

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra experimentální fyziky

*Bc. Marie Žvaková*

**Sluneční hodiny na PŘF UP v Olomouci**

(A sundial at the Faculty of Science, Palacký University Olomouc)

Diplomová práce

Olomouc 2018

*Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.*

## BIBLIOGRAFICKÝ ZÁZNAM

Autor (osobní číslo): Bc. Marie Žvaková (16961)

Studijní obor: Učitelství fyziky pro střední školy – Učitelství matematiky pro střední školy

Název práce: Sluneční hodiny na PřF UP v Olomouci

Title of thesis: A sundial at the Faculty of Science, Palacký University Olomouc

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.

Rozsah práce: 80

Abstrakt: Cílem práce bylo vyrobit sluneční hodiny pro Přírodovědeckou fakultu, a tak upozornit veřejnost nejen na odlišnost slunečního a středoevropského času, ale ukázat základní astronomické pojmy, zákony a přitáhnout pozornost k univerzitě. Práce obsahuje výukové materiály pro učitele středních a základních škol, inovuje způsob konzervativního předávání poznatků a motivuje žáky k samostatnému uvažování a práci.

Klíčová slova: sluneční hodiny, vlastní výroba, analema, časová rovnice, historie slunečních hodin, polos, převrácená třída

Abstract: The aim of the work was to produce a sundial for the Faculty of Science in Olomouc, thus show the public not only to the difference between solar and Central European time but to show the basic astronomical concepts, laws and attract attention to the university. The work contains teaching materials for teachers of secondary and elementary schools, innovates the way of conservative transfer of knowledge and motivates pupils to think independently and work.

Keywords: sundial, own production, analema, time equation, sundial history, gnomon, flipped classroom

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2016/2017

Studijní program: Fyzika  
Forma: Prezenční

Obor/komb.: Učitelství fyziky pro střední školy - Učitelství  
matematiky pro střední školy (F-M)

Obor v rámci kterého má být VŠKP vypracována: Učitelství fyziky pro střední školy

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. ŽVAKOVÁ Marie	Promenádní 201, Těrlícko - Horní Těrlícko	R16961

**TÉMA ČESKY:**

Sluneční hodiny na PřF UP v Olomouci

**TÉMA ANGLICKY:**

A sundial at the Faculty of Science, Palacký University Olomouc

**VEDOUcí PRÁCE:**

Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D. - KEF

**ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Cílem práce je návrh a realizace slunečních hodin, jež by bylo možné instalovat v prostoru před PřF UP. Výstupem by měl být návrh a realizace funkčního modelu včetně analem pro vybrané hodiny, který by po dohodě s architektem pak bylo možné umístit v prostorách před budovou PřF UP. Práce s modelem by měla být vyzkoušena a evaluována ve vhodném zájmovém kroužku (Klub mladých debrujárů apod.).

**SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:**

BAJER, J., 2004. Mechanika 2. PřF UP Olomouc. ISBN 80-244-0884-8.  
BROŽ, M. a NOSEK, M., 2009. Sluneční hodiny [online]. Dostupné z [http://www.astrohk.cz/slunecni\\_hodiny.html](http://www.astrohk.cz/slunecni_hodiny.html).  
ERLICHSON, H., 1974. The Horizontal Sundial. *American Journal of Physics*, 42(5), 372373. DOI:10.1119/1.1987703  
ROVSEK, B., 2010. Calibration of a Horizontal Sundial. *The Physics Teacher*, 48(6), 397400. DOI:10.1119/1.3479720.  
ŠŮSTEK, J., 2016. Fyzikální procházky Olomouci. Diplomová práce, Olomouc: PřF UP. Dostupné z [http://muj.optol.cz/nichterek/lib/exe/fetch.php?media=diplomky:16\\_sustek.pdf](http://muj.optol.cz/nichterek/lib/exe/fetch.php?media=diplomky:16_sustek.pdf).  
Dále časopisecká literatura (zejména *American Journal of Physics*, *Physics Teacher*, *Matematika-Fyzika-Informatika*), učebnice pro SŠ, manuály k obsluze potřebných programů a další zdroje podle vlastního výběru a uvážení.

Podpis vedoucího práce: .....

Datum: .....

Podpis vedoucího pracoviště: .....

Datum: .....

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedených pramenů a za odborných konzultací zmíněných osob.

V Olomouci 5. května 2018.

Tímto bych chtěla poděkovat za odborné konzultace a pomoc při vedení práce Mgr. Lukáši Richterkovi, Ph.D., který mě dal cenné podněty k metodice práce. Rovněž děkuji všem, co se podíleli na tvorbě projektu slunečních hodin pro Přírodovědeckou fakultu v Olomouci.

Ráda bych také poděkovala své rodině, která mně v průběhu celého studia finančně a morálně podporovala.

V Olomouci 5. května 2018.

# OBSAH

Úvod.....	8
1 Základní teoretické poznatky o slunečních hodinách.....	9
1.1 Princip slunečních hodin.....	9
1.2 Časová rovnice, analema.....	10
1.3 Typy slunečních hodin.....	14
1.3.1 Hodiny fungující na principu hodinového úhlu.....	14
1.3.2 Hodiny nefungující na principu hodinového úhlu.....	17
1.4 Jak rozeznat gnómonicky chybné hodiny.....	18
2 Historie slunečních hodin.....	19
2.1 Starověký Egypt.....	20
2.2 Starověké Řecko.....	22
2.3 Římská říše.....	24
2.4 Arabské hodiny.....	24
2.5 Renesance a osvícenství.....	25
2.6 Průmyslová doba 19. století.....	26
3 Konstrukce a výroba slunečních hodin pro přřf.....	28
3.1 Hledání vhodného místa.....	28
3.2 Návrh číselníku.....	30
3.3 Tvorba modelu.....	33
3.4 Návrhy a realizace.....	34
3.4.1 Návrh č. 1.....	34
3.4.2 Návrh č. 2.....	35
3.4.3 Návrh č. 3.....	36
3.4.4 Návrh č. 4.....	36
3.4.5 Návrh č. 5.....	37
3.5 Realizace a s ní spojené problémy.....	38
4 Didaktická část výroby slunečních hodin.....	43
4.1 Teoretický základ pro RVP základního vzdělávání.....	44
4.2 Prezentace poznatků a aktivity pro žáky ZŠ.....	48
4.2.1 Video.....	49
4.2.2 Heuristické kladení otázek.....	50
4.2.3 Simulace zdánlivého pohybu Slunce po obloze.....	52
4.3 Didaktický základ a rozšíření teorie pro RVP Gymnázia.....	53
4.4 Prezentace poznatků a aktivity pro žáky SŠ.....	56

4.4.1	Video.....	56
4.4.2	Heuristické kladení otázek.....	58
4.4.3	Simulace.....	58
5	Tvorba modelu slunečních hodin pro žáky ZŠ i SŠ .....	59
5.1	Postup 1.....	59
5.2	Postup 2.....	63
6	Opakování osmisměrky – řešení pro vyučující .....	66
6.1	ZŠ (úroveň 1) .....	66
6.2	SŠ (úroveň 2).....	67
6.3	SŠ (úroveň 3).....	68
6.4	Realizace ve škole .....	69
7	Závěr.....	70
8	Seznam literatury a zdrojů.....	71
9	Seznam obrázků.....	73
10	Seznam tabulek.....	75
11	Přílohy .....	76
11.1	Příloha 1 .....	76
11.2	Příloha 2 .....	77
11.3	Příloha 3 .....	78
11.4	Příloha 4 .....	79

## ÚVOD

Cílem této práce bylo vytvořit a realizovat sluneční hodiny, které by bylo možné instalovat v areálu před Přírodovědeckou fakultou Univerzity Palackého a přiblížit tak sluneční hodiny široké veřejnosti. Zdánlivý pohyb Slunce lidé sledují od pradávna, proto je vhodné umístění před fakultou. Ze slunečních hodin je možné vyčíst spoustu informací, avšak ne všichni se v soustavě čar umí orientovat a ví, co znamenají. A proto jsem se rozhodla tomuto tématu věnovat.

V první kapitole je čtenáři, znalému základních astronomických pojmů a zákonů přiblížen princip, na kterém sluneční hodiny fungují. Dále jsou popsány různé typy hodin a nejčastější chyby, se kterým se u slunečních hodin můžeme setkat. V druhé kapitole je zajímavý pohled do historie, který poukazuje na důležitou úlohu tohoto typu hodin v historii a rozvoji věd. Třetí kapitola popisuje tvorbu návrhu a realizaci slunečních hodin v areálu přírodovědecké fakulty v Olomouci. Jejich odlišnost od ostatních olomouckých slunečních hodin spočívá především v horizontálním umístění a vykreslení analemu pro každou hodinu.

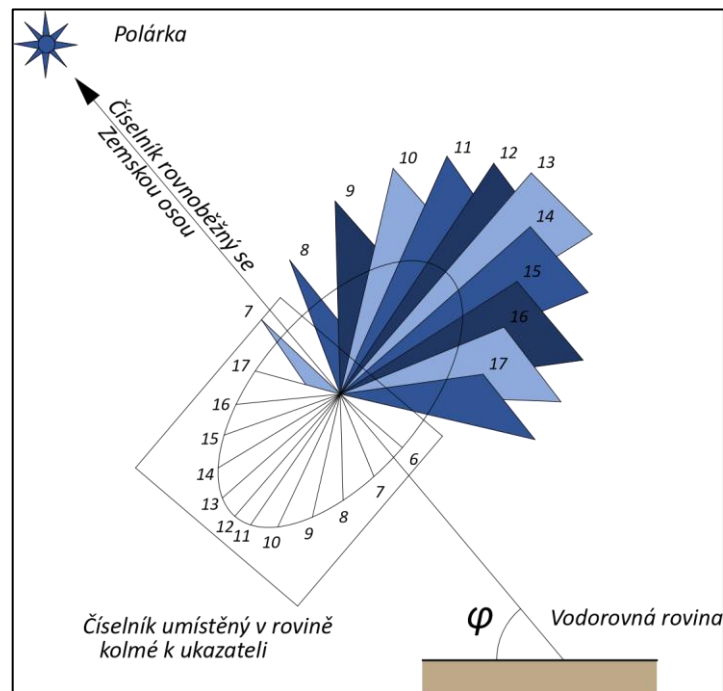
Počínaje čtvrtou kapitolou práce obsahuje nápady jak sluneční hodiny a s nimi i základy astronomie přiblížit veřejnosti. Zábavnou formou pomocí úkolů a aktivit je tento problém nastíněn žákům základních škol. Náročnější a obsáhlejší je pak varianta pro studenty středních škol. Pro žáky i učitele jsou popsány základy astronomie potřebné pro fungování slunečních hodin. Jsou zde interaktivní formou předložena témata, která zahrnuje rámcový vzdělávací program. Projekt také podporuje interdisciplinární výuku, jelikož pro realizaci projektu je možná spolupráce více předmětů (přírodopis, výtvarná výchova, fyzika, informatika, zeměpis, tělovýchova). Studenti vysokých škol a kolemjdoucí se budou moci dozvědět tyto informace z panelu instalovaného vedle hodin před fakultou. Ten však není součástí této práce.



# 1 ZÁKLADNÍ TEORETICKÉ POZNATKY O SLUNEČNÍCH HODINÁCH

## 1.1 Princip slunečních hodin

Sluneční hodiny měří čas na základě délky a směru stínu. Nejjednodušším a zároveň nejstarším způsobem měření času je pomocí gnómonu. Jedná se o vertikální ukazatel kolmý k číselníku. Podle stínu, který nám takto sestrojené hodiny ukazují, můžeme určit pravé poledne a světové strany. Odečítáme-li čas, je velmi nepřesný. Díky nepravidelnosti zdánlivého pohybu Slunce, hodiny plynou během dne nepravidelně, taktéž hodiny během roku nejsou stejně dlouhé. Museli bychom sestavit soustavu ciferníků. Každý by byl pro např. jeden měsíc v roce, záleželo by jak přesné hodiny bychom potřebovali.



Obr. 1.: Princip fungování slunečních hodin

Vertikální tyč musíme proto nahradit jiným ukazatelem. Nastavíme-li ukazatel do směru zemské osy, tedy tak, aby směřoval k Polárce, dostaneme přesnější výsledek měření času (Bajer, 2004). Slunce se tak okolo ukazatele zdánlivě otáčí o  $15^\circ$  za hodinu (Brož, 2004). Střední slunce obejde Zemi za 24 hodin rovnoměrně. Rozdělme tedy  $360^\circ$  na 24 dílů. Dostáváme  $15^\circ$ , což je úhlová vzdálenost dvou poledníků, na nichž se liší čas o jednu hodinu. Proložíme-li každým poledníkem a zemskou osou rovinu, dostáváme svazek rovin. Číselník slunečních hodin získáme, proložíme-li libovolnou rovinu tímto svazkem rovin. Je-li rovina kolmá k zemské ose, nazýváme hodiny rovníkové sluneční

hodiny. Zkonstruujeme-li rovinu svislou, máme nástěnné hodiny a protnutím horizontální roviny systémem rovin získáme horizontální hodiny (Nosek, 2018; Brož, 2004).

Jak budou vypadat hodiny za polárním kruhem? Přímkami odpovídající jednotlivým hodinám jsou zde rovnoběžné se zemskou osou. Jsou to navzájem rovnoběžné přímky a nazýváme je polární hodiny (Brož, 2004).



Obr. 2.: Polární sluneční hodiny (zdroj: <http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz/polarni.html>)

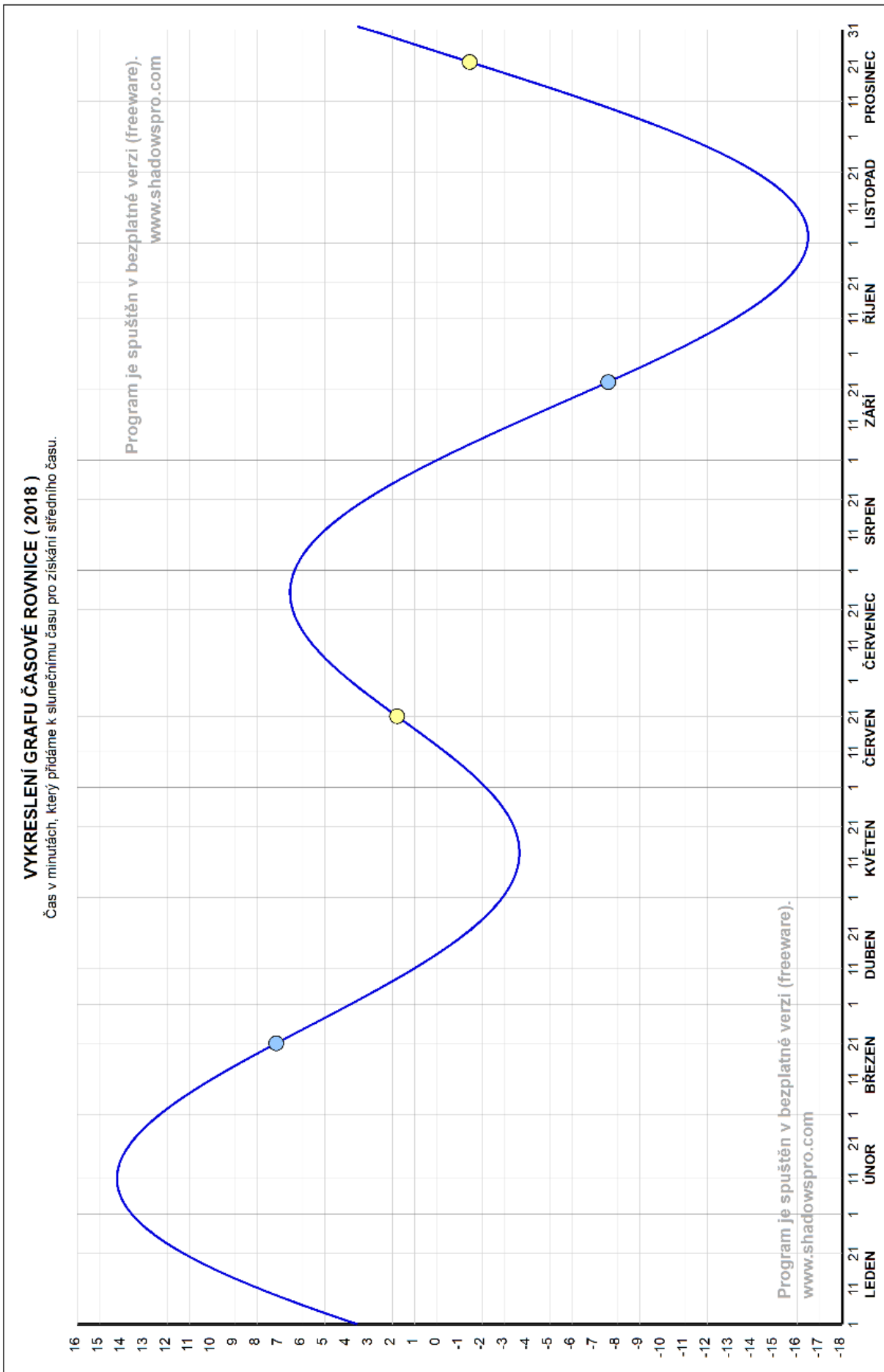
## 1.2 Časová rovnice, analema

Při konstrukci slunečních hodiny, předpokládáme, že hodinový úhel Slunce je vždy stejný. Každý den tedy roste naprosto rovnoměrně (hodinový úhel viz kapitola 1.3). Opak je pravdou. Odchytky nejsou příliš vysoké, ale záznamem polohy Slunce každý den v poledne, můžeme dojít k zajímavému závěru. Pokud budeme fotografovat Slunce na jižní obloze přesně ve dvanáct hodin středoevropského času, dostaneme složením série obrázků osmičku. To znamená, že právě Slunce někdy střední Slunce předbíhá, jindy se za ním opožďuje. Rozdíl těchto dvou časů popisuje časová rovnice viz obr. 3., 4.

Na obr. 3 na ose x jsou uvedeny měsíce v roce. Na ose y je čas, o který se liší pohyb pravého Slunce a středního Slunce. Křivka protíná osu x pouze ve čtyřech místech. Charakterizuje to dny, ve kterých je pravý sluneční čas shodný se středním slunečním časem a sluneční hodiny ukazují správně. Z grafu lze vyčíst, že odchylka časů může být např. na začátku listopadu až 16 minut (Bajer, 2004), více k tomu tématu strana 54, této diplomové práce.

Není-li uvedena časová rovnice v rohu číselníku slunečních hodin, může být korelace mezi těmito dvěma časy vyjádřena analemou. Jedná se o ležatou osmičku, která je umístěna na číselníku pro každou hodinu. Při čtení času z takovýchto hodin, je nutné si nalézt část analemy, která odpovídá danému datu. Dopadne-li stín na toto místo, nastává daná hodina. Ukážeme si poznávání času na obrázku. Řekněme, že analema na kterou právě dopadá stín je pro dvanáctou hodinu (obr. 22.).

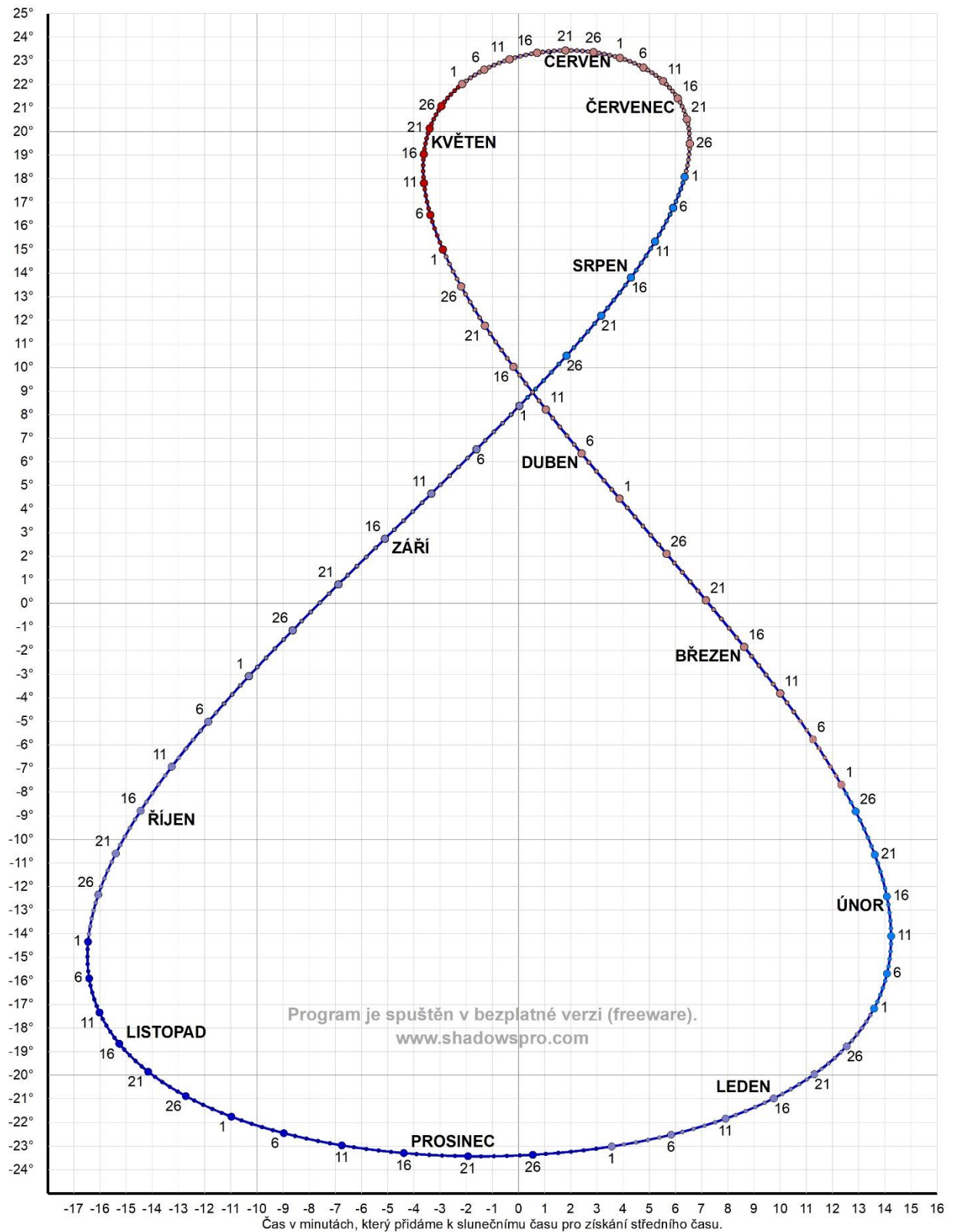
Většina slunečních hodin má znázorněnu prostřední čáru, podle které je na pohled analema symetrická. Kolik je tedy hodin? Představme si, že je například měsíc únor. Z obrázku vzorové analemy (obr. 4.) víme, že v únoru je daná hodina právě tam, kam dopadá stín na obrázku. Můžeme tedy říci, že je dvanáct hodin, přestože stín ještě nedosáhl prostřední čáry.



