

UN POSIBIL CADRAN SOLAR DE TIP „DISCUS IN PLANITIA“ LA SARMIZEGETUSA — REGIA, ROMÂNIA

1. *Introducere.*

În cunoscuta sa lucrare „De architectura“, în cartea a IX-a, Vitruvius descriind cadranele solare cunoscute la acea vreme, relatează: „Aristarh din Samos a inventat cupa sau hemisfera și tot el discul în platformă“ (*Vitruvius IX*).

Cadrantul solar cunoscut sub numele de „discus in planitia“, a menținut de atunci interesul cercetătorilor.

Descrierile concrete ale unui astfel de aparat lipsesc. Din această cauză nici unul din cadranele solare antice descoperite până acum, nu a putut fi identificat în mod clar cu aparatul pomenit de Vitruvius. Despre acest tip de cadran solar există în prezent doar ipoteze. Astfel, Montucla, în a sa „Istorie a matematicii“, consideră că este vorba de o proiecție a liniilor orare pe un plan tangent la sfera cerească (*Montucla 1960*). Neîmpărtășind această părere, Delambre, consideră că anticul disc se regăsește într-un anume cadran solar al Arabilor numit „sabot“, și pe care orele se citeau în funcție de lungimea umbrei solare (*Delambre 1965*). Între autorii zilelor noastre, Rohr consideră că este vorba de un cadran solar orizontal cu gnomon vertical (*Rohr 1979*), identic cu cel menționat de Francesco Peter la 1815 (*Peter 1815*). O părere asemănătoare împărtășesc și alți autori (*Daremborg — Saglio 1925*).

Nu punem acum în discuție toate aceste ipoteze. Vom prezenta în cele ce urmează ipotezele noastre privind un mare disc de andezit, — aprox. 7,00 m — descoperit în Carpații Meridionali din România, pe terasa sacră a capitalei regatului antic al dacilor. Datorită faptului că are înglobate prin construcție, toate caracteristicile unui cadran solar (latitudinea locului \odot , oblicitatea eclipticii în epocă ϵ , precum și orientarea nord-sud), este posibil ca el să fie un *discus in planitia* de tipul celui relatat de Vitruvius.

2. „Soarele de Andezit“ la Sarmizegetusa — Regia.

2.1. *Locul.*

Dacii (Daces), menționați sub acest nume de scriitorii de limbă latină, sau Geții (Getes), cum îi numeau scriitorii antici de limbă greacă, formau ramura de nord a Tracilor. Ei au creat o civilizație înfloritoare, realizările lor fiind deosebite mai ales în domeniul metalurgiei bronzului și a fierului, precum și în domeniul spiritual. În timp, cultura Daci-

lor a fost influențată de cultura scitică, celtică și, desigur, greacă și romană.

Unirea triburilor dacice s-a înfăptuit pe timpul regelui Burebista (82—44 B.C.), cu contribuția marelui preot Deceneu, care i-a și urmat la tron (*Glodariu — Iaroslavschi — Rusu 1988; Daicoviciu 1972*). Ultimul rege dac, Decebalus (87—106 A.D.), a purtat patru mari războaie împotriva Imperiului Roman, în ultimul (105—106 A.D.) fiind învins de împăratul Traian. După această victorie, pe care romanii au eternizat-o pe Columna lui Traian din Roma, Dacia a fost transformată de către aceștia în provincie romană.

Sarmizegetusa — Regia, fosta capitală a regatului Dacilor, se găsește în Munții Șureanului (Orăștiei), în Carpații de Sud, România. Ea era ocrotită de o serie de cetăți de apărare și pază imediată cum sunt cetățile de la Costești, Blidaru, Cugir, Piatra Roșie, sau Tilișca. Faptul că amplasamentul propriu zis al capitalei, nu era din punct de vedere strategic cel mai bine ales, lasă loc ipotezei conform căreia, această alegere a fost făcută din considerente cultural-sacrale (*Kerek 1992*), idee ce are la bază relatări ale lui *Herodot* (*Herodot IV, 94—96*). De fapt este vorba de un veritabil complex: săpăturile de aici (*Daicoviciu 1972; Glodariu — Iaroslavschi 1979*), au scos la lumină, pe lângă ruinele cetății propriu zise și ale importantei așezări civile de lângă aceasta și o impresionantă terasă sacră cuprinzând 11 sanctuare rotunde și rectangulare, între care unele de mari dimensiuni, aproximativ 30 m (*fig. 1a*).

Relatări despre cunoștințele științifice ale dacilor găsim încă la *Herodot*. Un mare număr de scriitori antici au relatat și despre deosebitele cunoștințe de astronomie ale acestui popor, cele mai cunoscute aparținând lui *Strabon* (*Strabon, VII, 3*), *Porphirios* (*Porphirios, XII, 59*) și, desigur, *Iordanes* (*Iordanes, XI, 69 72*). Începând cu *Zamolxis*, întemeietorul religiei lor și sfârșind cu ultimele sanctuare construite de ei din andezit, astronomia este prezentă în toate manifestările lor cultural sacrale, cu atât mai mult, așa cum vom încerca în continuare să arătăm și în cel mai important centru religios al lor, adică pe terasa sacră de la Sarmizegetusa — Regia. Aici, o serie de sanctuare au certe orientări astronomice (*Popa 1966; Horedt 1966; Chiș 1979; Dragomir 1987; Stănescu 1985*), reflectând nu numai o îndelungată tradiție (orientările solstițiale), ci și preocupări mai „moderne“ în epocă, cum sunt orientările pe direcția nord-sud (meridiana locului), element indispensabil pentru orice observator astronomic din indiferent ce epocă istorică.

2.2. Descriere, dimensiuni.

Pe terasa sacră, la vest de Marele Sanctuar Rotund (30 m diametru), se află un disc plan, construit din piatră de andezit, de dimensiuni considerabile: 6,98 m diametru și o grosime la margini de 0,30 m. Monumentul este format dintr-un disc central monolit de 1,46 m diametru și din 10 sectoare în lungime medie de 2,76 m, care se potrivesc unul în celălalt așa fel încât rosturile dintre acestea formează imaginea unui soare, de unde și denumirea, legată de acest fonotip pur grafic.

Solidară cu discul de andezit, se află o prelungire („săgeata“, „raza“) din blocuri din piatră de calcar și andezit, de 9,55 m lungime, blocuri ale căror dimensiuni scad pe măsură ce ne îndepărtăm de disc. Centrul discului, axa acestei prelungiri, precum și axa longitudinală a unui sanctuar dreptunghiular aflat în prelungirea ei, axă marcată în teren de două blocuri de andezit de secțiune dreptunghiulară, se află poziționate exact pe direcția Nord-Sud. Forma geometrică și dimensiunile exacte ale monumentului la descoperirea sa, sunt prezentate în *fig. 2a*.

2.3. Funcționalitățile monumentului.

2.3.1. Funcțiunea de altar.

Intr-unul din cele 10 sectoare de andezit ale discului, spre răsărit, adică spre Marele sanctuar rotund, exista un orificiu. Sub acest orificiu era un bloc de calcar, cioplit în formă de vas cu cioc. Un eventual lichid ritual (apă, vin sau sânge) s-ar fi scurs de pe disc în vasul de piatră și de aici în rețeaua de drenaj a terasei — rețea construită tot de daci. Acesta este singurul motiv pentru care cercetarea arheologică a interpretat funcțiunile marelui disc de andezit ca fiind cele ale unui altar de jertfă. Fără a pune la îndoială această utilizare, legată de cult, avansăm ipoteza conform căreia discul de andezit a avut și o altă utilizare, și anume, una legată de observații cu caracter astronomic. De altfel, o parte a cercetării arheologice acceptă astăzi acest lucru (*Glodariu — Iaroslavski — Rusu 1988*). Astfel, anumite sacrificii culturale, (jertfe), puteau avea loc în anumite zile din calendar sau cu ocazia anumitor fenomene cerești deosebite (solstiții, răsăritul sau apusul unor stele sau constelații, etc.), momente determinate cu ajutorul discului folosit ca instrument astronomic, așa cum vom încerca să arătăm în cele ce urmează.

2.3.2. Funcțiunea de cadran solar.

Este cunoscut că trei caracteristici principale se regăsesc în elementele oricărui cadran solar, indiferent de epoca în care el a fost construit. Ele permit o localizare ulterioară a aparatului în timp și spațiu. Acestea sunt:

- a) Suprafața de recepție (deplasare) a umbrei solare, a stylului sau a gnomonului, de diferite forme și orientări;
- b) Oblicitatea eclipticii față de ecuatorul ceresc în epoca în care a fost construit aparatul;
- c) Latitudinea geografică a locului în care cadranul solar a fost construit.

Pe suprafața discului de andezit se află trasate mai multe elemente geometrice regulate. Rapoartele matematice între dimensiunile metrice ale acestor elemente, permit, cu o bună aproximație, interpretări de tip astronomic, în sensul proprietăților cadranelor solare, enumerate mai sus.

Vom analiza pe rând, prezența fiecăruia din aceste caracteristici la Soarele de Andezit.

