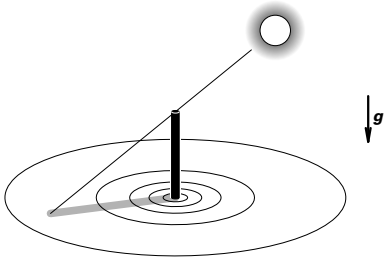
1 Obecně o slunečních hodinách

1.1 Z historie slunečních hodin

Michaela Havrdová, Miroslav Brož, Martin Šolc

Čas je veličinou, jejíž existence je spjata s existencí člověka a s jeho schopností vnímat tok událostí. I ostatní živočichové mají v sobě něco, co bychom mohli nazvat biologickými hodinami, nevyvstala však u nich potřeba definovat jednotlivé děje jako úseky na časové ose. Historie chápání času je velice pestrá, od uvědomění si pravidelností v přírodě, přes spojení času s božskou podstatou až po pojetí času jako fyzikální veličiny. Nechme nepřesný pohled na čas filosofům a básníkům a pojďme se podívat na to, jak si člověk postupně přivlastňoval schopnost měřit čas — konkrétně za pomoci „spoutání principů“ nebeské mechaniky prostřednictvím slunečních hodin.[1]

Pro měření času člověk nejprve využíval to, co měl kolem sebe — dalo by se říci, že k sledování toku času spoutával čtyři živly přírody (vodu – kapalinové hodiny, oheň – ohňové knotové či doutnákové hodiny, zemi – pískové přesýpací hodiny, vzduch – resp. promítnutí pohybu nebeských těles při sestavování slunečních hodin). Tyto nejstarší časoměrné přístroje souhrnně označujeme jako elementární. Počátky jejich používání můžeme na základě konkrétních archeologických nálezů a dochovaných písemných zpráv zařadit do doby přibližně 2000 let př. n. l. S prvními zdokonaleními mechanických kolečkových hodin, asi ve 13. století n. l., končí éra těchto elementárních přístrojů, i když se s jejich používáním setkáváme i v dnešní době.

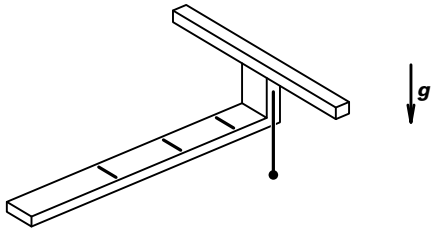


Obr. 1 — Princip gnómonu, tedy měření času podle délky vrženého stínu. *Ukazatelem* slunečních hodin je zde svislá tyč, *číselníkem* je vodorovný povrch země, s nakreslenými soustřednými kružnicemi.

[1] Náš krátký úvod si nečiní nárok být podrobným přehledem vývoje slunečních hodin, s doložením relevantních historických pramenů. Vycházíme z již zpracovaných přehledů, publikovaných např. v [10], [14], [88], [91], [128].

Objev slunečních hodin spočívá v uvědomění souvislosti mezi délkou či směrem vrženého stínu a polohou Slunce na obloze. Nejstarším typem slunečních hodin byl *gnómon* (svislý obelisk) se stupnicí na zemi (obr. 1). Délka stínu určovala denní hodinu. Hodinovou stupnicí tedy mohly být kružnice soustředné okolo paty gnómonu.[2]

S využíváním gnómonu k měření času, ale i ke kultovním účelům, se setkáváme již ve starověkém Egyptě, a to přibližně v 15. století př. n. l. (viz obr. 2). Pro měření času slunečními hodinami tu byly zvláště příznivé klimatické podmínky. Obelisky, stojící zpravidla před vchody chrámů, sloužily Egypťanům především k uctívání boha Slunce; úlohu gnómonů však mohly plnit i prosté pylony na veřejných prostranstvích.



Obr. 2 — Staroegyptské sluneční hodiny ve tvaru „T“, které také pracují s délkou stínu. Byly vybaveny olovnicí pro ustavení do vodorovné polohy. Dopoledne byly hodiny orientovány na východ, odpoledne je bylo nutné otočit na západ. Pak stín horního hranolu ukazoval na stupnici denní dobu.

Zkoumání pohybu nebeských těles, spojené s náboženskými obřady, provázelo kultury civilizací po celém světě — Egypťany, Babyloňany, Číňany, Maye, Aztéky, Inky a další. Hrálo zásadní roli při tvorbě kalendářů. Astronomické přístroje používané pro tyto účely měly různý tvar. S uskupeními kamenných monolitů, které se vyznačují astronomickou orientací, se setkáváme i na území dnešní Evropy — známé je Stonehenge ve Velké Británii (obr. 3).

Gnómony nebyly zcela přesnými časoměrnými pomůckami, protože délky jejich stínů závisejí i na roční době.[3] Ale zejména v oblastech bližších k rovníku

[2] Ve starověké literatuře je však popsána metoda, jak lze pomocí gnómonu přesně vytyčit severo–jižní směr: pro určitou dopolední a odpolední hodinu (např. pro 10. a 14.) je stín gnómonu stejně dlouhý. Spojíme-li konce těchto dvou stínů úsečkou (tětivou hodinové kružnice), najdeme střed úsečky a pak spojíme takové středy pro různé zmiňované dvojice dopoledních a odpoledních hodin, máme směr sever–jih.

[3] Této závislosti využil v roce 545 př. n. l. Řek Anaximandros pro změření sklonu roviny ekliptiky vzhledem k rovině rovníku. Tento úhel ($\varepsilon \doteq 23{,}5°$) je totiž roven polovině rozdílu poledních výšek Slunce při letním a při zimním slunovratu.

Obr. 3 — Stonehenge, megalitická stavba u Salisbury ve Velké Británii. Její stavební vývoj probíhal bezmála dva tisíce let, přibližně v období od 2800 př. n. l. do 1100 př. n. l. Stavba sloužila náboženským účelům, uctívání Měsíce a Slunce, o čemž svědčí také orientace hlavních os stavby do astronomicky význačných směrů (viz obr. 5). Foto Miroslav Brož (1998).

dovolovaly měřit čas s přijatelnou chybou. Od Egypťanů se znalost využívání slunečních hodin přenesla do starověkého Řecka. Původní ostrý hrot gnómonu nahradili Řekové malým kruhovým otvorem, tzv. slunečním okem, které vrhalo na stupnici malý světelný bod.[4]

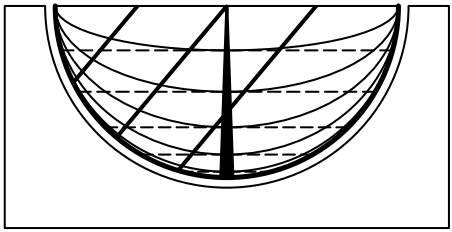
Vývojově mladším typem slunečních hodin byly horizontální duté polokulové hodiny — *skafé*.[5] Nejstarší nálezy pocházejí ze starověkého Řecka a jsou datovány do 7. století př. n. l. Vnitřní plocha polokoule je průmětem nebeské klenby, s rovníkovou čarou, s dvěma čárami slunovratů a s dvanáctihodinovou časovou stupnicí (obr. 4). Hrot ukazatele musí být ve středu skafé.

Řekové znali ještě *vertikální sluneční hodiny*, které umisťovali na veřejných budovách. Jako příklad lze uvést hodiny na svislých stěnách *Věže větrů v Athénách*, pocházející z prvního století př. n. l. (obr. 12). Jde o osmibokou budovu přesně orientovanou do základních světových stran, kde na každé stěně byly umístěny sluneční hodiny.

Epochu moderních slunečních hodin otevřel významný objev spočívající v nastavení stínového ukazatele *do směru zemské osy* (datování tohoto objevu je však

[4] Sluneční hodiny byly důležitým impulsem pro Apollonia z Pergy (262 př. n. l.–190 př. n. l.), aby studoval *kuželosečky*. Právě to jsou křivky, po nichž se pohybuje konec stínu gnómonu.

[5] Právě užitím skafé byla měřena polední výška Slunce nad obzorem a z ní poprvé vypočten *obvod zeměkoule*, a to Eratosthenem z Kýrény (asi 276 př. n. l.–194 př. n. l.) okolo roku 235 př. n. l. Eratosthenés věděl, že při letním slunovratu v poledne je ve městě Syéné (Asuán) Slunce v nadhlavníku; město totiž leží přibližně na obratníku Raka. Změřil tedy výšku Slunce v Alexandrii, taktéž v poledne a při letním slunovratu, a vyšel mu rozdíl $\alpha = 7{,}2°$ od zenitu. Vzdálenost obou měst, $d \doteq 5\,000$ stadií, je pak příslušnou částí obvodu Země $o = d \cdot \alpha/360° = 250\,000$ stadií $\doteq 40\,000$ km. (Panuje určitá nejistota v přesné hodnotě užité jednotky 1 stadion $\doteq 160$ m.) Na svou dobu se jednalo o obdivuhodně přesný výsledek, neboť dnešní přesná hodnota rovníkového obvodu Země je 40 075 km.



Obr. 4 — Skafé (rovinný řez středem polokoule) s vyznačeným rovníkem a obratníky (čáry tlusté), hodinovými kružnicemi (tenké) a výškovými kružnicemi (čárkované). Takové uspořádání dělilo „bílý“ den na 12 nestejně dlouhých (temporálních) hodin.

nejisté; v Evropě existují písemné zprávy o šikmém ukazateli až ze 14. století n. l.). Touto jednoduchou úpravou se dosáhlo stavu, kdy se stín ukazatele, nyní nazývaného *polos*, rovnoměrně otáčel kolem ukazatele každou hodinu o 15°. Na číselníku se pak začal vyznačovat čas hodinami, které během celého roku trvaly stejně dlouhou dobu.

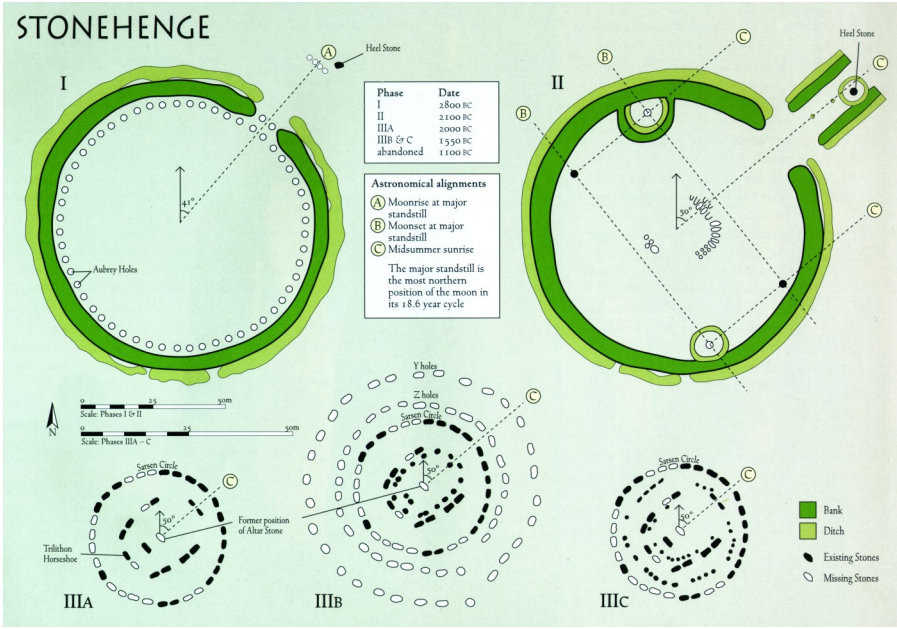
Šíření slunečních hodin mezi různými civilizacemi probíhalo mnohem pomaleji než u jiných vynálezů. Zřejmě to je způsobeno tím, že sluneční hodiny není možné jednoduše přenést z místa na místo (vzhledem k závislosti pohybu Slunce po obloze na zeměpisné šířce), ale je nutné přenést jejich princip a pochopení.

Z pohledu historického vývoje slunečních hodin je třeba zmínit i *přenosné sluneční hodiny*. Jejich počátek spadá do starověku — prvním typem byly hodiny sestrojené na principu gnómonu, následovaly hodiny využívající výše popsaný princip skafé. Z dalších jmenujme např. rovníkové, sloupkové, horizontální, poutnické, „selské“, Lambertovy, prstencové, diptychové nebo analematické. Důležitým vylepšením přenosných hodin bylo jejich *spojení s kompasem*.

Během tisíciletého vývoje se objevilo mnoho velmi rozmanitých tvarů a typů slunečních hodin. Dnes jsou zdaleka nejrozšířenější nástěnné hodiny s polosem (na ty se zaměříme při výkladu teorie slunečních hodin).

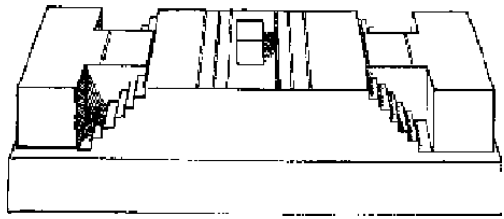
1.1.1 Stručná chronologie vývoje slunečních hodin

5000–4800 př. n. l.	Vznikla stavba s astronomickými orientacemi u dnešní obce Goseck nedaleko Lipska [122].
~ 3000 př. n. l.	Egypťané vytvořili kalendář o 365 dnech. Všimli si, že pravidelné záplavy na Nilu začínají, když se Sirius (Psí hvězda) poprvé objevuje před východem Slunce.
~ 2800 př. n. l.	Vzniklo *Stonehenge* v podobě měsíčního chrámu (obr. 3).
~ 2300 př. n. l.	Číňané znali gnómon.
~ 2100 př. n. l.	Lid zvoncových pohárů přeměnil Stonehenge na chrám zasvěcený Slunci a Měsíci.
2000–1550 př. n. l.	Stonehenge bylo dále rozvíjeno např. vztyčením obrovských opracovaných monolitů.