Obr. 3.: Vykreslení grafu časové rovnice (v programu Shadowspro)

### VYKRESLENÍ GRAFU ČASOVÉ ROVNICE ( 2018 )

Deklinace Slunce



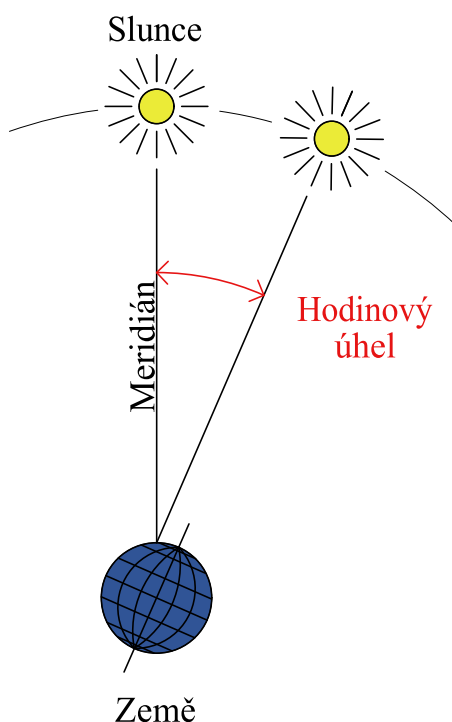
Obr. 4.: Vykreslení grafu časové rovnice pro Olomouc 2018 (v programu Shadowspro)

### 1.3 Typy slunečních hodin

Sluneční hodiny můžeme dělit mnoha způsoby. Nejjednodušší dělení je podle natočení k světovým stranám, popřípadě k rovníku. Druhé dělení je založeno na principu funkce slunečních hodin. Uveďme si základní typy slunečních hodin podle principu, na němž jsou založeny.

#### 1.3.1 Hodiny fungující na principu hodinového úhlu

Nejčastěji sluneční hodiny fungují na principu hodinového úhlu. Hodinový úhel můžeme v astronomii definovat jako úhel mezi deklinační kružnicí námi zvoleného objektu na obloze a místním poledníkem. Objasněme si použité pojmy. Deklinační kružnice prochází severním a jižním pólem a daným bodem na obloze. Místní poledník je kružnice, která prochází oběma póly a zároveň prochází místem, kde je Slunce v pravé poledne, tedy nejvyšším místem kudy putuje Slunce během dne. Hodinový úhel se udává v hodinách od 0 do 12. Vydělíme-li  $360^\circ$  dvanácti, dostáváme pro jednu hodinu úhel  $30^\circ$ . Nultý hodinový úhel je na místním poledníku a kladně přibývá směrem k západu.



Obr. 5.: *Hodinový úhel*

Pohyb Slunce po obloze určuje místní pravý sluneční čas, který nám ukazují sluneční hodiny. V poledne se nachází Slunce na místním poledníku a hodinový úhel dle výše uvedených pravidel je 0. Chceme-li dostat z hodinového úhlu Slunce místní pravý sluneční čas, musíme k hodinovému úhlu přičíst 12 hodin.

Tento typ slunečních hodin určuje jednoznačně čas bez ohledu na roční období. Nepočítá však samozřejmě se změnou pásmového slunečního času na letní čas. Hodiny bývají často doplněny tabulkou, pomocí které můžeme korigovat čas s časem našich hodin. Eliminujeme tak chybu, která vzniká v důsledku přírodních zákonů (Nosek, 2018).

Hodiny postavené na principu hodinového úhlu s rovinným číselníkem můžeme dále rozlišovat na vodorovné (horizontální), svislé (nástěnné), polární a rovníkové.

Krátce popíšeme jednotlivé typy. Vodorovné číselníky bývají umístěny přímo na zemi, nebo vyvýšeny na sloupku. Ukazatel je vždy skloněn do směru zemské osy. Nástěnné hodiny jsou v České republice nejčastěji na svislých zdech domů. Mohou být také použity jako součást většího uměleckého díla viz obr. č. 6. Nasměrování vertikálních hodin může být do různých světových stran. Kuriozitou jsou domy natočeny ve směru světových stran, které mají z každé strany domu, jedny sluneční hodiny.

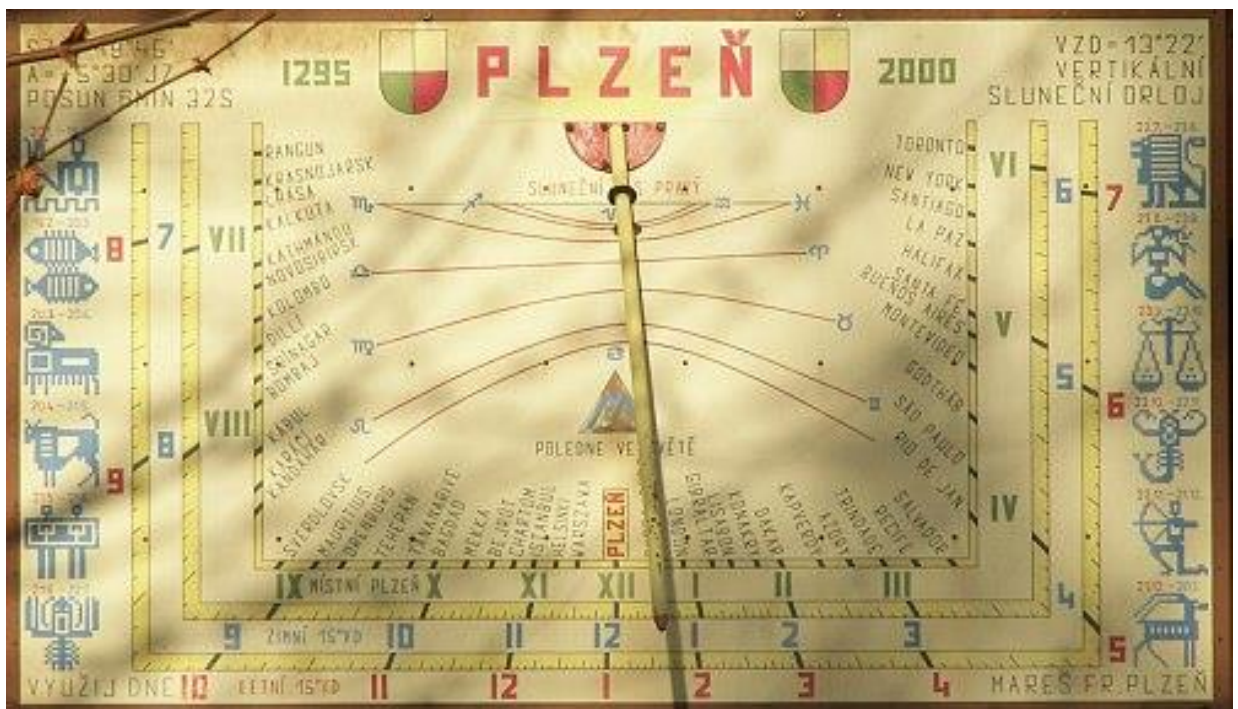


Obr. 6.: Sluneční hodiny jako umělecké dílo (zdroj: <http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz/typy.html>)

Polární sluneční hodiny jsou speciální případ slunečních hodin (obr. 2.). Hodinové přímky jsou totiž rovnoběžné se směrem zemské osy stejně tak s ukazatelem. Potkáváme je ve tvaru válcové plochy, kde ve středu je ukotven polos. Aby byla čísla hodin dostatečně čitelná a přední část válcové plochy nestínila, nechává se jen polovina válce, popř. prstence. Sluneční hodiny tohoto typu bývají také vyrobeny s rovinným číselníkem. Existuje několik základních orientací a to východní, západní a jižní. Stínový ukazatel je také rovnoběžný se zemskou osou (Nosek, 2018).

Rovníkové sluneční hodiny jsou zajímavé svou jednoduchostí. Číselník je skloněn do roviny rovníku a ukazatel stínu je kolmý k rovině číselníku. Čáry ukazující hodiny jsou tedy pravidelně po 15° rozmístěny okolo ukazatele. Tento typ hodin je univerzálně použitelný. Chceme-li jej použít v jiné než rovníkové zeměpisné šířce, musíme pouze sklonit ukazatel dle zeměpisné šířky (Brož, 2004).

Polední hodiny udávají čas poledne pro dané stanoviště. Na stejném stanovišti můžeme mít také sluneční hodiny, které udávají poledne na některém z míst na světě. Nazýváme je světové sluneční hodiny. Tento typ hodin může pouze doplňovat klasické sluneční hodiny (Blateyron, 2015). Je to zajímavost, nad kterou se každý rád pozastaví, viz obr. č. 7.

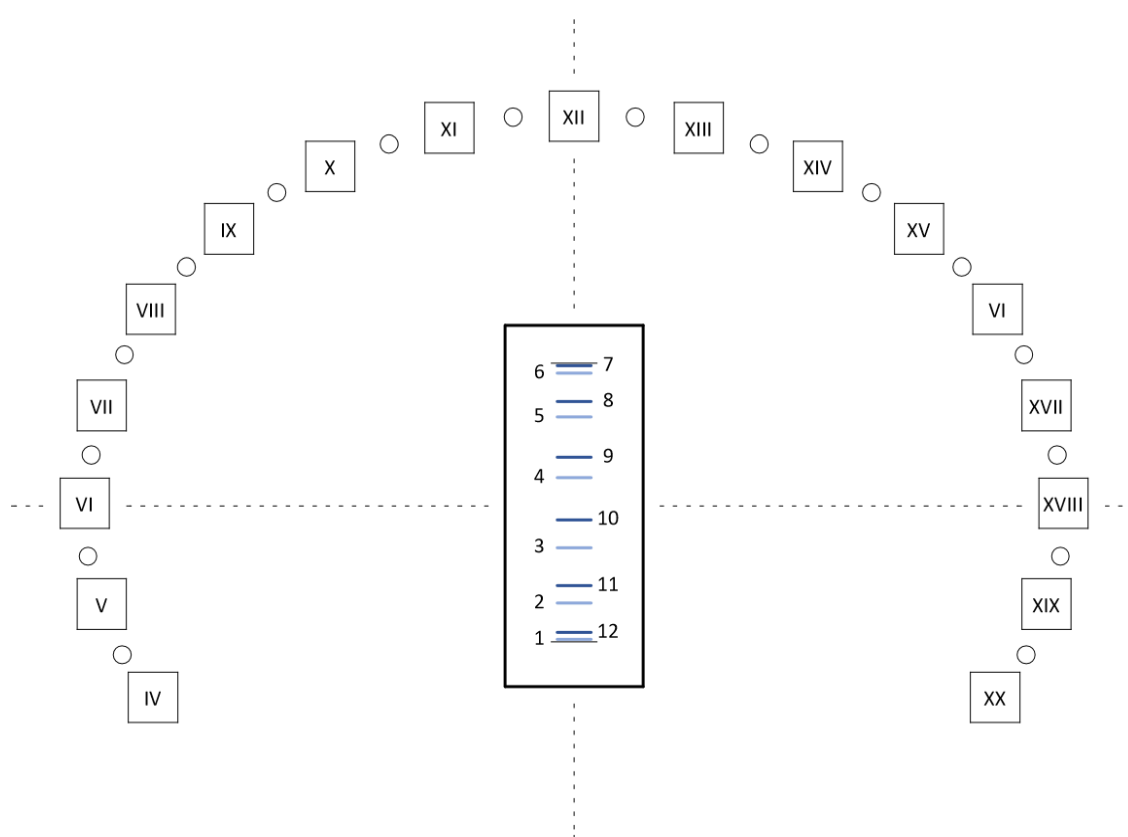


Obr. 7.: Sluneční hodiny znázorňující poledne ve světě (zdroj: <http://www.sluneční-hodiny.webzdarma.cz/svetove.html>)



### 1.3.2 Hodiny nefungující na principu hodinového úhlu

Výše je krátce popsáno, co to je analema. S touto ležatou osmičkou se setkáváme u vodorovných i svislých hodin. Význam analemy u tohoto druhu hodin je odlišný, přestože jim budeme říkat analematické sluneční hodiny. V ose číselníku je umístěna stupnice, po které posouváme v severojižním směru ukazatel. Gnómonem v tomto případě může být například člověk či tyč umístěná na posuvném podstavci. Sluneční hodiny fungují na principu měření azimutu Slunce. Vezmeme-li jednu hodinu během roku, není azimut Slunce vždy stejný. Proto je nutné azimut korigovat posouváním stínového ukazatele. Čísla hodin jsou okolo rozmístěna ve tvaru elipsy. Elipsa vznikne promítnutím rovníkových hodin do vodorovné roviny.



Obr. 8.: Sluneční hodiny fungující na principu azimutu.

Jako další typ slunečních hodin můžeme uvést moderní sluneční hodiny, které udávají digitální číslice (Digital Sundials International, 2016; Kůžel, 2016).

## 1.4 Jak rozeznat gnómonicky chybné hodiny

Aby sluneční hodiny ukazovaly správný čas, je potřeba se při jejich konstrukci vyvarovat chybám. Znalost nejběžnějších chyb na číselníku slunečních hodin, nám může pomoci při posuzování přesnosti hodin, se kterými se můžeme v běžném životě setkat (Brož, 2004).

Uvedme si časté chyby vertikálních hodin:

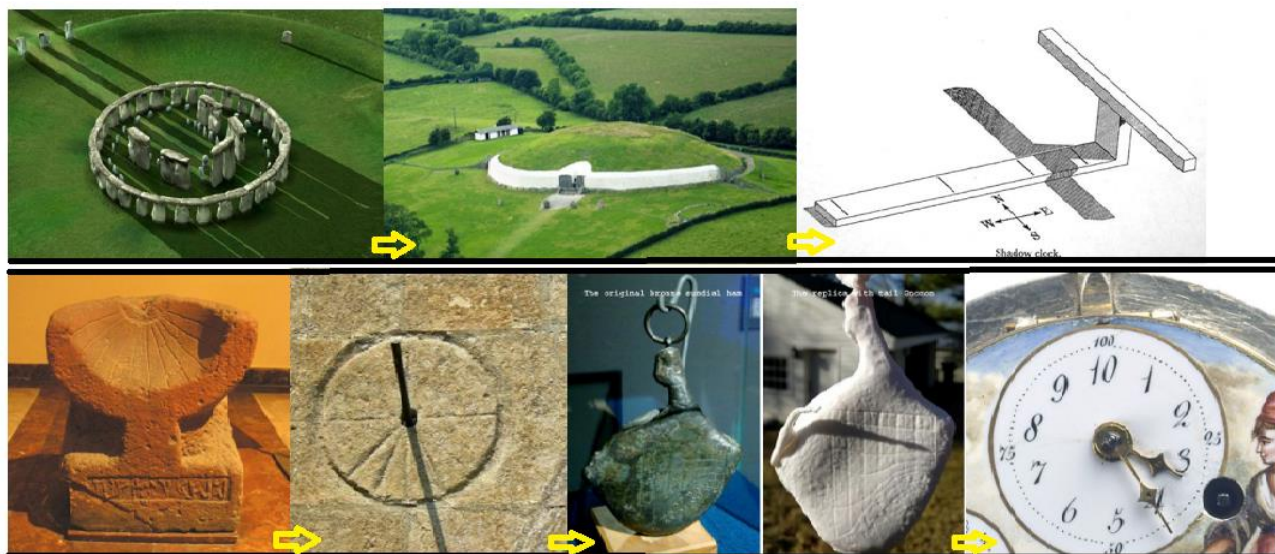
- Polos (šikmý ukazatel) není rovnoběžný se zemskou osou, tedy nesvívá s vodorovnou rovinou úhel, který se rovná zeměpisné šířce.
- Dvanáctá hodina se nenachází na svislici spuštěné z paty polosy. Slunce je v poledne vždy přesně na jihu a stín polosy směřuje dolů, a to nezávisle na orientaci stěny. Pokud by hodiny byly konstruovány pro letní čas, na svislici bude 13. hodina. Hodiny také mohou být korigovány o zeměpisnou délku. V tomto případě je polední křivka od svislice posunutá dopředu nebo dozadu o příslušný počet minut.
- Pata polosy a rysek pro šestou a osmnáctou hodinu neleží na jedné přímce. Bývají vyznačeny pouze u hodin orientovaných přesně na jih. U hodin, které jsou stočeny k východu nebo k západu je vyznačena pouze jedna ryska, jelikož na druhou rysku Slunce během dne nesvítí.
- Hodinové úsečky se po prodloužení neprotínají v jednom bodě (Blateyron, 2015).

## 2 HISTORIE SLUNEČNÍCH HODIN

Představme si panenskou krajinu, obklopenou oblohou, která je častěji zatažená než slunečná. Občas lze pozorovat malé skupinky putujících mužů, jejichž primitivní vzhled nám dokládají fosilní pozůstatky. Od úsvitu, až do soumraku museli tito vzdálení předci nekonečně dlouho bojovat o přežití. Mráz, hlad a jiné hrozby byly jejich denní chléb. Od úsvitu, až do soumraku, protože to je jediná doba poskytující světlo k práci. Denní a noční rytmus, který reguloval život řas, stromů i mocného mamuta po miliardu let, byl také rytmem života lidí.

Nemáme žádné archeologické nálezy, které by dokazovaly toto dělení dne, ale z vlastní zkušenosti víme, že to nemohlo být jinak. Východ a západ Slunce byl jediný signál ke změně činnosti. Vzdálená ozvěna zaznívá v Bibli, kde kniha Genesis (1 : 5) přináší výstižnou větu: „A nazval Bůh světlo dnem, a tmu nazval nocí. I byl večer a bylo jitro, den první.“

Postupem času člověk začal čelit nové potřebě. Každá bytost se obává skrytých nebezpečí temnoty. Když lidé opouštěli svůj kmen, potřebovali být schopni určit čas, ve kterém je nutno se vrátit, aby po cestě nezapadlo Slunce. Nepochybně od té doby, člověk začal pozorovat každodenní pohyb Slunce. K pozorování mohl využít pouze jemu přístupných nástrojů. Uvědomoval si prodlužování stínu v první polovině dne a zkracování v druhé části, což vedlo k povšimnutí přechodu těchto etap, které bude hrát v pozdější době důležitou roli. Byl to první trochu váhavý krok ke slunečním hodinám.



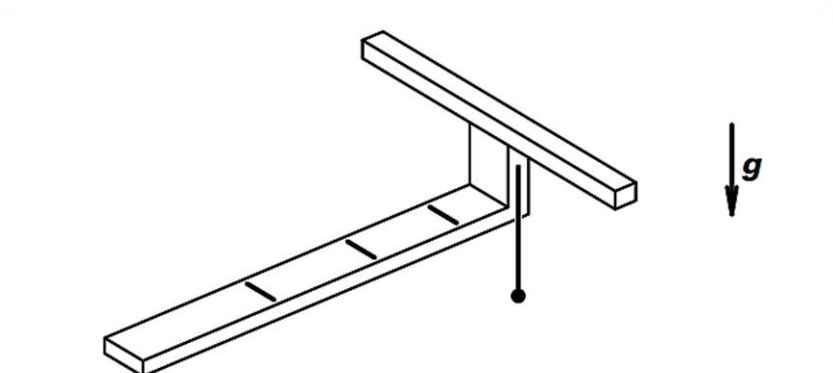
Obr. 9.: Schéma vývoje způsobu měření času s důrazem na sluneční hodiny (zdroj: na základě obrazového materiálu z webu *Border sundials*).

Jak se primitivní člověk naučil využívat délku stínu? V průběhu let lidé pochopili, že mají-li se s někým setkat v určitý čas, je nutné řídit se něčím přesnějším než Slunce, které stoupá a klesá k obzoru. Hůl či jiný nástroj tedy umístili vertikálně k zemi a podle délky stínu určovali čas. K tomu, aby se potkali ve stejný čas, museli mít oba hůl stejné délky. Tento nástroj se stal prvním gnómonem, jehož princip se využíval po staletí (Blateyron, 2015).

Také na březích Středozemního moře lidé začali stavět první kamenné obelisky na náměstích svých měst. Díky archeologickým nálezům můžeme v muzeích vidět spoustu dochovaných předmětů z neolitu, o nichž jsou dohady, zda opravu sloužily k určování času. Tuto teorii také podporuje pozorování kmenů na Nové Guinei a Malajsii ve 20. století, kde lidé dosud místy žijí způsobem podobným neolitickému věku (Rohr, 1996).