Utilizarea în calcule a raportului a două mărimi măsurate în unitățile noastre de astăzi (metri), asigură independența calculelor față de unitățile de măsură ale epocii antice (grecești, romane sau, posibil, proprii) unități pe care astăzi nu le cunoaștem.

a) *Suprafața de recepție a umbrei solare.*

Orientat exact pe direcția nord-sud, șirul de blocuri numit în cele ce urmează „raza de piatră“ și notat cu Rp, ar fi permis, la suprafața sa superioară, urmărirea variației lungimii umbrei la amiază a unui, eventual, gnomon, amplasat pe aliniament.

Momentul în care umbra gnomonului ar fi apărut pe „raza de piatră“ Rp, ar fi fost, deci, momentul amiezii, iar umbra ar fi fost în mod necesar cea mai scurtă din ziua respectivă. În plus, deoarece numai 9,55 m din întregul aliniament nord-sud sunt marcați cu blocuri prin „raza de piatră“, putem considera că această lungime prezenta un interes mai deosebit pentru constructorii antici ai monumentului, în sensul că, la un capăt al ei, s-ar fi putut poziționa umbra cea mai lungă, iar la celălalt capăt (lângă disc) umbra cea mai scurtă dintr-un an. În această situație, capetele șirului de blocuri ar fi marcat, prin lungimile umbrei gnomonului la amiază, cele două solstiții, de vară și de iarnă.

Pentru latitudinea geografică a sanctualelor ($\odot = 45^{\circ}40'$) exista însă un singur gnomon, care, în epoca respectivă (secolul I A.D.: $\varepsilon = 23^{\circ}40'$), avea variația umbrei meridiane între solstiții — deci într-o jumătate de an tropic — egală cu 9,55 m, deci cu „raza de piatră“. Înălțimea acestuia, pe care o notăm cu „Hg“, va avea următoarea dimensiune:

$$Ug / tg = 9,55 \text{ m} / tg (\odot + \varepsilon) - tg (\odot - \varepsilon) = 9,55 \text{ m} / 2,26 = 4,22 \text{ m}$$

Această dimensiune nu este străină de dimensiunile înscrise pe disc. Ea este egală cu suma razei cercului mic și a razei discului:

$$Hg = R_{cc} + R_d = 0,73 \text{ m} + 3,49 \text{ m} = 4,22 \text{ m} \quad (\text{fig. 2b})$$

ceea ce poate constitui o dovadă că există o legătură funcțională, de tip astronomic, între disc și raza de piatră.

O altă dovadă a acestui tip de legături este și relația între lungimea cercului cu „T“-uri de pe disc (notată cu Rct) și de două ori lungimea razei de piatră „Rp“. Cele două lungimi sunt egale:

$$2 \pi R_{ct} = 2 \times 3,14 \times 3,04 \text{ m} = 19,10 \text{ m}$$

$$2 \times R_p = 2 \times 9,55 = 19,10 \text{ m}$$

Această dimensiune, 19,10 m, adică, de două ori lungimea razei de piatră reprezintă, de fapt, porțiunea pe care se mișcă umbra vârfului gnomonului într-un an tropic.

În cele ce urmează, vom presupune că s-a lucrat cu un gnomon de 4,22 m înălțime. Deoarece se urmărește în principal poziția umbrei vârfului gnomonului, acesta putea să fie amplasat fie ca tija pe disc, fie să aibă numai vârful amplasat pe un eventual acoperiș al discului, caz în care suprafața sa rămânea liberă fie pentru măsurători, fie pentru sacrificii, fie pentru ambele aceste utilizări.

b. Inclinația eclipticii în epocă.

Valoarea pe care o avea inclinația eclipticii pe planul ecuatorului cereșc acum aproximativ 1900 de ani, deci în perioada în care cerceta-reea arheologică plasează construcția Soarelui de Andezit, se determină adăugând un factor de corecție la valoarea pe care o are astăzi acest unghi:

$$\begin{aligned} \text{Corecția lui } \varepsilon &= 0,4684'' / \text{an} \times 1900 \text{ ani} = 890'' = 14,83' = 15' \\ \varepsilon \text{ în anul } 100 \text{ p.Ch.} &= \varepsilon \text{ în anul } 1950 + 15' = 23^\circ 27' + 15' = \\ &23^\circ 42' \end{aligned}$$

Această valoare de epocă, $23^\circ 42'$, mai exact tangenta acestui unghi, se află înscrisă pe discul de andezit, cu o remarcabilă precizie printr-o proiecție stereografică în sensul lui Hipparch (*fig. 3a*). Acest tip de proiecție a fost descoperit de marele astronom grec în secolul al II-lea a.Ch., în cadrul încercărilor epocii de a proiecta sfera pe o suprafață plană. Ea l-a condus pe acesta la construirea faimosului astrolab plan denumit și „instrument universal“ datorită nenumăratelor utilizări practice la care se preta (*fig. 3*).

Astfel, dacă facem raportul dintre raza cercului mic de pe disc și raza discului, operațiune matematică în urma căreia, așa cum am arătat, se elimină din calcule unitatea de măsură utilizată de noi în teren, respectiv metrul zilelor noastre, cât și unitatea utilizată de daci, vom obține tangenta oblicității eclipticii în epocă într-o formă specifică acestui tip de proiecție și anume prin tangenta jumătății unghiului:

$$\begin{aligned} R_{cc} / R_d &= 0,73 \text{ m} / 3,49 \text{ m} = 0,209 = \text{tg } 11^\circ 50' = \text{tg } \widehat{AOB} = \\ \text{tg } 23^\circ 40' / 2 &\text{ și deci rezultă că } \widehat{AOC} = 2 \times \widehat{AOB} = 23^\circ 40' \quad (\text{fig. } 3c) \end{aligned}$$

Cercul mic central de pe Soarele de Andezit permite, pe lângă reprezentarea unghiului de inclinație a eclipticii $\varepsilon = 23^\circ 40'$, și construcția așa numitului cerc „menaeus“ din analema lui Vitruvius (*fig. 3c*). Pe acest cerc „menaeus“, care reprezintă de fapt ecliptica se puteau urmări pozițiile soarelui în diferite momente de interes ale anului, cu ajutorul poziției umbrei vârfului gnomonului la amiază pe raza (săgeata) de piatră, în acele momente (*fig. 3d*). Poziția soarelui, respectiv distanța sa zenitală se mai putea determina și cu ajutorul unei duble proiecții stereografice a lungimii umbrei gnomonului la un moment dat (*fig. 3e*).

c. Latitudinea geografică a locului.

Dacă se unește vârful gnomonului presupus de noi a avea $H_g = 4,22 \text{ m}$, (punctul C în *fig. 2b*) cu centrul discului (punctul O din aceeași figură), în triunghiul dreptunghic OCB astfel format este conținută latitudinea geografică a locului ($\text{smz} = 45^\circ 40'$) cu o eroare de aproximativ 1%.

$$\begin{aligned} \text{tg } \widehat{BOC} &= 4,22 \text{ m} / 1,72 \text{ m} = 2,454 = \text{tg } 67^\circ 83' = \text{tg } (90^\circ + 45^\circ 6') / 2 \\ \text{tg } \widehat{OCB} &= 1,72 \text{ m} / 4,22 \text{ m} = 0,407 = \text{tg } 22^\circ 18' = \text{tg } (90^\circ - 45^\circ 6') / 2 \end{aligned}$$

Se observă că cele două unghiuri apar în aceeași manieră a proiecției stereografice în sensul lui Hipparch în care apare oblicitatea eclipticii, adică tangenta trigonometrică a jumătății unghiului (în acest caz a jumătății complementului sau suplementului unghiului).

În același triunghi, să considerăm ipotenuza, în lungime de 4,56 m, marcată de punctele O și C, ca un alt gnomon, amplasat de această dată înclinat și în centrul discului și nu perpendicular pe disc și excentric ca gnomonul de 4,22 m. Acest al doilea gnomon, având vârful în același punct ca și gnomonul de 4,22 m, ar avea exact aceeași variație a umbrei între solstiții la amiază ca și primul, adică între extremitățile razei de piatră. Înclinația sa de $(90 + \odot) / 2 = (90^\circ + 45^\circ 40') / 2$ este caracteristică așa numitelor cadrane solare orizontale cu ore omogene (*Bilfinger 1886; Dreker 1925*). Mai mult, și lungimea acestui al doilea gnomon, de 4,56 m, la fel ca și a primului, se află marcată pe disc:

$$OC = (R_{cc} + R_{ct}) \times 1,209 = (0,73 \text{ m} + 3,04 \text{ m}) \times 1,209 = 3,77 \text{ m} \times 1,209 = 4,56 \text{ m, unde } 1,209 = 1 + 0,209 = 1 + \operatorname{tg}(\varphi/2) = 1 + R_{cc} / R_d.$$

Latitudinea geografică a locului se poate deduce și din dimensiunile geometrice ale cercurilor înscrise pe disc:

$$R_d / (R_{ct} + R_{cc}) = 3,49 \text{ m} / 3,77 \text{ m} = 0,926 = \cos 22^\circ 2'$$

$$= \cos (90^\circ - \odot) / 2$$

$$(90 - \odot) / 2 = 22^\circ 2' \quad 90 - \odot = 44^\circ 4'$$

$$\odot \operatorname{smz} = 45^\circ,60 = 45^\circ 40'$$

Acest al doilea gnomon, în lungime de 4,56 m, înscris și el pe disc, ar fi avut avantajul că trebuia amplasat în centrul discului, deci într-un punct evident foarte ușor de determinat. Înclinarea sa se putea realiza cu un dispozitiv lesne de imaginat.

