T-5. Závíslost atmosférické refrakce (r) na astronomické výšce (h_0)

$h_0/^\circ$	$r_0/^\circ$	$r/^\circ$
-0,50	0,566	0,548
-0,40	0,549	0,531
-0,30	0,534	0,517
0,30	0,447	0,433
0,40	0,436	0,422
0,50	0,426	0,412
0,70	0,395	0,382
1,70	0,300	0,290

— Azimut nebeského tělesa (A) se vypočte ze vztahu

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \sin h}{\cos \varphi \cdot \cos h}, \quad (18)$$

kam za h dosazujeme korigovanou hodnotu astronomické výšky, určenou podle vztahu (7). Potom azimut pro

$$\text{východ tělesa} \quad A_v = A + 180^\circ \quad (19)$$

$$\text{západ tělesa} \quad A_z = A - 180^\circ \quad (20)$$

Azimuty východů a západů Slunce

Pro stanovení azimutů východu a západu Slunce v době letního a zimního slunovratu, pozorovaných ze středu (O) rondelu TK použijeme výpočetní vztahy (18)–(20), kam dosadíme

- hodnotu φ podle tab. T-1;
- hodnotu $\delta = \epsilon$ podle tab. T-4, která pro letní slunovrat v roce 4 500 př. n. l. činí $+24,14^\circ$, a pro zimní slunovrat $-24,14^\circ$;
- korigované hodnoty h podle vztahu (7), při použití vstupních dat z tabulek T-1, T-3 a T-5 a opravných faktorů ve vztahu (11), (12), (14) a (15).

Dostaneme tuto tabulku:

Azimuty Slunce A/°	Slunovrat	
	letní	zimní
východ	231,76	308,89
západ	128,47	49,88

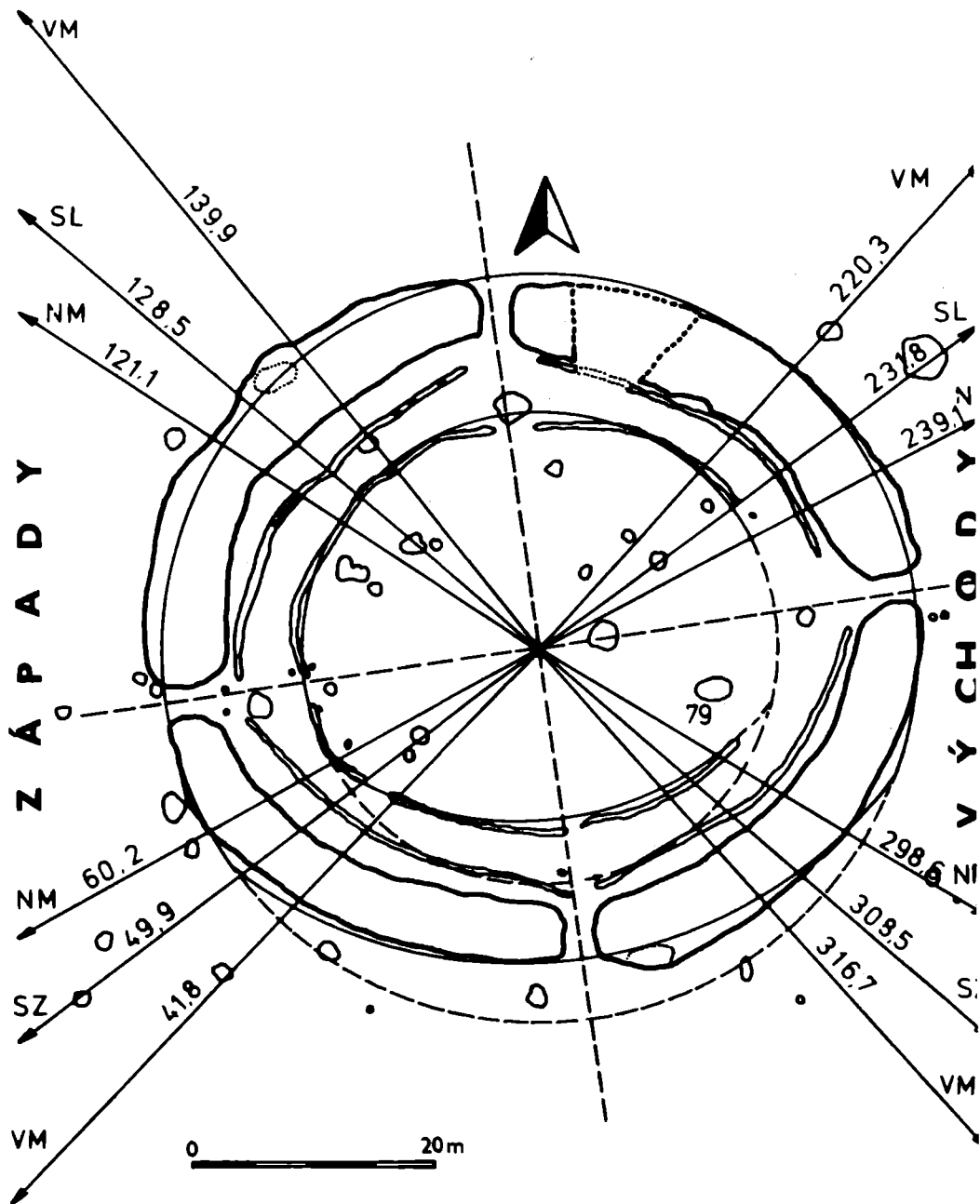
Po zakreslení do plánu rondelu TK — obr. 6 — vidíme, že některé směry jako by přímo „ovlivňovaly“ tvar rondelu a průběhy vnitřních palisád. Také některé objekty vně i uvnitř rondelu jsou „zapojeny“ do pozorovací soustavy. Zvláště významná se zdá poloha objektu 79, o čemž se přesvědčíme tím, že sem překreslíme pozorovací stanoviště.