## 2.1 Starověký Egypt

Do dnešní doby se dochovalo jen velmi málo slunečních hodin používaných v dávných dobách. Solární měření času má svůj historický původ ve starověkém Egyptě, a odsud pak převzali tento způsob i Římané, kteří postupně v 1. století př. n. l. skrze tzv. juliánské reformy zavádí sluneční kalendář s rokem o délce 365 dní. Naproti tomu druhé centrum starověkých civilizací v oblasti úrodného půlměsíce, mezi řekami Eufrat a Tigris, kde vznikl stát Babylonie vycházel z lunárního způsobu měření času. Ve starověkém Babylonu měl lunární rok 354 dní.



Obr. 10.: Nejstarší dochované sluneční hodiny (zdroj: Rohr, 1996).

Nadále se proto budeme zabývat výhradně solárním způsobem měření času. Nejvíce starověkých nálezů pochází z Egypta. Víme, že Egypťané byli zblhlí v astronomii a matematice. Nejstarší objevené sluneční hodiny pochází právě z Egypta a jsou datovány do roku 1500 př. n. l. Nejstarší dochovaný číselník můžeme vidět na obrázku č. 10. Je vyroben z kamene ve tvaru písmene T. Čas byl odečítán ze stupnice spodní tyče, podle délky stínu, který vrhá horní příčná tyč. Tato tyč musela být dopoledne otočena k východu a odpoledne k západu. Celé hodiny musely být v rovnovážné poloze. Známe i jiné egyptské ciferníky.

Z roku 330-30 př. n.l. máme egyptský ciferník, na kterém lze vidět pokrok oproti výše uvedeným měřidlům času. Na místo vodorovného povrchu byl číselník skloněn pod úhlem, který se rovná zeměpisné šířce místa. Měly sedm hodinových stupnic, které zohledňovaly různé deklinace Slunce během roku. Číselník byl rozdělen na měsíce a příčné čáry udávaly hodiny dne. Tento objev byl geniální, protože do té doby Egypťané nevyužívali rovnoměrné hodiny dne. Nerovnoměrnost hodiny vyplývala z rozdělení dne na dvanáct částí bez přihlídnutí změny délky dne v průběhu roku. Takové hodiny ukazovaly přesný čas pouze v době rovnodennosti.

Také bylo nutné vytvořit měřidlo času, které by sloužilo i v nočních hodinách. K tomuto účelu sloužily hodiny na principu přesypávání písku. Na nádobě byly vyznačeny rysky pro každou hodinu, a čas se odečítal podle aktuální hladiny přesypaného písku. Na podobném principu fungovaly kapalínové a lihové hodiny (Mayall, 2000).

Egypťané nevyužívali gnómonu jen k měření času, ale i ke kultovním účelům. Obrovské obelisky před chrámy byly využívány také k uctívání boha Slunce Re. Bůh Slunce Re byl ve starověkém Egyptě, v období staré a střední říše jeden z těch nejdůležitějších. Z náboženského hlediska byl faraon samotným synem boha Re. Hlavní centrum uctívání boha Re, leželo v městě *Heliopolis* (v řečtině překlad zní město Slunce). V nové říši se kult boha Re transformoval do podoby úcty k bohu Amonovi. Obecně lze říct, že kněží sloužící Amonovi a bohu Re patřili k těm nejvýznamnějším (Bárta, 2016). Právě z Heliopole pak pochází asi jeden z nejslavnějších starověkých obelisků, který je dnes paradoxně v Římě.

Za faraona Psamtika II. z 26. dynastie byl zbudován 22 metrů vysoký žulový obelisk, zasvěcen bohu Re. Byl to symbol moci a náboženské odhodlanosti. Plinius mladší, autor nejvýznamnější přírodovědné encyklopedie starého Říma, *Historia*

*naturalis*, píše o tomto obelisku: „*Obelisk symbolizuje sluneční paprsky, což je pro Egyptany vtělení samotného boha Re.*“ Po obsazení Egypta Římany, za prvního císaře Octaviana Augusta byl v roce 10 př. n. l. převezen tento obelisk z Heliopolis do Říma na Martovo pole. Symbolizoval triumfální vládu Římské říše nad tehdy známým světem. Tento obelisk se stal základem monumentálního památníku budovaného císařem Augustem a sloužil jako gnómon pro obrovské sluneční hodiny (Coates, 2017). Využil tak nové poznatky z nově zavedené juliánské reformy. Právě tento monument je jednoznačným důkazem vyspělosti starověkého světa a vzájemné provázanosti egyptské a římské kultury.

## 2.2 Starověké Řecko

Od Egyptanů se znalost slunečních hodin přenesla ale nejprve do starověkého Řecka. Zde došlo k dalšímu rozvoji a vylepšení slunečních hodin. První obměna spočívala v nahrazení hrotu gnómonu kulatým otvorem. Na kovu byl lépe pozorovatelný dopad slunečního paprsku slunečním okem, než stín špičky hrotu, který byl také tmavý.

Centrem vzdělanosti, umění a kultury starověkého Řecka byly Athény. V samotných Athénách se dle soudobého výzkumu nachází sedm starověkých slunečních hodin, které jsou uloženy v Národním archeologickém muzeu. Jedná se o sluneční hodiny vyrobené z mramoru, jak z doby klasické, helénismu, tak z doby římské nadvlády nad Řeckem.



Obr. 11. a 12.: Foto mramorových slunečních hodin z Athén (foto Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D, 19.4.2018)

Pět z těchto sedmi hodin pochází z klasického a helénského období, a původně se nacházeli v divadle boha Dionýsia lokalizovaném pod jižním cípem samotné Akropole.

Typy těchto starověkých hodin jsou různé, nalézáme zde: kuželovitý typ s gnómonem ale i kuželovitý typ bez gnómonu, pak se zde nachází válcové, polokoulouvé ale i ploché sluneční hodiny. Hodiny jsou obecně v dobrém stavu a lze zde rozpoznat na všech číselníky, a na některých jsou rozpoznatelné křivky letního, zimního slunovratu a rovnodenností (Panou, 2014). Četnost výskytu hodin v Athénách podtrhuje mocenské postavení tohoto městského státu nad ostatními řeckými *polis*.

Do 7. st. př. n. se datují nálezy dalšího nového typu slunečních hodin ve starověkém Řecku. Jsou to tzv. skafé. Jedná se o horizontální duté hodiny, které měly tvar polokoule a měly být průmětem nebeské klenby. Hrot ukazatele dosahoval do středu polokoule. Pomocí skafé byla změřena polední výška slunce a z ní vypočten obvod Zeměkoule.



Obr. 13.: Skafé – typ sluneční hodiny dominantní ve Středomoří (zdroj: [Wikipedie.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Scaphia))

Dalším typem byly vertikální hodiny. Jejich znalost dokládají hodiny na stěně Věže větrů v Athénách z 1. st. př. n. l. Na každé z osmi stěn jsou umístěny jedny temporální hodiny. Temporálními hodinami označujeme hodiny s kolmými ukazateli. Díky tomu, že ukazatel není skloněn v úhlu podle zeměpisné šířky místa, jsou hodiny nepřesné. Pozice stínu, který ukazatel vrhá v danou hodinu, se během roku mění. Každá hodina by v různých dnech trvala jinak dlouho a potřebovali bychom tedy pro každý den jinou stupnici. Hodiny tedy ukazují nerovnoměrnou hodinu dne. Uvnitř věže byly umístěny také vodní hodiny, tzv. klepsydry (Brož, 2004).

Hemicyklium je velmi podobný skafé. Má stejně konstruovány linie v číselníku, ale liší se odříznutou přední částí pod úhlem a postavením gnómonu z vertikálního na horizontální. Tento typ hodin byl čitelnější a lehčí (Mayall, 2000, s. 24-26).

## 2.3 Římská říše

Římská říše využívala k měření času například vodní hodiny, respektive clapsydrů, a pak také poznatky o egyptských a řeckých slunečních hodinách. První řecké sluneční hodiny byly v Římě umístěny až roku 293 př. n. l. na nádvoří Quirinova chrámu (Brož, 2004). Nicméně k porozumění významu a umístění starověkých římských slunečních hodin je nejlepší naleziště v Pompejích, kde se nachází 36 slunečních hodin v perfektním stavu (Bartels, 2017). Jak potvrzují nejnovější nálezy, tak i římské sluneční hodiny byly spojeny s mocenskou prezentací či případně vítězstvím například ve volbách (Romey, 2017).

Římané zdokonalili vodorovné sluneční hodiny, které známe dnes a vytvořili hodiny pro cestování. Také umisťovali hojně hodiny ve svých zahradách, kam dopadaly paprsky boha Sol, když řídil svůj vůz po obloze. Začali tedy využívat slunečních hodin na okrasu a pro zábavu.

Zajímavostí je, že se sluneční hodiny mezi civilizacemi šířili velice pomalu. Důvodem mohla být nepřenositelnost hodin a závislost pohybu Slunce na zeměpisné šířce. Oproti jiným předmětům, bylo tedy nutno šířit především tajemství konstrukce namísto převážení samotných hodin.

S pádem Západořímské říše roku 476 n. l. dochází v Evropě k procesu stěhování národů, který destabilizoval centrální státní moc, a tak se projekty symbolizující kulturní a uměleckou sféru lidské činnosti dostávají do pozadí. Ničivé nájezdy Hunů, Slovanů a dalších barbarských kmenů vedou k úpadku Římské říše, respektive kultury. Centrum vzdělanosti se tak více udrželo ve východní části Římské říše, a její nástupnické Byzantské říši. Byzantská říše ovládala oblast dnešního Blízkého východu, a právě zde dochází k propojení poznatků a vědomostí z antického světa s arabskou kulturou.

Rozvoj trigonometrie je přičítán Albategnimu (850–929 n. l.), který vytvořil přesný výpočet pro sluneční hodiny a aplikoval novou teorii na jejich konstrukci. Jeho přínos tkví ve zpřesnění výpočtu sklonu ekliptiky na  $23^{\circ}35'$  a uvedl novou hodnotu solárního roku, kdy přepočítal hodnoty Ptolemaiovy (Abdullatif, 2011).

## 2.4 Arabské hodiny

Albategniho výpočty a jeho dílo lze považovat za základ k chronologickému datování nových moderních slunečních hodin. Jeho výpočty předcházejí objevu změny



nastavení ukazatele, a to ve směru zemské osy. Ukazateli již neříkáme gnómon, ale polos. Stín se rovnoměrně otáčí o 15° za hodinu a tímto dosahujeme stejně dlouhých denních hodin během celého roku (Brož, 2004). Tento vědecký posun přisuzujeme Arabům. Ti se naučili používat sluneční hodiny od Řeků a vymysleli spoustu nových nápadů na základě znalostí z trigonometrie.

Zmíňme krátce něco o přenosných slunečních hodinách. Vznik řadíme na konec starověku a začátek středověku a typově se vývoj podobal hodinám na pevných stanovištích. Nejprve byly konstruovány na principu gnómonu, později skafé a nakonec natočení ukazatele do směru zemské osy. Neocenitelným vylepšením přenosných hodin byl kompas, který byl nejčastěji zabudováván do dna hodin.

## 2.5 Renesance a osvícenství

V období středověku antické znalosti přetrvaly v Byzantské říši a arabském světě. Přes Pyrenejský poloostrov skrz muslimskou expanzi docházelo k interakci s evropskou kulturou pokojnou cestou. Nicméně křížové výpravy do oblasti Palestiny, a především pak čtvrtá křížová výprava roku 1204, která skončila vypleněním Konstantinopole, ukázala evropským vzdělavcům bohatství antického světa. Křižáci si jako kořist z Konstantinopole, hlavního města Byzantské říše, odvezli knihy antických vzdělavců, které byly hojně studovány. Tyto díla směřovali do Florencie, Říma, Janova a Benátek.

To neznamená, že by v období středověku v Evropě nevznikaly žádné sluneční hodiny či nevznikaly jiné přístroje k měření času. Na konci středověku na přelomu 14. a 15. století vzniká například Staroměstský orloj, což jsou ve skutečnosti astronomické hodiny, které ukazují polohu Slunce, polohu Měsíce a jejich vzájemnou polohu a další veličiny. V období gotiky vznikají orloje na věžích radnic a kostelů, či měšťanských domů vznikají hodiny jako reprezentace moci či praktický nástroj k určení času.

Tím se dostáváme do renesance a s ní k přechodu k moderním vědám. Renesance již totiž ve svém názvu nese poselství svého významu, *la renaissance* z francouzštiny znamená znovuzrození Antiky. Období renesance je datováno různě pro odlišné geografické oblasti. Například o renesanci v Itálii lze hovořit již na konci 13. století, zatímco do českých zemí renesance naplno dorazila až v 14.-15. století. Rozvoj astronomie a matematiky podpořil Koperník (1473-1543) svou teorií, že středem sluneční

soustavy je Slunce, nikoli Země. Tyto poznatky spolu s trigonometrií vedly ke konstrukci slunečních hodin, jak je známe dnes. V období osvícenství roku 1500 až 1800 n. l. docházelo k velkému rozvoji vědy zejména ve státech Francie, Německa, Velké Británie a Itálie. Osvícenství ve své podstatě reagovalo na barokní kulturu, která byla v určitých ohledech nábožensky vyhrocená. Protikladná reakce spočívala v příklonu k přírodním vědám. Setkáme se zde s významnými astronomy a matematiky jako byli Galileo Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton, Frederick William Herschela a Jean le Rond d'Alembert. Poslední jmenovaný byl historik, který se zabýval studiem slunečních hodin. Jeho záznamy o dřívějších slunečních hodinách a historii astronomie je neocenitelný (Grimsley, 2018). Jean le Rond d'Alembert byl členem francouzské, berlínské a petrohradské akademie věd. Svě jméno si vybudoval svým příspěvkem do Encyklopedie, kterou tvořil Denis Diderot.

Další snaze seznámit i prostý lid s tvorbou číselníků dopomohl vynález knihtisku. Spisovatelé zjednodušili vzorce a vymysleli metody, pomocí kterých je prostý člověk schopen vytvořit hodinové rysky. Bylo popsáno, jak měřit přidáním linek výšku Slunce, čas východu, západu Slunce a azimut Slunce. Také svátky a výročí byly zaznamenávány stínem.

## **2.6 Průmyslová doba 19. století**

Na počátku 18. století přichází mechanické hodinky a sluneční hodiny ztrácejí na významu. Mechanické hodinky se vyrábí především ve Velké Británii a Švýcarsku. Švýcarsko se postupně stává hegemonek ve výrobě hodinek, k roku 1850 produkuje přes 2 miliony hodinek, zatímco Velká Británie „pouze“ 200 000. Švýcarské firmy jako Logines, dříve známa jako Agassiz & Company, podle zakladatele Auguste Agassizho přivedla výrobu hodinek k dokonalosti. Na přelomu 19. a 20. století američtí podnikatelé, jako první Henry Ford, přicházejí s pásovou výrobou, která tlačí cenu dolů a hodinky se stávají téměř každodenním předmětem lidských životů. Hodiny jdou periodicky, den je tedy rozdělen na stejnou délku 24 hodin, zatímco sluneční hodiny ukazují pravý sluneční čas. Nebylo by možné vyrobit mechanické hodiny, které by napodobovaly nepravidelnosti zdánlivého pohybu Slunce. Proto se začaly publikovat tabulky a grafy, které uvádí odchylky pro jednotlivé dny v roce. Rozšířením mechanických hodin do světa, bylo nutné zavést nultý poledník, od kterého je počítána zeměpisná délka. Nultý poledník byl přijat v roce 1884 v Královské greenwichské observatoři v Londýně. Následovalo přijetí standardních časových pásem, které používáme dodnes.

Sluneční hodiny se používaly i v jiným než v evropských a blízkovýchodních zemích, ale jejich hlavní rozvoj byl omezen na výše zmíněné země. Ve Francii a Velké Británii můžeme nalézt nejčastěji polední značky umístované na práh, nad dveře, okno či jinde. V koloniálních oblastech nebyly sluneční hodiny příliš obvyklé. Výjimku v tomto tvoří bývalé britské a francouzské pobřeží Severní Ameriky.

Zajímavé také je, že v 18. století v Americe jsou vzácné, zatímco v Evropě byly sluneční hodiny časté. Většina číselníků, které zde najdeme, byly zřízeny v posledních desetiletích (Mayall, 2000).



*Obr. 142., 15. a 16.: Fotografie pohybu polední značky v katedrále Santa Maria del Fiore ve Florencii (zdroj: Wikipedie.org)*

### **3 KONSTRUKCE A VÝROBA SLUNEČNÍCH HODIN PRO PŘF**

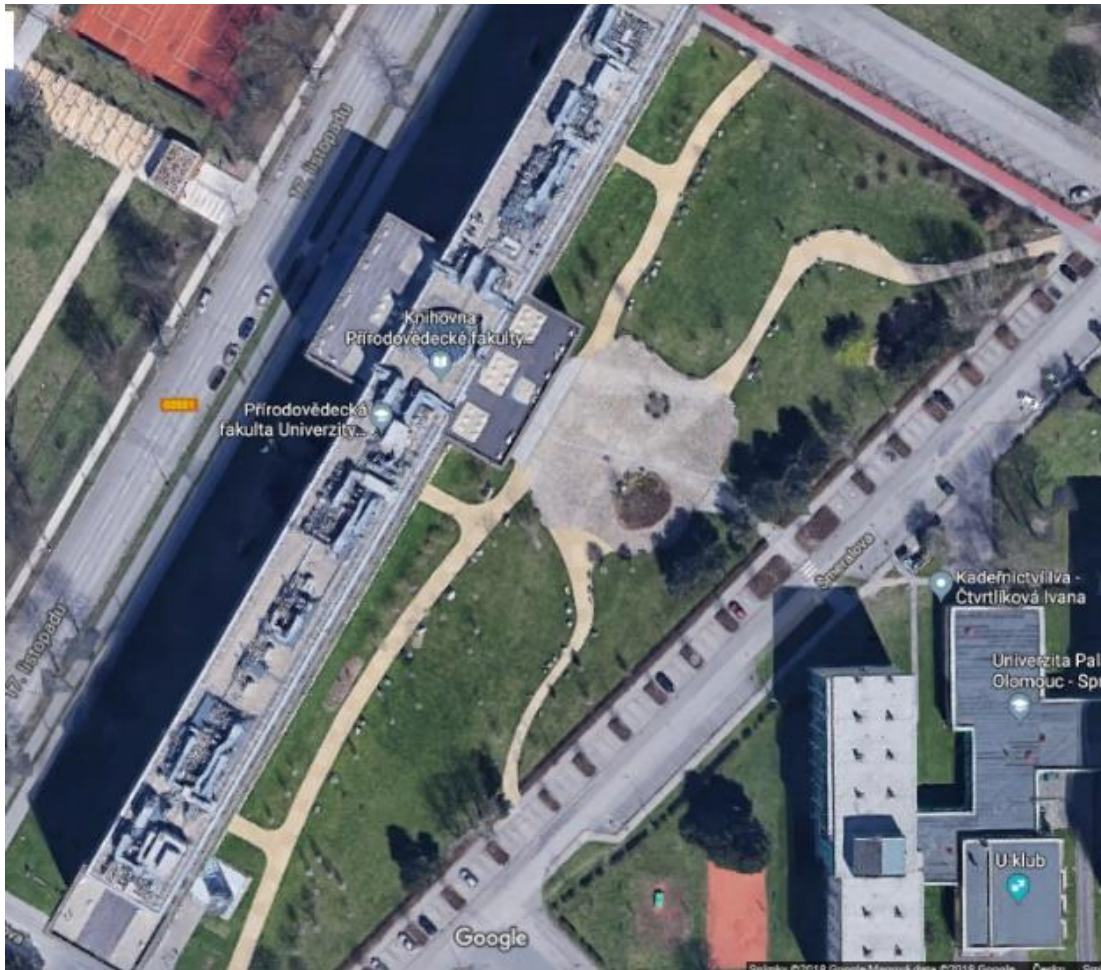
Sluneční hodiny jsou prastarý způsob, jak měřit čas. V době mechanických a atomových hodin se tento typ hodin využívá jako doplnění ateliéru, zahrad, veřejných prostranství a štítů, či jiných částí budov. V dřívějších dobách si sluneční hodiny mohla dovolit pouze vyšší vrstva. Postup výroby byl utajen, a tak běžní obyvatelé využívali spíše poledních čar na rámu dveří. V pozdějších dobách se začaly v Evropě na příkaz papeže vytvářet hodiny na věžích kostelů. Rysky číselníků ukazovaly čas modliteb. Tento jev se objevuje nejen v křesťanském prostředí, ale i u muslimských obyvatel.

Přírodovědecká fakulta v Olomouci je místo, kde se setkáváme se studenty, kteří projevují zájem o přírodovědné obory. V dávných dobách konstruovali sluneční hodiny učenci a vzdělání lidé a nacházeli je v zahradách paláců a univerzit. Jsou tedy jistým symbolem vzdělání. Při konstrukci využíváme astronomických poznatků, které zasahují do fyziky, matematiky, geografie, deskriptivy a v dnešní době i informatiky. Sluneční hodiny by mohly být vhodný způsob, jak upoutat pozornost veřejnosti a zároveň propojit historii s moderně rekonstruovanou budovu přírodovědecké fakulty.

#### **3.1 Hledání vhodného místa**

Nejprve bylo nutné vybrat vhodné místo k umístění hodin. Výběr mezi horizontálními a vertikálními hodinami byl jednoduchý. Jelikož není možné na moderní budovu z brazilského mramoru navrtat hodiny a zároveň vertikální ukotvení desky do parčíku před fakultou by nebylo vhodným řešením z důvodu situování, byl zvolen horizontální typ slunečních hodin. Číselník vertikální desky by směřoval směrem od středu náměstíčka a nebyl by natočen k chodníku ani k fakultě. Byl by tedy nečitelný.