2.3.3. Funcțiunea de astrolab.

În cele ce urmează, vom propune o metodă prin care este posibil ca anticii constructori să fi dedus raza cercului cu „Te“-uri pornind de la raza discului, prin utilizarea valorii de epocă a oblicității eclipticii, a latitudinii sanctuarelor și a proiecției stereografice, respectiv a astrolabului lui Hipparch.

În acest sens vom examina în *fig. 4*, care reprezintă planul unui astrolab în sensul lui Hipparch, proiecția stereografică (notată cu $A'B'$) a „locothomosului“, diametrul cercului numit „menaeus“ (notat AB) din analema lui Vitruvius(planul unui cadran solar). Arcele solare, de vară și de iarnă, în proiecție stereografică se obțin la intersecția cu proiecția stereo a orizontului locului, notată cu $SE'S'$. Pentru o rază a sferei cerești egală cu unitatea, $R = 1$, vom obține:

$$A'B' = O1A' - O1B' = \operatorname{tg}(90^\circ + \varepsilon) / 2 - \operatorname{tg}(90^\circ - \varepsilon) / 2 = 2 \operatorname{tg} \varepsilon = 2 \times O2A'$$

Pentru $\varepsilon = 23^\circ 40'$ vom obține $A'B' = 2 \times 0,437$ iar pentru o rază a sferei cerești egală cu un metru, obținem $A'B' = 2 \times 0,437 \text{ m}$. Aceasta

mărimă — „modul“ de 0,437 m o vom regăsi, ea fiind prezentă în patru sanctuare ale complexului. Diametrul $A'B'$ astfel obținut, pe care trăsăm un cerc cu raza $O2A' = O2B' = 0,437$, este împărțit de proiecția stereografică a punctului C (punct în care soarele se află la echinocțiu, deci, în ecuatorul ceresc) în două părți inegale:

$$A'C' = \operatorname{tg} (90 + \epsilon) / 2 - \operatorname{tg} (90/2) = 0,5287$$

$$C'B' = \operatorname{tg} (90/2) - \operatorname{tg} (90 - \epsilon) / 2 = 0,3458$$

Distanța $O2C'$ cu care trăsăm un nou cerc, mai mic, va fi egală cu:

$$A'C' - A'O2 = [2\operatorname{tg} (\epsilon/2)] / [1 - \operatorname{tg} (\epsilon/2)] = 0,0913$$

Rezultă că:

1) Raportul celor două raze, a cercului mic ($O2C'$) și a cercului mare ($O2A'$) este egal cu același raport pe care îl găsim pe discul de andezit între raza cercului central și raza discului:

$$O2C' / O2A' = R_{cc}/R_d = 0,209 = \operatorname{tg} \epsilon/2$$

2) Pentru o rază a sferei cerești egală cu raza discului de andezit $R_d = 3,49$ m, rezultă că raza cercului $O2A'$ (cerc tangent la arcele extreme ale soarelui), va fi egală cu:

$$2 \times 0,437 \times 3,49 \text{ m} = 3,06 \text{ m,}$$

adică practic egală cu raza cercului cu T-uri, trasat pe disc.

3) Pentru $R = 1$ m, lungimea cercului proiecție a „locothomus-ului“ va fi egală cu: $L_c = 2 \times \pi \times 0,437 \text{ m} = 2,74 \text{ m} = 2,76 \text{ m} = R_d - R_{cc}$ (pe disc).

Pentru $R = 3,49$ m, aceeași lungime devine $L_c = 2 \times \pi \times 0,437 \times 3,49 \text{ m} = 9,56 \text{ m}$ adică lungimea „razei de piatră“ R_p , alt element al Soarelui de Andezit.

4) Mai rezultă că discul de andezit conține și rapoartele tipice ale oricărui astrolab, respectiv, cele între proiecția stereografică a ecuatorului și proiecțiile stereografice ale celor două tropice, nordic și sudic:

Pentru tropicul nordic, fig. 4b:

$$\begin{aligned} O1A' / O1C' &= 5,34 \text{ m}/3,49 \text{ m} = (R_d + R_{cc}) / (R_d - R_{cc}) = \\ &= 4,22 \text{ m}/2,76 \text{ m} = 1,53 = \operatorname{tg} (90 + \epsilon) / 2 \end{aligned}$$

Pentru tropicul sudic, fig. 4c:

$$\begin{aligned} O1B' / O1C' &= 2,28 \text{ m}/3,49 \text{ m} = (R_d - R_{cc}) / (R_d + R_{cc}) = \\ &= 2,76 \text{ m}/4,22 \text{ m} = 0,653 = \operatorname{tg} (90 - \epsilon) / 2 \end{aligned}$$

Cunoașterea acestor rapoarte, înscrise pe disc, ar fi permis construirea unor aparate astronomice de tipul astrolabului de către cunoscătorii din rândul preoților sau altor vârfuri „științifice“ ale societății dacilor.

Am prezentat într-o lucrare anterioară (Stănescu 1985) existența unei unități geometrice întrebuintată la construcția sanctuarelor. Astfel, dacă împărțim lungimile laturilor sau circumferințelor unora din sanctuare la numărul de stâlpi aflați pe acestea în teren, obținem același rezultat (număr), indiferent de sanctuar. Pentru circumferințele sau laturile unde acest număr de stâlpi este cert, obținem:

Marele Sanctuar Rotund: 91,20 m / 210 stâlpi = 0,437 metri pentru un stâlp.

Micul Sanctuar Dreptunghiular „distrus“ (latura de apus, orientat nord-sud): 13,98 m / 32 stâlpi = 0,437 metri pentru un stâlp.

Micul Sanctuar Rotund: 40,21 m / 114 stâlpi = 0,352 m / stâlp = 0,437 m / stâlp \times 1,618/2 unde 1,618 este raportul în care punctul echi-noctial împarte umbra gnomonului la solstițiul de iarnă.

Acolo unde nu există stâlpi, de exemplu pe suprafața discului de andezit, dacă împărțim razele cercurilor la 0,437 m, rezultă numere întregi, ca și cum am avea și acolo un număr întreg de stâlpi:

| | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Raza discului Rd = 3,49 m | 3,49 m / 0,437 m = 8 |
| Raza cercului cu „T“-uri = 3,04 m | 3,04 m / 0,438 m = 7 |
| Raza de piatră Rp = 9,55 m | 9,55 m / 0,437 m = 22 |

În figura 4 pentru o rază unitară a sferei cerești, mărimea 0,437 apare fără dimensiuni. Dacă raza sferei cerești o vom considera egală cu un metru sau cu o altă unitate de măsură, antică sau modernă, evident că mărimea de 0,437 va deveni 0,437 m sau 0,437 coți antici, sau 0,437 stâlpi, etc. Pentru o rază a sferei cerești, egală cu raza discului de andezit, ea devine egală cu jumătate din raza cercului cu T-uri.

Rezultă:

I) O semnificație „astronomică“ pentru „modulul“ de 0,437 m.

II) Această construcție demonstrează că utilizând numai raza discului, valoarea de epocă a oblicității eclipticii, latitudinea geografică a sanctuarelor, proiecția stereografică și astrolabul lui Hipparch, se pot construi atât cercul cu „T“-uri cât și cercul central, ambele trasate pe disc.

Mai rezultă și posibilitatea ca Soarele de andezit să fi fost trasat în acest mod, caz în care ar putea reprezenta un anume tip de „menaeus“ în proiecție stereografică.

Cu excepția cazurilor cu centrele în O2, în OH, în OM și în O, care aparțin autorului, restul desenului (reprezentând astrolabul atribuit lui Hipparch) se găsește expus la Secția de Istoria Astronomiei de la Deutsches Museum din München.

2.3.4. Ipoteze privind sinteza celor două funcțiuni: de cadran solar și de astrolab.

Din cele expuse până acum rezultă că pe discul de andezit se găsesc trasate elementele de bază ale unui cadran solar și, totodată, elemente aparținând unui astrolab. Cercul pieselor de marmoră în forma literei „T“ ar putea fi (printr-o coincidență numerică sau prin două valori numerice foarte apropiate, 3,04 m și 3,06 m) o reprezentare a celor două sfere cerești:

— sfera cerească „generală“, ca proiecție a diametrului menaeusului, deci, a eclipticii;

— sfera cerească „locală“, caracterizată prin raportul specific locului între înălțimea gnomonului și lungimea umbrei măsurată în momente importante ale anului, în cazul nostru variația umbrei între cele

doă solstiții. Este posibil ca această coincidență numerică să fie datorată tocmai valorii pe care o are latitudinea sanctualelor.

Am putea atunci presupune, că pozițiile pieselor „T” de pe cercul cu același nume, au fost folosite ca marcaje ale unor poziții ale soarelui pe ecliptică, simbolizând date importante pentru constructorii monumentului.