Azimuty východů a západů Měsíce

Pro výpočet azimutů východů a západů Měsíce v době letního a zimního slunovratu použijeme opět základní výpočetní vztahy (18)–(20), kam dosadíme

- hodnotu φ podle tab. T-1;
- korigované hodnoty h podle vztahu (7), při použití vstupních dat z tabulek T-1, T-3, T-5 a opravných faktorů ze vztahů (11), (13), (16) a (17);
- hodnotu deklinace δ s úvahou toho, že maximální hodnota δ v libovolné epoše se mění v rozmezí od $+(\epsilon + i)$ do $+(\epsilon - i)$ s periodou 9,305 roku, kde $i = 5,15^\circ \pm 0,15^\circ$ je střední sklon dráhy Měsíce. (Nevelké odchylky $\pm 0,15^\circ$ jsou ve fázi s částí probíhajícího drakonického roku. Znaménko $+$ se použije v průběhu těch dvou čtvrtletí na která připadají zatmění, znaménko $-$ se vztahuje k ostatním čtvrtletím toho roku.) Minimální deklinace δ se mění od $-(\epsilon + i)$ do $-(\epsilon - i)$ se stejnou periodou 9,305 roku. Regrese uzlů měsíční dráhy má periodu 56 let. Hodnota ϵ se vybere opět z tabulky T-4 pro rok 4500 př. n. l. se znaménkem $+$ pro letní slunovrat a se znaménkem $-$ pro zimní slunovrat. Musíme tedy rozlišovat navíc tzv. „vysoký“ Měsíc od „nízkého“ pro oba slunovraty. Dosazujeme tedy postupně hodnoty deklinace δ (pro Měsíc v úplňku) podle následující tabulky:

Deklinace Měsíce	Slunovrat	
	letní	zimní
vysoký	29,28	—29,28
nízký	19,00	—19,00



Obr. 6. Rondel z Těšetic-Kyjovic se zakreslenými azimuty východů a západů Slunce v době letního (SL) a zimního (SZ) slunovratu, vysokého (VM) a nízkého (NM) Měsíce v severní a jižní poloze.