Další faktor, který ovlivnil umístění hodin, byly stromy a keře v parčíku. Většina porostu je nově zasazena, a tedy musíme předpokládat rychlost růstu jednotlivých stromů.



Obr. 17.: Satelitní snímek areálu PřF (zdroj: Google Maps).

Kam umístit hodiny, aby byly ozařovány Sluncem po co možná nejdelší čas? Slunce putuje během dne od východu přes jih na západ. Ne vždy během roku vychází přesně na východě a stejně tak ne vždy Slunce zapadá přesně na západě. Světovou stranu podle východu a západu Slunce můžeme tedy přesně určit pouze v den jarní a podzimní rovnodennosti. Aby Slunce ozařovalo číselník co nejdelší dobu během dne, nesmí být ve směru denního putování Slunce v blízkosti slunečních hodin žádné stromy, vedení vysokého napětí, budovy a jiné předměty vrhající stín. Parčík před přírodovědeckou fakultou je situován přibližně na severovýchod až jihozápad. Doplněk tohoto půlkruhu stíní fakulta. Aby Slunce dosahovalo na číselník co nejdéle před západem Slunce je nutno zvolit místo co možná nejdál od budovy.

Průnikem všech těchto požadavků jsou tři místa, která jsou označena na obr.18., 19.



*Obr. 18.: Návrh umístění slunečních hodin v areálu PŘF.*



*Obr. 19.: Umístění hodin v areálu PŘF – detail.*

Nejvhodnější je místo dvě, kde by měly sluneční hodiny být umístěny. Při umístění č. 1 na obr. 19. by byly hodiny příliš vzdálené od chodníku a kolemjdoucí by museli vstoupit na trávník pro lepší viditelnost. Varianta č. 3 na obr. 19. je naopak příliš blízko chodníku. Sluneční hodiny budou natočeny v severojižním směru, a tedy na tomto místě by mohly přesahovat do chodníku. Umístění číslo dvě je nejvhodnějším místem.

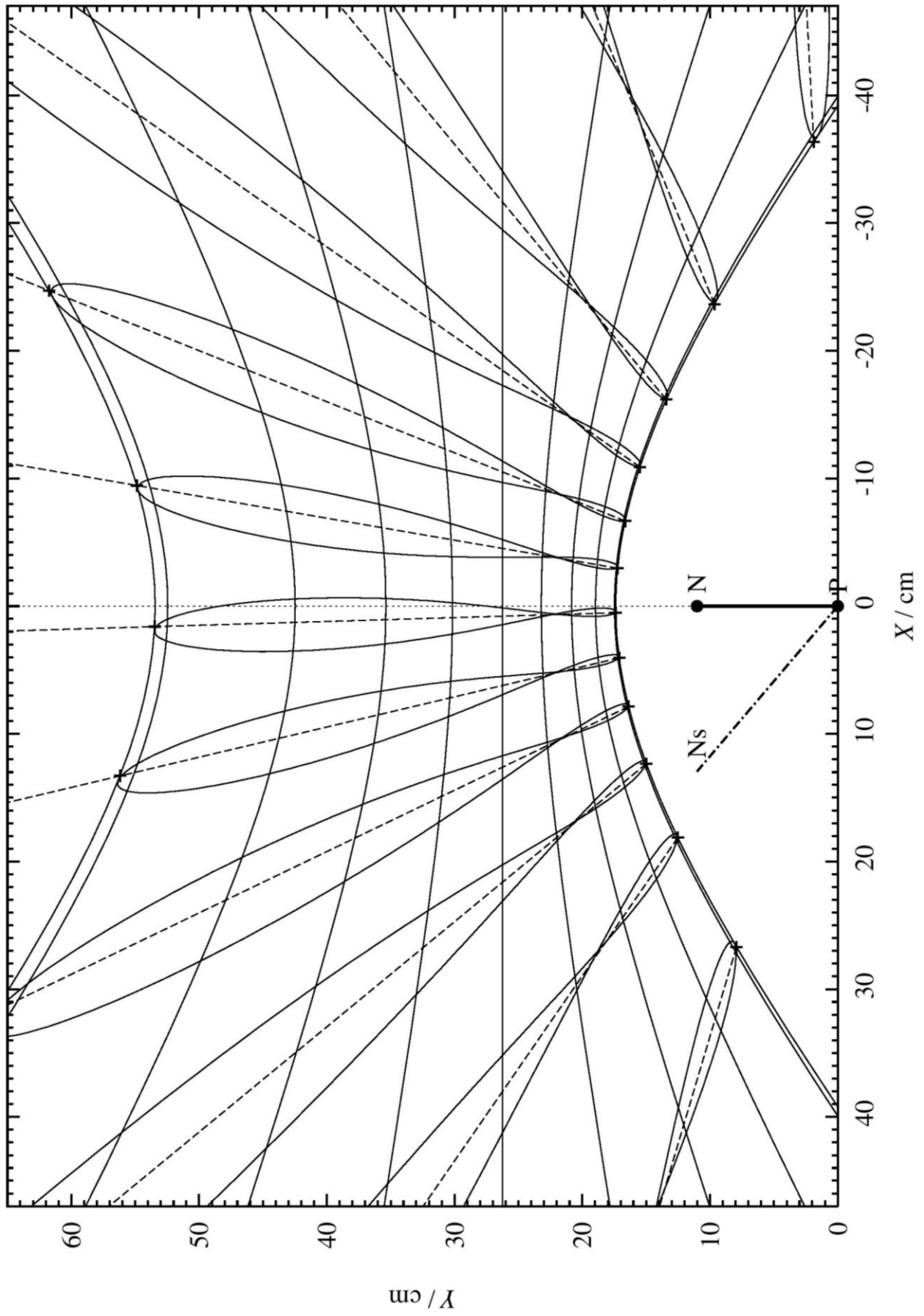
### **3.2 Návrh číselníku**

Pro návrh číselníku jsem zvolila internetový program SHC. Parametry využití k tvorbě hodin, které byly zadány do programu jsou níže.

Na následujícím odkaze je dostupný internetový program: <http://mail.astrohk.cz/~mira/shc/shc.php?lang=cz>. Zde se vyplní potřebné informace k návrhu slunečních hodin. V návrhu byly použity hodnoty uvedené v tabulce č. 1.

<b>Zeměpisná šířka</b>	49:35:32
<b>Zeměpisná délka</b>	17:15:51
<b>Azimut a výška k normále ke stěně</b>	0° a 90°
<b>Souřadnice levého dolního rohu</b>	x = 47 cm, y = 0 cm
<b>Pravý horní roh</b>	x = -47 cm, y = 65 cm
<b>Vzdálenost nodu od paty ukazatele</b>	17 cm (tj. délka ukazatele)
<b>Interval hodinových rysek</b>	1:0:0
<b>Interval hodin os východu/západu slunce</b>	1:0:0
<b>Interval datových křivek</b>	0:10:0
<b>Kroky</b>	azimutu 10°, výšky 10°, výškové kružnice 2
<b>Počet datových křivek</b>	7
<b>Typ ukazatele</b>	polos
<b>Čas</b>	korigovaný SEČ
<b>Datové křivky pro celočíselné trvání dne</b>	OK
<b>Rysky</b>	hodinové
<b>Analema</b>	pro každou hodinu
<b>Část analemy</b>	celá

*Tab. č. 1.: Parametry zadané do internetového programu určeného k vytvoření slunečních hodin.*



Obr. 320: Návrh číselníku slunečních hodin pro PŘF (v programu SHC)



### 3.3 Tvorba modelu

Dříve než bylo vymyšleno provedení číselníku, který by měl být umístěn před fakultou přírodovědecké fakulty, bylo vhodné vytvořit a odzkoušet papírový model. Byl vytištěn návrh číselníku v A3 formátu (obr. 20) a nalepen na polystyren. Poté bylo potřeba sestrojít polos, tedy ukazatel, který bude mít sklon k číselníku pod úhlem naší zeměpisné šířky. V našem předloženém modelu byl zvolen jako polos špejle se špičkou na obou stranách. Špička ukazuje přesnější dopad stínu a ostré ukončení na druhé straně slouží k snadnému ukotvení do polystyrenu. Ke správnému určení času potřebujeme vodováhu a busolu, abychom určili co možná nejpřesněji sever a jih.

S tímto vybavením byl odzkoušen model v parku. Nejdříve bylo nutné natočit číselník tak, aby pata ukazatele směřovala na jih a nod ukazatele na sever. Busola byla umístěna do rohu modelu číselníku a ukazatel byl natočen severojižně (obr. č. 21).

Zbývá už jen umístit číselník do vodorovné roviny. Vodováhu lze najít jako aplikaci v mobilu. Pokud ale nemáte tuto možnost, lze si ji vyrobit. Na sklo tří či více skleniček vyznačíme rysku kolem obvodu vždy ve stejné vzdálenosti od podložky. Poté naplníme do skleniček vodu po rysky. Nádobky rozložíme po obvodu číselníku a číselník podkládáme ze všech stran tak dlouho, dokud nejsou všechny hladiny vodorovně na ryskách.

Posledním krokem bylo správně odečíst čas, který stín polosu ukazoval. K tomu využijeme obr. 22, vykreslení grafu časové rovnice pro Olomouc (obr. 3) a zobrazené analemy pro rok 2018 v Olomouci (obr. 4). Lze na ní vidět popis jednotlivých měsíců během roku. Přestože se na první pohled na fotografii modelu zdá, že je právě celá dvanáctá hodina, ve skutečnosti podíváme-li se na analemu pro Olomouc 2018, měsíc listopad je až v druhé části analemy. Na fotografii tedy není dvanáctá hodina, ale přibližně půl dvanácté (obr. č. 22).



Obr. 21.: Model: 11:28, 7. listopadu 2017



Obr. 22.: Analema model

### 3.4 Návrhy a realizace

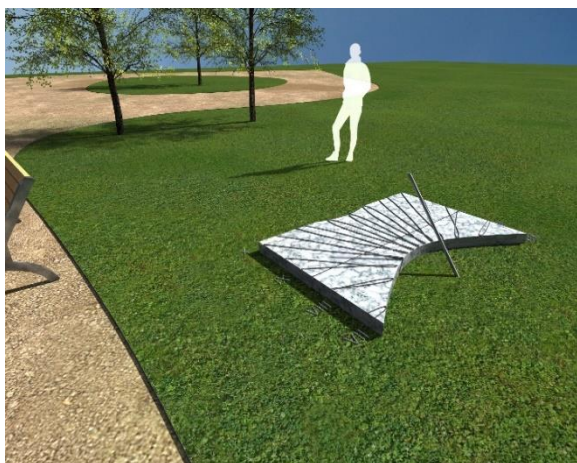
Dříve než budou popsány jednotlivé návrhy slunečních hodin, které by měly být zhotoveny před přírodovědeckou fakultou, popřípadě v botanické zahradě, mělo by být podotknuto, že finanční možnosti k realizaci byly omezené na 9 500 Kč. Tato částka byla maximální možná výhra v soutěži *Hýčkejte svou alma mater*, z které byl předkládaný projekt financován.

#### 3.4.1 Návrh č. 1

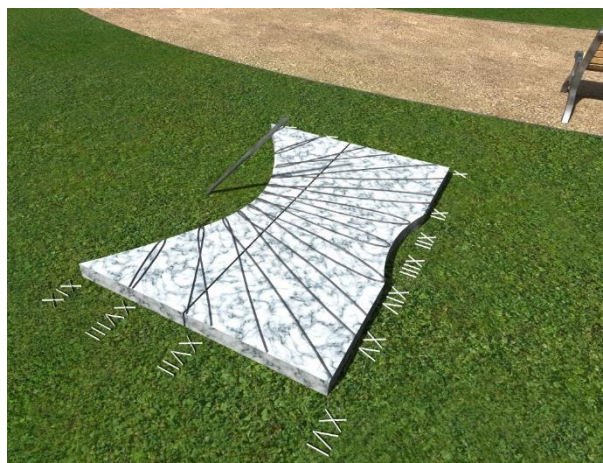
Při tvorbě prvního návrhu číselníku byl brán v potaz hlavně vzhled a také to, jestli objekt bude zapadat do exteriéru. Budova přírodovědecké fakulty je obložena brazilským mramorem. Je to velmi drahý a pěkný materiál. V parku před budovou je umístěna i expozice geoparku s ukázkami hornin z různých částí Moravy. Tato výstava se v průběhu pár let může kdykoliv změnit. Bylo tedy nutné zvolit hodiny hodící se k budově fakulty.

Prvotní myšlenky směřující ke kamennému podkladovému materiálu se jeví jako dobrá volba. Kámen je odolný materiál větru, mrazu i dešti. Zároveň křivky vyryté v kameni působí jednoduše, a moderně. Čísla okolo číselníku měla být z nerezové oceli a ukotvena v zemině. Druhou možností ukotvení číslic bylo průhledné sklo, na kterém by číslice ležely.

Problémů vyskytujících se s touto variantou bylo hned několik. Kámen, ořezaný dle křivky letního a zimního slunovratu by stál mnohem více než klasický obdélníkový tvar. Dále rytí křivek analem není tradiční zakázka. V kamenictví stanovili předběžnou cenu na 70 Kč za 7 cm čáry. Jelikož rozměry číselníku měly být 120 X 80 cm, cena analem by stála více jak 10 000 Kč. Cena samotného mramoru o dostatečné tloušťce má cenu podobnou jak analemny. Celková cena by tedy přesáhla 20 000 Kč.



Obr. 23: Návrh č.1 a (návrh: Žvaková, vizualice: Macour)



Obr.24: Návrh č.1 b (návrh: Žvaková, vizualice: Macour)

### 3.4.2 Návrh č. 2

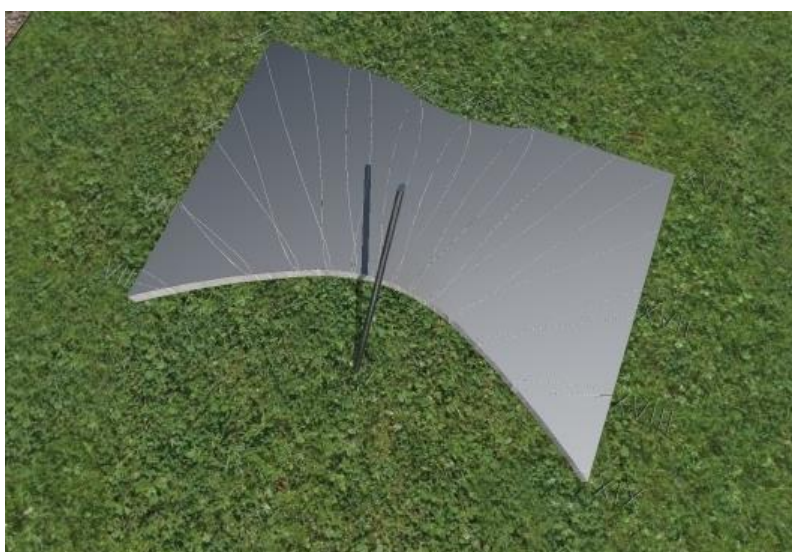
Cílem tohoto návrhu bylo snížit celkovou cenu vytvářeného projektu. Kámen je obecně příliš drahý, bylo proto zvoleno dřevo. Je to přírodní materiál, který můžeme být napuštěn různými penetracemi. Dřevěný číselník by do areálu parku zapadal, jelikož jsou okolo zelené stromy a momentálně i kameny z výstavy geoparku. Číselník by tentokrát nebyl vyryt, jelikož vyřezání by způsobilo kratší životnost hodin. V rýhách by se zadržovala voda, a tak by se rychleji dřevo rozkládalo. Číselník by teoreticky byl ukován kovářem a tím by byla zajištěna neporušenost dřevěné desky. Životnost těchto hodin by byla přibližně pět let.

Pokud bychom kování položili přímo na dřevěnou desku, vytvářely by se během deště v analemách malá jezírka, která by urychlila rozklad materiálu. Dalším řešením jsou malé dírký v každém „jezírku“. Díky těmto otvorům by se však číselník ničil ještě rychleji. Voda by z otvorů vysychala pomaleji a otvory by zároveň hyzdily vzhled číselníku. Pětiletá životnost připadla realizátorům projektu nedostačující.

### 3.4.3 Návrh č. 3

Tento návrh číselníku vypadá na první pohled nepoužitelně. Přimyslíme-li si větší mezery pro analemy, a to tak velké, aby byly dostatečně viditelné, mohla by tato varianta být přijatelná. Povrch je tvořen kovem a v něm jsou vypáleny laserem analemy. Podklad je tvořen litým betonem. Návrh by se realizoval výrobou formy, do které by se okrasný beton nalil a podle vodováhy zarovnal. Okrasný beton je levná varianta. Čísla hodin jsou rozmístěna okolo číselníku v trávě. Na návrhu nejsou příliš vidět.

Návrh působí studeně a neosobně. Za zvýšené oblačnosti by stín nemusel být příliš vidět. Nevzhlednost je hlavní důvod, proč pokračovat ve snaze vytvořit nový návrh.

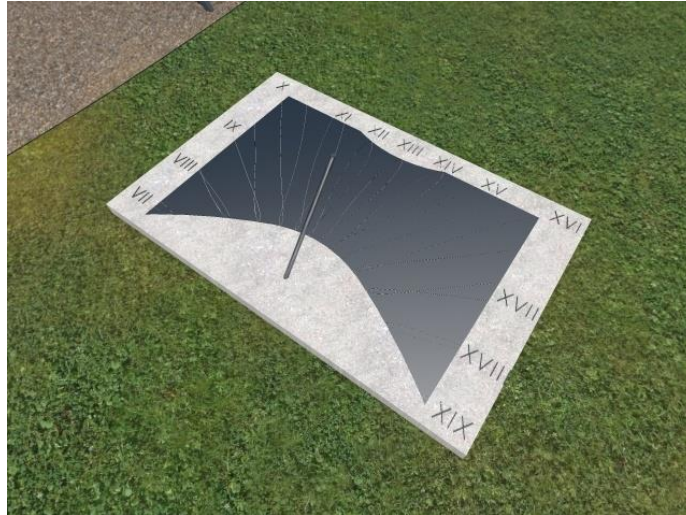


Obr. 25.: Návrh č. 3 (návrh: Žvaková, vizualice: Macour)

### 3.4.4 Návrh č. 4

Velmi obdobný návrhu č. 3 je tato možnost. Číselník je podložen okrasným betonem, který přesahuje číselník tak, aby čísla hodin ležela na okrasném betonu. Návrh č. 4 je podle realizátorského týmu pěknější než předchozí. Čísla lze lépe rozpoznat.

Nevýhoda modelu je špatná viditelnost stínu. Dále v mezerách, bude zůstat voda a budou se zanášet nečistotami, které sníží čitelnost slunečních hodin. V budoucnu by tedy sloužily spíše k orientačnímu poznání času, což díky tvorbě analem není cílem projektu.



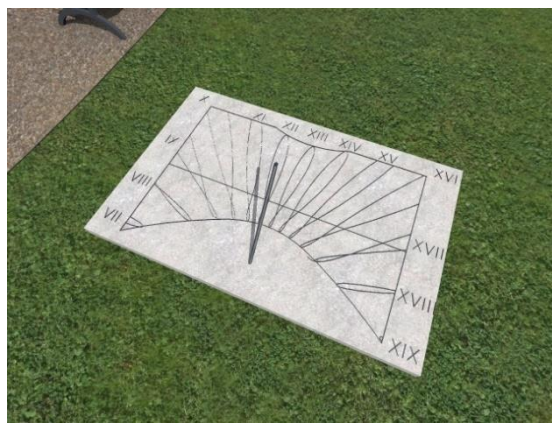
Obr. 26.: Návrh č. 4 (návrh: Žvaková, vizualizace: Macour).

#### 3.4.5 Návrh č. 5

Tento návrh zahrnuje dvě varianty. Obě jsou vyrobeny z okrasného betonu. Číselník je kovaný. Výroba modelu by spočívala ve výrobě formy, pomocí které bychom odlili podklad pro hodiny. Analemy by byly vytvořeny uměleckým kovářem z kovu. V první variantě nejsou číslice na podkladové betonové desce, ale jsou umístěny okolo v trávě. Jsou příliš drobné, a proto je nelze příliš dobře vidět. V případě realizace bychom je nechali vyrobít mohutnější. U druhé varianty by byla čísla připevněna na podkladové desce. Čísla na číselníku by byla ukotvena na trnech, které by se navrtávaly a následně lepily do okrasného betonu.

Při realizaci tohoto návrhu nastává podstatný problém. Na provedení projektu v soutěži je přibližně měsíc. Během této doby není možné dohodnout s architektem, zda by sluneční hodiny mohly stát na navrhovaném místě. Je tedy nutné nejdříve hodiny vyrobit a až zpětně po soutěži na základě vyjádření architekta hodiny ukotvit ať už v prostorách parčíku před fakultou, nebo v botanické zahradě. Není tedy možné odlít beton na místě a také není jednoduché s takovým kusem betonu manipulovat. Bylo by nutné jej někde uskladnit a čekat, na vyjádření pověřených osob.

Podle mého názoru pohlednější a jednodušší na údržbu trávníku okolo představuje druhá varianta (obr. 28), jež je ale prakticky velmi obtížně realizovatelná.



Obr. 27.: Návrh č. 5 a (návrh: Žvaková, vizualizace: Macour). Obr. 428.: Návrh č. 5 b (návrh: Žvaková, vizualizace: Macour).

### 3.5 Realizace a s ní spojené problémy

Při konstrukci slunečních hodiny bylo nutné řešit především tyto problémy: zvolení vhodného podkladu, sestavení rozpočtu, případná změna rozměrů slunečních hodin, realizace zakázky a její zadání vhodné osobě či firmě, přikotvení číselníku do podložky a uskladnění hodin.