Din punct de vedere teoretic și practic, apare însă o întrebare foarte importantă: este posibilă transferarea datelor obținute de un gnomon la un astrolab, astrolab evident „caracteristic” acelu gnomon? Răspunsul la această întrebare este afirmativ. Fără a susține că metodele, ce vor fi prezentate aici, reprezintă tocmai metodele folosite de daci și continuând să căutăm în principal proprietăți ale aparatului, vom arăta:

— cum se poate construi un astrolab „caracteristic” unui gnomon dat, deci că există combinația gnomon-astrolab;

— cum ar fi putut dacii — evident, ne referim la vârfurile societății dacilor —, să construiască un astrolab cu gnomon cu elemente din teren (numai discul și raza de piatră).

2.3.4.1. Construcția unui astrolab plecând de la un gnomon dat.

Modul în care poate fi construit un astrolab, plecând de la un cadran solar, a fost descris amănunțit în lucrările lui Hugin (*Hugin 1978*) și Gunther (*Gunther 1978*). Construcția de bază pleacă de la un cadran solar echinocțial și are la bază lungimea umbrei gnomonului pentru diferite poziții ale soarelui pe ecliptică. O reprezentare simplificată a acestei construcții este prezentată în fig. 5, în care sunt expuse numai orele la cele două echinocții.

2.3.4.2 Construcția unui astrolab cu elementele din teren.

Următoarea întrebare care se impune vizează posibilitățile și metodele prin care astronomii dacilor ar fi construit aceste aparate. Încercăm, în cele ce urmează, unele răspunsuri concrete la această problemă extrem de importantă trecând peste argumentul de ordin general conform căruia dacă „aparatură”, care a fost construit de ei, există și poate funcționa și astăzi, este evident că posedau și metode, la nivelul epocii, cu care l-au „proiectat”. Unele dintre acestea au fost descoperite de Hipparchos, cu aproximativ 150 de ani înainte de perioada construirii Soarelui de Andezit, iar altele, în principal, metode simple de tip grafic, erau de asemenea cunoscute în epocă, și, credem că și de daci.

Astfel, pentru proiecția stereografică a orizontului locului, este puțin probabil că au folosit o formulă de tipul $R_h = H_g / \sin \phi$, sau, dacă da, nu în această formă; credem însă că o soluție grafică a problemei, de tipul propus în fig. 6a, le era cu siguranță accesibilă (fig. 6a).

Cea de a 2-a construcție grafică ajutătoare (fig. 6b), permite determinarea arcelor solstițiale ale soarelui din umbra gnomonului și a poziției pe această umbră a punctului echinocțial. Această rezolvare grafică este echivalentă cu formula $\cos H = \operatorname{tg} \phi \times \operatorname{tg} \varepsilon$, pentru valoarea lui ε la solstiții. Această formulă o întâlnim și la Ptolemeu și păstrăm față de utilizarea ei aceleași considerațiuni ca pentru formula $R_h = H_g / \sin \phi$.

Dacă cercul cu piese „T” reprezintă proiecția unui menaeus, așa cum presupunem noi, atunci construcția unui astrolab necesită înainte de toate, determinarea centrului său. Elementele din teren permit acest lucru. Pentru aceasta putea fi folosită proprietatea prezentată în fig. 3a, conform căreia în triunghiul dreptunghic MO2O1, unghiul O2O1M este egal cu unghiul ε .

2.3.4.3. Ipoteze privind trecerea datelor de la un gnomon la astrolab. Proiecția stereografică a umbrelor unui gnomon.

În această a doua ipoteză vom face o proiecție stereografică a punctelor solstițiale și echinoctiale ale unui gnomon cu $H_g = R_d$ la $\phi = 45^\circ 40'$ și la $\varepsilon = 23^\circ 40'$ (sec. I p. Ch). „Punctul de vedere” al proiecției va fi zenitul, iar planul de proiecție planul orizontal al locului.

După ce am găsit cercul cu „T”-uri și cercul central printr-o proiecție stereografică a diametrului discului, vom încerca să găsim, cu aceleași metode și porțiunea pe care se urmărește variația umbrei între cele două solstiții, respectiv lungimea „razei de piatră” notată Rp.

Vom construi „almucantaras”-urile pentru înălțimea soarelui de $+\varepsilon$ și $-\varepsilon$ față de ecuator. Razele acestor almucantaras-uri (cercuri paralele cu planul orizontal pe care toate stelele au aceeași înălțime), au valorile date de formulele de mai jos (Neugebauer 1975):

$$R(+\varepsilon) = R / 2 [\operatorname{tg}[(\odot - \varepsilon) / 2] + \operatorname{ctg}[(\odot + \varepsilon) / 2]] = 2,86 \text{ m}$$

$$R(-\varepsilon) = R / 2 [\operatorname{tg}[(\odot + \varepsilon) / 2] + \operatorname{ctg}[(\odot - \varepsilon) / 2]] = 10,17 \text{ m}$$

raza proiecției ecuatorului rămânând de 4,88 m. Aceste raze prezintă aceeași variație cu a umbrei gnomonului (fig. 6).

Proprietăți:

Conform proprietăților proiecției stereografice, proiecția punctului echinoctial trebuie să împartă proiecția variației umbrei între solstiții în același raport în care punctul echinoctial împarte umbra din teren.

1) calculând proiecția variației umbrei între cele două solstiții, obținem:

$$10,17 \text{ m} - 2,86 \text{ m} = 7,31 \text{ m}$$

Proiecția punctului echinoctial împarte proiecția variației umbrei în două segmente egale cu:

$$10,17 \text{ m} - 4,88 \text{ m} = 5,30 \text{ m} \quad \text{și} \quad 4,88 \text{ m} - 2,86 \text{ m} = 2,02 \text{ m}$$

Verificând raportul în care proiecția punctului echinoctial împarte proiecția variației umbrei între cele două solstiții se obține:

$$5,30 \text{ m} / 2,02 \text{ m} = 2,63$$

raport care este identic cu raportul cunoscut de la umbra gnomonului pe „raza de piatră”:

$$6,92 \text{ m} / 2,63 \text{ m} = 2,63$$

valoare ce reprezintă raportul în care punctul echinocțial Ec împarte diferența umbrelor solstițiale ale oricărui gnomon ce funcționa în epocă la latitudinea Sarmizegetusei-Regia (fig. 2b).

2) Această proiecție a variației de 7,32 m, să o împărțim cu raportul dintre $Rct/Rd = 0,872$, raport descris de Stănescu (Stănescu 1985):

Rezultă:

$$7,32 \text{ m} / 0,872 = 8,38 \text{ m}$$

Această diferență a umbrelor solstițiale, este împărțită la rândul ei de punctul echinocțial în două segmente, de 2,31 m și de 6,08 m. Ambele aceste segmente se află trasate pe discul de andezit:

$$2,31 \text{ m} = Rct - Rcc$$

$$6,08 \text{ m} = 2 \times Rct \quad (\text{vezi fig. 6b})$$

3) De altfel și lungimea de 8,38 m se regăsește în teren: ea este cu o aproximație de numai 6 m egală cu lungimea axei mari a Absidei centrale a Marelui Sanctuar Rotund (8,32 m), componentă a terasei sacre orientată solstițial (Chiș 1979; Stănescu 1985). Mai mult, această axă mare este împărțită de axa pragurilor Absidei (deci de axa mică) în două segmente egale cu 2,32 m și respectiv 6,00 m, segmente care, la rândul lor, sunt aproximativ egale cu cele de mai sus (2,31 m și 6,08 m de pe disc și din proiecția stereo a umbrei) și care se află toate în același raport în care punctul echinocțial împarte variația umbrei între solstiții:

$$2,63 \text{ m} / 6,92 \text{ m} = 2,32 \text{ m} / 6,00 \text{ m}$$

În plus segmentul de 8,32 redus cu 0,872 ne dă lungimea razei de piatră; la fel, cu aproximație și segmentul 8,38 m:

$$8,32 \text{ m} / 0,872 = 9,55 \text{ m}$$

$$8,38 \text{ m} / 0,872 = 9,61 \text{ m}$$

Regăsirea unor valori și rapoarte astronomice într-o altă componentă a sanctualelor — Absida Centrală — și aceasta orientată astronomic (solstițial), nu este numai o nouă dovadă în sprijinul ipotezelor de față, ci și o confirmare a valorilor dimensiunilor folosite în calcule. Ne referim aici la faptul că, după trecerea atâtor secole, cercetarea arheologică a pus la îndemână date practic exacte (dimensiuni, număr de elemente), acolo unde, bineînțeles, acest lucru a fost posibil, unele componente ale sanctualelor menținându-se în timp foarte apropiate de starea lor inițială.

2.4. Concluzii.

Modelarea precisă a formelor și execuția deosebit de îngrijită, orientarea nord-sud, importante rapoarte matematico-astronomice conținute în dimensiunile cercurilor trasate pe suprafața lui, arată că acest „Seare de Andezit“ a fost cu siguranță mai mult decât un altar de sacrificiu și că, foarte probabil, avem în față un aparat astronomic de tip *discus in planitia*.