Obr. 5 — Stonehenge založil lid s rýhovanou keramikou okolo roku 2800 př. n. l. jako chrám zasvěcený Měsíci. Jeho hlavní osa s astronomickým azimutem 221° ukazovala na nejsevernější východ Měsíce během cyklu dlouhého 18,6 roku. Kolem roku 2100 př. n. l. lid zvoncových pohárů přeměnil Stonehenge na sluneční a měsíční chrám. Dva nové hlavní směry stavby byly nejsevernější západ Měsíce a (nejsevernější) východ Slunce za letního slunovratu s azimuty 140° a 230°. Na zeměpisné šířce Stonehenge svírají tyto směry pravý úhel, což bylo zřejmě pro stavitele důležité. Mezi 2000 až 1550 lety př. n. l. došlo k dalšímu rozvoji Stonehenge, a to vztyčováním obrovských opracovaných monolitů, které jsou dnes pro stavbu charakteristické. Nejprve vznikl Sarsenský kruh, Trilithonová podkova a pak menší oblouky; předchozí astronomické orientace zůstaly zachovány. Desítky kamenných bloků vysokých až 5 m a vážících až 40 tun byly dopravovány 360 km dlouhou cestou po souši a po vodě z lomů v Mynydd Preseli v severním Pembrokeshire. Okolo roku 1100 př. n. l. bylo Stonehenge náhle opuštěno. Převzato z [86].

~ 1500 př. n. l.	V Egyptě se používaly sluneční hodiny ve tvaru „T“.
1500–1450 př. n. l.	Egypťané začali používat sluneční hodiny ve tvaru „L“, které se před čtením času natáčejí směrem k Slunci.
660–330 př. n. l.	Egypťané vytvořili sluneční hodiny se dvěma různými číselníky, jež se snadno orientují do roviny místního poledníku natáčením okolo svislé osy tak, aby oba číselníky ukazovaly shodný časový údaj (obr. 6).
~ 650 př. n. l.	V Řecku se objevily sluneční hodiny typu skafé.



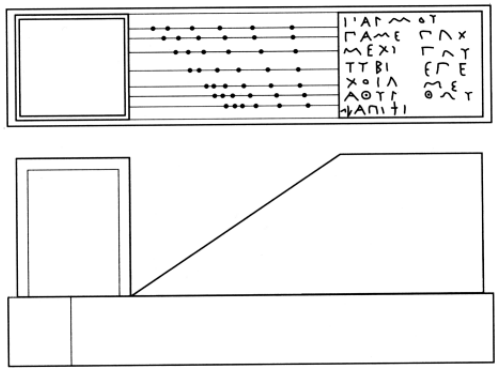
Obr. 6 — Egyptské sluneční hodiny z období 660 až 330 př. n. l. Jedná se vlastně o spojení dvou slunečních hodin: první jsou tvořeny malým hranolem (gnómonem) a číselníkem na horní vodorovné ploše; druhé mají podobu větších hranolů po stranách, jež vrhají stín na „schůdky“. Orientaci zařízení do směru východ–západ bylo možné uskutečnit jeho otočením okolo svislé osy tak, aby souhlasily časové údaje na obou číselnících. Vzhledem k symetrii předmětu jej nebylo nutné po poledni otáčet. Převzato z [128].

8 Chizkijáš se otázal Izajáše, co bude znamením, že ho Hospodin uzdraví,
a že třetího dne vstoupí do Hospodinova domu?
9 Izaiáš mu odpověděl: „Toto ti bude znamením od Hospodina, že Hospodin
splní slovo, jež promluvil: Má stín postoupit o deset stupňů nebo se má
o deset stupňů vrátit?“
10 Chizkijáš řekl: „Snadněji se stín o deset stupňů nachýlí, než aby se vrátil
o deset stupňů nazpět.“
11 Prorok Izaiáš tedy volal k Hospodinu. A on vrátil stín na stupních, po
nichž sestoupil, na stupních Achazových, o deset stupňů nazpět.

2 Jako baží otrok po stínu a jako nádeník čeká na výdělek
3 tak se mi dostaly dědictvím daremné měsíce, noci plné trápení staly se
mým údělem

Obr. 7 — Citáty z ekumenického vydání Starého zákona (Izaiáš 38:8–11) o zázraku krále Achaze a knihy Job 7:2–3 o otroku a stínu, v nichž se hovoří o měření času podle vrženého stínu. Dříve se o Achazových stupních uvažovalo přímo jako o slunečních hodinách, ale spíše se jedná o schodiště vedoucí zvenčí do Achazova pokoje. Rčení o otroku a stínu je třeba rozumět tak, že prodloužení stínu znamenalo konec pracovní doby a odpočinek.

600–590 př. n. l.	Byly zapsány zprávy o používání slunečních hodin v Číně.
~ 600 př. n. l.	Vznikly texty Starého zákona, v němž je psáno několik vět, které lze interpretovat jako měření času vrženým stínem (obr. 7).
585 př. n. l.	Thalés Mílétský správně předpověděl čas zatmění Slunce.
~ 560 př. n. l.	Anaximandros zprostředkoval znalost slunečních hodin z oblasti Mezopotámie do Řecka.



Obr. 8 — Schéma egyptských slunečních hodin zhotovených v období 380 až 342 př. n. l. Jejich ukazatel má tvar kvádru, číselník je vyznačen na šikmé ploše, jejíž sklon 37° odpovídá zeměpisné šířce stanoviště, kde se hodiny používaly. Hodinových stupnic (úseček s tečkami) je celkem sedm, vpravo jsou psány názvy měsíců, kterým stupnice přísluší. Zohledňují se tak různé deklinace Slunce během roku. Největší rozměr předmětu je 11 cm. Převzato z [89].

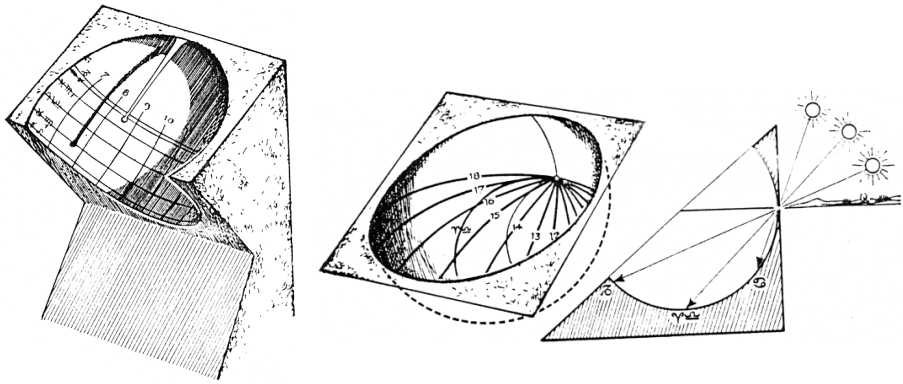
545 př. n. l.	Anaximandros měřil úhel mezi rovinou rovníku a rovinou ekliptiky z rozdílu poledních výšek Slunce při letním a při zimním slunovratu.
443 př. n. l.	Hérodotos napsal, že Řekové od Babyloňanů převzali gnómon.
380–342 př. n. l.	V Egyptě se objevily sluneční hodiny s číselníkem na rovině skloněné podle zeměpisné šířky a se sedmi hodinovými stupnicemi, které zohledňovaly různé deklinace Slunce během roku (obr. 8).
~ 340 př. n. l.	Chaldejec Berosus vynalezl sluneční hodiny ve tvaru hemicyklia (obr. 9).
293 př. n. l.	Do Říma byly přivezeny první řecké sluneční hodiny a umístěny na nádvoří Quirinova chrámu.
263 př. n. l.	Valerius Messalla převezl do Říma (na Forum Romanum) sluneční hodiny ze sicilské Catanie. Protože neuvážili rozdíl zeměpisných šířek, ukazovaly hodiny čas chybně (po celé jedno století).
~ 250 př. n. l.	Aristarchos ze Samu (~ 310 př. n. l.–~ 230 př. n. l.) vynalezl několik nových typů slunečních hodin.
240–230 př. n. l.	Eratosthenés z Kýrény vypočetl obvod Země z rozdílů délek vržených stínů pro stanoviště v Alexandrii a Asuánu.

164 př. n. l.	V Římě byly poprvé správně instalovány sluneční hodiny a Římané začali dělit „bílý“ den na hodiny (dle záznamů Plinia).
150 př. n. l.	Římané používali kapesní přenosné hodiny (viatoria).
87 př. n. l.	Byl vyroben *Antikythérský stroj* — mechanicky složitý řecko–egyptský astronomický kalendář s ozubenými kolečky [80].
50–41 př. n. l.	Andronikos z Kyrrhesty postavil v Athénách *Věž větrů* s vodními a slunečními hodinami (obr. 12).
25 př. n. l.	Římský stavitel Vitruvius uvedl názvy deseti různých typů slunečních hodin ve svém díle „De architectura“.[6]
10 př. n. l.	Císař Augustus nechal v Římě (na dnešním Piazza de Populo) vztyčit monumentální 30m obelisk přivezený z Egypta. Sloužil jako gnómon slunečních hodin a na ploše náměstí býval vyznačen číselník.
~ 150 n. l.	Ptolemaios (~ 100–~ 170) napsal práci „Analema“, v níž vysvětlil grafickou metodu nalezení úhlů potřebných pro konstrukci slunečních hodin.
~ 450	Palladius Rutilius Taurus Emilianus ze Sicílie napsal dílo „De Re Rustica“, v němž udává délky stínů.
~ 600	Vikingové používali jednoduché sluneční hodiny, nejprve s dělením dne na čtyři úseky (snad podle dvou přílivů a odlivů), později na 8 nebo 16 úseků.
~ 650	Papež Sabianus nařídil umisťovat na kostelech sluneční hodiny, aby bylo možné číst denní dobu.
670–679	Beda Ctihodný (z Jarrow v Northumbrii) napsal v díle „Historica Ecclesiastica gentis Anglorum“ o kalendáři, mořském přílivu a odlivu, tvaru Země a tabeloval přesné délky stínů.
~ 700	Byly postaveny nejstarší dosud existující anglosaské sluneční hodiny v Bewcastlu (v Cubrii) a v Escombu (v Durhamu).
822	Vznikly sluneční hodiny na kostele sv. Michala ve Fuldě, nejstarší zachované v Německu (obr. 13).
890–900	Thabit Ibn Qurra (826–921) z Bagdádu uveřejnil „Popis obrazců vytvářených koncem gnómonu při jeho postupu na vodorovné rovině,

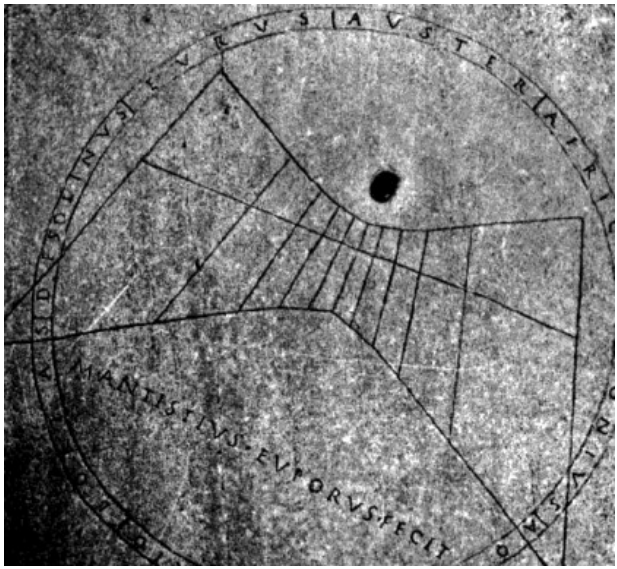
[6] Názvy jednotlivých hodin jsou [128]: Bérossovo hemicyklium, Aristarchovo hemisferium, Aristarchův disk na rovině, Eudoxovo arachne, Scopasovo plinthium, Parmeniónovy univerzální hodiny, univerzální hodiny Theodosia a Adriase, Patroklův pelikonon, Dionýsidorův kužel a Apollóniův toulec. Vzhledem k nedostatku exemplářů antických slunečních hodin není u většiny z nich známa jejich podoba.

	pro všechny dny, pro všechna místa“ a „Knihu o přístrojích ukazujících hodiny, nazývaných sluneční číselníky“.
1086	Dílo čínského vědce Shen Kua obsahuje první odkaz na magnetický kompas a navigaci dle kompasu.
1092	Su Sung vybudoval v Kchajfengu v Číně velké vodní hodiny s mechanickou armilární sférou (obr. 16).
1200–1300	Křižáci přinesli z islámských zemí do Evropy znalost polosu a mnoha různých druhů slunečních hodin.
1280	Abul Hassan al Marrakushi popsal mnoho typů slunečních hodin a metod pro jejich výpočty, zavádí také číselník se stejně dlouhými dobami pro hodinu.
~ 1300	V Evropě se objevily první mechanické časoměrné přístroje. Nestejně dlouhé (temporální) hodiny začínají být nahrazovány stejně dlouhými.
1344–1364	Giovanni de Dondi (1318–1389) zhotovil v Padově astronomický orloj (obr. 17).
1370–1470	Vznikly arabské sluneční hodiny se složitými číselníky v mešitách v Damašku, v Topkapi nebo v Kairouanu (obr. 19).
1410	Mikuláš z Kadaně zkonstruoval Pražský orloj podle návrhu Jana Šindela (obr. 42).
1475	Filippo Brunelleschi (1377–1446) dokončil katedrálu Santa Maria del Fiore ve Florencii a Paolo Toscanelli (1397–1482) v katedrále instaloval 100 metrů dlouhý meridián.
~ 1450	Vznikly sluneční hodiny na kostele sv. Jakuba v Telči (obr. 20), pravděpodobně nejstarší zachované sluneční hodiny v České republice.
1451	Georg Peurbach (1423–1461) objevil *magnetickou deklinaci* pro Evropany a vyznačil ji na přenosných slunečních hodinách s kompasem.
~ 1470	Vznikly hodiny ve Spišském Podhradí (obr. 21) a v Košicích, nejstarší dosud zachované na Slovensku.
1502	Johannes Werner (1468–1522) a Johannes Stabius zkonstruovali sluneční hodiny na kostele sv. Lorenze v Norimberku, jejichž číselník obsahuje stejné i nestejné doby pro hodinu.
1525	Albrecht Dürer (1471–1528) publikoval dílo „Vnderweysung der messung“ s kresbami konstrukce slunečních hodin (obr. 23). Masový tisk takových návodů vedl k velkému rozšíření slunečních hodin v období renesance.
1533	Petr Apian (1495–1528) uveřejnil knihu „Instrument Buch“, v níž popsal sluneční kvadrant s hodinovými stupnicemi (obr. 22).