Najít řešení všech problémů byla záležitost dlouhodobého časového horizontu. Nejprve byla zvažována varianta kamenného podkladu a byl hledán dostatečně měkký a co možná nejlevnější kámen. Naskytla se možnost využití pískovce. Je to měkký a poměrně levný kámen. Byla kontaktována různá kamenictví a jako nejvýhodnější nabídka byla vyhodnocena ta od společnosti *Kámen Ostroměř s.r.o.* Cena se lišila podle různých tvarů. Je-li kamenná deska pravoúhlého tvaru, je levnější než přesného vyřezaného tvaru dle šablony. Cena se liší přibližně o 1000 Kč. Nemají-li okraje kamene přesné tvary a je surová deska pouze vodorovně řezaná cena je přibližně o 1700 Kč levnější. Nejlevnější varianta byla tedy pouze vodorovně přesně řezaná deska za 1326 Kč s DPH. Dopravu firma nezajišťuje, bylo tedy nutné zajistit odvoz. Vzdálenost Olomouce a Ostroměře je 170 km. K ceně bychom tedy museli připočítat dopravu.

Počítali jsme tedy s nejlevnější výše uvedenou variantou. Nicméně projektové komisi soutěže se nelíbilo, když hodiny měly nepřesně řezaný tvar. Musela být tedy zvolena dražší varianta.

Dalším krokem v realizaci slunečních hodin byla konstrukce číselníku. Bylo osloveno několik kovářů s prosbou ukovat číselník dle výše uvedeného návrhu. Většina kovářských řemeslníků obvykle ková ploty, reklamní nápisy a jiné sériové výrobky. Po

průzkumu trhu se jevílo jako nejvýhodnější oslovit s touto zakázkou uměleckého kováře, který se zabývá pouze uměním, cena se zde pohybovala okolo 20 000 Kč. Teoreticky zde existovala ještě jedna možnost, a to v podobě spolupráce s mistrem Střední školy zemědělské a zahradnické v Olomouci. Mistr má na starost praxi studentů v oboru uměleckého kováře. Zakázka by mohla být pro ně zajímavá, jelikož každý student by mohl vyrábět jednu analemu a následně by je svařovali dohromady. Mohli by se zde také učit navařit a vytvořit trny a tím, že fakulta není příliš vzdálena od umělecké školy, mohli by studenti si vyzkoušet i vrtání a upevňování kovaných částí do pískovce. Škola, včetně mistra předkládanou nabídku akceptovali pozitivně, nicméně nebyli schopni realizovat výrobek k požadovanému datumu, tudíž byla zvolena varianta uměleckého kováře.

Nakonec byl osloven umělecký kovář, který s tvorbou podobných věcí neměl zkušenosti, ale byl ochoten vyzkoušet ukovat číselník slunečních hodin. Přiklonil se k této zakázce hlavně díky jeho vášni sbírat hodiny. Byl domluven následující postup.

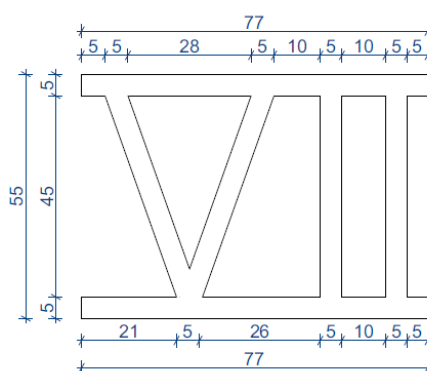
Nejprve byl vytištěn model 1:1, podle kterého by bylo možné ukovat číselník. Analemy byly vyrobeny z kulatin o průměru 5 mm. Všechny analemy budou zabudovány a přivařeny k rámu, který bude vyroben z hranolovitého tvaru železa.

Římské číslice bylo náročnější vyrobit. Každá číslice musela být podložena kulatinou, ke které by vše bylo navařeno, proto číslice byly realizovány skrze vypalování laserem a následně byly opracovány tak, aby vypadaly ručně kované. K tomu abychom číslice mohli poslat do výroby, bylo nutné vytvořit kótovaná čísla ve vektorovém souboru (pdf) jak lze vidět na obr. 26. Samotné vypálení laserem trvalo jeden až tři týdny.

Součástí plánu tvorby je ukotvení číslic a rámu do pískovce. Řešením byla výroba trnů. Jsou to asi 5 cm dlouhé kulatiny, s dostatečně tenkým průměrem. Přivaří se ke spodní straně číselníku. Na každé číslici jsou vždy dva až tři trny a na spodní straně rámu s analemami desítky trnů. Po ukování, svařování a upevnění trnů, následovalo vrtání děr do pískovce.



Obr. 29 a 30.: Trny pro zapuštění do pískovce, vypálená čísla (foto Žvaková, realizace: Jiří Minář).



Obr. 31.: Kótovaná čísla

Celková cena za ukování číselníku, vypálení římských číslic a jejich opracování, výroba trnů, vyvrtání děr do pískovce a lepení byla 7 000 Kč.

Poslední fáze realizace projektu bylo dát vše dohromady. Pískovec bylo nutné zakoupit těsně před kompletováním s číselníkem, protože nebylo kde jej skladovat, nicméně vzhledem k nepředvídatelné události uzavření lomu v Ostroměři bylo nutné sehnat pískovec co nejrychleji v Olomouci. Náhradní varianta byla objevena v podobě indického teakwood pískovce, který splňoval maximální cenu dle rozpočtu do 2500 Kč. Indický teakwood pískovec má texturu podobnou struktuře dřeva. Je dostatečně měkký, levný a dostupný. Nejvhodnější byl nalezen v kamenictví Olomouc Jaroslav Smolík o rozměrech 120 X 80 cm a o síle 3 cm. Kámen byl neořezaný a větší rozměry nebyly k dispozici. Okraje byly ořezány, tím se ale o jeden centimetr podkladový kámen zmenšil. Ostré okrajové hrany byly mírně obroušeny.

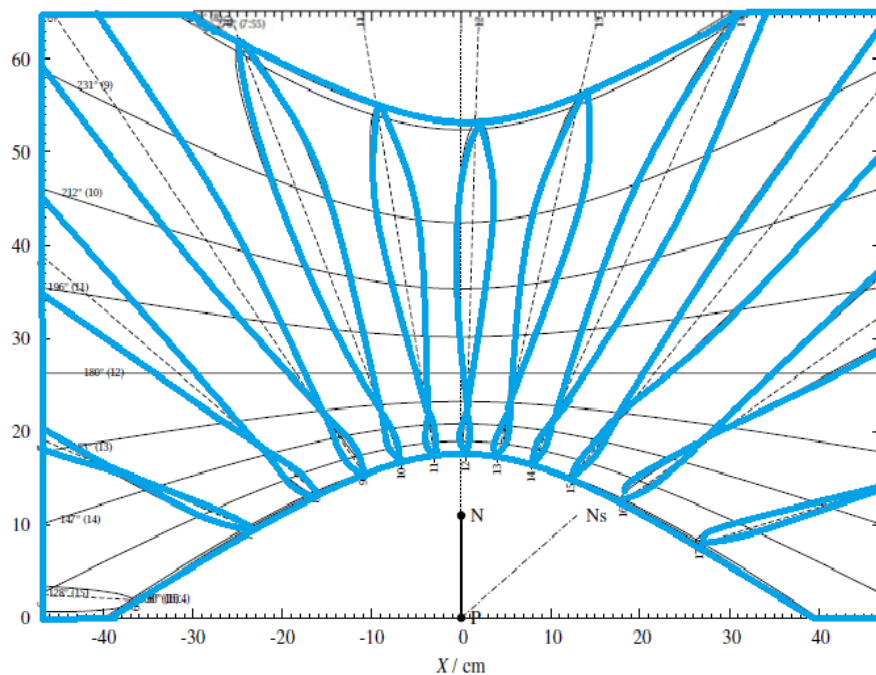
Před usazením číselníku byl pískovec ošetřen penetrací. Každý pískovec postupně tmavne, popřípadě porůstá lišejníkem. Penetrace by měla všechny tyto přírodní jevy oddálit. V pozdějších letech je možné pískovec penetrací napustit znova.



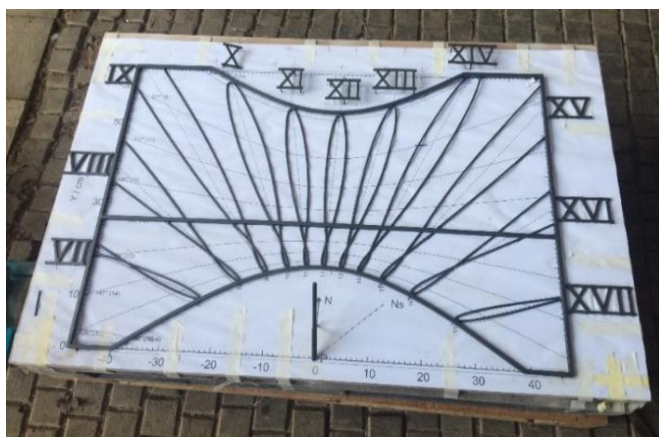
Bylo ošetřeno také železo, z kterého je číselník ukován. Všechny číslice a analemy jsou opatřeny několika nátěry kovářské šedi. Měla by zabraňovat korozi. Po pár letech je nutné hodiny znovu ošetřit.

V poslední fázi se jevilo jako nejsložitější samotné ukotvení celé konstrukce do pískovce. V zásadě se nejedná vůbec o standartní kovářskou práci a teoretické znalosti zde nebylo možné aplikovat. Nejhorší variantou bylo prasknutí celého pískovce. Po zvážení všech rizik a převzetí odpovědnosti, na základě studia literatury byla celá konstrukce osazena.

Výroba polosu oproti tomu představovala spíše lehčí úkol. Ukazatel stínu měří 17 cm. Do parku ovšem chodí děti a díky nepozornosti by mohlo dojít k úrazu, proto bylo nutné jej vyrobit tak, aby nebylo možné se o něj zranit. Byl zvolen tedy měkký kov a to hliník. Ať už by byl polos zkonstruován z čehokoliv měkkého, je nutné, aby v případě zničení bylo možné jej vyměnit. Tento problém byl vyřešen rozdělením polosu na dvě části. První část, která je zakončena šroubovacím koncem, je pevně ukotvena v pískovci, a tedy nelze vyměnit. Druhá část polosu je zakončena tak, aby bylo možné ji našroubovat na pevný konec ukotvený v kameni. V případě vyšších bezpečnostních požadavků, lze tuto část polosu vyrobit z jiného, ještě měkkího materiálu.



Obr. 32.: Návrh číselníku – vyznačení čar pro kování.



Obr. 33.: Dokumentace výroby



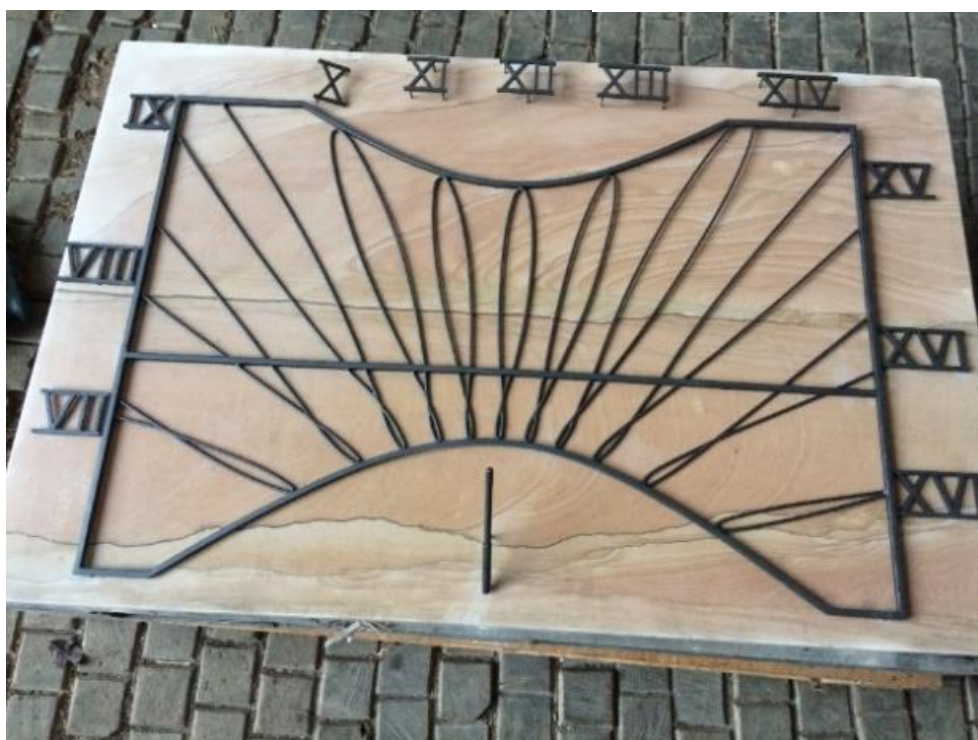
Obr. 34.: Grafický návrh – pískovec a kovaný číselník (návrh: Žvaková, vizualizace: Macour).



Obr. 35.: Ukazatel



Obr. 36.: Detail kování – analem



Obr. 37.: Konečný vzhled slunečních hodin

## 4 DIDAKTICKÁ ČÁST VÝROBY SLUNEČNÍCH HODIN

V této kapitole jsou shrnuty pojmy, definice, poznatky, s nimiž se žáci setkají při navrhovaných aktivitách, které souvisejí se základními astronomickými pojmy, a jsou vhodné seznámení v případě, že žáci by formou projektové výuky vytvářely model slunečních hodin. Následující kapitola je tak strukturována jako didakticko-metodický základ, jak pro učitele základních škol, tak následně i pro učitele středních škol, včetně odpovídajících aktivit.

Zpracováním učiva slunečních hodin do tematického plánu ZŠ, ale i SŠ lze splnit požadavky, které jsou stanoveny v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání, ale i pro střední školy. Rozvoj klíčových kompetencí se samozřejmě primárně odvíjí od volby vhodné aktivity, nicméně teoreticky mohou být rozvíjeny následující klíčové kompetence:

- Kompetence k učení – žák propojuje poznatky a informace napříč učebními předměty, je schopen lépe spojit teorii s praxí a uvědomit si význam učení pro budoucí život.
- Kompetence komunikativní – žák je vzhledem k náročnosti úkolu nucen pracovat ve skupině a tím je nucen projevovat své názory, myšlenky
- Kompetence občanská – žák uvědomí si význam a historii měření času.
- Kompetence pracovní (klíčová kompetence k podnikavosti pro střední školy) – žák používá v průběhu výroby slunečních hodin různé nástroje a zdokonaluje své motorické schopnosti.
- Kompetence k řešení problémů – žák vytváří a zohledňuje návrh hodin pro místní podmínky.
- Kompetence sociální a společenská – žák pracuje v týmu a nalézá si svou pozici v kolektivu.

Aktivita tvorby slunečních hodin, nabízí interdisciplinární přínos a vytváří tak žákům prekoncepty, které se spojují v jeden celek použitelný pro běžný život.

Konkrétní náplň tematických plánů vycházející v tomto případě z RVP pro základní vzdělávání by mohla být následující:

- Země jako vesmírné těleso – tvar, pohyby a velikost Země, střídání dne a noci, střídání ročních období, světový čas, časová pásma, pásmový čas, datová hranice, smluvený čas (Zeměpis)
- Měřené veličiny – délka, objem, hmotnost, teplota a její změna, čas (Fyzika)
- Tepelně zpracované materiály – cement, vápno, sádra, keramika (Chemie)

V následujících kapitolách se budeme věnovat teoretickým a metodickým východiskům pro aktivitu tvorby slunečních hodin. Nejprve se budeme zabírat náplní RVP pro základní vzdělávání a následně pro střední vzdělávání, vždy bude rozebrána odpovídající teorie k danému RVP a následně pak metodické návrhy aktivit. Na závěr bude vše vyhodnoceno a aplikováno v aktivitě tvorby modelu slunečních hodin.

#### 4.1 Teoretický základ pro RVP základního vzdělávání

Základní koncept správného uchopení učiva vychází z poznatku, že Slunce nevidíme po celý den ve stejném místě na obloze. Dnem nazýváme dobu, kdy je Slunce nad obzorem a nocí čas, kdy Slunce nelze vidět. Během denního putování, Slunce kulminuje během roku v různých výškách. Například v létě v České republice vystoupí do 63,5° nad obzor, zatímco v zimě jen 16,5° nad obzor. Během roku se kulminace liší o 47° výškových stupňů. Oproti tomu hvězdy kulminují vždy ve stejné výšce. Vlivem změny polohy Slunce na obloze, není každý den stejně dlouhý. V létě je den mnohem delší než v zimě. Délka dne v létě ode dne v zimě se může lišit až o 8 hodin. Tuto skutečnost lze pozorovat na přiloženém grafu (obr. 38), znázorňující délku dne, noci a soumraku v našich zeměpisných šířkách.

Výpočet výšky Slunce nad obzorem lze vypočítat pomocí následující úvahy:

$$h = 90^\circ - \gamma + \delta$$

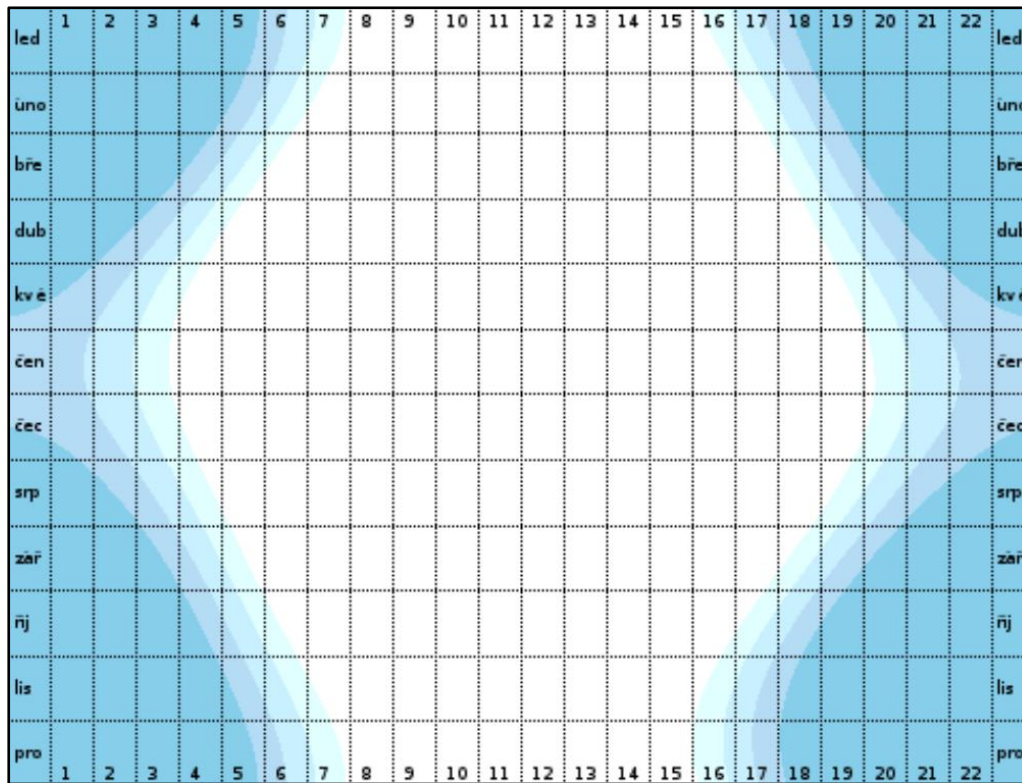
$\delta$  ... *deklinace Slunce v danou roční dobu*  $(-23,5^\circ; 23,5^\circ)$ ,

$\gamma$  ... *zeměpisná šířka místa pozorovatele,*

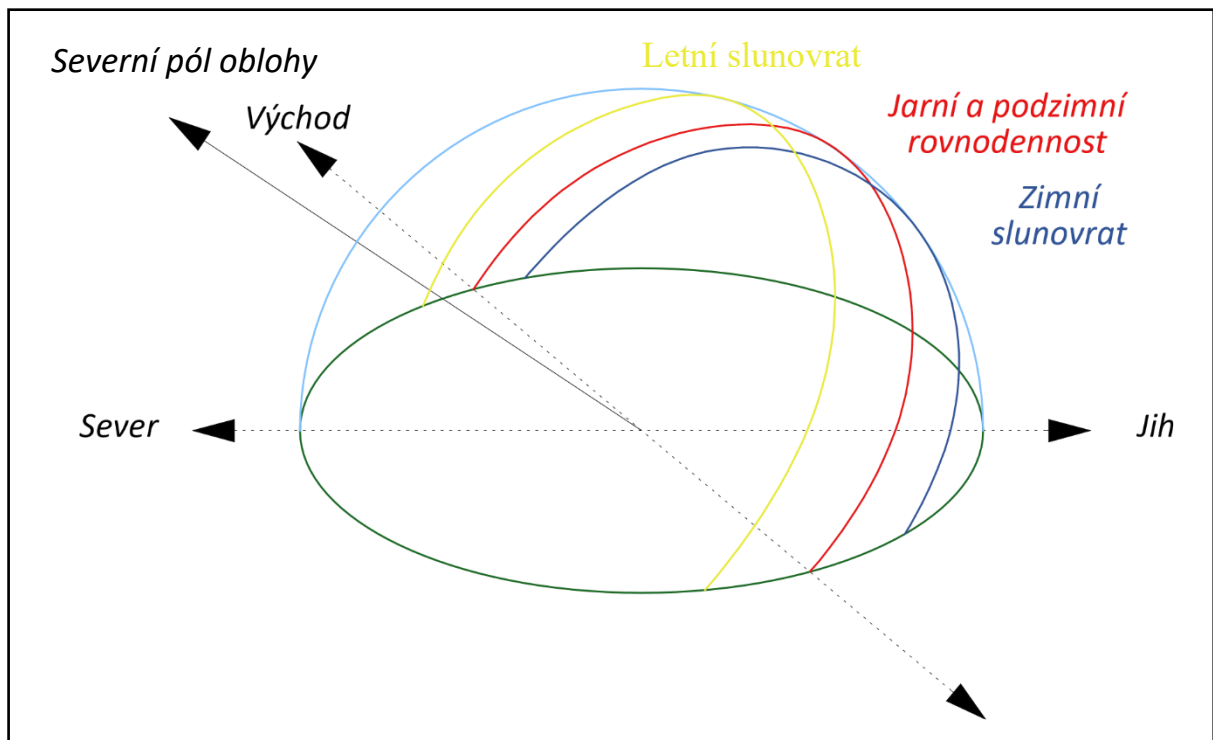
$h$  ... *výška Slunce nad obzorem,*

Uveďme nyní výpočet pro letní slunovrat v ČR (50°s.š.).

$$h = 90^\circ - 50^\circ + 23,5^\circ = 63,5^\circ$$

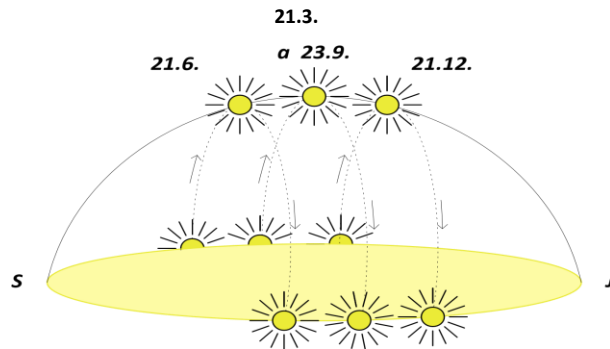


Obr. 538.: Délka dne, soumraku a noci v našich zeměpisných šířkách (graf je dostupný na následujícím webu: <http://www.beda.cz/~jirkaj/soumrak/index.html>).