Acest disc în platformă de andezit conține în construcția lui caracteristicile principale ale cadranelor solare, cum sunt: suprafața de recepție a umbrei solare, latitudinea geografică a locului în care a fost construit, cât și înclinația pe care o avea ecliptica față de ecuatorul ceresc în epoca în care și cercetarea arheologică plasează construcția altarului. În plus prin utilizarea proiecției stereografice în sensul lui Hipparch, „aparatură“ are și evidente proprietăți de astrolab.

Existența unor orientări astronomice clare în lumea dacică, de tip solstițial (toate absidele centrale ale sanctuarelor dacice de la Racoș, Pustiosu, Fetele Albe, etc. au orientare solstițială), de tip nord-sud, sau de alte tipuri, cum sunt cele lunare la Costești, vis-à-vis de relațiile autorilor antici, impunea, în sec. I p.Ch., și existența unui „aparatură“ astronomic. Acesta este, credem, de tipul argumentat aici, adică un „disc în platformă“. Desigur, nu putem ști câte din proprietățile aparatului, pe care noi azi, cu cunoștințele pe care le avem acum, le vedem în construcția acestuia le erau și lor cunoscute. Unele dintre aceste proprietăți se introduc în mod implicit, odată cu construirea aparatului, într-un anumit loc geografic. Ele sunt cu atât mai evidente, atunci când, probabil, după o lungă tradiție și utilizare, mărimile și constantele astronomice folosite au valori foarte exacte pentru nivelul epocii.

Eventuala demonstrare a altor utilități pe care le-a avut acest disc sau alte sanctuare din complex sau din lumea dacică, în afara celor acceptați în prezent, ar putea furniza relații credibile despre cunoștințele științifice ale acestui popor, cât și unele informații despre obiceiurile și miturile sale, confirmând, astfel numeroasele relatări ale autorilor antici. Acestea sunt, de altfel, principalele obiective ale cercetărilor de arheoastronomie, domeniu ce încearcă să găsească elemente de cunoaștere, de cultură sau de spiritualitate, acolo unde vestigiile arheologice nu au păstrat nici o inscripție scrisă, explicită, referitoare la aceste domenii.

FLORIN C. STĂNESCU

EINE MÖGLICHE SONNENUHR DER ART „DISCUS IN PLANITIA“
BEI SARMIZEGETUSA — REGIA, RUMANIEN

(Zusammenfassung)

Über die große Verschiedenheit der Sonnenuhren seines Zeitalters und über ihre Erfinder und Erbauer sprechend, berichtet Vitruvius plötzlich: „Aristarch aus Samos hat die Hemisphäre erfunden (unter den Namen „scaphe“ bekannt) und ebenfalls er die „Scheibe in der Plattform“.

Diese letzte Art der Sonnenuhr *Discus in planitia* hat im Laufe der Zeit das Interesse vieler Forscher erregt.

Es ist möglich, dass der Andesitaltar in der Sarmizegetusa — Regia, neben den Verwendungen, die an der Kult, den die Daker hier ausübten gebunden sind, auch für astronomische Betrachtungen und Berechnungen im Zeitalter gedient hat. Er besaß auf seiner Oberfläche eingeschrieben, alle Haupteigenschaften einer Sonnenuhr, die Neigung der Ekliptik, Breite des Platzes und Empfangsfläche des Schattens, Nord-Süd orientiert, sowie einige Astrolabium — eigenschaften.

ABREVIERI ȘI BIBLIOGRAFIE

- Vitruvius, Vitruvius, *De Architectura*, cap. VIII, IX.
- Daremberg — Saglio 1925 — H. Daremberg, J. Saglio, *Dictionnaire d'Archéologie*, Paris, 1925, p. 436.
- Montucla 1960 — J. F. Montucla, *Histoire des mathématique*, Paris, 1960, p. 458—515.
- Delambre 1965 — J. Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, New York, 1965, p. 235—276.
- Rohr 1970 — R. J. Rohr, *Sundials*, Toronto, 1970, p. 6—102.
- Peter 1815 — F. Peter, *Di un antico orologio solare*, Roma, 1815.
- Daicoviciu 1972 — H. Daicoviciu, *Dacia de la Burebista la cucerirea romană*, Cluj, 1972, p. 216.
- Glodariu — Iaroslavschi 1979, I. Glodariu, Eug. Iaroslavschi, *Civilizația fierului la daci*, Cluj-Napoca, 1979, p. 38—46.
- Glodariu — Iaroslavschi — Rusu 1988, I. Glodariu, Eug. Iaroslavschi, Adriana Rusu, *Cetăți și așezări dacice în Munții Orăștiei*, București, 1988, p. 228—243.
- Kerek 1992, F. Kerek, *Pythagoreische Topographie der sakralen Dakernhauptstadt in Sarmizegetusa — Regia*, în *Antike Welt*, München, 1992, sub tipar.
- Herodot, Herodot, *Istori*, IV, 94—96.
- Strabon, Strabon, *Geografia*, VII, 3, 5.
- Porphirios, Porphirios, XII, 59.
- Iordanes, Iordanes, *Getica*, XI, 69—72.
- Eliade 1972, M. Eliade, *Zalmoxis the Vanishing God*, Chicago, 1972.
- Eliade 1988, M. Eliade, *The Encyclopedia of Religions*, cap. *The Geto-Dacian Religion*, de I. Culiănu și C. Pogărc, London, 1988.
- Popa 1966, A. Popa, *Tribuna*, X, 52 (517), Cluj, 1966.
- Horedt 1966, K. Horedt, G. Horedt, în *Tribuna*, X, 52, (517), Cluj, 1966.
- Chiș — Mureșan 1990, Gh. Chiș, P. Mureșan, *Astronomical Elements of the Dacian Sanctuary at Sarmizegetusa — Regia (Romania)*, în *Archaeometry in Romania*, 2, București, 1990, p. 31—34.
- Dragomir — Rotaru 1986, V. Dragomir, M. Rotaru, *Mărturii geodezice*, București, 1986, p. 39—47.
- Stănescu 1985, Fl. C. Stănescu, *Considerații privitoare la posibile semnificații astronomice ale altarului de la Sarmizegetusa — Regia*, în *ActaMN*, XXII—XXIII, 1985, Cluj-Napoca, p. 105—149.
- Stănescu 1989, Fl. Stănescu, *Astronomical Significances of the Sacred Precinct at Sarmizegetusa — Regia (Romania)*, în *Archaeometry in Romania*, 2, Cluj-Napoca, 1989, p. 2—30.
- Neugebauer 1975, O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Berlin — Heidelberg — London, 1975, p. 214—233.
- Bilfinger 1886, G. Bilfinger, *Die Zeitmesser der Antiker Volker*, Stuttgart, 1886, p. 43—57.
- Dreker 1925, J. Dreker, *Zeitmessung und Sterndeutung in Geschichte licher Darstellung*, Berlin, 1925, p. 76—106.
- Michel 1947, H. Michel, *Traité de l'astrolab*, Paris, 1947, p. 12—71.
- Hugin 1978, F. Hugin, *Das Astrolabium und die Uhr*, Ulm, 1978, p. 57.
- Gunther 1978, T. R. Gunther, *Astrolabs of the World*, London, 1978, p. 125—136.