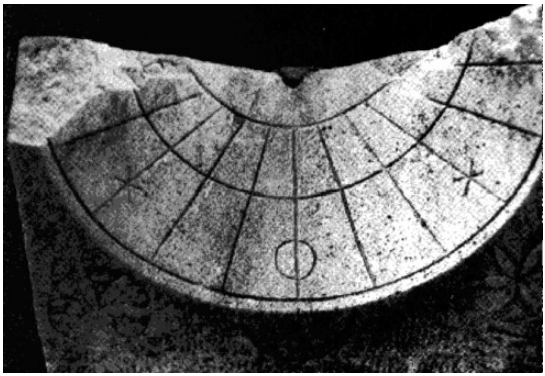
1533	Oronce Finé (z Paříže) publikoval „Protomathesis“, podrobné pojednání o typech slunečních hodin.
1560	Oronce Finé vydal dílo „De Solaribus Horologis“.
1579–1581	Ve Vatikánu byla postavena Věž větrů (Torre dei Venti) s meridiánovou síní, kde se na bílém poledníkovém pásu z mramoru mohly církevní autority přesvědčit o okamžicích slunovratů a rovnodenností, aby uznaly nutnost reformy kalendáře. Toto zařízení se stalo vzorem jiných meridiánových síní.
1582	Papež Řehoř XIII. uskutečnil reformu kalendáře, při níž bylo vynecháno 10 dní a změnilo se počítání přestupných roků. Řehořský kalendář platí i v současnosti.
1654	Samuel Foster popsal několik nových typů slunečních hodin, například analematické.
1655	Giovanni Domenico Cassini (1625–1712) postavil velké sluneční hodiny v Boloňské katedrále a změřil s nimi novou hodnotu sklonu ekliptiky k rovníku.
1675	Král Charles II. založil observatoř v Greenwichi. John Flamsteed (1646–1719) se stal jejím prvním ředitelem a vypočetl tabulku časové rovnice.
1724–1734	Maharádža Jai Singh dal postavit soubor obrovských slunečních hodin v Jaipuru v Indii (obr. 27).
1740	Jean Paul Grandjean de Fouchy z Paříže koncipoval moderní podobu analematické křivky ve tvaru číslovky osm.
1756	Joseph-Jérôme de Lalande (1732–1807) navrhl analematické sluneční hodiny v Brou, nejstarší, které dosud existují.
1837	Londýnská a Birminghamská dráha začala pro vlaky místo místního času používat „železniční čas“ šířený telegrafem.
1838	Francie zavedla pro civilní účely střední čas namísto slunečního.
1867	Lloyd Mifflin získal ve Spojených státech patent na ukazatel ve tvaru analemy, který ukazuje střední čas.
1905	US Naval Observatory začala vysílat první rádiové časové signály [74].
1910	Začalo vysílání rádiových časových signálů z Eiffelovy věže.
1996	Ve Spojených státech byl vydán patent na digitální sluneční hodiny [125].



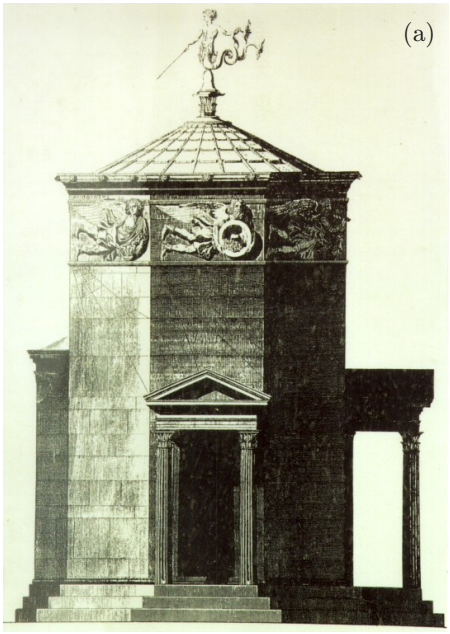
Obr. 9 — Hemicyklium a antiboreum. Číselníky těchto antických typů slunečních hodin jsou vyznačeny na kulových plochách, což je pro konstruktéry výhodné, neboť stín ukazatele se po takové ploše pohybuje konstantní rychlostí a hodinové čáry jsou odstupňovány rovnoměrně. Antiboreum, které má místo klasického ukazatele malý otvor ve stěně, jímž pronikají sluneční paprsky, je možné umisťovat do interiérů budov. Převzato z [16].



Obr. 10 — Antické vodorovné sluneční hodiny z Aquileia v Itálii. Jejich číselník typicky sestává ze tří datových a jedenácti hodinových (temporálních) čar a je doplněn latinskými nápisy. Zvýraznění tesaných linií černou barvou nemusí být původní. Převzato z [128].



Obr. 11 — Antické sluneční hodiny kuželového typu z Pompejí v Itálii. Číselník je vytvořen na vnitřní ploše kužele, jehož osa je rovnoběžná s osou Země; přední stěna hodin je seříznuta kolmo k této ose. Vyznačeny jsou tři datové křivky (části kružnic) a 11 hodinových úseček, z nichž tři jsou zvýrazněny značkami X, O, X. Převzato z [128].

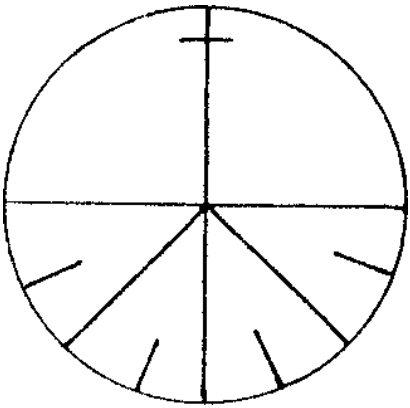


▲ ▶

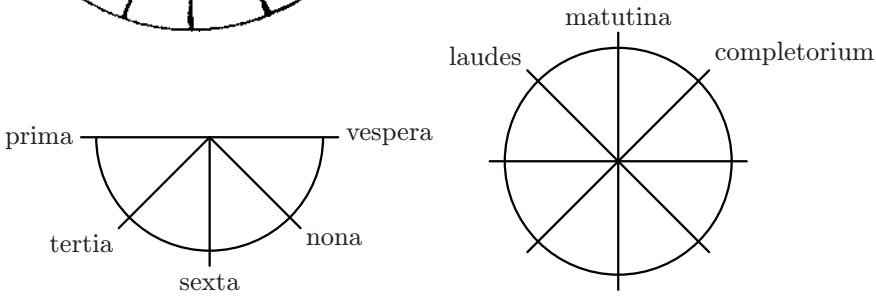
Obr. 12 — Věž větrů v římské agoře pod Akropolí v Athénách, vystavěná Andronikem z Kyrrhesty v letech 50–41 př. n. l. V jejím interiéru fungovaly vodní hodiny (klepsydry), na osmi vnějších zdech orientovaných do základních světových stran je umístěno osmero slunečních hodin s kolmými ukazateli. Na všech číselnících jsou značeny temporální hodiny. (a) Pohled od SV, (b) od JZ, (c) od S, (d) od JV. Foto Martin Šolc (2003).

(c)

(d)

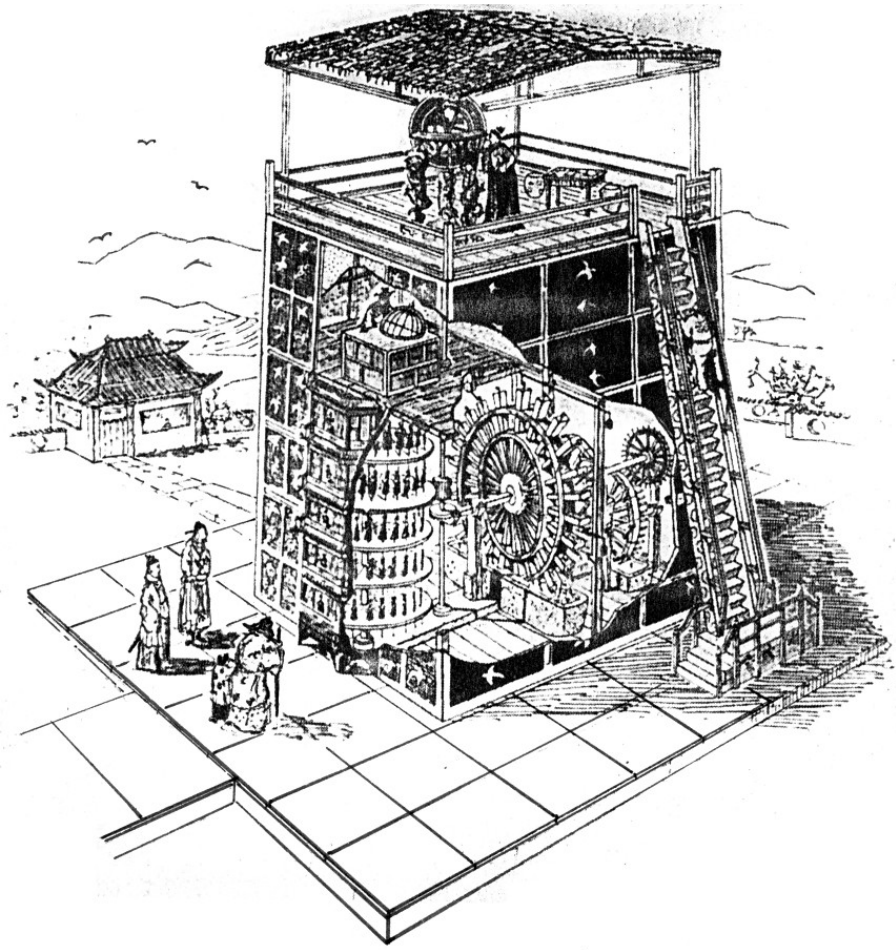


Obr. 13 — Sluneční hodiny na kostele sv. Michala ve Fuldě, v Německu, datované do roku 822. Hodiny jsou velmi starého typu, s rovnoměrným dělením číselníku na osm částí (viz též obr. 14). Ukazatel těchto hodin se nezachoval, ale téměř jistě se jednalo o gnómon kolmý ke stěně. Převzato z [91].



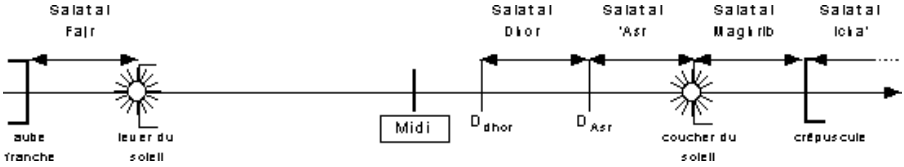
Obr. 14 — Číselník dělený na čtyři nebo osm částí souvisí se začátky denních modliteb (jejich názvy jsou na obrázku). Takové sluneční hodiny nazývají kanonické. Na kostelích se nejčastěji vyskytuje číselník ve tvaru půlkruhu (a), v klášterech můžeme najít celý kruh doplněný i o noční modlitby (b). Jedná se vlastně o počítání času od východu slunce; čára prima–vespera představuje horizont.

Obr. 15 — Kanonické sluneční hodiny z roku 1033, jež se nacházejí na kostele sv. Michala v Hildesheimu, v Německu. Foto Martin Šolc (2004).



Obr. 16 — Rekonstrukce vodních hodin Su Sunga, které postavil v Kchajfengu v roce 1092. Hodiny byly vybaveny velkým vodním kolem, jež přes soukolí pohánělo armilární sféru a glóbus v horní části věže. Pomocí této sféry pak bylo možné ukazovat polohy některých nebeských těles. Vodní hodiny musely být jistě často seřizovány, a to pomocí nějakých slunečních hodin umístěných v blízkosti. Převzato z [33].