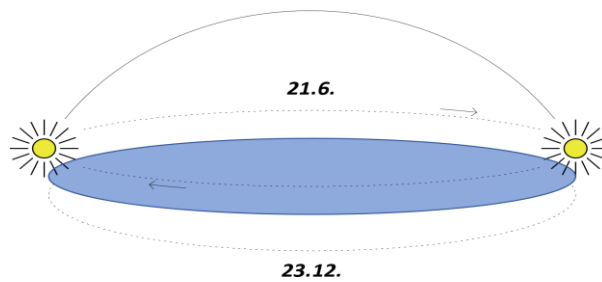


Obr. 639.: Putování Slunce po obloze během roku

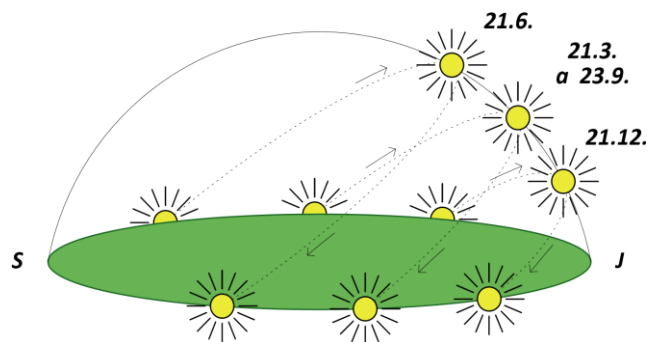
Na obr. č. 39 lze vidět, že Slunce vychází přímo na východě a zapadá přesně na západě pouze kolem dnů jarní a podzimní rovnodennosti. Nastane-li letní slunovrat, jak už z názvu vyplývá v létě, je den nejdelší a při zimním slunovratu je den naopak nejkratší, jelikož slunce vystoupá v poledne do nejnižší výšky v průběhu celého roku. Dni jarní a podzimní rovnodennosti, letního a zimního slunovratu, kolísají kolem dat, které uvádí tabulka č. 2.



Obr. 40.: Putování Slunce po obloze – rovník



Obr. 41.: Putování Slunce po obloze – polární kruh



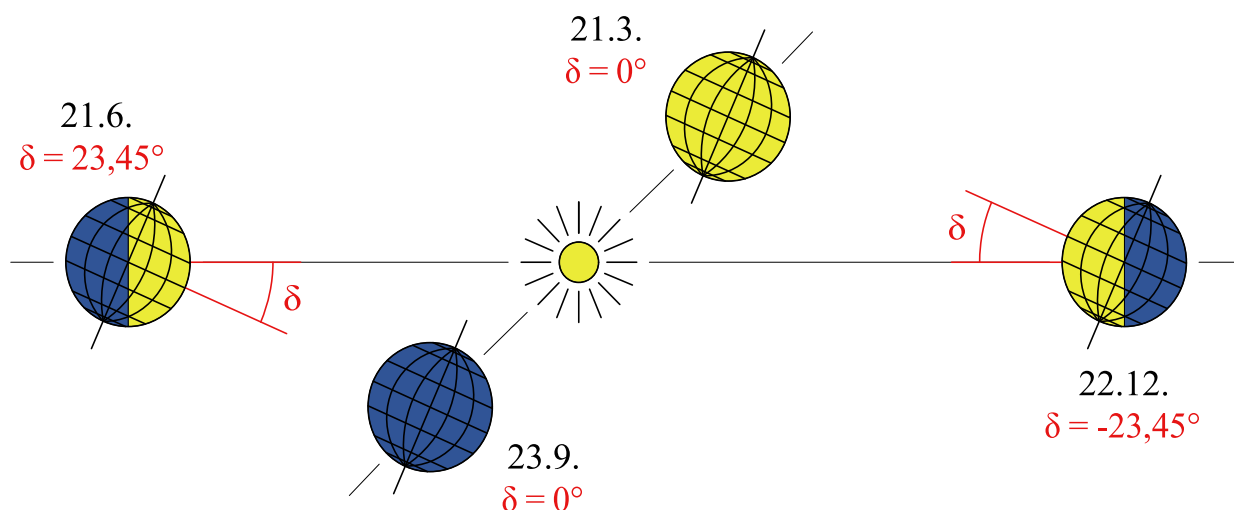
Obr. 42.: Putování Slunce po obloze – ČR.

	<b>JARO</b>	<b>LÉTO</b>	<b>PODZIM</b>	<b>ZIMA</b>
<b>2015</b>	20. březen 23:45	21. červen 18:38	23. září 10:20	22. prosinec 5:48
<b>2016</b>	20. březen 5:30	21. červen 00:34	22. září 16:21	21. prosinec 11:44
<b>2017</b>	20. březen 11:28	21. červen 6:24	22. září 22:02	21. prosinec 17:28
<b>2018</b>	20. březen 17:15	21. červen 12:07	23. září 3:54	21. prosinec 23:22
<b>2019</b>	20. březen 22:58	21. červen 17:54	23. září 9:50	22. prosinec 5:19
<b>2020</b>	20. březen 4:49	20. červen 23:43	22. září 15:30	21. prosinec 11:02
<b>2021</b>	20. březen 10:37	21. červen 5:32	22. září 21:21	21. prosinec 16:59

Tab. 2.: Vybrané datумы zimního a letního slunovratu a podzimní a jarní rovnodennosti (vlastní tvorba na základě <http://kalendar.beda.cz/kdy-zacina-jaro-letu-podzim-zima>)

Zdánlivý pohyb Slunce závisí kromě otáčení Země kolem své osy (střídání dne a noci) také na oběhu Země kolem Slunce (střídání ročních období) a zeměpisné šířce. Čím postupujeme severněji, tím níže Slunce kulminuje. Za polárním kruhem se v zimě Slunce vůbec nedostane nad obzor a je tzv. polární noc. V létě zase nezapadá a je možné jej vidět i o půlnoci a mluvíme o polárním dni (viz. obr. 41). Půjdeme-li na jih, směrem k rovníku, Slunce kulminuje během dne výše než u nás a na rovníku trvá den každý den přibližně 12 hodin. Pokud budeme přesněji definovat délku dne na rovníku, tak je nutné zohlednit refrakci, tudíž délka samotného dne trvá například v Quitu (Ekvádor, 0°13'7" j. š.) 12:06 hodin ale naproti tomu Kisangani (dříve Stanleyville, Demokratická republika Kongo, 0°31' s. š.) 12:08 hodin. Rozdílnost je dána atmosférickým tlakem a teplotou, která má vliv na samotnou refrakci. V průběhu roku pak délka slunečního záření na rovníku kolísá o 6 minut (Burghardt, 2011). Slunce na rovníku dvakrát za rok kulminuje v nadhlavníku. To je místo, které se nachází na obloze přímo nad naší hlavou. Proto jsou to velmi teplá místa na naší planetě a roční období zde nerozeznáváme (Bajer, 2004).

Zdánlivý pohyb Slunce na obloze způsobuje rotace Země kolem své osy. Dané místo na Zemi mění svou pozici ke Slunci a nám se střídají dny a noci. Ve skutečnosti neobíhá Slunce kolem Země, ale Země kolem Slunce. Její dráha je elipsa a Slunce se nachází v jednom ohnisku elipsy (1. Keplerův zákon). Vzdálenost Země od Slunce se během roku mění.



Obr. 43.: Oběh Země kolem Slunce ( $\delta$ =deklinace, souřadnice úhlové vzdálenosti od světového rovníku).

Bod na dráze, kde je Země nejdále od Slunce se nazývá přísluní – perihélium (perihel) a v nejbližší poloze odsluní – afélium (afel). Země podle 2. Keplerova zákona neobíhá Slunce rovnoměrnou rychlostí. V přísluní se Slunce pohybuje rychleji než v odsluní. Je-li u nás léto Slunce se pohybuje po obloze pomaleji oproti zimě (Brož, 2004).

## 4.2 Prezentace poznatků a aktivity pro žáky ZŠ

V následujícím textu jsou uvedeny možnosti vedení vyučovací hodiny. Každý vyučující může kombinovat různé aktivity, a tak vytvořit strukturu hodiny podle vlastního uvážení. Každá třída potřebuje individuální přístup. Úroveň znalostí žáků se mohou lišit a vyučující může disponovat různým časem. Proto je ponechán výběr vyučujícímu.



Text je rozdělen na tři části. Nejprve jsou uvedeny možnosti, jak předat teoretické poznatky třídě jiným než frontálním způsobem výuky, poté návod, jak vyrobit sluneční hodiny se třídou a na závěr aktivity k opakování. Doporučuji vybrat z každé kapitoly jednu aktivitu. Odpovídá to tak klasické struktuře: nabytí vědomostí, praktické dovednosti a opakování, upevnění vědomostí.

#### 4.2.1 Video

Moderní způsob předávání znalostí je nenáročný na přípravu učitele. Žáci jsou zvyklí sledovat seriály a spoustu filmů. Je tedy pro ně přirozené tímto způsobem poznávat svět.

Video v průběhu zastavovat a nechat žáky opakovat poznatky, popřípadě vysvětlit vše, co žáci nestihli pochytit. Sled informací je rychlý, a ne každý žák zvládne tempo videa.

Základní informace	Odkaz
<i>Paxi – Střídání dne a noci a ročních období</i> (délka: 4 min, doporučeno: 5., 6. třída, vydavatel: Evropská kosmická agentura)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ioCO2PI7Xt0">https://www.youtube.com/watch?v=ioCO2PI7Xt0</a>
<i>Změna ročních období nezávisí na vzdálenosti Země od Slunce</i> (délka: 5 minut), <i>Proč sklon zemské osy způsobuje roční období</i> (délka: 20 minut, doporučeno: 7., 8., 9. třída, vydavatel: Khanova škola)	<a href="https://khanovaskola.cz/video/14/114/1011-zmena-rocnich-obdobi-nezavisi-na-vzdalenosti-zeme-od-slunce">https://khanovaskola.cz/video/14/114/1011-zmena-rocnich-obdobi-nezavisi-na-vzdalenosti-zeme-od-slunce</a> <a href="https://khanovaskola.cz/video/14/114/1726-proc-sklon-zemske-osy-zpusobuje-rocni-obdobi">https://khanovaskola.cz/video/14/114/1726-proc-sklon-zemske-osy-zpusobuje-rocni-obdobi</a>

Tab. 3.: Videá pro výuku na ZŠ.

**Obsah videa pro 6. třídu** (Evropská kosmická agentura): Co je to den. Slunce je naše hvězda. Hvězdy jsou na obloze i přes den, ale nejsou vidět. Země se otáčí kolem své osy. Důsledkem je střídání dne a noci. Země obíhá Slunce za 365,25 dne. Jednou za 4 roky je přestupný rok. Střídání roční období – některá místa jsou osluněna více než jiná. Léto a zima jsou zároveň na opačných polokoulích.

Můžeme doplnit k videu: letní a zimní slunovrat, jarní a podzimní rovnodennost, trajektorie Země je elipsa, sklon rovníku a elipsy po které se Země pohybuje je  $23,5^\circ$ .

**Obsah videa pro 7.,8. a 9. třídu (Khanova škola):** Slunce – střed sluneční soustavy, trajektorie Země je elipsa, perihélium, afélium, léto a zima na opačných polokoulích. Proč se střídají roční období, směr otáčení země kolem své osy. Sklon osy a kolmice k rovině oběhu. Dopad slunečních paprsků na Zemi, sklon, pohlcování záření atmosférou. Den, noc, výška Slunce během dne.

#### 4.2.2 Heuristické kladení otázek

Tento poměrně moderní styl výuky je založen na větší účasti žáka při osvojování vědomostí. Žák by si měl uvědomit co již zná, zamyslet se nad otázkami a následně se snažit sám, popřípadě s pomocí spolužáků přijít na smysluplnou odpověď. Na závěr žáci zkonzultují své odpovědi s učitelem. V průběhu se mohou dotazovat na dílčí otázky, které směřují k řešení problému, nemohou však přímo zjistit odpověď na otázku (Dvořáková, 2004). Můžeme otázky vytisknout před hodinou. Po krátkém úvodu žákům rozdáme otázky a dáme krátký čas na samostatné vyplnění pracovního listu. Cílem je spíše zmapovat které informace žák zná a kterým nerozumí.

<b>Navrhované problematické otázky k heuristické metodě pro žáky ZŠ.</b>
<i>Jak byste definovali den a noc?</i>
<i>Je den během roku stejně dlouhý?</i>
<i>Napiš datum jarní a podzimní rovnodennosti, letního a zimního slunovratu.</i>
<i>Jak je přibližně dlouhý den na severním pólu během letního slunovratu?</i>
<i>Jak se liší délka dne u nás a např. v Indonésii (rovníková oblast)?</i>
<i>Co způsobuje pohyb Slunce po obloze během dne?</i>
<i>Po jaké dráze se pohybuje Země okolo Slunce?</i>
<i>Pomocí obrázku urči, zda je teplejší léto na severní polokouli, nebo na jižní polokouli. Obrázek nakreslete.</i>
<i>Dopadají na obratník Raka kolmo sluneční paprsky během roku, nebo ne? Pokud ano, kdy?</i>

Tab. 4.: Problematické otázky k heuristické metodě pro žáky ZŠ.

Po tomto shrnutí svých vědomostí věnujeme dostatečný čas na skupinovou práci. Každá dvojice v lavici se otočí k následující dvojici a vytvoří tak čtveřice. Společně se pokusí odpovědět na co nejvíce otázek, vzájemně si vysvětlí, proč se kdo domnívá že je právě jeho odpověď správná, a doplní si tak informace.

K vyhodnocení otázek v rámci heuristické metody lze využít například následující postupy:

- A) Bod dostane skupina za otázku jen tehdy, umí-li kdokoliv ze skupiny vysvětlit správnou odpověď. Vyhrává skupina s největším počtem bodů.
  
- B) Vyučující prochází během skupinové práce mezi skupinami. Každá skupina si může vybrat dvě otázky, na které chce odpovědět. Vyučující vyzve libovolného člena skupiny k odpovědi. Ten odpoví a vysvětlí proč si myslí, že je jejich odpověď správná. Jeli odpověď správná, učitel započte skupině bod a pokračuje k další skupině. Takto obchází trvale všechny skupiny, dokud neprojde všechny otázky. Neví-li skupina, učitel pokračuje dál. Na konci hodiny, popřípadě po teoretickém výkladu budou mít příležitost si chybějící odpovědi doplnit.
  
- C) Menší skupiny budeme dále slučovat, až dostaneme odpovědi celé třídy. Během závěrečných diskuzí učitel koriguje rozhovor a v případě špatných odpovědí navozuje otázky, které dokazují neslučitelnost odpovědí žáků s realitou. Na konci hodiny si každý zapíše správnou odpověď.

#### 4.2.3 Simulace zdánlivého pohybu Slunce po obloze

Cílem vyučujícího při použití této metody by mělo být navození problematiky skrze následující řečnické otázky: *Jak se mění délka stínu v průběhu dne? Proč se mění právě takto stín předmětu?* Pak by skrze následující kroky mělo dojít k simulaci.

- 1) Postupujte tak, že si vezměte baterku a tužku.
- 2) Postavte tužku kolmo k lavici (ukotvi ji do plastelíny, mezi učebnice či jinak).
- 3) Na učebnici či lavici polož čistý papír a podle polohy slunce urči světové strany.
- 4) Výsledek si ověř pomoci busoly(kompasu) a vyznač kde je sever, jih, východ a západ.
- 5) Tužce neboli ukazateli stínu, který je kolmý na vodorovnou podložku (číselník) budeme říkat gnómon.
- 6) Baterkou simuluj zdánlivý pohyb Slunce po obloze během dne v létě a poté v zimě.
- 7) Svou simulaci si můžeš natočit na mobil. Svou odpověď porovnej se spolužáky.
- 8) Následně vyučující zadává úkoly a klade otázky.

Přes kterou světovou stranu se Slunce pohybuje?
Vyjde-li na východě, kterým směrem se Slunce vydá?
Urči, zda se Země točí po směru hodinových ručiček, či nikoli.
Vystoupá Slunce v létě výše nad obzor než v zimě?

Tab. 5.: *Ověřující otázky k simulační metodě.*

### 4.3 Didaktický základ a rozšíření teorie pro RVP Gymnázia

Specifikem výuky učiva slunečních hodin na gymnáziu je skutečnost, že vedení často zařazuje ve vyšších ročnících volitelné cvičení a semináře z fyziky ve kterých je možné realizovat tento „pokus.“ Zde lze využít různé experimenty, moderní fyziku, a fyzikální disciplíny, které nejsou v samotném RVP obsaženy (právě astrofyzika, meteorologie, ...), případně pokusit se o integraci s jinými disciplínami (matematicko-fyzikální seminář, historicko-fyzikální interdisciplinární propojení učiva, ...).

Z hlediska cílů RVP Gymnází jsou hlavní cíle přírodovědných cílů následující: hledání systematickosti a samostatného hledání souvislostí a přírodních zákonitostí, aplikace poznatků do jiných disciplín, rovnováha mezi teoretickým a empirickým poznáním, a v poslední řadě i vysvětlení historických souvislostí objevů (Mechlová a kol., 2010).

Z teoretického hlediska budeme vycházet již z prekonceptů, které žáci mají vytvořené ze základní školy, a tak cílem je opravit špatně vytvořené prekoncepty, či na druhé straně rozšířit je o nové poznatky. Proto je vhodné začít novou látku například metodou brainstormingu, aby se aktivizovali již vytvořené prekoncepty, respektive koncepty.

Žáci si v první řadě musí uvědomit, že čas člověka je určován Sluncem a pravidelným střídáním dne a noci, proto se přirozeně řídíme slunečním časem.

Pohyb skutečného Slunce budeme nazývat pohybem **pravého Slunce**, myšlené Slunce nazveme **středním Sluncem**. Níže si vysvětlíme proč.

Pravé Slunce vykonává zdánlivý pohyb po ekliptice a to nerovnoměrně. Nerovnoměrnost pohybu vyplývá z druhého Keplerova zákona (obsah ploch opsaných průvodičem se musí rovnat) a také se uplatňuje sklon zemské osy. Pravé Slunce se v přísluní pohybuje nejrychleji, naopak v odsluní nejpomaleji.

Čas odečtený ze slunečních hodin se nazývá pravý sluneční čas. Sluneční den je doba, která uplyne mezi dvěma kulminacemi pravého Slunce. Doba mezi dvěma poledni se mění. Může kolísat až o 30 min

Místní pravý sluneční čas ukazují pouze sluneční hodiny. Pravý sluneční čas ale nevyhovuje praktickým požadavkům na měření času. Z tohoto důvodu zavádíme střední sluneční čas a střední Slunce.

Zavedeme si dvě myšlenková Slunce. První střední Slunce se pohybuje rovnoměrně po ekliptice. Podobně, jako by se Země pohybovala po kružnici. Víme, že trajektorie Země není kružnice, ale elipsa. Druhé střední Slunce se pohybuje rovnoměrně, ale po rovníku. Tato dvě střední Slunce se střetnou pouze v jarním a podzimním bodě.

Druhé střední Slunce je základem pro občanskou časomíru. Říkáme mu střední sluneční čas. Střední sluneční den je doba mezi dvěma po sobě jdoucími kulminacemi druhého středního Slunce. Trvá přesně 24 hodin, plyne rovnoměrně a říkáme mu občanský čas.

Časová rovnice, pomocí které můžeme opravit pravý sluneční čas na občanský čas, uvádí rozdíl mezi okamžiky průchodu pravého Slunce ( $T_V$ ) a druhého středního Slunce ( $T$ ) místním poledníkem.

$$E = T_V - T$$

Je-li hodnota  $E$  kladná, nadchází pravé poledne dříve nežli poledne středního Slunce. Části grafu záporné hodnoty během roku předchází střední Slunce pravému Slunci, viz *obr. 3.: Vykreslení grafu časové rovnice.*

Chceme-li převést sluneční čas na občanskou časomíru, požijeme analemu. Tvar analemy připomíná číslici osm a zahrnuje nejen roční deklinaci Slunce, ale i časovou rovnici. Díky ní můžeme tedy odečítat střední sluneční čas. Při konstrukci zaneseme opravu zeměpisné délky tak, aby hodiny ukazovaly pásmový čas, namísto místního času.