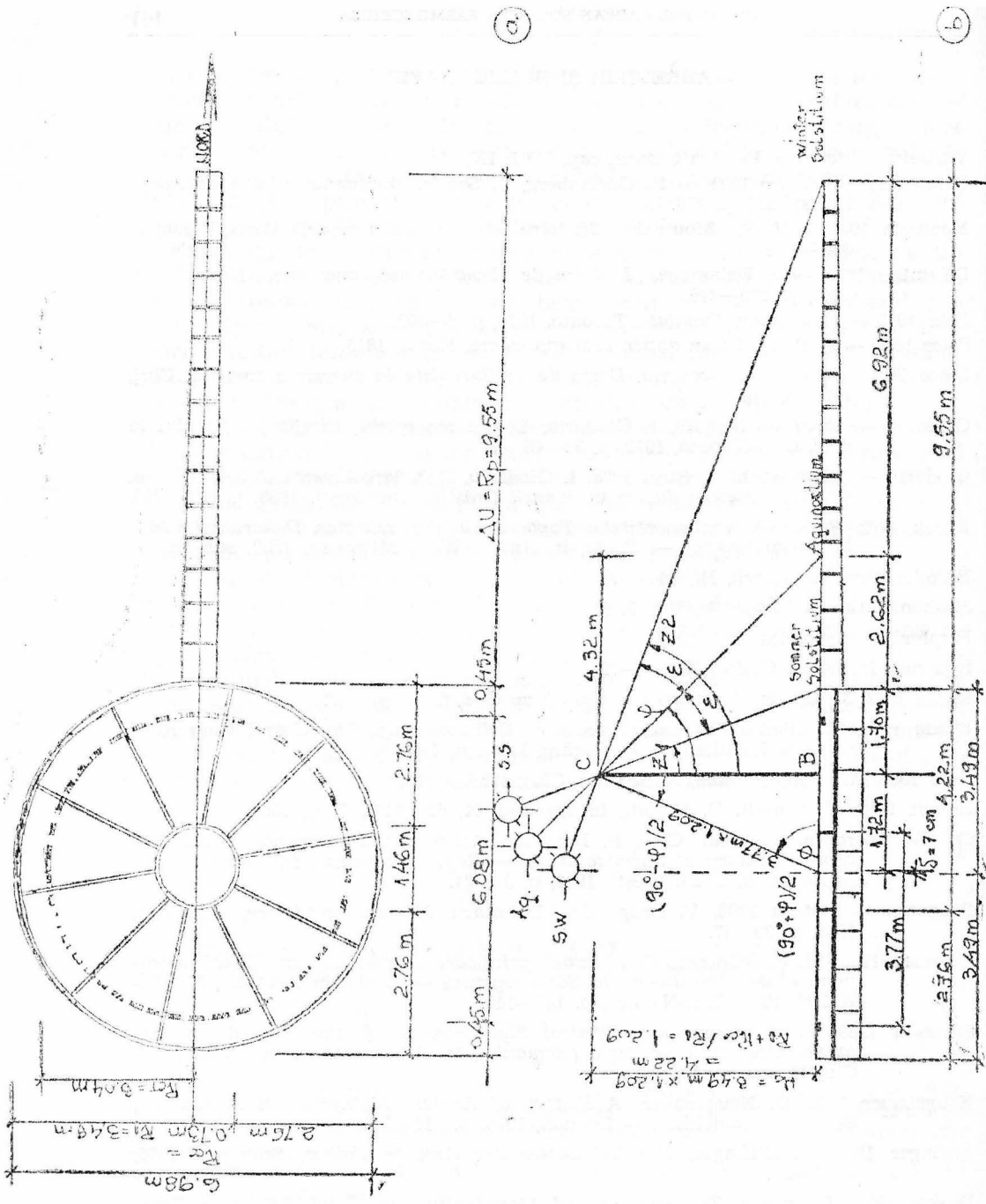
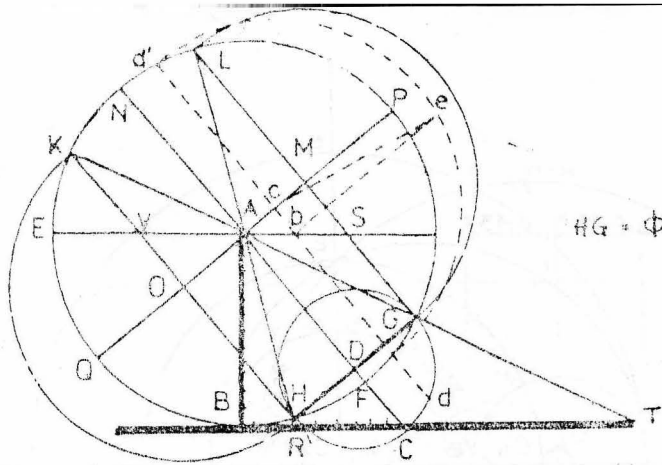
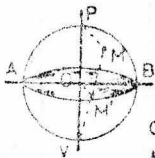


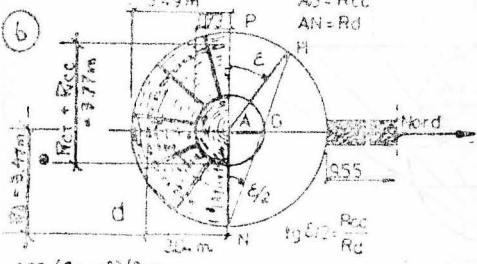
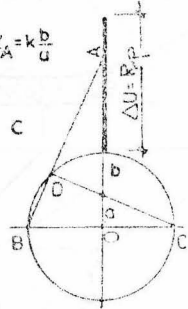
Fig. 1. Soarele de andezit. a) Schiță cuprinzând forma și dimensiunile altarului cadran — solar. b) Secțiune pe axa nord—sud; unghiurile planelor fundamentale, variația umbrei între solstiții și poziția vârfului gnomonelor.



HG = Φ MENAEUS
= LOCOTHOMUS



$$\Delta \text{tg} Z_A = k \frac{b}{c}$$



AT = Rct
AG = Rcc
AN = Rd

$$\text{tg} \epsilon/2 = \frac{Rcc}{Rc}$$

$$\cos(\theta_0 - \theta)/2 = \frac{Rd}{Rcr + Rcc}$$

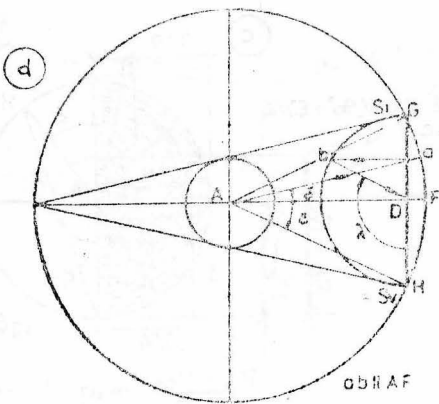


Fig. 2. a) Proiecția stereografică după Hipparch. b) Determinarea oblicității eclipticii pe discul de andezit printr-o proiecție stereografică în sensul lui Hipparch. c) Analema lui Vitruvius (planul unui cadran solar). d) Construcția unui „manaeus” pe discul de andezit și determinarea poziției pe ecliptică a soarelui la un moment dat. e) Determinarea distanței zenitale a soarelui printr-o dublă proiecție stereografică a lungimii umbrei gnomonului.

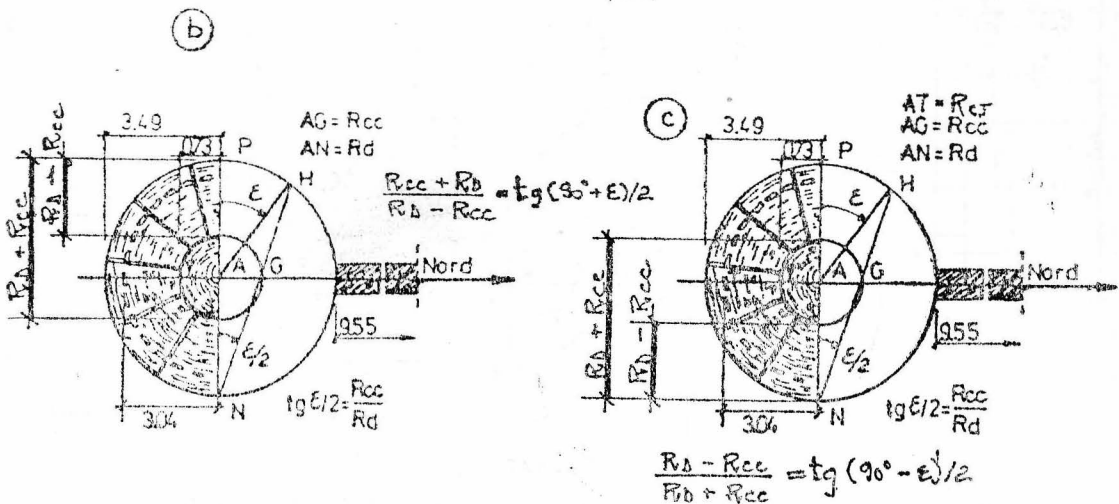
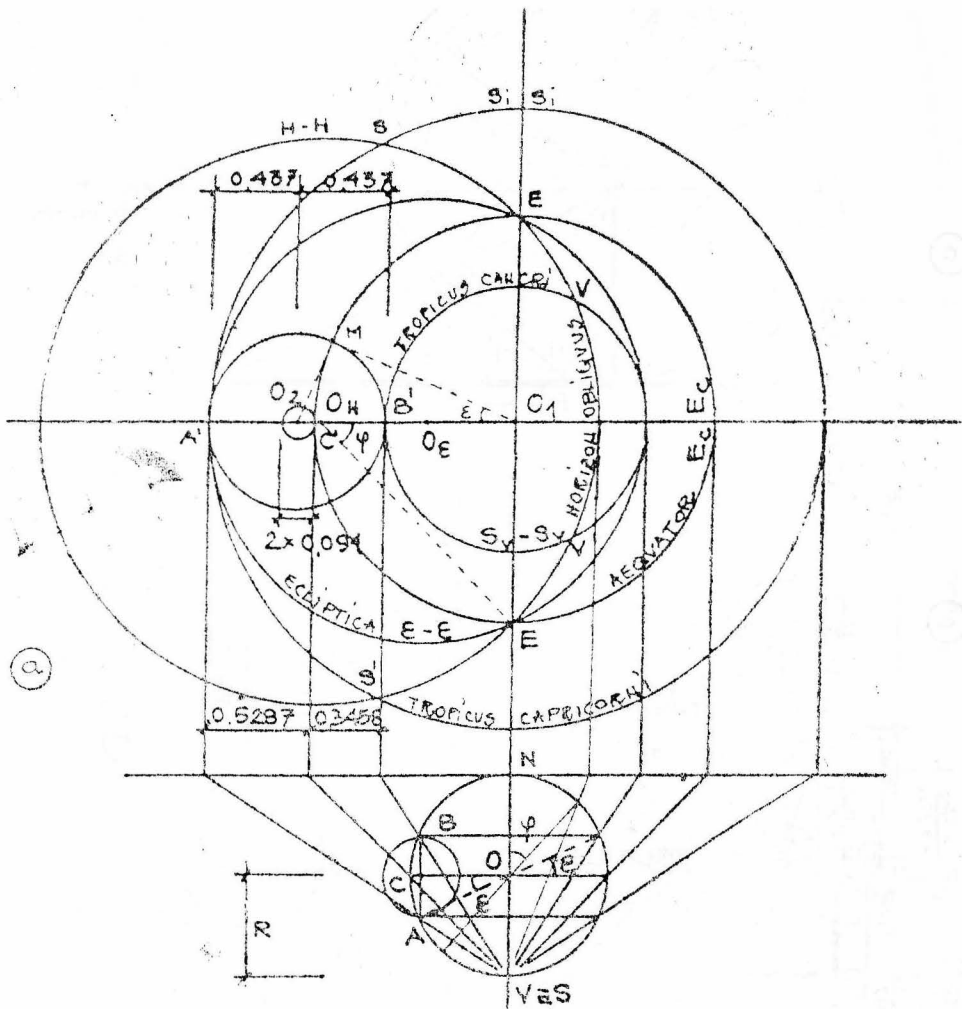