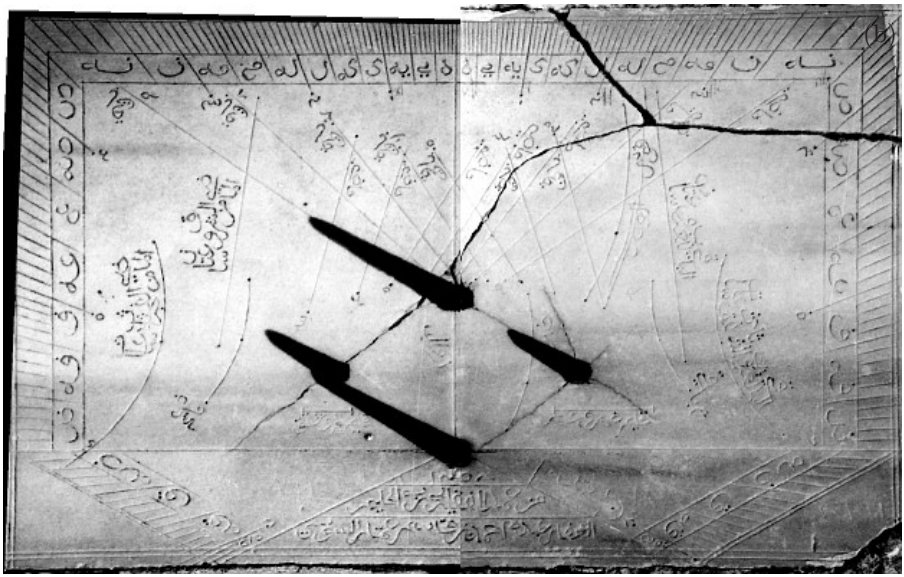
Obr. 17 — Astronomický orloj v italské Padově, zkonstruovaný Giovannim de Dondim v letech 1344 až 1364. Je považován za vůbec nejstarší zařízení svého druhu. Orloj je vybaven 24 hodinovou stupnicí s římskými číslicemi a dělením po půl hodině. Na ní ukazuje ručička se symbolem Slunce středoevropský čas. V kruhových okénkách nahoře se tento časový údaj opakuje v číselné podobě: jako poloorlojní římská číslice pro hodiny a arabská číslice pro minuty (s časovým krokem pět minut). Dolní dvě okénka jsou vyhrazena pro datum (den v měsíci a třípísmennou zkratku měsíce). Uvnitř hodinové stupnice se nachází zvěrokruh s plastickými symboly znamení (chybí však znamení Vah) a příslušnými kalendářními daty. Slunce se pohybuje nad zvěrokruhem a lze tak číst, v jakém znamení se právě nachází. Koule ve středu orloje znázorňuje Zemi. Okolo ní se pohybuje měsíc, který je realizován jako excentrický kruhový otvor v disku obepínajícím zemi. V otvoru je pak světlým nebo tmavým podkladem znázorněna fáze Měsíce. (Momentálně je Měsíc proti Slunci, tedy v novu, a kotouček je celý černý.) Úsečka, trojúhelník, čtverec a šestiúhelník vztahující se k poloze země a měsíce mají astrologický význam. Foto Miroslav Brož (1999).

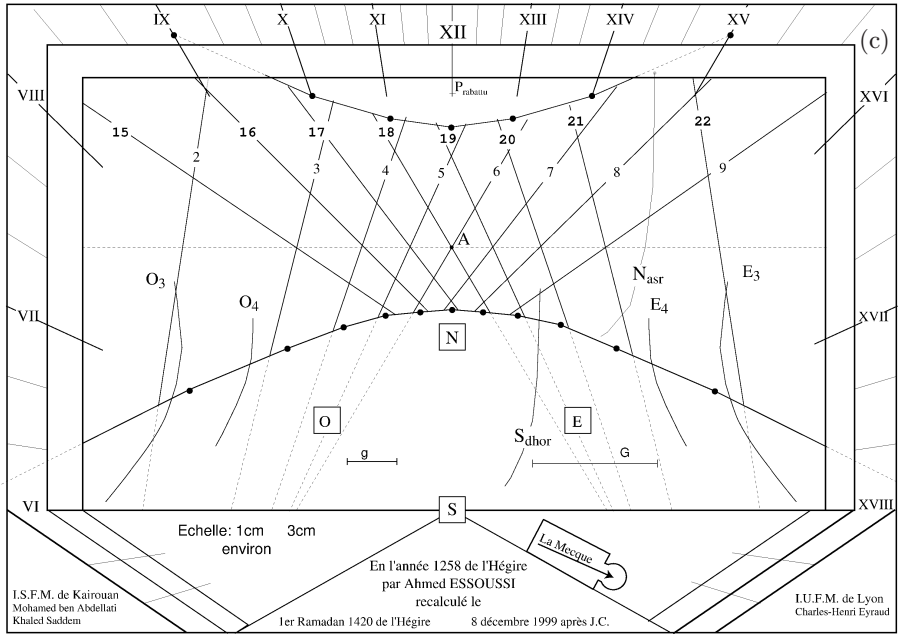


Obr. 18 — Islámské rozdělení dne na pět modliteb, které se objevuje na některých arabských slunečních hodinách [66]. Jednotlivé modlitby se nazývají: (i) *Fajr*, kterážto začíná s prvními příznaky úsvitu (když Slunce překročí výšku nad obzorem $h = -18°$) a končí východem Slunce; (ii) *Dhor*, začíná v okamžiku, kdy se délka stínu gnómonu prodlouží o 1/4 délky gnómonu oproti délce poledního stínu, a končí, když se stín prodlouží o jednu celou délku gnómonu (tzv. 1. Asr); (iii) *Asr*, navazuje na Dhor a končí, když je stín dlouhý jako polední plus dvě délky gnómonu (2. Asr); (iv) *Maghrib*, začíná západem horního okraje zdánlivého slunce; navazuje na ni poslední modlitba (v) *Icha'*, jež končí zmizením červeného nebo bílého světla soumraku (tj. když Slunce klesne 12° nebo 18° pod obzor).

▲ ►

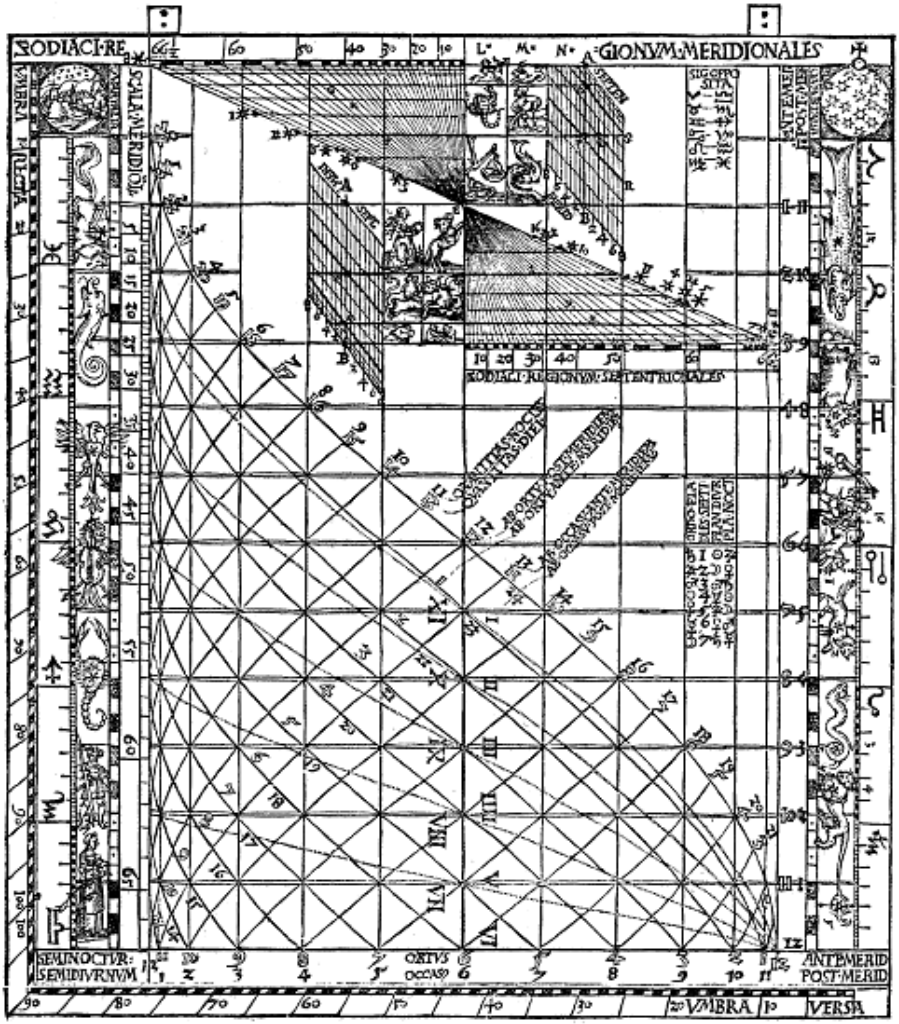
Obr. 19 — Vodorovné sluneční hodiny v mešitě v Kairouanu v Tunisku. Jedná se o poměrně složité hodiny vybavené čtyřmi kolmými ukazateli (označme je podle světových stran S, J, V, Z). Stín severního gnómonu ukazuje na obvodu číselníku PMSČ, uvnitř kalendária (sestávajícího ze dvou hyperbol a jedné přímky) babylonský a italský čas a na křivce označené N_{asr} lze číst začátek modlitby Asr (viz obr. 18). Jižní gnómon ukazuje začátek modlitby Dhor (na křivce S_{dhor}), východní, resp. západní gnómon ukazuje čas uplynulý od úsvitu, resp. zbývající do setmění, a to na křivkách označených O_3, O_4, resp. E_3, E_4. (Zde se nemyslí východ/západ Slunce, ale začátek/konec astronomického soumraku.) V dolní části hodin je vyznačen azimut muslimského poutního města Mekky a nápis dokumentující celkovou rekonstrukci a přepočítání hodin v roce 1289 Hidžry (tj. rok 1837 podle řehořského kalendáře). V současnosti jsou již sluneční hodiny značně poškozeny povětrnostními vlivy — číselník je nezřetelný a gnómony jsou zkráceny asi o 0,5 cm. (a) Foto Katarína Brožová (2001). Obrázky (b), (c) převzaty z [66].



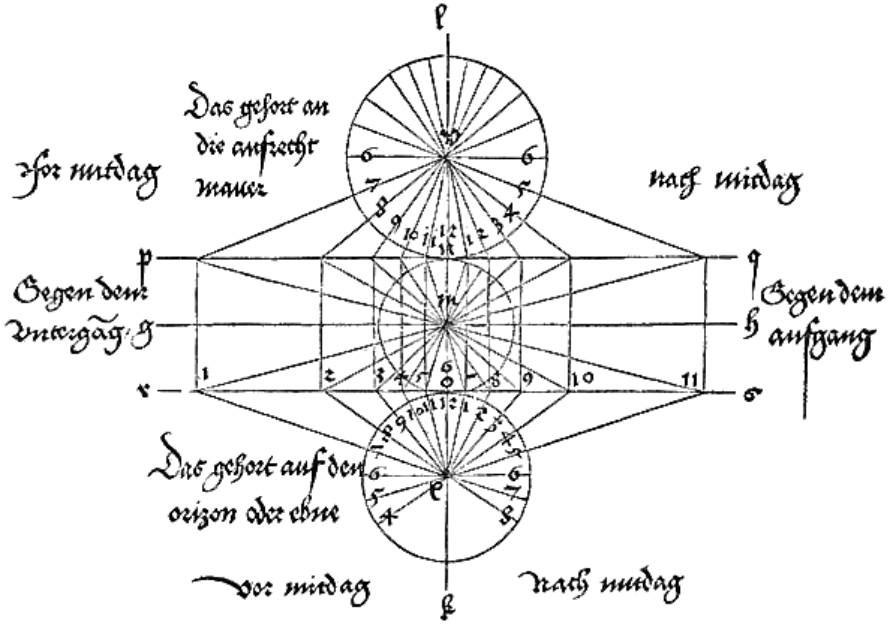

IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
(c)
VIII
XVI
VII
XVII
VI
XVIII
15
16
17
18
19
20
21
22
2
3
4
5
6
7
8
9
Prabattu
A
O3
O4
Nasr
E3
E4
N
O
E
S
Sdhor
g
G
Echelle: 1cm 3cm
environ
La Mecque
En l'année 1258 de l'Hégire
par Ahmed ESSOUSSI
recalculé le
1er Ramadan 1420 de l'Hégire 8 décembre 1999 après J.C.
I.S.F.M. de Kairouan
Mohamed ben Abdellati
Khaled Saddem
I.U.F.M. de Lyon
Charles-Henri Eyraud

Obr. 20 — Sluneční hodiny na kostele sv. Jakuba v Telči patří mezi nejstarší zachované sluneční hodiny na území České republiky, pocházejí asi z poloviny 15. století. Do kamenného opěráku na jižní straně kostela je vytesán primitivní číselník s deseti rovnoměrně odstupňovanými čárami. Na kostele lze nalézt ještě jeden číselník, možná podobného stáří, ale modernějšího vzhledu. Foto Jan Trebichavský (1997).

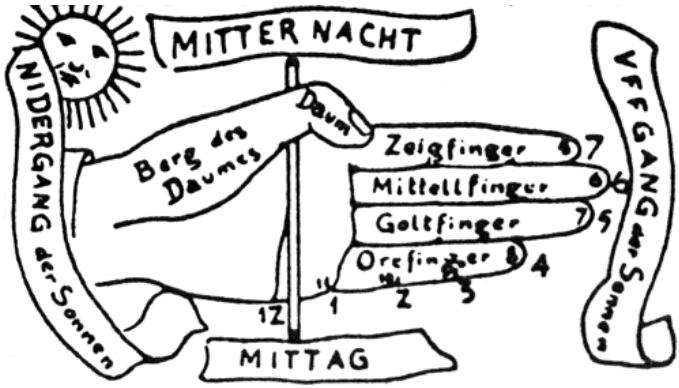
Obr. 21 — Sluneční hodiny ve Spišském Podhradí, na katedrále sv. Martina byly vytvořeny okolo roku 1470 a jsou tak nejstaršími známými slunečními hodinami na Slovensku. Na zbytcích jejich číselníku vidíme gotické a arabské číslice. Podobného stáří i vzhledu jsou sluneční hodiny v Košicích, na dómu sv. Alžběty. Foto Jan Trebichavský (1988).



Obr. 22 — Sluneční kvadrant Petra Apiana. Kvadrantem (vybaveným mířidly a olovnicí) bylo možné změřit výšku Slunce nad obzorem a pomocí stupnic číst časový údaj. Na vnější stupnici jsou značeny stejné hodiny, uprostřed různé druhy nestejných hodin: planetní, babylonské, italské nebo norimberské. Převzato z [91].