Výpočtem získáváme celkem 8 azimutů (4 pro východy a 4 pro západy) vysokého a nízkého Měsíce v tzv. severní a jižní poloze. Výsledky si uspořádáme do tabulky:

Azimuty Měsíce A/°	Poloha	
	severní	jižní
Vysoký východ	220,30	316,70
západ	139,95	41,81
Nízký východ	239,08	298,62
západ	121,11	60,23

Po zakreslení výsledných osmi azimutů do plánu rondelu TK (obr. 6) se znovu přesvědčujeme, že nejen tvar rondelu, ale i průběhy vnitřních palisád a patrně i některé objekty vně i uvnitř rondelu „sledují“ směry pozorování, a to převážně východy Měsíce. Potvrzuje se nadále významná poloha objektu 79, uvažujeme-li o případném pozorovacím stanovišti v místě tohoto objektu.

Azimuty na hvězdy

Pravděpodobnost úspěšného sledování východu a západů Měsíce a Slunce je velmi vysoká — ve více než 75 % je pozorování možné. U hvězd je tato pravděpodobnost velmi nízká — pod 10 % — a to pro jejich malý jas. Prostým okem můžeme vidět celkem 88 souhvězdí, 5 planet (Merkur, Venuše, Mars, Jupiter, Saturn) a 4 850 hvězd do 6. velikosti. Hvězdy vycházejí a zapadají na stále stejném místě a proto se sledují obvykle jejich kulminace. Posuv míst jejich východu a západu se děje jen v rámci precese zemské osy — asi o 0,5° za století (proti směru hodinových ručiček).

Fyzikálně lze vysvětlit precesi působením přitažlivosti Měsíce a Slunce na zploštělou a rotující Zemi. Jejím důsledkem je změna polohy zemské osy a tím i světového rovníku vzhledem k hvězdám. Světová osa mívá k severnímu pólu opiše za 26 000 let spirálu, znázorněnou na obr. 5. Dochází tak ke změně polohy ekliptiky (ϵ), posuvu jarního bodu γ v souhvězdích a k posuvu circumpolárních hvězd, které jsou zvláště významné pro signalizaci směru severního pólu svými rovníkovými souřadnicemi a svou velikostí (větší jak 4^m). Jestliže dnes je polárkou známá α UMi, pak pro staré Egypťany v období (3000—2000) př. n. l. jí byla hvězda Thuban (α Dra 3,6^m). Na počátku této kapitoly jsme vyslovili domněnku, že hlavní osa rondelu byla v době jeho vzniku orientována pravděpodobně na některou circumpolární hvězdu, simulující pro náš vrcholný neolit směr severního pólu. Rozbor parametrů možných hvězd (viz obr. 5) ukazuje, že polárkou neolitu byla nejpravděpodobněji hvězda Eldsich (ι Dra 3,5^m), která v období okolo roku 4700 př. n. l. měla rovníkové souřadnice $\alpha = 91,5^\circ = 6^h 06^m$, $\delta = 83,4^\circ = 83^\circ 24'$. Po jejich transformaci na obzorníkové souřadnice (pro zeměpisnou šířku rondelu TK) obdržíme $A = 170,05^\circ$, $h = 48,30^\circ$. Z těchto dat usuzujeme:

— zjištěný azimut na hvězdu Eldsich velmi dobře souhlasí s dnešní odchylkou hlavní osy rondelu od severního pólu (srovnej tab. T-2) a tím potvrzuje výše formulovanou domněnku o promyšlené koncepci výstavby rondelu TK s přesným informačním obsahem: základními astronomickými údaji, skrytými v jeho architektuře a parametrech;

— z obecně platného vztahu $h = 2\varepsilon$ lze vypočítat $\varepsilon = 48,30/2 = 24,15^\circ$; hodnota sklonu ekliptiky odpovídá podle tab. T-4 období cca 4700 př. n. l. Toto astronomicky určené datování nelze přeceňovat s ohledem na velmi pomalý pohyb ekliptiky ve velmi širokém intervalu (nejméně 500 let) a nízkou přesnost hodnot rovníkových souřadnic. Přesto získaný výsledek leží v mezích rozptylu střední hodnoty z exaktně zjišťovaných dat (srov. tab. T-1) a může sloužit jako doklad správnosti našich úvah.