Vysvětleme si některé používané pojmy. Označujeme-li něco přídatným jménem nebeský a světový, jedná se o tytéž pojmy. Nebeská sféra je myšlená koule v jejímž středu stojí pozorovatel, který je na povrchu Země. Tuto sféru představuje hvězdná obloha, kterou lze vidět za jasné noci. Do nebeské sféry můžeme promítnout například zemský rovník a dostaneme kružnici s názvem světový rovník, nebo také pohyb viditelných těles ve vesmíru.

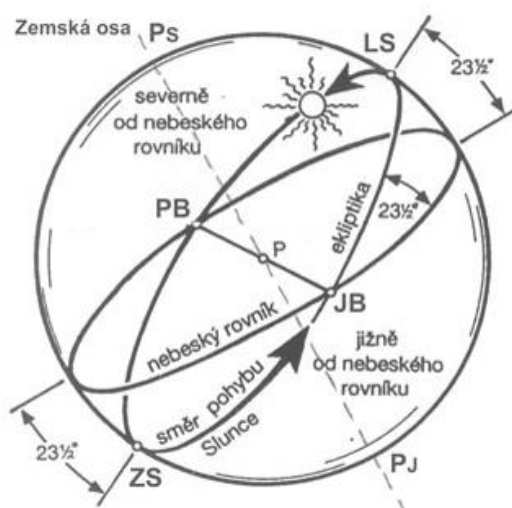
Zdánlivý pohyb Slunce po obloze je pohyb po ekliptice. Je to průnik roviny pohybu Země okolo Slunce s nebeskou sférou. Průsečíky ekliptiky a nebeského rovníku označujeme jarní a podzimní bod.

Sklon ekliptiky vzhledem k nebeskému rovníku můžeme vypočítat z rozdílu nejvyšší a nejnižší kulminace Slunce během roku. Jak je dříve uvedeno, je to  $47^\circ$ .

Vydělíme-li výsledek dvěma, dostáváme hledaný sklon kde  $\delta$  nazýváme deklinace Slunce, která během roku kolísá. (Bajer, 2004)

$$-23,5^\circ < \delta < 23,5^\circ$$

Ještě je jeden podstatný důvod rozdílu času atomových či mechanických a slunečních hodin. Sluneční hodiny udávají pravý sluneční čas místního poledníku, kdežto mechanické hodiny střední sluneční čas středního poledníku daného pásma.



Obr. 44.: Schéma nebeské sféry (zdroj: [http://www.zatlanka.cz/vyukove-materialy/zemepis/zdanlivy\\_denni\\_pohyb\\_slunce\\_po\\_obloze.html](http://www.zatlanka.cz/vyukove-materialy/zemepis/zdanlivy_denni_pohyb_slunce_po_obloze.html))

Česká republika se nachází  $15^\circ$  od nultého poledníku procházejícího greenwichskou královskou observatoří směrem na východ (Brož, 2004). Tento jednotný pásmový čas pro Evropu se nazývá středoevropský čas se zkratkou SEČ. Oproti světovému času (v místě nultého poledníku) je středoevropský čas posunut o hodinu dopředu. Na východ od středního poledníku vychází Slunce dříve a na západ později. Toto je patrné i v rámci České republiky, kdy rozdíl mezi nejvýchodnějším a nejzápadnějším bodem je asi 24 min (Brož, 2004).

Zajímavostí je změna pásmového času na letní a naopak. V České republice byl za Rakouska-Uherska zaveden v roce 1916. Čas se posunuje z pásmového na letní poslední neděli v březnu. Zpátky na pásmový čas se mění poslední neděli v říjnu mezi 2. a 3. hodinou. Letní čas byl zaveden v době bývalého Československa, kdy velké mrazy způsobily značné výkyvy dodávek elektřiny.

Stávalo se, že byla večer elektřina vypínána a v závislosti na tom mohl být výjimečně ovlivňován každodenní chod života. Předpokládalo se, že posun o jednu

hodinu sníží spotřebu energie v nočních hodinách a den prodlouží o hodinu. V rovníkových a polárních oblastech nejsou potřeba tyto přechodné časy. Na rovníku trvá den a noc přibližně stejně dlouho, a na pólu je 179 dní Slunce nad horizontem, tedy posun o hodinu by neměl význam. Nutné je vzít i v potaz, téměř nulovou hustotu zalidnění v oblastech pólu, tudíž by zde časový posun byl zbytečný. V Evropě se letní čas používá s výjimkou např. Islandu a Ruska. V USA a Kanadě začíná letní čas jindy než v Evropě a některé části vůbec letní čas nepoužívají. Státy na jižní polokouli mají letní čas v opačné části roku než severní polokoule. Posun mezi Českou republikou a např. v Chile může být 4-6 hodin.

Obratníky Raka a Kozoroha mají zeměpisnou šířku  $\pm 23,5^\circ$ . Všimněme si, že je to úhel výše uvedené deklinace. Leží zde rovnoběžky, na které ještě dopadají kolmo sluneční paprsky během roku. Jakákoli výše (či níže) položená rovnoběžka již nemá takové vlastnosti (Bajer, 2004).

#### **4.4 Prezentace poznatků a aktivity pro žáky SŠ**

„Výuka fyziky na střední škole navazuje na poznatky, které žák získal na základní škole a dále je rozvíjí tak, aby vznikl logický utříděný, ucelený soubor vědomostí, který směřuje k vytvoření fyzikálního obrazu světa, odpovídajícího současnému poznání, k němuž dospěla fyzika jako věda“, definuje Lepil postavení předmětu fyzika v rámci RVP pro gymnázia (Lepil, 2012). Samotná podstata námi předkládaného projektu slunečních hodin, tak propojuje teoretické poznatky s praxí, což je pro samotné pochopení učiva klíčové, jelikož z teoretické vědy přecházíme k empirickým pokusům, které jsou vytvářeny konkrétním žákem.

Podobně jako u žáků ZŠ i zde byly zvoleny tři základní metody předání poznatků: video, heuristický způsob výuky a simulace učiva. Oproti ZŠ je nutné na SŠ dávat větší důraz na přesné vymezení problémů a podchycení chybných prekonceptů.

##### **4.4.1 Video**

Výuka skrze video je stále populárnější uchopení výuky. Moderní přístupy se jak pro ZŠ, tak pro SŠ zabývají modelem výuky převrácené třídy (flipped classroom), kde video hraje zcela dominantní úlohu. Tato metoda je založená na samostatném sledování video-tutoriálů žáky a v samotné hodině je pak učivo rozšířeno skrze další způsoby výuky. V českém vzdělávacím prostředí je tato metoda popularizována skrze Khanovu školu. Samotná metoda stojí na principech aktivizace žáků, přímé výuky, primingu



(pojem vyjadřující nastavení určitých paměťových efektů, jež se při opakovaném vyvolání stejného stimulu vybaví mnohem snadněji), předběžného učení a individualizace přístupů výuky k žákům (např. rozdílné časové tempo pro zvládnutí úlohy).

Na základě koncepce českého vzdělávacího systému bylo vyvozeno, že tato metoda, je vhodnější aplikovat u žáků SŠ, jelikož se tím připravují na budoucí samostudium na vysoké škole, a stejně tak jsou schopnější samostatněji přistupovat k řešení problémů (*Národní program rozvoje vzdělávání v České republice, 2001*). Nicméně obecně samotná aktivita převrácené třídy, lze využít dozajista i u žáků ZŠ s velkou efektivitou a jedná se o žádoucí modernizaci výuky. Samotná metoda vychází ze čtyř základních pilířů:

- 1) Flexibilita prostředí – vytvoření vlastního postupu výuky učitele, při kombinaci prezentačního, frontálního či badatelského stylu výuky.
- 2) Změna prostředí – změna tradičního postavení učitele vůči žákovi, kdy se učitel vrací do antického pojetí výuky a stává se průvodcem v uchopení učiva.
- 3) Vhodný obsah – hledání vhodnosti učebních materiálů, které vedou k dokonalému koncepčnímu porozumění.
- 4) Profesionální pedagog – video nenahrazuje učitele, pedagog je v metodě převrácené třídy důležitější než v tradičních modelech, jelikož poskytuje zpětnou vazbu a věnuje individuální pozornost.

K metodě výuky převrácené třídy je nutné poznamenat že samotná implementace do českého školního prostředí může být zdlouhavá a je nutné žáky na ni postupně připravovat (Brdička, 2013). Více k tomu tématu lze nalézt například na webu sdružení Flipped Learning Network.

Základní informace	Odkaz
<b>Hodiny</b> (délka: 10 minut, 1.-4. ročník)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8KVNQ7UR6FQ">https://www.youtube.com/watch?v=8KVNQ7UR6FQ</a>
<b>Obsah:</b> Proč sluneční čas neukazuje stejný čas jako hodinky? Dále jsou vysvětleny tyto pojmy: pravé poledne, časová pásma, hvězdný čas, přestupný rok, občanský čas, orloj, deklinace, hodinový úhel (viz. kap. 1.3.1), střední sluneční čas, analema, 2. Keplerův zákon a další doplňující informace pro talentované žáky (rychlost otáčení vůči hvězdám a Slunci, UTC čas (atomové hodiny), zpomalování rotace Země, přestupná sekunda). Přesný pohyb Slunce po obloze lze pozorovat aplikací SunCalc.	

Tab. 6.: Video pro Gymnázium.

#### 4.4.2 Heuristické kladení otázek

Tento model založený na principu aktivizace myšlenkových konceptů žáků je vhodné využít při výuce na střední škole, kdy student rekapituluje své vědomosti k tématu, které získal již během základního vzdělávání. Studenti si takto zopakují základní poznatky o našem Slunci, Zemi a jejich vlivu na náš život.

Jak se liší pravý sluneční čas od středoevropského pásmového času?
Jestliže je v Praze 10:00 kolik hodin je právě v hlavním městě Velké Británie?
Je Slunce v poledne vždy na stejném místě?
Jaký úhel svírá zemská osa s rovinou ekliptiky?
O kolik minut se přibližně liší pravý sluneční čas u Aše a u obce Bukovec, která leží na východní hranici naší země s Polskem?
Jak by, jsi vysvětlil pojem obratník a které znáš?

*Tab. 7.: Heuristické otázky pro výuku slunečních hodin na gymnáziu.*

#### 4.4.3 Simulace

Jako poslední metoda seznámení s učivem slunečních hodin je model simulace. Za slunečného dne vyjdeme se třídou na vhodné otevřené prostranství. Hledáme místo tak, aby z jihu nebylo stíněno žádnými předměty, stromy, či jinými překážkami. Na prostranství upevníme tyč. V případě zeminy jej zabodneme kolmo do země, na betonovém hřišti, upevníme tyč do stojanu (půjčíme si z TV, nebo použijeme laboratorní). Označíme místo dopadu konce stínu a podle hodinek určíme danou hodinu.

Následuje diskuze ohledně putování Slunce po obloze v létě, zimě, zda jsou dny stejně dlouhé, proč apod. Jak se mění stín v průběhu dne. Vysvětlíme si základní poznatky pohybu Slunce po obloze a Země okolo Slunce.

Tato metoda by neměla být osamostatněná, a jak lze pozorovat, tak už samotný průběh simulace je doplněn například diskusí. Vhodné se jeví kombinovat simulaci například s převrácenou školou či heuristickou metodou kladení otázek.

## 5 TVORBA MODELU SLUNEČNÍCH HODIN PRO ŽÁKY ZŠ I SŠ

Cílem této kapitoly je metodika k postupu, jak si vyrobit, vlastní sluneční hodiny. Sluneční hodiny jsou prastarý způsob poznávání času. Z předchozích kapitol už víme, jak putuje Slunce po obloze a teď naše poznatky využijeme. K správnému pochopení fungování a sestrojení slunečních hodin je nezbytné seznámit žáky s principem fungování slunečních hodin, tak jak je popsán v kapitole *1.1 Princip slunečních hodin*.

V této podkapitole je nastíněno několik různě obtížných možností výroby vertikálních slunečních hodin s využitím PC programů. Výrobu slunečních hodin můžeme začlenit do několika předmětů, což podporuje mezipředmětové vztahy. Ve fyzice si žáci a studenti zjistí teoretické informace, v předmětu informačních technologií vytvoří návrh číselníku a ve výtvarné výchově papírový model, který bude možné odzkoušet.

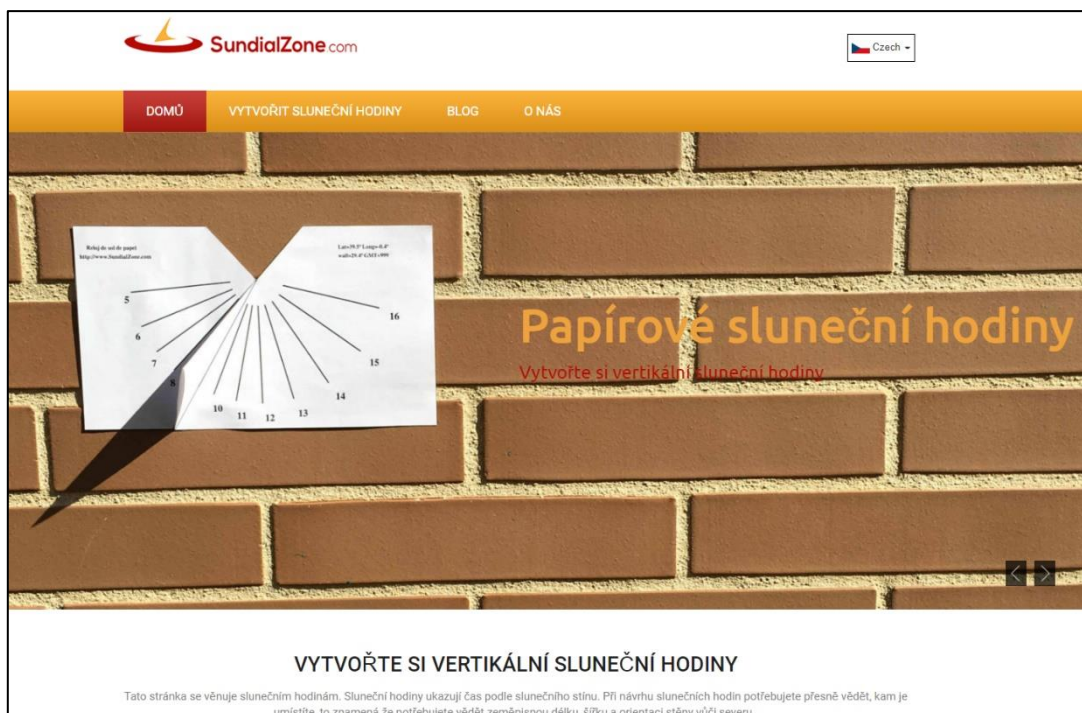
Před začátkem práce studenty můžeme motivovat tím, že sluneční hodiny budou konstruovány přesně pro místo jejich bydliště a po dokončení jim zůstanou. V tomto případě by bylo nejlepší, kdyby každý pracoval sám. Student si po zadání potřebných údajů do počítačového programu vygeneruje model slunečních hodin specifický pro místo svého bydliště. V případě, že bychom chtěli vytvářet hodiny pro umístění ve škole, můžeme předem vytisknout modely pro celou třídu.

Důležitá je také orientace stěny nebo okna na které budou hodiny umístěny. Pokud se v létě nemusí během poledne stahovat žaluzie na okně, kde mají být umístěny, je místo nejspíše na severní stěně a je lepší zvolit jiné místo.

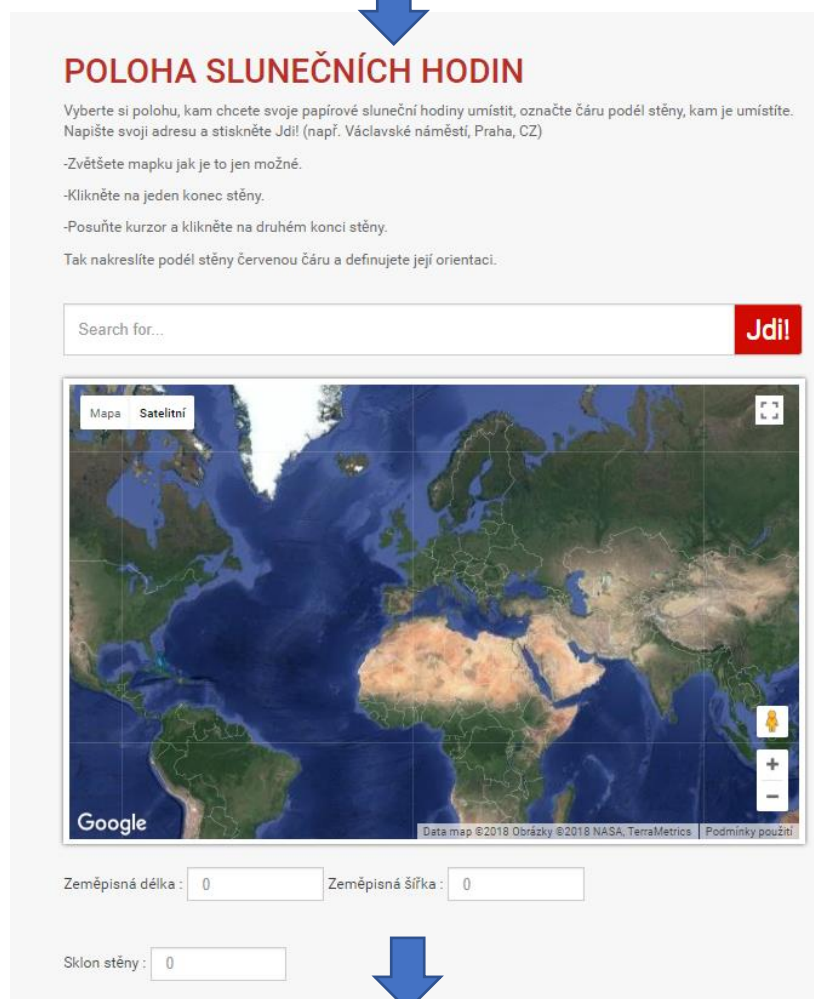
### 5.1 Postup 1

Žáci si otevřou webovou stránku [www.sundialzone.com](http://www.sundialzone.com). Pod obrázky různě orientovaných slunečních hodin je odkaz **Vytvořte si vlastní sluneční hodiny**. V nabídce jsou nástěnné sluneční hodiny a hodiny které můžeme umístit na okno. Zvolíme **okno sluneční hodiny**.

Jak vytvořit model pro sluneční hodiny do vlastního bytu či domu? Do kolonky nad mapou **zadáme svou adresu** a dohledáme svůj dům. Kurzorem zvolíme stranu domu, kde se nachází naše okno. Pomocí google maps se vypočte zeměpisná šířka, délka a sklon stěny. Viz následující postup skrze snímky webu.



Obr. 45.: Snímek úvodní strany webu [www.sundialzone.com](http://www.sundialzone.com)



Obr. 46.: Vyhledávání umístění slunečních hodin.

## POLOHA SLUNEČNÍCH HODIN

Vyberte si polohu, kam chcete svoje papírové sluneční hodiny umístit, označte čárou podél stěny, kam je umístíte. Napište svoji adresu a stiskněte Jdi! (např. Václavské náměstí, Praha, CZ)

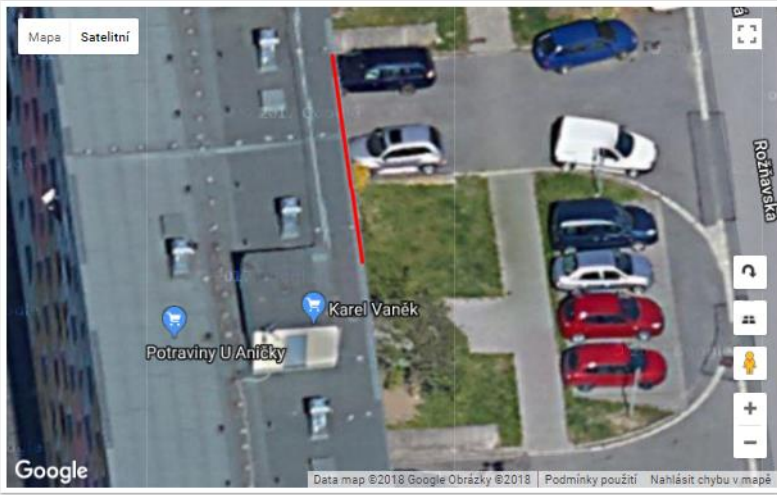
-Zvětšete mapku jak je to jen možné.

-Klikněte na jeden konec stěny.

-Posuňte kurzor a klikněte na druhém konci stěny.

Tak nakreslíte podél stěny červenou čáru a definujete její orientaci.

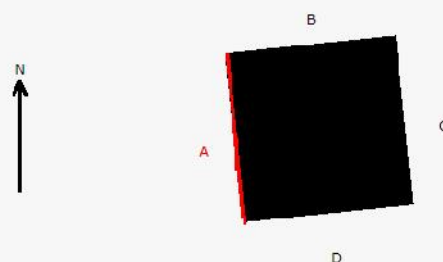
Rožňavská 16 **Jdi!**



Zeměpisná délka : 17.251384823 Zeměpisná šířka : 49.575494969

Sklon stěny : -84.050321186

Nyní vyberte stranu budovy :



Obr. 47.: Volba stěny budovy a provázání s mapovým serverem Google Maps.