Obr. 23 — Konstrukce slunečních hodin od Albrechta Dürera. Jeho kresby umožňují sestrojit rovníkové, vodorovné a svislé hodiny. Převzato z [91].



Obr. 24 — „Selské“ sluneční hodiny pyrenejských pastýřů. Tyčka přidržovaná palcem slouží jako ukazatel, číselníkem jsou části dlaně a prsty.

Obr. 25 — Přenosné sluneční hodiny diptychového typu, vyrobené v norimberské dílně Conrada Karnera v roce 1622. Jsou vybaveny kompasem, na němž je vyznačena tehdy platná magnetická deklinace 5°, a pěti hodinovými stupnicemi se škálami (4–12–8) příslušnými pěti různým hodnotám zeměpisné šířky (42°, 45°, 48°, 51°, 54°). Na vodorovné destičce jsou ještě malé sluneční hodiny ukazující babylonský a italský čas. Na svislé destičce nahoře vidíme číselník s temporálními hodinami, sedmi datovými křivkami, kterým přísluší symboly znamení zvěrokruhu a délky trvání dne a noci. Níže se nachází pět otvorů pod sebou; do jednoho z nich, podle zeměpisné šířky stanoviště, je potřeba zasunout šikmý vláknový ukazatel. Hodiny jsou doplněny tabulkou zeměpisných šířek významných evropských měst. Na vnější straně bychom mohli vidět ještě větrnou růžici s 32 směry a kalendářní data juliánského i řehořského kalendáře. Převzato z [76].

Obr. 26 — Kopie prstencových výškových slunečních hodin pruských benediktinů z roku 1721. Před čtením času je potřeba otvor posunout podle aktuálního měsíce (viz zkratky J, F, M, A, M, J a J, A, S, O, N, D), a pak volně visící hodiny otočit směrem k Slunci (vnitřní strana prstence musí být přitom celá ve stínu). Prstenec je vyroben z mosazi a má průměr 28 mm. Zapůjčil Martin Lehký. Foto Miroslav Brož (2004).

Obr. 27 — Jai Singhova observatoř v Jaipuru, postavená v roce 1734. Byla vybavena pouze přístroji pro pozorování prostým okem, přestože evropské observatoře používaly dalekohledy již jedno století. Najdeme zde zejména kamenné sluneční hodiny obřích rozměrů, nazývané yantra. V pozadí je vidět 27,4 m vysoká kulisa polárních prstencových slunečních hodin Samrat Yantra. Šikmý okraj (se schodištěm) slouží jako ukazatel. Číselníky od 6 do 12 hodin a od 12 do 18 hodin jsou značeny na dvou čtvrtprstencích umístěných na východní a západní straně stavby. V okamžiku pravého poledne, když kulisa nevrhá stín ani na jeden prstenec, bylo možné dát polední znamení výstřelem z kanonu. Přístroj v levé části snímku, Naryvalaya Yantra, sloužil pro určení okamžiku rovnodennosti. Jedná se o dutý válec, jehož osa je vodorovná a leží v rovině místního poledníku. Okraje válce jsou seříznuty tak, aby byly rovnoběžné s rovinou rovníku. V letní polovině roku, kdy je Slunce nad rovníkem, můžeme pozorovat částečně osvětlený severní konec vnitřní stěny válce; v zimě je tomu naopak. Při rovnodennostech se ani na jedné straně válce světlo neobjevuje. Uprostřed, na vyvýšené plošině, jsou Jai Prakash Yantra, duté polokoule, nad kterými byla napnuta křížící se vlákna s malým kovovým diskem v jejich průsečíku. Pozici Slunce na obloze pak bylo možné měřit podle pozice stínu disku v polokoulích. Aby bylo možné měřit polohy i slaběji zářících planet a hvězd, byly pod polokoulemi vyhloubeny cesty, a to buď v sudých nebo, lichých hodnotách hodinového úhlu. Pozorovatel mohl podél hran pozorovat zákryt nebeského objektu diskem. Vpravo vzadu je umístěn soubor slunečních hodin nazvaných Rasivalaya Yantra. Převzato z [77].

2 Co jste o slunečních hodinách nevěděli?

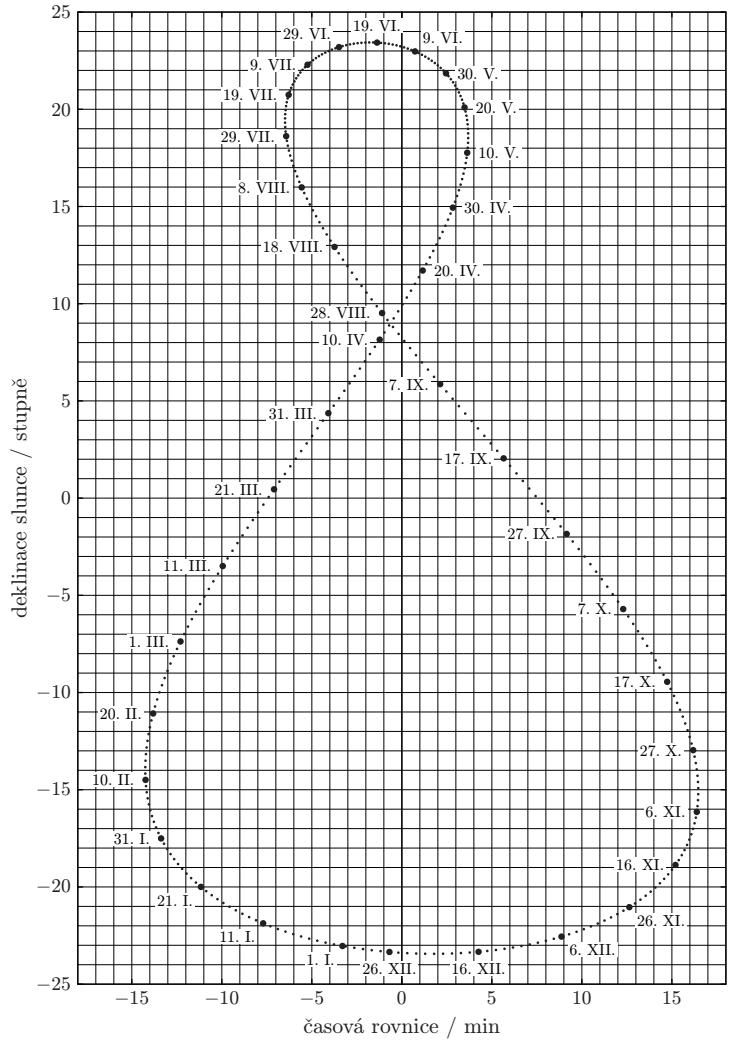
2.1 Analema

Miroslav Brož

Jen několik slunečních hodin v České republice je ozdobeno analemou, „osmičkou“ v místě polední rysky (případně více analemami pro další hodiny).

Analema (obr. 28) je křivka, kterou opisuje na číselníku stín nodu během roku vždy v určitou denní dobu; nejčastěji je vynesena právě pro 12. hodinu (místního středního slunečního času). Jedná se tedy o znázornění závislosti *časové rovnice* (obr. ??), tj. rozdílu mezi pravým a středním slunečním časem, na deklinaci slunce.

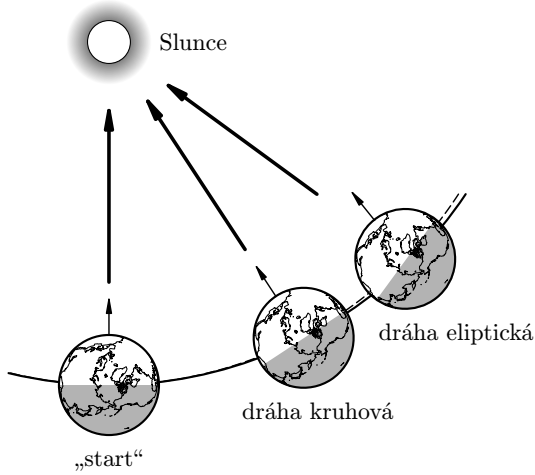
Proč se Slunce po obloze nepohybuje rovnoměrně, někdy se předbíhá a jindy opožďuje? Jsou pro to dva důvody: (a) *eliptická dráha* Země (s excentricitou $e \doteq 0{,}017$), která podle 2. Keplerova zákona nutně vede k proměnné rychlosti oběhu Země kolem Slunce (a tedy nerovnoměrnému pohybu Slunce po ekliptice, viz obr. 29); (b) *sklon rotační osy* Země k rovině ekliptiky. I kdyby excentricita dráhy Země byla nulová a Slunce by se po ekliptice pohybovalo rovnoměrně, nebude denní změna rektascenze Slunce vždy stejná, neboť rovník je vůči ekliptice skloněný o 23,5° (obr. 30).



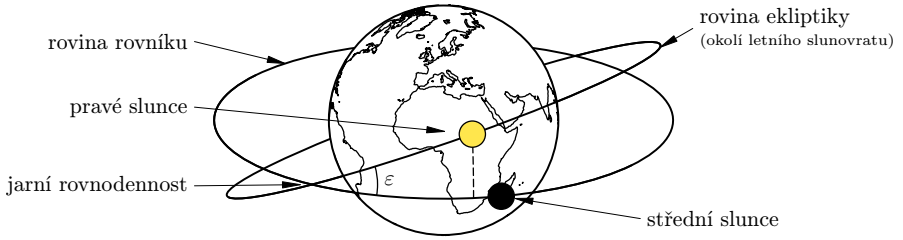
Obr. 28 — Analema v roce 2000. Je zobrazena jako závislost časové rovnice E na deklinaci slunce. (Korekce času slunečních hodin je rovna $-E$.)

Konkrétní tvar analemy samozřejmě závisí na hodině (určované středním slunečním časem), pro níž polohu Slunce zobrazujeme. Analema by byla také odlišná na jiných planetách, které mají jinou excentricitu dráhy, délku pericentra a orientaci rotační osy v prostoru než Země (obr. 31, [137]).

Analemu je možné fotografovat přímo na obloze (viz obr. 32). Je proto nezbytný fotoaparát na stativu, umožňující vícenásobnou expozici na jedno políčko. Pak třeba každých deset dní, po dobu jednoho roku, exponujte Slunce vždy ve stejnou hodinu (minutu a sekundu) SEČ. Inspiraci a podrobný návod lze najít například v [26].

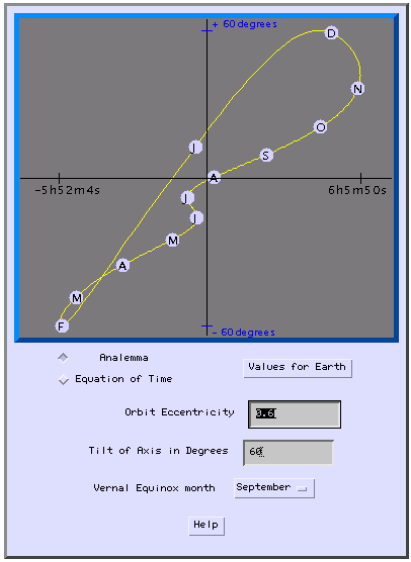


Obr. 29 — Kvalitativní porovnání pohybu Země po kruhové a eliptické dráze. Na obrázku je nejprve znázorněna „startovací“ poloha Země a pak dvě různé situace (pro kruhovou a eliptickou dráhu) po uplynutí *stejné* doby (jednoho slunečního dne). Na povrchu Země je pro snazší orientaci vyznačen malou šipkou směr, který se společně s ní otáčí. Uvědomme si, že (i) eliptická dráha vede, narozdíl od kruhové, k proměnné rychlosti oběhu Země kolem Slunce; (ii) rychlost otáčení Země kolem osy je konstantní a na poloze středu Země vzhledem k Slunci nezávisí. V případě dráhy kruhové je směr natočení Země po jednom slunečním dni opět stejný, neliší se od směru k Slunci. Pro eliptickou dráhu se však směry obecně liší. Kulminace Slunce nastává pro pozorovatele na Zemi buď později (pokud je Země blíže perihelu a pohybuje se rychleji; tato situace je naznačena na obrázku), nebo dříve (je-li Země dál od Slunce, tj. blíž afelu).



Obr. 30 — Obrázek ukazuje ekliptiku, rovník a polohy pravého a středního slunce. Úhel $\varepsilon \doteq \doteq 23^\circ\, 26'\, 20''$ značí sklon roviny ekliptiky k rovině rovníku. Rektascenze pravého slunce, tj. úhlová

souřadnice měřená na rovníku, se bude v období kolem jarní rovnodennosti měnit relativně pomalu, neboť tečny ke kružnici příslušející ekliptice a příslušející rovníku zde spolu svírají velký úhel. Pravé slunce se tak bude opožďovat za středním. Naopak v období letního slunovratu je ekliptika úhlově vysoko nad rovníkem, rektascenze proto narůstá rychleji a pravé slunce střední předbíhá.



Obr. 31 — Na adrese ⟨http://www.analemma.com⟩ lze stáhnout program, který umožňuje zobrazit analemu nebo průběh časové rovnice na jiných (hypotetických) planetách. Zadává se excentricita dráhy (v tomto případě 0,6), sklon rotační osy (počítaný od kolmice k rovině dráhy; 60°) a měsíc, kdy nastává jarní rovnodennost.

Proč se analema na slunečních hodinách vyznačuje? Na hodinách lze potom číst *střední sluneční čas*, tj. čas opravený o časovou rovnici. Stačí jen sledovat, kdy stín ukáže na analemu. Je tu však jistá nejednoznačnost (obdobně jako u kalendária) — musíme vědět, po které části analemy se právě slunce pohybuje, zda po letní nebo po zimní. Řeší se to tak, že se podél analemy vynese datum (alespoň pro několik dní v roce), nebo se každá část namaluje jinou barvou, nebo se vyrobí dva číselníky, pro obě části analemy zvlášť (viz obr. 33).