Závěry

Výsledky podrobné geometrické a astronomické analýzy rondelu z Těšetic-Kyjovic můžeme shrnout do následujících poznatků:

Není třeba pochybovat o tom, že nejstarší formou rondelů byly pravidelné kruhy už proto, že se dají nejjednodušeji vyměřit. Jejich funkce byla převážně fortifikační (Wood 1978) a vyznačují se poměrně velkými rozměry s minimálním počtem vchodů.

Složitější tvary rondelů (elipsy, vejčité tvary) se vztahují až ke starší době bronzové. Obecně se jejich rozměry zmenšují ve srovnání s rondely neolitickými a ztrácejí prakticky úplně funkci fortifikační. Přebírají však řadu funkcí z oblasti nadstavbové: vedle kultovních účelů slouží i jako složité informační systémy (nejčastěji z astronomie a časomíry).

Rondely ve tvaru zploštělého kruhu se objevují již ve vrcholném neolitu. Modelem nově zavedeného „typu TK“ je rondel z fáze Ia MMK v Těšeticích-Kyjovicích. Od pozdně neolitických typů se odlišuje menší mírou zploštění (jednoznačně situovaného do jižní třetiny původního kruhu) a jednodušší konstrukci (je složen jen ze dvou kruhových výsečí). Nejbližší analogií „typu TK“ na Moravě je rondel z Křepic (Tichý 1976), na Slovensku pravděpodobně Bučany (Romsauer 1980).

Fortifikační funkce rondelu TK ustupuje do pozadí a začíná se prosazovat jeho funkce nadstavbová: kultovní a informační. Architektura rondelu — mírně zdeformované, ale symetricky rozmístěné koncentrické kruhy příkopů a palisád — může symbolizovat kult Slunce (Rybakov 1965). Deformace tvaru rondelu souvisí zřejmě se snahou zafixovat do jeho geometrických parametrů určité důležité informace např. z oblasti astronomických poznatků (časomíra), nebo z oblasti realizace jistých měrových „normálů“. Rondely TK mají přibližně standardizované rozměry: vnější poloměr 30–35 m (tj. řetězec 20–22 lidí držících se za ruce), obvod 210–240 m (tj. kruh 130–150 lidí držících se za ruce), plochu 0,30–0,38 ha.

Astronomický rozbor přesvědčivě prokazuje promyšlenou a plánovitou výstavbu rondelu TK: od výběru vhodného místa k pozorováním, přes přesnou astronomickou orientaci jeho architektury, až po plnění určené nadstavbové funkce: provádění jednoduchých astronomických pozorování a sledování periodických přírodních dějů (slunovraty, rovníkosti, lunární cykly atd.) a jejich interpretaci aktivní kultovní činnosti (srov. Rybakov 1965; Podborský 1976).

Rozbor astronomické orientace hlavní osy rondelu TK umožnil identifikovat pravděpodobnou polárku vrcholného neolitu — hvězdu Eldsich z cirkumpolárního souhvězdí Draka (ι Dra 3,5^m) a z hlediska astronomického potvrdil rámcově jeho datování.