Fig. 3. a) Construcția grafică a astrolabului lui Hipparch. Pentru o valoare a razei sferei cerești OA egală cu raza discului de andezit, rezultă pentru diferența arcelor solstițiale o val are $O2A'$ egală cu raza cercului cu „Te”-uri, Rect. b) Discul de andezit: raportul între proiecția stereografică a ecuatorului și proiecția stereografică a tropicului nordic. c) Discul de andezit: raportul între proiecția stereografică a ecuatorului și proiecția stereografică a tropicului sudic.

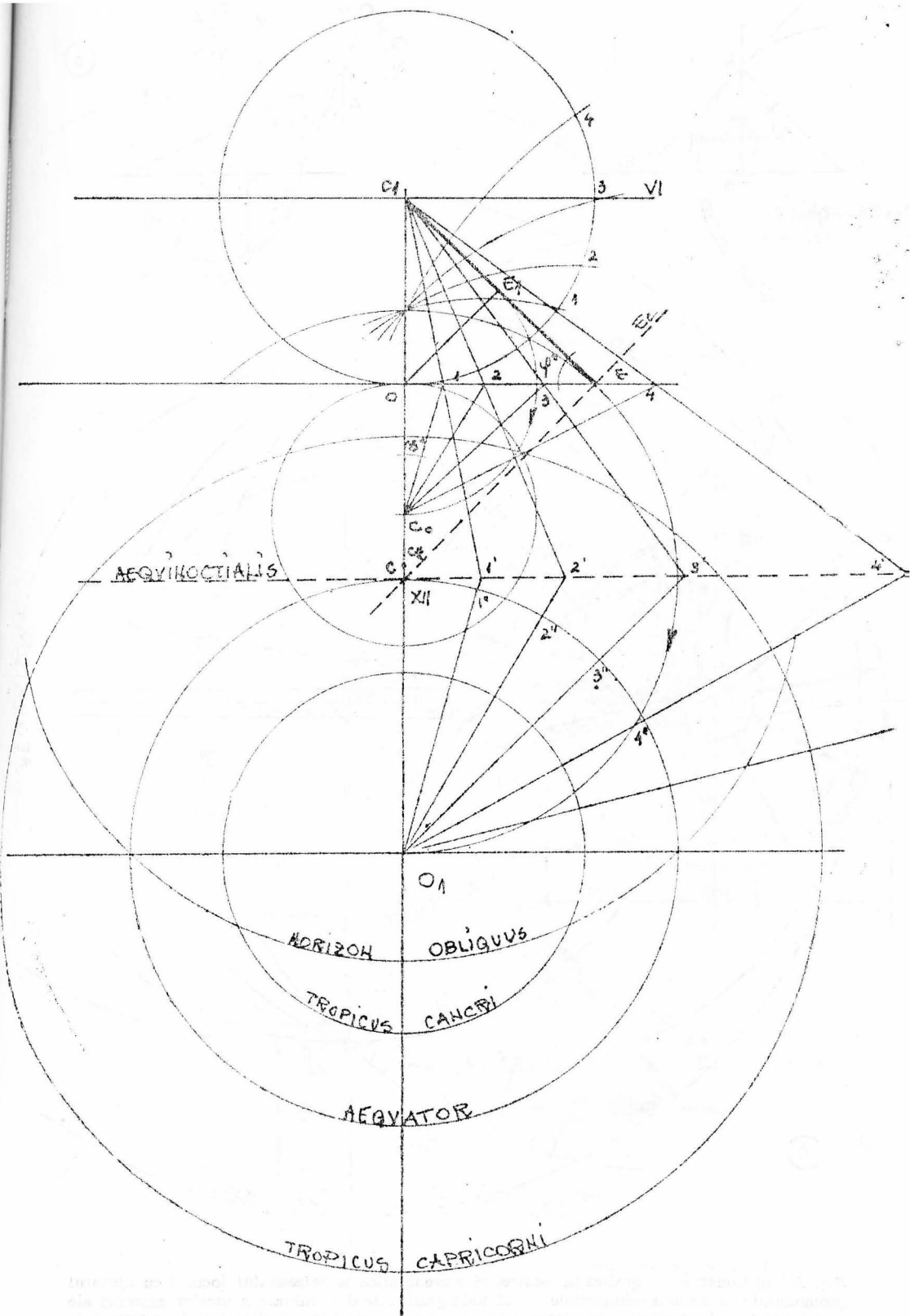


Fig. 4. Constructia unui astrolab pornind de la un cadran solar echinocțial.