Pokud jsou navíc všechny analemy ještě posunuté o rozdíl zeměpisných délek stanoviště a pásmového poledníku (u nás 15°), ukazují sluneční hodiny pásmový čas (v našem případě SEČ).

Teoreticky existuje ještě jiná možnost, jak na číselníku znázornit analemu — deformovat ukazatel tak, aby vrhal stín ve tvaru analemy. Žádné takové hodiny v České republice neznáme, ale můžeme je vidět například v Německu (obr. 34).

Obr. 32 — Analema fotografovaná od 2. 8. 2000 do 23. 7. 2001, vždy v 11 h 45 min 0 s. Použitý přístroj Smena 40 mm, $f/16$, filtr: černý negativ, materiál Konica VX 100 ASA. Foto Aleš Kolář (2000).

Obr. 33 — Polární jižní hodiny v Londýně, Greenwichi, poblíž National Maritime Museum. Jde o sochařské dílo, jež v roce 1997 zhotovili Christopher St. J. H. Daniel a Edwin Russel. Jako ukazatel zde slouží malá mezera mezi ocasy dvou delfínů. Na válcovém číselníku jsou místo rovnoběžných hodinových úseček vyznačeny letní části analem, a to nejen pro každou celou hodinu, ale pro každou desátou minutu, což umožňuje čtení středního Greenwichského času až s minutovou přesností. Hodiny jsou umístěny prakticky přesně na nultém poledníku, takže není třeba korigovat čas o zeměpisnou délku. Foto Miroslav Brož (2003).

Obr. 34 — Sluneční hodiny v Heidelbergu, v prostorách Max Planck Instutut für Physik, mají tlustý ukazatel tvarovaný podle analemy, aby bylo na číselníku možné číst středoevropský čas. Při pohledu od severu je třeba sledovat levou hranu stínu. Pro tyto hodiny existují dva různé výměnné ukazatele: jeden je určen pro zimu a jaro (na obrázku) a druhý pro léto a podzim. Viz též [133]. Foto Martin Šolc (2004).

2.1.1 Příklady slunečních hodin s analemou

Analemické sluneční hodiny najdeme například v Jablonném nad Orlicí, na hřbitovní bráně kostela sv. Bartoloměje (obr. 35, ev. č. UO 5, [25]). Typologicky se jedná o hodiny svislé, orientované přibližně na jih (mírně otočené k západu) a mající šikmý ukazatel (polos). Číselník vyznačují rysky popsané malými číslicemi 7, 8, 9, 3, 4, 5. Obsahuje také kalendárium se 7 datovými čarami; jako nodus slouží konec tyčky. Analema je na poledníkové rysce.

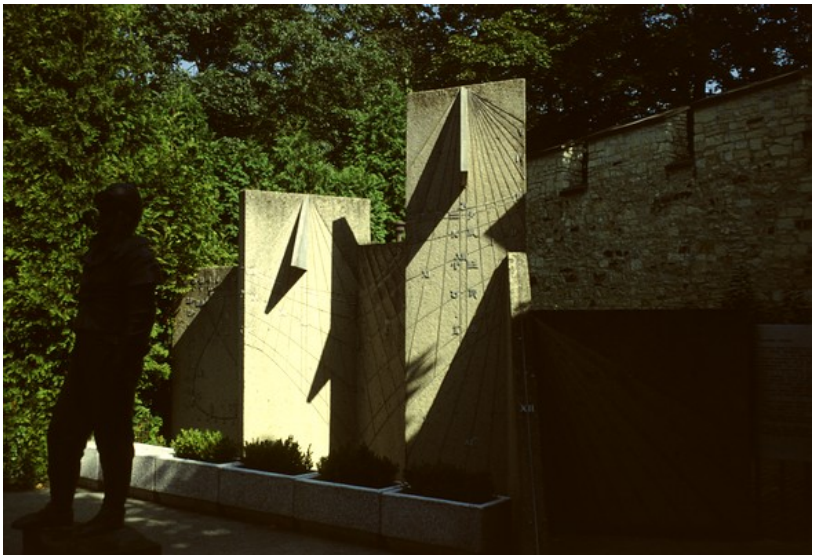
Obr. 35 — Sluneční hodiny v Jablonném nad Orlicí (ev. č. UO 5). Foto Miroslav Brož (2000).

Někdy na hodinách místo analemy vidíme přímo tabulku časové rovnice pro různé dny v roce. Tak je tomu i v Praze 6-Střešovicích, Cukrovarnické ulici č. p. 55. Na jižních vertikálních hodinách (obr. 36, 06 5) jsou kromě čísel a hodinových značek hodnoty časové rovnice po 20 dnech.

U Štefánikovy hvězdárny, v Praze na Petříně 205, jsou čtvery hodiny se třemi kulisovými ukazateli. Zhotovili je O. Hlad a P. Vilímek v roce 1976. Analema zde není vyznačena přímo na některém číselníku, ale zvlášť (obr. 37, 38).

Hodiny v obci Ondřejov (okres Praha-východ), na JJZ stěně vily Leonory, patří Astronomickému ústavu AV ČR. Byly navrženy v roce 1930 prof. Vladimírem Guthem a pěkně rekonstruovány v roce 1995. Analema je nakreslena v kalendáriu, u rysky pro 12. hodinu (obr. 39).

Obr. 36 — Na adrese Praha 6, Cukrovarnická 55 (06 5) můžeme vidět hodiny s tabulkou časové rovnice. Foto Miroslav Brož (2002).



Obr. 37 — Graf analemy je u hodin u Štefánikovy hvězdárny v Praze na Petříně (01 12). Foto Miroslav Brož (2002).

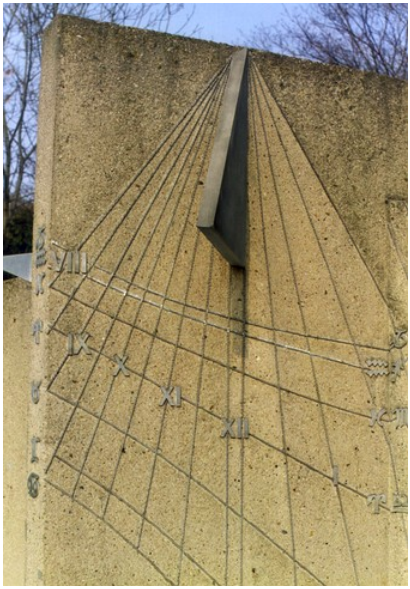
Na kostele v Blovicích (okres Plzeň-jih) je velmi podobné uspořádání jako v Ondřejově. Azimut stěny je však tentokrát −6° a hodiny jsou zřejmě podstatně starší (snad z roku 1780).

Hrotovický zámek (TR 3/2), dnes obecní úřad, má na VJV průčelí nově zhotovené sluneční hodiny, které jsou výtvarně velmi zdařilé. Autorem gnómonického návrhu je brněnský astronom Jan Hollan. Zvolil ukazatel kolmý k stěně a analemu umístil netradičně podél hodinové úsečky příslušející XI. hodině. Protože na kraj číselníku dopadá dlouhý stín gnómonu pod malým úhlem, jsou rozestupy mezi hodinovými úsečkami velké a analema je výrazná a široká.

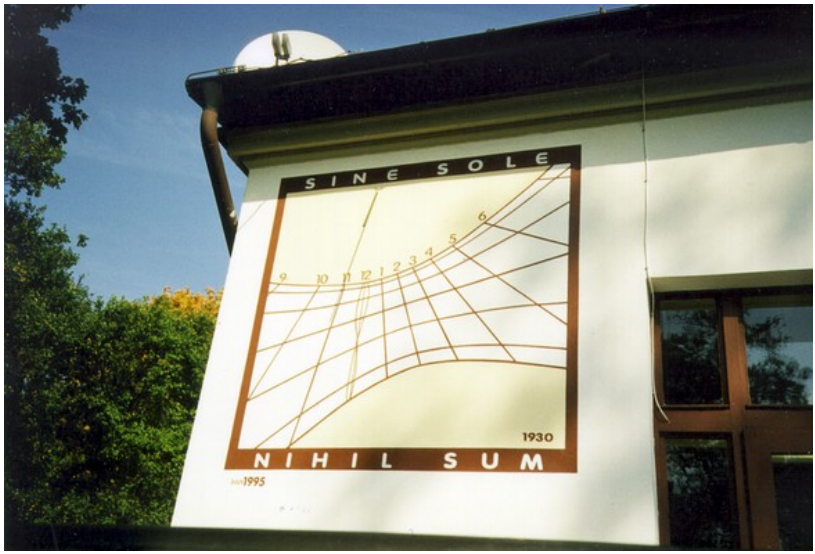
Na východním Slovensku jsou polední hodiny s analemou na budově hvězdárny v Michalovcích (SK MI 2).

Skutečně unikátní sluneční hodiny jsou k vidění v Horní Stropnici 100, v okrese České Budějovice (obr. 40; ev. č. CB 32). Mají totiž 8 analem namísto všech hodinových rysek, od 9. do 16. hodiny.

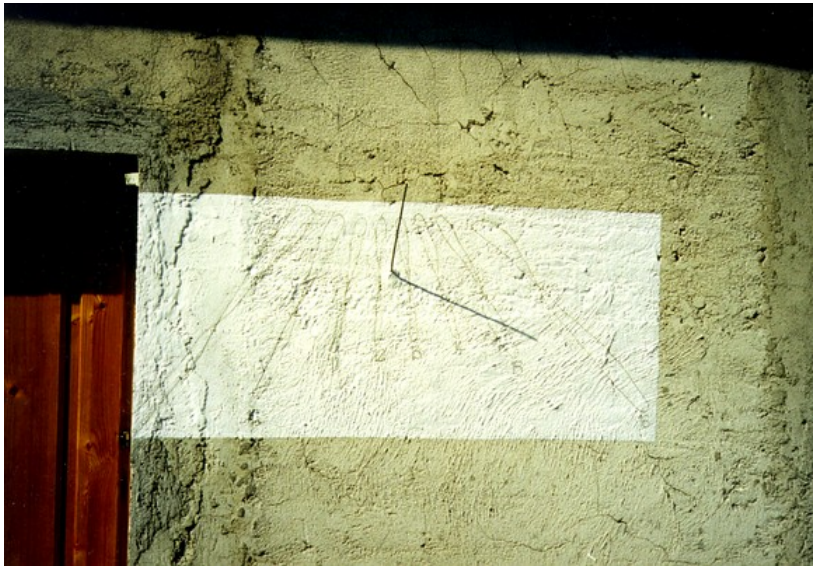
Pouze jedny novodobé hodiny (z roku 2002) mají analem ještě více — deset. Nacházejí se v obci Borek č. p. 1 (BE 16). Analemy jsou zde děleny na barevně odlišené poloviny.



Obr. 38 — Detail jižního číselníku hodin u Štefánikovy hvězdárny v Praze na Petříně. Ryska pro 12. hodinu je zdvojena a v mezeře jsou všechny datové čáry rovné. Toto „roztržení“ číselníku je nutné kvůli tlustému ukazateli (kulise), který vrhá stín střídavě levou a pravou hranou. Foto Miloš Nosek (1996).



Obr. 39 — Hodiny s polední analemou v Ondřejově, na vile Leonoře (PY 15). Foto Jan Trebichavský (2000).



Obr. 40 — Hodiny v Horní Stropnici č. p. 100 s osmi analemami. Foto Jan Trebichavský (1998).

2.1.2 Vodorovné analematické hodiny

Analematické sluneční hodiny mají nejčastěji podobu vodorovných hodin se svislým pohyblivým ukazatelem. Mohou být konstruovány jako hodiny interaktivní, u nichž je ukazatelem člověk (stojící na určité značce) a směr jeho stínu vyznačuje denní hodinu.

Zemní analematické hodiny nepracují na principu hodinového úhlu, ale využívají toho, že se během dne mění *azimut* Slunce. Uvědomme si však, že se tento azimut mění i v průběhu roku (např. v 6 h ráno v době rovnodennosti je střed disku Slunce přesně na východě, ale při letním slunovratu je v našich zeměpisných šířkách Slunce posunuto k severu; hodinový úhel je přitom pro všechna roční období stejný — 6 hodin). Pro danou denní hodinu opisuje Slunce na obloze analemu, která je obecně skloněná k obzoru.

Obvyklé vodorovné sluneční hodiny se šikmým ukazatelem jsou znázorněny na obr. ??. Pokud bychom zvolili kolmý ukazatel (o konstantní délce), hodinové úsečky by se (v prodloužení) neprotínaly v patě gnómonu, ale až v patě myšleného polosu, který by procházel koncem ukazatele. Hodina je tedy ukazována *pouze koncem stínu gnómonu*, který jinak hodinové úsečky protíná, takže bychom nevěděli „která bije“. Různě vysokým gnómonům přísluší různá soustava hodinových úseček.

My bychom však nyní potřebovali vytvořit takové hodiny, u kterých na výšce ukazatele záležet nebude (protože každý člověk je jinak vysoký). Nebo jinými slovy: chceme, aby kolmý ukazatel vrhal stín správným směrem, ke značce příslušné hodiny na číselníku. Jak tento úkol vyřešit? Jednoduše — musíme prostě ukazatel během roku přesouvat tak, abychom kompenzovali pohyby Slunce na obloze (přesněji změny jeho azimutu). Pro pochopení je dobrá představa pozorovatele, který se dívá z hodinové značky na Slunce, a jeho přítel posouvá (dostatečně vysoký) gnómon v severo–jižním směru tak, aby zakryl Slunce. Protože Slunce na obloze opisuje analemu, je trajektorií paty gnómonu průmět analemy.