LITERATURA

- HAWKINS, G. S. 1973: *Beyond Stonehenge*. San Francisco-London (ruský překlad: Kromě Stounchendža, Moskva 1977).
- NEMEJCOVÁ-PAVŮKOVÁ, V. 1980: Výsledky systematického výskumu vo Svodine, AVANS za r. 1978, 181—185.
- NEUGEBAUER, Ch.—NEUGEBAUER, J. W. 1976: Befestigungsanlagen der Lengyel-Kultur am Schanzboden zu Falkenstein in Niederösterreich, FÖ 15, 123—131.
- NEUSTUPNÝ, E. 1968: Absolutní chronologie neolitu a eneolitu ve střední a jihovýchodní Evropě, ŠIA XVI-1, 56—60.
- PAVLŮ, I. 1982: Die neolithischen Kreisgrabenanlagen in Böhmen, AR XXXIV, 176—189, 240.
- PLESLOVÁ-STÍKOVÁ, E. 1975—1976: Makotfasy — čtvercové „opevnění“ na sídlišti kultury nálevkovitých pohárů v Čechách, SPFFBU E 20-21, 157-173.
- PODBORSKÝ, V. 1972: Opevněná část neolitické osady v Těšeticích-Kyjovicích, AR XXIV, 155—162.
- 1975—1976: Hlavní výsledky v Těšeticích-Kyjovicích za léta 1964—1974, SPFFBU E 20-21, 175—184.
- 1979: Osada neolitických zemědělců u Těšetic-Kyjovic na Znojemsku, Brno.
- 1983: Die Kreisgrabenanlage zu Těšetice und ihre möglichen mährischen Parallelen, Mitteilungen der österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Ur- und Frühgeschichte XXXIII, v tisku.
- ROMSAUER, P. 1980: Prvá výskumná sezóna v Bučanoch, AVANS za r. 1978, 238—240.
- RYBAKOV, B. A. 1965: Kosmogonija i mifologija zemledelcev eneolita, SA č. 2, 31—32.
- THOM, A. 1966: Megaliths and mathematics, *Antiquity* 40, 121—128.
- VENCL, Sl. 1983: K problematice fortifikaci v archeologii, AR XXXV, 284—315.
- WINDL, H. (ed.) 1982: *Fenster zur Urzeit. Luftbildarchäologie in Niederösterreich*, Horn.
- WOOD, J. E. 1978: *Sun, Moon and Standing Stones*, Oxford-London-New York (ruský překlad: Solnce, Luna i drevnije kamni, Moskva 1981).
- ZAPOTOCKÁ, M. 1983: Kruhové příkopy kultury s vypíchanou keramikou v Bylanech, okr. Kutná Hora, AR XXXV, 475—485.
- ZEMAN A.—HAVLÍČEK, P. 1975—1976: Kvartérmě-geologický výzkum na lokalitě Těšetice-Kyjovice, SPFFBU E 20-21, 185—189.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОРИЕНТИРОВКА РОНДЕЛА ИЗ ТЕШЕТИЦ-КИЕВИЦ, РАЙОН ЗНОЙМО

Кругообразные укрепленные места (т. н. ронделы) появляются в бассейне реки Дуная уже в самой старшей ленгиельской культуре. В статье рассматривается рондел фазы Ia культуры с моравской расписной керамикой из Тешетиц-Киевич, пока единственный в средней Европе, который полностью археологически исследован. Изучались с одной стороны геометрическая конструкция рондела, с другой стороны его астрономическая ориентировка. Указывается, что форма рондела отвечает т. н. приплюснутому кругу, подобному типом А и Б (рис. 1, 2) классификации А. Тома (1966), справедливой для мегалитических памятников. Его конструкция однако проще — она составлена только из двух сегментов и деформация его южной части меньше отличается от круга, чем у мегалитических типов (рис. 3, 4). Эта конструкция образует самостоятельный тип рондела ленгиельской культуры, обозначенный как «тип ТК». Уплощенный круг представляет псевдокруг, у которого отношение периметра к радиусу близко к целому числу. Таким способом проявлялось стремление к фиксации какой-то информации в величине периметра.

Астрономический анализ азимутов выходов и заходов Солнца и Луны (рис. 6), ориентировка линии северных ворот на полярную звезду неолита (ι Dra, ELDSICH) подтверждают планированное основание и постройку рондела. Вероятнее всего он выполнял функцию из сферы надстройки (в качестве обсерватории для регистрации основных природных периодов и их культуровой интерпретации), чем функцию оборонительную. Анализ ориентировочно подтверждает датирование рондела (постройки) около 4 500 г. до н. э.