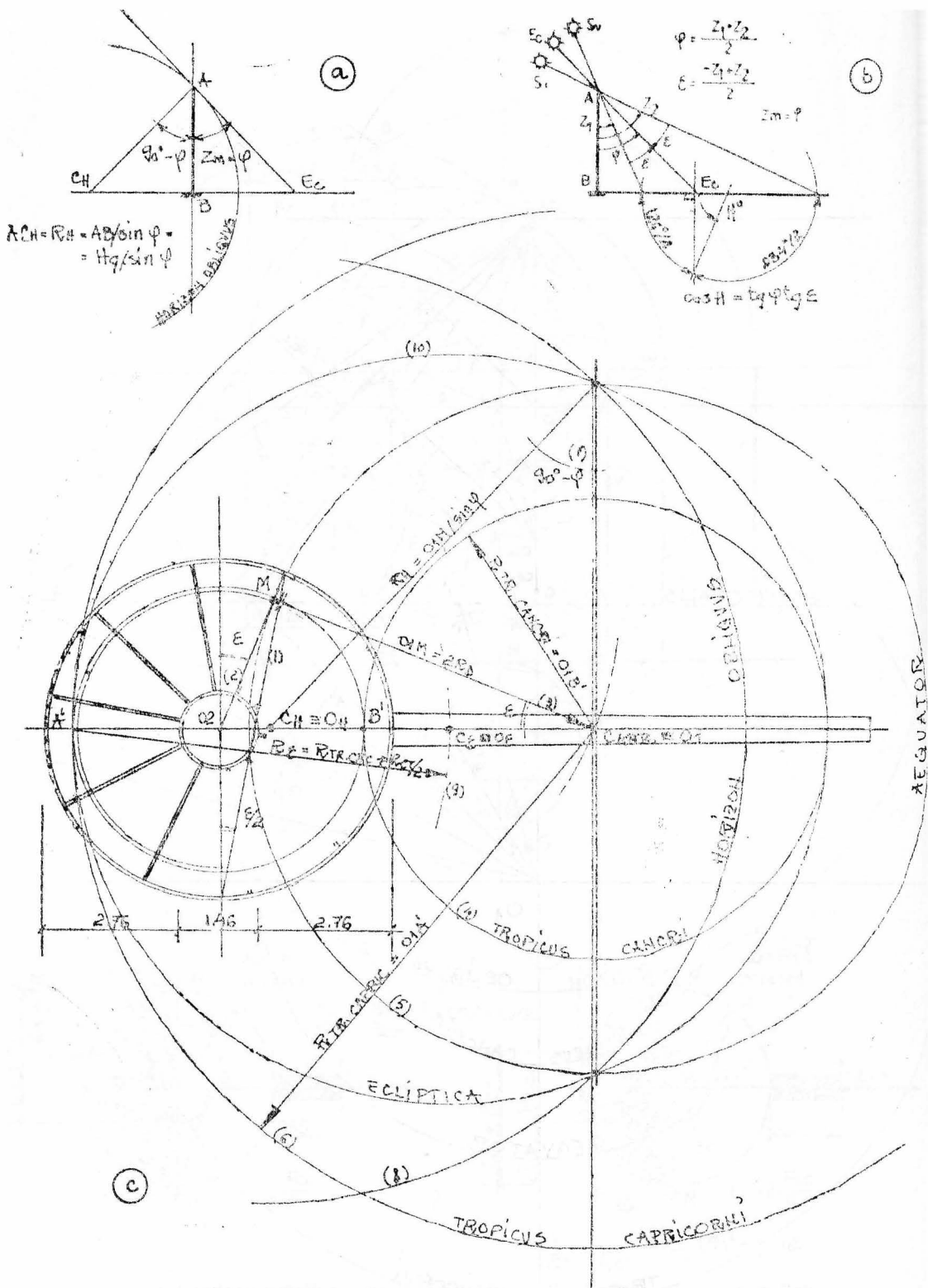
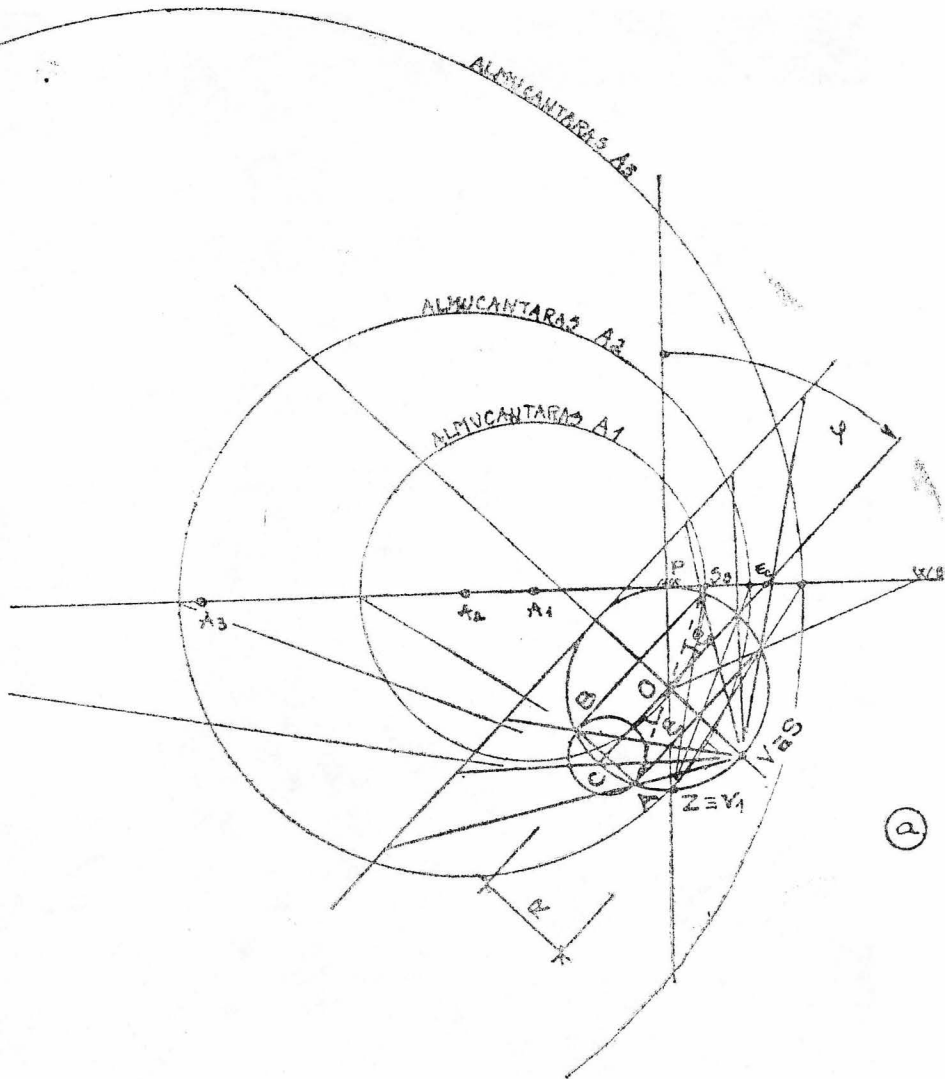
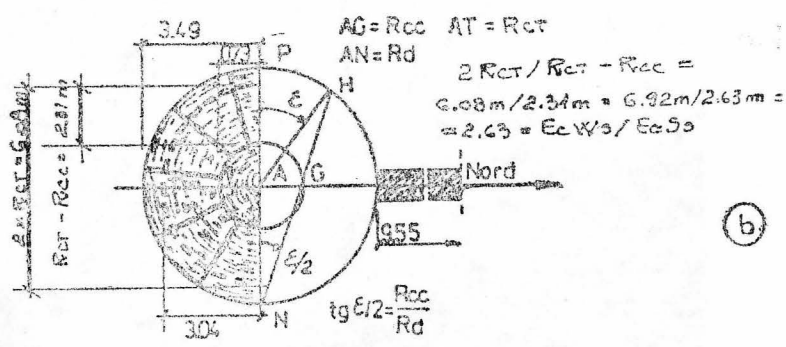


Fig. 5. a) Construcția grafică a proiecției stereografice a orizontului locului cu ajutorul gnomonului și a umbrei echinoctiale. b) Metodă grafică de determinare a arcelor extreme ale soarelui la cele două solstiții cu ajutorul punctului echinoctial și a variației umbrei între cele două solstiții. c) Construirea în teren a unui astrolab utilizând elementele discului de andezit și ale razei de piatră. Cifrele indică ordinea operațiilor. Construcția este iaversă celei de la fig. 4.

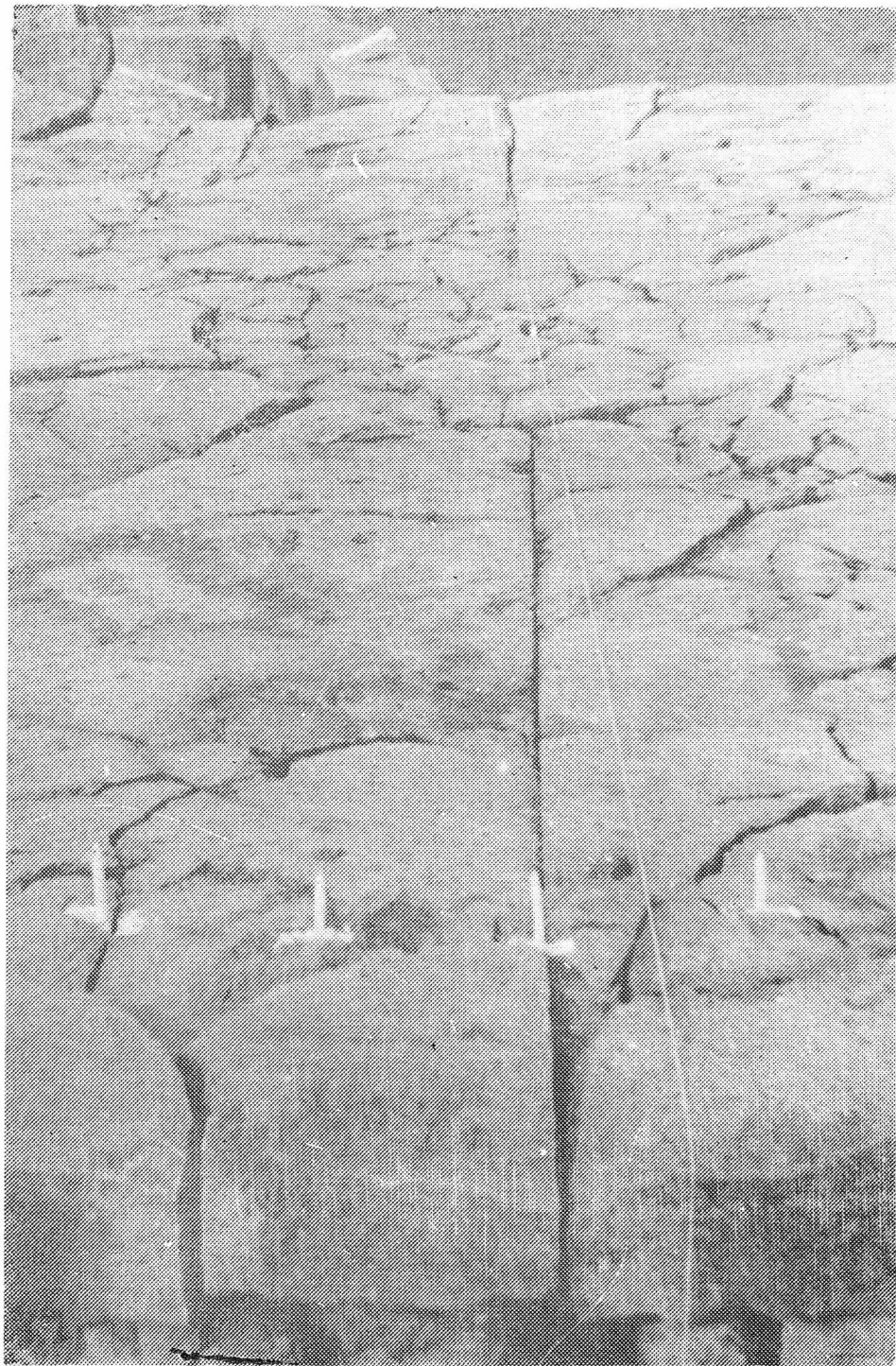


(a)



(b)

Fig. 6. a) Proiecția stereografică a umbrelor unui gnomon. b) Determinarea pe disc a diferențelor umbrelor în proiecție stereografică.



Un posibil cadran solar de tip „Discus in planitia“ la Sarmizegetusa-Regia