V praxi se často místo analemy vyznačuje na zemi pouze 12 obdélníků, jejichž hranice odpovídají vstupům Slunce do znamení zvěrokruhu. Člověk se postaví na datovou značku odpovídající aktuálnímu dni v roce a jeho stín směřuje ke správné hodinové značce. V našich zeměpisných šířkách jsou nutné značky od 4 h do 20 h (tj. přibližně doba, kdy je Slunce nad obzorem při letním slunovratu). Jejich konkrétní vzdálenost od datových značek není z funkčního hlediska důležitá. Rozmisťují se třeba do tvaru části elipsy nebo oválu.

U nás jsou analematické sluneční hodiny vzácné — víme pouze o jediných, a to v Zahrádkách (okres Jindřichův Hradec; JH 25; obr. 41). Jsou dílem Jana Zemana, který je navrhnul jako součást úpravy pozemku před obecním úřadem. Na datových značkách jsou znamení zvířetníku. Hodinové kameny s římskými orlojními číslicemi (od IX do XX) jsou rozmístěny na oválu.

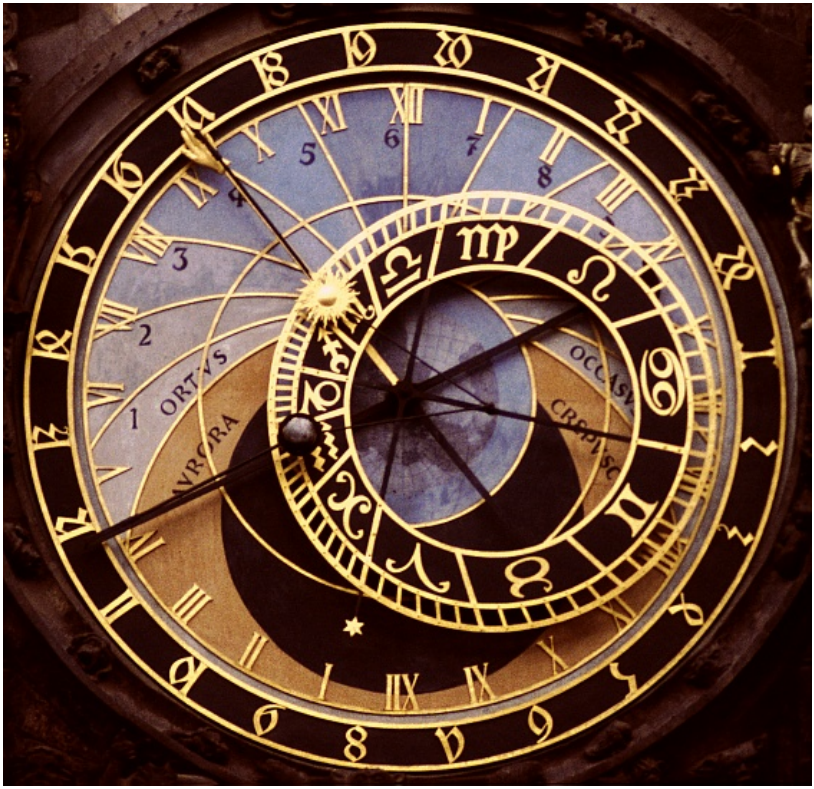
Obr. 41 — Zemní analematické hodiny v Zahrádkách (JH 25), před obecním úřadem. Foto Jan Zeman (2002).

2.2 Poznámka o orlojích a astrolábech

Miroslav Brož

V katalogové tabulce na str. ?? až ?? jsou mezi slunečními hodinami uvedeny i naše čtyři známé venkovní orloje – astroláby: v Praze na Staroměstském náměstí (obr. 42), Litomyšli (obr. 43), Olomouci a Prostějově.

Je tomu tak proto, že tyto časoměrné přístroje jsou bezpochyby pro čtenáře podobně zajímavé jako sluneční hodiny a při návštěvě města by je neměl opomenout. Navíc středověké orloje, např. ten Staroměstský z roku 1410, musely být kvůli seřizování vybaveny slunečními hodinami, jakožto nejpřesnějším tehdy dostupným zdrojem měření času.



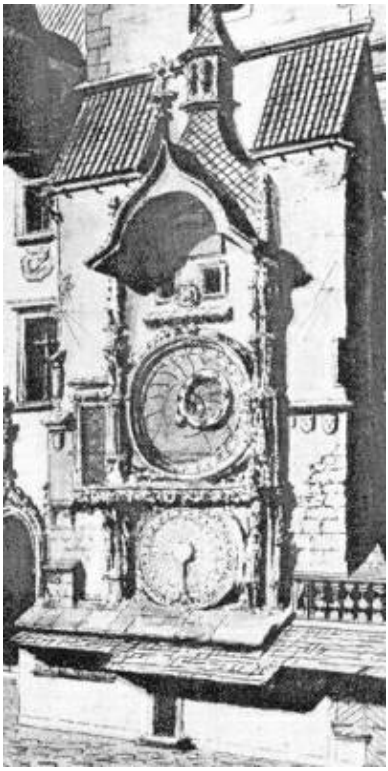
Obr. 42 — Pražský orloj postavený roku 1410 Mikulášem z Kadaně podle návrhu Jana Šindela. Co orloj ukazuje? Hodinová ručička, se zlacenou rukou a symbolem slunce, ukazuje (i) *středoevropský čas* (na římských číslicích na pevném ciferníku), (ii) *staročeský čas*, tj. čas uplynulý od západu slunce předchozího dne (na gotických číslicích na vnějším, pohyblivém ciferníku)

a (iii) *planetní hodiny* (na zlatých obloucích s černými arabskými číslicemi). Ty posledně jmenované jsou nestejně dlouhé, neboť doba, kdy je slunce nad obzorem, je dělena vždy na 12 dílů, a to bez ohledu na různou délku světlé části dne v různých ročních obdobích. Ručička s hvězdou odměřuje *hvězdný čas* (na ciferníku s římskými číslicemi). Je pevně spojena se zlatým excentrickým kruhem, ekliptikou. Ekliptika se otočí okolo středu ciferníku přibližně za 23 h 56 min. *Znamení zvěrokruhu*, ve kterých se Slunce a Měsíc právě nacházejí, jsou na ekliptice zřetelně viditelná. Symbol slunce se může posouvat jednak po hodinové ručičce, a jednak po obvodu ekliptiky. Hodinová ručička se otáčí pomaleji než ekliptika (rozdíl činí asi 4 minuty za den), a následkem toho se slunce pomalu po ekliptice posunuje — za jeden rok ji oběhne kolem dokola. V zimních měsících se přitom slunce nachází blíž ke středu ciferníku (což odpovídá skutečnosti, že Slunce je níž na obloze), v letních měsících naopak dál od středu (tj. výš na obloze). Pole ciferníku je rozděleno na tři barevné části: světle modrá značí denní oblohu, hnědá soumrak a svítání, černá barva noc. To nám pomáhá číst *azimuty a výšky* nebeských těles na obloze, časy jejich *východů a západů*. Černé pole nezasahuje až k okraji, což odpovídá situaci, že u nás v létě nenastává astronomická noc. Na orloji rozpoznáme i *fázi Měsíce* — důmyslný mechanismus uvnitř napolo stříbrně natřené kuličky způsobuje její otáčení kolem osy za jeden synodický měsíc při denním pohybu ručky s měsícem „nahoru a dolu“. Pod astrolábem je umístěno ještě kruhové malované kalendárium, které se otáčí jednou za rok a šipka nahoře ukazuje *aktuální datum*.

Obr. 43 — Litomyšlský orloj, umístěný na radniční věži na Smetanově náměstí, byl sestrojen Karlem Adamcem v roce 1907. Je vybaven 24hodinovým ciferníkem, hodinovou ručičkou se zlacenou rukou, ekliptikou s dvanácti znameními a pohyblivými symboly Slunce a Měsíce. Zařízení je chráněno před povětrnostními vlivy skleněnou deskou. Foto Miroslav Brož (2003).

Bohužel, ani u jednoho z výše uvedených orlojů se příslušné sluneční hodiny nezachovaly. Přitom ještě v roce 1911 bylo u Staroměstského orloje patrné torzo ukazatele [47]. Bylo však odstraněno při přechodu na pásmový středoevropský čas, zavedený v Praze k 1. 1. 1912.

Na dobových kresbách (obr. 44) však můžeme tyto hodiny ještě vidět. Byly zřízeny asi v úrovni okének apoštolů. Hodiny pocházejí z doby opravy orloje, která proběhla roku 1790. Opravu vedl ředitel klementinské hvězdárny prof. Antonín Strnad (1749–1799); on je pravděpodobně i autorem návrhu těchto slunečních hodin.



Obr. 44 — Detail perokresby Pražského orloje z počátku 19. století [35]. Malíř při kreslení slunečních hodin udělal gnómonickou chybu: hodinové rysky se musí protínat v patě ukazatele, nikoli v místě vetknutí podpěry. Převzato z [129].

Víme, že v 16. století zde byly také dvoje sluneční hodiny, ale ty byly umístěny po stranách orloje, na opěrných pilířích, přibližně ve výšce spodního číselníku orloje.

2.3 Literatura

2.3.1 Monografie

[1] Adamuv, P.: *Slnečné hodiny na Slovensku.* Východoslovenské vydavateľstvo, Košice, 1980.
[2] Andrle, P.: *Základy nebeské mechaniky.* Academia, Praha, 1976.
[3] Beránková, R.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin v Západočeském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1984.
[4] Davies, P.: *O čase.* Motýl, Bratislava, 1999.
[5] Dvořák, J.: *Soupis a dokumentace slunečních hodin v okresech Jihlava, Jindřichův Hradec, Pelhřimov.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1984.
[6] Jirásko, J. aj.: *Sluneční hodiny.* Agentura Říše hvězd, Praha, 1998.
[7] Kyselová, J.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin v Jihočeském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1985.
[8] Lenfeld, J.: *Sluneční hodiny ze sbírek UPM v Praze.* Uměleckoprůmyslové muzeum, Praha, 1984.
[9] Martínková, I.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin ve Východočeském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1987.
[10] Michal, S.: *Hodiny (od gnómonu k atomovým hodinám).* SNTL, Praha, 1987.
[11] Navrátil, M., Nováková, D.: *Sluneční hodiny v Hradci Králové.* Povětroň S1/2001, Hradec Králové, 2001, ⟨http://www.astrohk.cz/ashk/povetron/⟩
[12] Pastušková, I.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin v Severomoravském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1991.
[13] Pěnkava, V.: *Soupis a hodnocení slunečních hodin v Jihomoravském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1986.
[14] Polák, B.: *Přenosné sluneční hodiny.* Academia, Praha, 1990.
[15] Polák, B.: *Staropražské sluneční hodiny.* Academia, Praha, 1986.
[16] Příhoda, P.: *Sluneční hodiny.* Horizont, Praha, 1983.
[17] Příhoda, P. aj.: *Hvězdářská ročenka 2003.* Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy v koedici s Astronomickým ústavem AV ČR a Petr Sojka, PRPEEZ know-how, Praha, 2002.
[18] Pulcmanová, D.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin ve Středočeském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1984.
[19] Slouka, H.: *Astronomie v Československu.* Osvěta, Praha, 1952.
[20] Sluková, L.: *Dokumentace a hodnocení slunečních hodin v Severočeském kraji.* Nepublikovaná diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1986.
[21] Šimr, V.: *Pojďte s námi stavět sluneční hodiny.* SNTL, Praha, 1989.
[22] Vanýsek, V.: *Základy astronomie a astrofyziky.* Academia, Praha, 1980.
[23] Ward, R. R.: *Živé hodiny.* Mladá fronta, Praha, 1980.

2.3.2 Články

[24] Bělohlávek, M. aj.: *Hrady, zámky a tvrze v Čechách, na Moravě a ve Slezsku IV — západní Čechy.* Svoboda, Praha, 1985.
[25] Brož, M.: *Sluneční hodiny (2) — Jablonné nad Orlicí.* Povětroň 4/2001, s. 8, Hradec Králové, 2001.
[26] Di Cicco, D.: *Photographing the Analemma.* Sky & Telescope 3/2000, s. 135–140.
[27] Druga, L.: *Medzinárodná konferencia o slnečných hodinách.* Kozmos 2/2003, s. 17–18.
[28] Fischer, K.: *Die Sonnenuhrenmacher Engelbrecht in Beraun.* Neu Uhr-macher Zeitung 1/1963, Ulm, 1963.

[29] Fröhlich, J.: *Kde najdete sluneční hodiny.* Naše noviny, týdeník pracujících ČZM a občanů strakonického okresu, regionální příloha Magazín, 8. 11. 1984.
[30] Fryš, K.: *Sluneční hodiny (4) — Choceň.* Povětroň 3/2002, s. 19, Hradec Králové, 2002.
[31] Gloser J., Holomý Z.: *Svitavsko.* Hradec Králové, Kruh, 1980.
[32] Halík, T.: *Hospital Kuks. Památky umělecké v Betlémě. Kuks za doby hraběte Fr. Ant. Sporcka.* Dvůr Králové nad Labem, 1908, 1910, 1911.
[33] Hokeš, E. S., Krebsová, B.: *Joseph Needham o sobě.* Nový Orient 3/1970, Orientální ústav ČSAV.
[34] Horyna, M., Royt, J., Hyhlík, V.: *Křtiny — Poutní kostel Jména Panny Marie.* Církevní památky 13, Historická společnost Starý Velehrad, Olomouc, 1994.
[35] Kohl, L., 1808
[36] König, J.: *Čtení o Berouně.* Beroun, 1965.
[37] Křivský, P., Polák, B.: *Sluneční hodiny a zahrada slunečních hodin na Strahově.* Stoletá Praha XIII, sborník Pražského střediska památkové péče a ochrany přírody, Panorama, Praha, 1983, s. 167.
[38] *Mitteilungen zur Volks und Heimatskunde des Schönhengster Landes. Výroční zpráva Muzejního spolku.* 1916, s. 185.
[39] Mucha, L.: *„Nové" pražské sluneční hodiny.* Přednáška na XII. symposiu Z dějin geodézie a kartografie, Národní technické muzeum, Praha, 1994.
[40] Najser, P., Soumar, J., Helebrant, J.: *Praha astronomická.* Katografie Praha, Praha, 1996.
[41] Navrátil, M.: *Sluneční hodiny (1) — Jaroměř.* Povětroň 2/2001, s. 18, Hradec Králové, 2001.
[42] *Nevíte o slunečních hodinách?* Seriál článků, páteční přílohy Náš domov, ZN noviny, 1994.
[43] Nosek, M.: *Prstencové sluneční hodiny.* Povětroň 4/2002, s. 19, Hradec Králové, 2002.
[44] Památkový ústav Pardubice, fotografie č. 658 z r. 1963, č. 7409 a 7410, č. 95171 z r. 1985.
[45] Parma, J. B.: *Proměny slunečních hodin.* Lidová demokracie, 20. 7. 1971.
[46] Parma, J. B.: *Za slunečními a měsíčními hodinami.* Lidová demokracie, 12. 7. 1975.
[47] Polák, B.: *Příspěvek k historii řízení Pražského orloje.* In: Staletá Praha XVI, Panorama, Praha, 1986.
[48] Polák, B.: *Nástěnné hodiny Klementina.* Rozpravy NTM 83. Z dějin geodézie a kartografie 1, Národní technické muzeum, Praha, 1981, s. 8–117.
[49] Polák, B.: *Hranolové sluneční hodiny na Malvazinkách v Praze.* Rozpravy NTM 83. Z dějin geodézie a kartografie 2, Národní technické muzeum, Praha, 1982, s. 114–117.
[50] Polák, B.: *Sluneční hodiny v bývalém klášteře karmelitánů na Malé Straně.* Rozpravy NTM 83. Z dějin geodézie a kartografie 2., Národní technické muzeum, Praha, 1982, s. 120–123.
[51] Polák, B.: *Gnómonická památka na Malvazinkách v Praze.* Památky a příroda, časopis Státní památkové péče a ochrany přírody 9/1982, s. 541–542.
[52] Polák, B.: *Nástěnné sluneční hodiny Engelbrechtů.* Dějiny věd a techniky 14/1981, 3, Academia, Praha, s. 157–166.
[53] Polák, B.: *Několik připomínek k restaurování slunečních hodin.* Památky a příroda, časopis Státní památkové péče a ochrany přírody 7/1982, s. 405–407.
[54] Polák, B.: *Sluneční hodiny na Pražském orloji.* Rozpravy NTM 100. Z dějin geodézie a kartografie 4., Národní technické muzeum, Praha, 1985, s. 119–121.
[55] Polák, B.: *Sluneční hodiny na zámku v Litomyšli.* Lidé a země 11/1987, Praha, s. 523–525.
[56] *Tip na výlet.* Maximagazín, deníky Bohemia, červenec 1997.
[57] Tuppy, J.: *Mitteilungen zur Volks und Heimatskunde des Schönhengster Landes.* 1917.
[58] Segeth, K.: *Nezanikne Pyrám?* Lidé a země 31/1982, s. 52.
[59] Státní archiv Praha, matrika M2–1/18, M2–1/281.

[60] Šíma, Z.: *Zpráva o rekonstrukci slunečních hodin na budově ČNR.* 1996.
[61] Šíma, Z.: *Stručná zpráva o rekonstrukci slunečních hodin v Břevnovském klášteře.* 1991.
[62] Šlechtová, A.: *Státní hvězdárna — inventář archivního fondu.* Ústřední archiv ČSAV, Praha, 1981.
[63] Šolc, M.: *Zpráva o rekonstrukci slunečních hodin na Révovém nádvoří Klementina.* 1991.
[64] Šolc, M.: *Zpráva o rekonstrukci slunečních hodin na Astronomické věži Klementina.* 1996.
[65] *Žáci škole.* Seriál Nevíte o slunečních hodinách? ZN noviny, 18. 11. 1994.

2.3.3 Zahraniční publikace

[66] *Cadrans de Turquie et de Tunisie.* ⟨http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/Musee/Kairouan/Turque.htm⟩
[67] *Cadrans Solaires Français Catalogués.* Société Astronomique de France, Paris, 1998.
[68] Cittert-Eymers, J. G. van, Hagen, M. J.: *Zonnewijzers aan en bij gebouwen in Nederland.* De Walburg pers, Zutphen, 1984.
[69] Del Favero, E., Garetti, C.: *Meridiane dei Comuni d'Italia. Catalogo–Guida dei quadranti solari italiani.* Unione Astrofili Italiani, 2001.
[70] Dusil, G.: *Sonnenuhren in Sachsen.* Freundeskreis Sonnenuhren in Sachen, Dresden, 1993.
[71] Folco, F.: *Meridiane in provincia di Savona.* Savona, 1995.
[72] Gillispie, Ch. C. (*editor*): *Dictionary of Scientific Biography.* Charles Scribner's Sons, New York, 1970.
[73] Homet, J.-M., Rozet, F.: *Cadrans Solaires du Briançonnais.* Édisud, Aix-en-Provence, 2001.
[74] Howse, D.: *Greenwich time and the longitude.* Philip Wilson Publishers, London, 1997.
[75] Keszthelyi, S.: *Napórák Magyarországon. A rögzített napórák katalógusa.* Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 1998.
[76] Lloyd, S. A.: *Ivory Diptych Sundials 1570–1750.* Harvard University Press, Cambridge, 1992.
[77] Mayer, B.: *Touring the Jai Singh Observatories.* Sky and Telescope 7/1979.
[78] Oyen, P.: *Zonnewijzers in Vlaanderen.* 1994.
[79] Philipp, H., Roth, D., Bachmann, W.: *Sonnenuhren Deutschland und Schweiz.* Deutsche Geschellschaft für Chronometrie, Stuttgart, 1994.
[80] Phillips, T.: *The Antikythera Mechanism I.* ⟨http://www.math.sunysb.edu/~tony/whatsnew/column/antikytheraI-0400/kyth1.html⟩
[81] Powers, P.: *The Fixed Dial Register.* The British Sundial Society, 2000.
[82] Rau, H., Zenkert, A.: *Katalog der ortsfesten Sonnenuhren. Teil 1. Brandenburg und Berlin.* Berlin, 1991.
[83] Rau, H., Zenkert, A.: *Katalog der ortsfesten Sonnenuhren. Teil 2. Mecklenburg–Vorpommern.* Berlin, 1992.
[84] Sca, G., Stroppa, P.: *Meridiane e orologi solari.* Il Castello, Milano, 1992.
[85] Schwarzinger, K.: *Katalog der Ortsfesten Sonnenuhren in Österreich.* Österreicher Astronomischer Verein, Wien, 1993.
[86] Sudgen, K.: *Stonehenge and Avebury.* Pitkin Unichrome, Andover, 2002.
[87] Tadić, M.: *Catalogue of the antic and the middle ages sundials in Yugoslavia.* Sarajevo, 1988.
[88] *The BSS Sundial Glossary.* ⟨http://www.sundialsoc.org.uk/glossary/index.html⟩
[89] Turner, A.: *L'Heure en Égypte ancienne.* Musée des arts et métiers, Paris, 2001.
[90] Vornholz, D.: *Bremer Sonnenuhren.* Bremen, 1995.
[91] Wolfschmidt, G.: *A Historian Looks at Astronomy in the Classroom.* ⟨http://math.uni-hamburg.de/math/ign/xyz/ca00-v5.htm⟩

[92] Zenkert, A.: *Katalog der ortsfesten Sonnenuhren in der DDR.* Berlin, 1984.
[93] Zinner, E.: *Alte Sonnenuhren an europäischen Gebäuden.* F. Steiner Verlag, Wiesbaden, 1954.
[94] Zinner, E.: *Deutsche und niedrländische astronomische Instrumente.* München, 1967.

2.3.4 Internetové databáze

[95] *British Sundial Society.* ⟨http://www.sundialsoc.org.uk⟩
[96] Brož, M. aj.: *Sluneční hodiny v České republice a na Slovensku.* ⟨http://www.astrohk.cz/slunecni_hodiny.html⟩
[97] Cañones A. J.: *Relojes de Sol de la Región de Murcia (España).* ⟨http://webs.ono.com/usr002/andana/⟩
[98] Cornec, J.–P.: *Cadrans solaires de Bretagne.* ⟨http://perso.wanadoo.fr/jean-paul.cornec/⟩
[99] Dengler, J.: *Sundials in Berlin and around.* ⟨http://www.surveyor.in-berlin.de/sundials/⟩
[100] Igras, K.: *Zegary Słoneczne w Polsce.* ⟨http://republika.pl/sundial/⟩
[101] Igras, K., Egert, M.: *Zegary Słoneczne.* ⟨http://www.zegarysloneczne.pl⟩
[102] *Il Censimento Nazionale dei Quadranti Solari Italiani.* ⟨http://quadrantisolari.uai.it⟩
[103] Gotteland, A., Camus, G.: *Cadrans Solaires de Paris.* ⟨http://www2.iap.fr/saf/csmp/⟩
[104] Harley, M. J.: *Sundials in Ireland.* ⟨http://www.sundials-ireland.com⟩
[105] Keszthelyi, S. aj.: *Napórák Magyarországon.* ⟨http://www.mek.iif.hu/porta/szint/termesz/csillag/naporak/html/index.htm⟩
[106] *La Commission des Cadrans solaires du Québec.* ⟨http://cadrans_solaires.scg.ulaval.ca⟩
[107] Lindner, P.: *Astronomischer Verein Hoyerswerda e. V.* ⟨http://home.arcor.de/peter.lindner/sundials.htm⟩
[108] Maes, F.: *Frans Maes' Sundial site.* ⟨http://www.biol.rug.nl/maes/zonnewijzers/welcome-e.htm⟩
[109] *North American Sundial Society.* ⟨http://sundials.org⟩
[110] Oyen, P.: *Inventaris Zonnewijzers in Vlaanderen.* ⟨http://www.patric.oyen.bewoner.antwerpen.be⟩
[111] *Reloj Andalusí.* ⟨http://inicia.es/de/RELOJANDALUSI/⟩
[112] Roth, D.: *Sonnenuhren — Deutschland und Schweiz.* ⟨http://www.infraroth.de/katalog.html⟩
[113] Schwarzinger, K.: *Katalog der ortsfesten Sonnenuhren in Österreich.* ⟨http://www.sundials.co.uk/deutsch/katade.htm⟩
[114] *Societat Catalania de Gnomònica.* ⟨http://www.gnomonica.org⟩
[115] *Sundials on the Internet.* ⟨http://www.sundials.co.uk⟩

2.3.5 Programy pro návrh číselníku

[116] Blateyron, F.: *Shadows.* ⟨http://www.cadrans-solaires.org⟩
[117] Brož, M.: *SHC | Návrh číselníku slunečních hodin.* ⟨http://www.astrohk.cz/slunecni_hodiny.html⟩
[118] Berrington, R.: *Bob's "Make your own sundial" page.* ⟨http://www.astro.indiana.edu/personnel/rberring/sundial.html⟩
[119] Hollan, J.: *SunDial.* ⟨http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/programmes/sundials/sundials.html⟩
[120] *You Can Make a Sundial!* ⟨http://www.cyberspace.org/~jh/dial/⟩

2.3.6 WWW odkazy

[121] *Asociación de Amigos de los Relojes de Sol.* ⟨http://www.relojesdesol.org⟩
[122] Bertemes, F. aj.: *Archäologie Multimedial.* ⟨http://www.praehist.uni-halle.de/goseck/⟩
[123] *Cadrans Solaires.* ⟨http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/⟩
[124] *Deutsche Gesellschaft für Chronometrie e. V.* ⟨http://www.dg-chrono.de⟩
[125] *Digital Sundials International.* ⟨http://www.digitalsundial.com⟩
[126] *Interactive map of Prague.* ⟨http://www.mapy.cz⟩
[127] Koutný, R.: *Horologium — konstrukce slunečních hodin.* ⟨http://sweb.cz/RomanKoutny/⟩
[128] Lee, H.: *Development of Sundials in Ancient Civilizations.* ⟨http://www.math.sfu.ca/histmath/Special/Introduction.htm⟩
[129] Marek, P.: *Sluneční hodiny a archeoastronomie.* ⟨http://slunecnihodiny.wz.cz⟩
[130] *Národní technické muzeum.* ⟨http://www.ntm.cz⟩
[131] Nosek, M.: *Sluneční hodiny.* ⟨http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz⟩
[132] Roth, D.: *Sundial links.* ⟨http://www.infraroth.de/slinks.html⟩
[133] Schreiner, M.: *Bernhardtsche Präzisions Sonnenuhr.* ⟨http://www.praezisions-sonnenuhr.de⟩
[134] Schwarzinger, K.: *Sonnenuhren in Österreich.* ⟨http://members.aon.at/sundials/⟩
[135] *Société Astronomique de France. Commission des Cadrans Solaires.* ⟨http://www.iap.fr/saf/comcadra.htm⟩
[136] de Vries, F. J.: *De Zonnewijzerkring.* ⟨http://home.iae.nl/users/ferdv/⟩
[137] Urschel, B.: *Analemma.* ⟨http://www.analemma.com⟩
[138] Weiss, P., Weissová A.: *Sluneční hodinářství.* ⟨http://czech-web.cz/~hela/hodiny/⟩