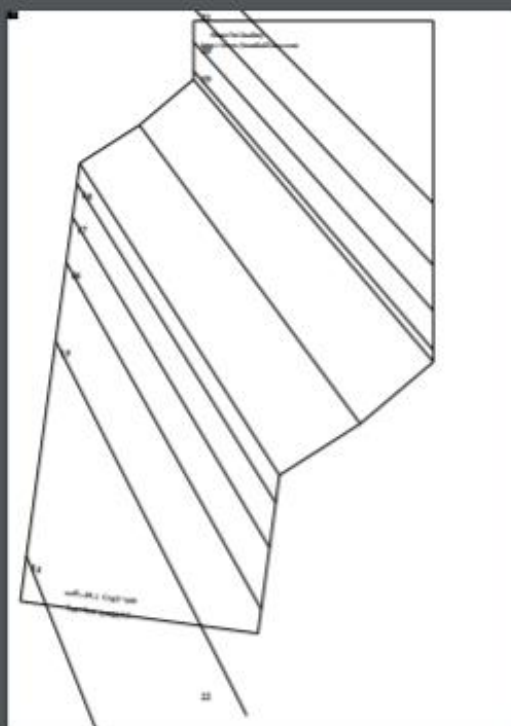
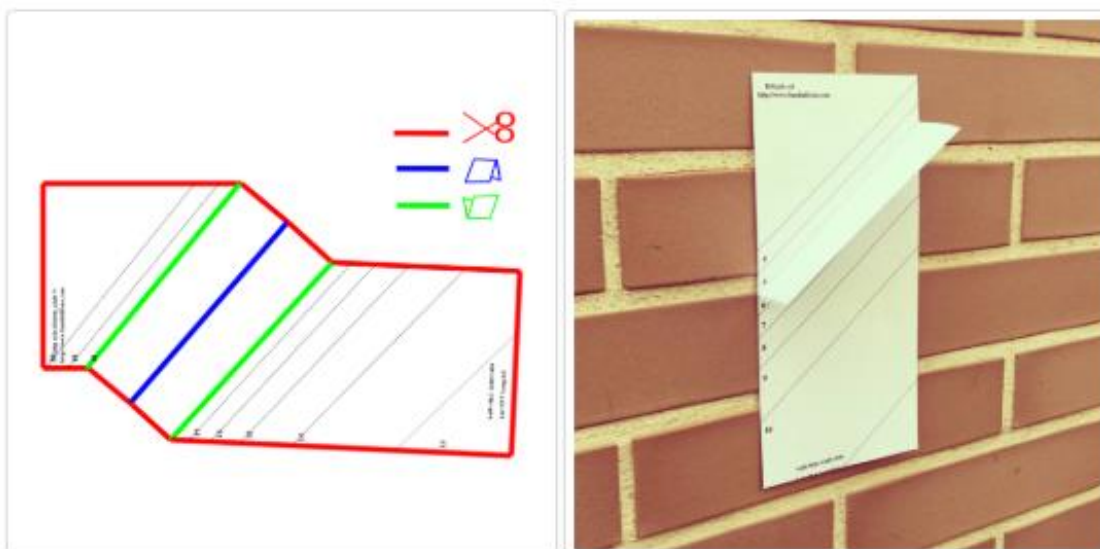
### Data

Banner:	Sluneční hodiny
Zeměpisná délka:	17.251384823312
Zeměpisná šířka	49.575494969121
Sklon stěny	-84.050321186819
Typ sluneční hodiny	Nástěnné sluneční hodiny
Zobrazený čas:	občanská čas
Letní čas:	Ano
Časová zóna	(GMT+999)LOCAL TIME (SOLAR TIME)

Obr. 48.: Parametry výsledné polohy slunečních hodin.



## VAŠE PAPIROVÉ SLUNEČNÍ HODINY



PDF v celém okně

Editovat parametry

Obr. 49.: Konečná grafická podoba slunečních hodin, včetně souboru pdf určeného k tisku.

Následuje **volba času**, který chceme, aby sluneční hodiny ukazovaly. Sluneční čas je čas, který ukazuje Slunce během dne, ale není totožný s našimi hodinkami. Občanský čas koriguje čáry číselníku tak, abychom se podle něj mohli časově orientovat a koreluje s časem na našich běžných hodinách.

Na závěr dáme vytvořit číselník a dostaneme pdf soubor, který pošleme k tisku. Na webové stránce je také náhled obrázku, který popisuje, jak sluneční hodiny vystřihnout a jak nalepíme sluneční hodiny na podklad.

Poznámka: Pokud zvolíme občanský čas, můžeme si vybrat, zda chceme letní či pásmový čas. Další možností výběru je časová rovnice pro daný den. Hodiny bez časové rovnice půjdou přesně 4 dny v roce a pár blízkých dní přibližně správně a později se mohou lišit až o 16 minut. Pravé Slunce putuje po obloze nerovnoměrně, a je to to Slunce, které vidíme na obloze. Střední Slunce je myšlené Slunce, které putuje po obloze tak, aby byl den rozdělen na 24 stejných hodin. Rozdíl zaznamenáme při opakovaném pozorování hodin v průběhu roku, nejlépe vždy ve stejnou hodinu pásmového času.

## 5.2 Postup 2

Alternativním postupem k webové aplikaci sundialzone.com je program umístěn na webové adrese: <http://mail.astrohk.cz/~mira/shc/shc.php>, který je dostupný online a zdarma.

Před zadáváním údajů, je vhodné studenty upozornit na pečlivý výběr místa. Je potřeba zvážit vhodnou stabilní polohu, a to buď na zemi, nebo na jiném vodorovném podkladě, nebo na zdi, okně, sloupu, kůlně či jiném svislém podkladě. Pokud chceme provést vše v jedné hodině, je vhodné zvolit umístění v okolí školy, abychom mohli měřit azimut a výšku Slunce na obloze.

Čemu věnovat při vyplňování pozornost. Na Google maps si přepneme satelitní mapy a nalezneme místo svého bydliště, popřípadě místo, kde chceme hodiny umístit. Označením místa, kde hodiny budou umístěny se zobrazí okno se zeměpisnou šířkou a délkou. Výsledek stupňů zeměpisné šířky uvedený v desetinném čísle za desetinnou čárkou musíme převést na minuty, popřípadě sekundy.

# SHC | Návrh číselníku slunečních hodin

[ [Návrh číselníku](#) | [Efemerida Slunce](#) | [Časová rovnice a korekce o délku](#) | [Nápověda](#) | [Stažení programu](#) ]

## Návrh číselníku

[ [Nápověda](#) | [Příklady číselníků](#) ]

zeměpisná šířka stanoviště [+DD:MM:SS]

zeměpisná délka [+DD:MM:SS, kladně na V]

Viz [abecední seznam stanovišť](#) nebo databázi zeměpisných poloh sídel na <http://www.heavens-above.com>.

azimut  a výška  normály ke stěně [stupně]

levý dolní roh číselníku: x =  y =  [cm]

pravý horní roh: x =  y =  [cm]

vzdálenost nodu od paty ukazatele [cm]

tj. délka ukazatele; pro gnómon vzdálenost od roviny číselníku

interval hodinových rysek [HH:MM:SS]

interval hodin od východu/západu slunce [HH:MM:SS]

interval datových křivek [HH:MM:SS]

kroky: azimutu  výšky  výškových kružnic  [stupně]

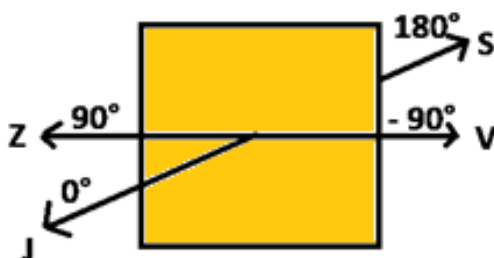
počet datových křivek

typ ukazatele:  polos  gnómon

neskutečné čáry pod horizontem

Obr. 507.: SHC | Návrh číselníku slunečních hodin (snímek obrazovky).

Azimut a výška normály ke stěně se měří ve stupních. Jak postupovat při měření lze vidět na obrázku. Jižní směr má  $0^\circ$ . Azimut můžeme změřit busolou.



Obr. 51.: Schéma určení azimutu (vlastní tvorba).



Horizontální hodiny mají výšku  $+90^\circ$  a svislé hodiny  $0^\circ$ . Zadáním výšky určíme, zda budou hodiny vertikální, nebo horizontální.

Následují rozměry číselníku. Počítejme s umístěním paty ukazatele do počátku soustavy souřadné. Vzdálenost nodu od paty ukazatele charakterizuje délka ukazatele v centimetrech. Interval hodinových rysek charakterizuje, v jakém rozmezí se nám budou značit hodiny (např. každá celá hodina).

Zvolíme-li tři datové křivky, budeme mít v návrhu čáru pro rovnodennost a dvě křivky pro slunovraty. V našich zeměpisných šířkách je vhodné použít polos. Gnómon je kolmý k číselníku slunečních hodin a tento typ se používá v rovníkových oblastech, nebo pro rovníkový typ hodin kde musíme sklonit číselník podle stupňů zeměpisné šířky.

Volba času je na každém jedinci. Pravý sluneční čas charakterizuje pohyb pravého slunce po obloze. Neshoduje se ale s našimi hodinkami. Zvolíme-li korigovaný čas na střeoevropský čas, můžeme hodiny číst a kontrolovat například s mobilním telefonem.

Obsahují-li sluneční hodiny analemy, je číselník mírně nepřehledný, a ne každý se v něm dokáže orientovat. Pokud vyrábíme hodiny například na okno třídy a víme že ostatní ví, co analema znamená, je to vhodný prostředek k přesnému určování času. Možností je zobrazení analemy jen pro dvanáctou hodinu.

Na závěr si datový soubor můžeme uložit následným zkopírováním webového odkazu. Nebo přejít ke spočítání. Ukáže se nám návrh číselníku. Pokud není podle našich představ, můžeme si jej ještě upravit dříve zadaná data. Pod náhledem jsou soubory k uložení. Můžeme si uložit, nebo vytisknout obrázek v různých grafických formátech. Zvolení souboru musí odpovídat rozložení a velikosti hodin.

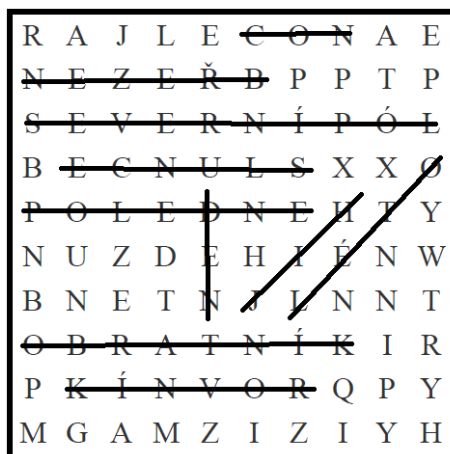
Natištěný návrh si nalepíme na podložku a z tenkého podlouhlého a dostatečně pevného materiálu si vyrobíme polos. Ze zadaných dat již víme, jak má být dlouhý, což nám vyšlo ve webové aplikaci SHC | Návrh číselníku slunečních hodin.

## 6 OPAKOVÁNÍ OSMISMĚRKY – ŘEŠENÍ PRO VYUČUJÍCÍ

Logicky zdůvodnit proč dělíme na tři úrovně.

### 6.1 ZŠ (úroveň 1)

V osmisměrce je 10 slov, která odpovídají na níže uvedené otázky. Přiřaď je!  
(Na některé otázky je stejná odpověď.)

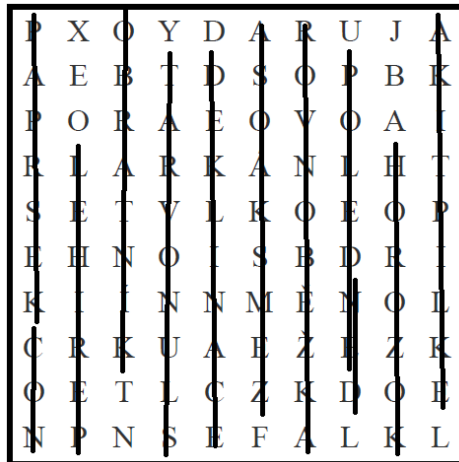


Řešením jsou slova: OBRATNÍK, POLEDNE, SLUNCE, ROVNÍK, BŘEZEN, LÉTO, SEVERNÍ PÓL, NOC, JIH, DEN

1. Jak říkáme chvíli, kdy je Slunce nejvýše na obloze? (POLEDNE)
2. Co je pomyslným centrálním bodem sluneční soustavy? (SLUNCE)
3. Slunce během dne putuje od východu na západ. Přes kterou světovou stranu Slunce putuje? (JIH)
4. Země se pohybuje kolem Slunce po elipse. V jakém ročním období je Země z pohledu severní polokoule nejdál od Slunce? (LÉTO)
5. Ležíš-li u bazénu v ČR v létě a opaluješ se, jak to vypadá na jižním pólu? (NOC)
6. Na které rovnoběžce je den během roku přibližně stejně dlouhý? (ROVNÍK)
7. Kdy jsou den a noc v ČR stejně dlouhé? (BŘEZEN)
8. V kterém ročním období je delší den než noc? (LÉTO)
9. Je-li v ČR léto, kterým směrem se vydáme, chceme-li celý den světlo a ne noc? (SEVERNÍ PÓL)
10. Jak nazýváme čas, mezi východem a západem Slunce? (DEN)
11. Kam až dopadají sluneční paprsky? (OBRATNÍK)

## 6.2 SŠ (úroveň 2)

Přiřaď odpovědi na otázky ke slovům, která jsi našel v osmisměrce.

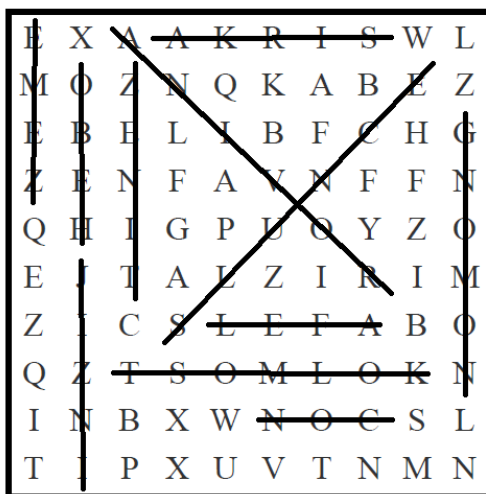


Řešením jsou slova: EKLIPTIKA, ROVNOBĚŽKY, ZEMSKÁ OSA, SLUNOVRAT, DEKLINACE, OBRAVNÍK, KOZOROH, PAPERSEK, PERIHEL, NOC, DEN

1. Jak nazýváme místa se stejnou zeměpisnou šířkou? (ROVNOBĚŽKY)
2. Jak se nazývá kružnice na nebeské sféře, po které vykonává Slunce zdánlivý pohyb? (EKLIPTIKA)
3. Jaký je název přímky kolmé na světový rovník, kolem níž rotuje Země? (ZEMSKÁ OSA)
4. Kdy má Slunce minimální/maximální deklinaci? (SLUNOVRAT)
5. Co udává sklon ekliptiky k rovině rovníku? (DEKLINACE)
6. Rovnoběžka, na níž mohou dopadat kolmo paprsky z centrální hvězdy. (OBRAVNÍK)
7. Podle kterého souhvězdí je pojmenován obratník, na který dopadají 22. 12. paprsky slunečního svitu kolmo? (KOZOROH)
8. Co se láme na hladině vody a nepochází z naší Země? (PAPERSEK)
9. Kolik hodin je ve chvíli, kdy se Slunce nachází nejvýše na obloze? (POLEDNE)
10. Kde se nachází Země na oběžné dráze kolem Slunce, je-li v ČR zima? (PERIHEL)
11. 21. 6. je na jižním pólu polární ... (NOC)
12. 21. 6. je na severním pólu polární ... (DEN)

### 6.3 SŠ (úroveň 3)

Přiřaď odpovědi na otázky ke slovům, které jsi našel v osmisměrce.



Řešením jsou slova: KOLMOST, NOC, ROVINA, ZEMĚ, OBĚH, SLUNCE, GNÓMON, ŠÍŘKA, ZENIT, AFEL, JIŽNÍ

1. Jak se říká nejstaršímu ukazateli na slunečních hodinách, který má tvar tyče?  
(GNOMON)
2. Jaký úhel je mezi gnómonem (ukazatel) a horizontem? (KOLMOST)
3. Jak říkáme geometrickému útvaru, který je určen třemi různými body?  
(ROVINA)
4. Název třetí nejbližší planety ke Slunci? (ZEMĚ)
5. Najdi sloveso vystihující pohyb Země kolem Slunce. (OBĚH)
6. Co je pomyslným centrálním bodem sluneční soustavy. (SLUNCE)
7. Co je během letního slunovratu v ČR na jižním pólu? (NOC)
8. Úhel mezi ukazatelem a podložkou u horizontálních slunečních hodin určuje zeměpisná ... (ŠÍŘKA)
9. Na které polokouli jsou větší rozdíly mezi létem a zimou? (JIŽNÍ)
10. Jak pojmenujeme místo, ve kterém se nachází Slunce přímo nad naší hlavou?  
(ZENIT)
11. Nejvzdálenější pozice Země vůči Slunci. (AFEL)

## 6.4 Realizace ve škole

Výše uvedené metody, videa, příklady a pracovní listy jsem se rozhodla vyzkoušet na Základní škole Klenovice na Hané. Oslovila jsem jednoho z pedagogů. Domluvili jsme si setkání, kde jsem mu vysvětlila systém mé práce, co lze využít a nechala jsem konkretizování struktury hodiny již na něm.

Vyučující zvolil toto téma do hodiny informatiky. Nejprve měli žáci za úkol najít na svém emailu video, které jim bylo zasláno a pustit si jej. Poté proběhla malá diskuze, kde si vyučující ověřil, zda žáci pochopili danou problematiku. Následovala tvorba modelu v programu na webu sundialzone.com. Vyučující si zvolil Postup 1. Hned ve vyučování žákům hodiny natiskl a žáci si model vystřihli a slepili. Šikovnější žáci na závěr vyplnili osmisměrku. Podle zpětné vazby vyučujícího zvládli vyplnit osmisměrku pouze šikovnější žáci. Problém viděl spíše v nedostatku času než v neschopnosti žáků. Nicméně práce žáků byla negativně ovlivněna velkým počtem žáků ve vyučovací hodině, takže vyučující nemohl poskytnout individuální přístup všem žákům. V tomto ohledu byla do hodiny zapojena i asistentka učitele k žákům s individuálním plánem a s poruchou učení. Dalším problémovým bodem byl pomalý internet a obtíže při tisku, jednalo se tedy o komplikace technického rázu, které vyučující musel v hodině rovněž řešit.

Na konci vyučování měli žáci zhodnotit aktivity v hodině. Hodnocení proběhlo formou diskuze. Nejvíce se žákům líbil model slunečních hodin, který si mohou doma upevnit na okno, či jiný podklad. Video je zajímavé, ale nepamatovali si příliš mnoho poznatků. Důvodem je nejspíše nedostatečné věnování času ukotvování vědomostí. Samotné vystřihování a lepení bylo zprostředkováno pomůckami z výtvarné výchovy a žáci s menší nápovědou vyučujícího vše zkonstruovali.

Vyučující hodnotil aktivity pozitivně. Líbila se mu variabilita průběhu vyučovací hodiny. Podotkl, že je toto téma naprosto vhodné a splňuje požadavky na interdisciplinaritu, která je v moderním školství tolik žádaná, nicméně spolupráce mezi vyučujícími je komplikovanější, než český vzdělávací systém předpokládá. Pomíjí rozdílnost vzdělání a přístupu ke školství, kdy napříč pedagogy jsou velké rozdíly v přístupu ke vzdělání jako celku. Ideální by bylo, kdyby žáci lepili hodiny až ve výtvarné výchově. Přes všechny komplikace, se žákům i vyučujícímu hodina líbila a uvítal by další zpracované průřezové témata do hodin informatiky.

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá slunečními hodinami a jejím přiblížením široké veřejnosti. Abychom konkretizovali cíl, rozdělme jej na čtyři hlavní části. Přiblížení žákům ZŠ, studentům SŠ, VŠ a okolí. K tomu abychom mohli seznámit veřejnost s problematikou tvorby a fungováním slunečních hodin, je nezbytné nejprve vysvětlit základní astronomické pojmy, které mají vliv při sestrojování slunečních hodin. K tomuto cíli lze využít tři způsoby: *odbornou literaturu, video-tutoriály či expozice přednášejícího (heuristická metoda, simulace, atd.)*.

Z odborné literatury lze zmínit například práci Miroslava Brož a kol.: *Sluneční hodiny na pevných stanovištích*, která je svým charakterem naučná a vysvětluje základní pojmy, včetně katalogu slunečních hodin na pevných stanovištích v ČR. Z video-tutoriálů lze použít například videa od *Evropské vesmírné agentury* či *Khanovy školy*. Jako nejvhodnější metoda předávání poznatků se jeví vzájemná provázanost jednotlivých přístupů. V současné době nejprogresivnější metodou je způsobu tzv. *flipped classroom*, převrácené třídy, který využívá technologie 21. století k vzdělávání.

Součástí diplomové práce byla výroba slunečních hodin do areálu Přírodovědecké fakulty. Samotné dílo malé architektury bylo zhotoveno z pískovce s navrtaným kovaným číselníkem. Povrch byl ošetřen proti nepříznivému počasí a byly vyřešeny možné nástrahy zničení polosu. Hodiny byly vyrobeny a v současnosti (květen, 2018) zbývá pouze jejich umístění do samotného areálu. Drobné objekty zasazené do veřejného prostranství, v našem případě před Přírodovědeckou fakultu, dokážou zatraktivnit okolí a přitáhnout tak pozornost k samotnému vzdělání, respektive univerzitě.

Finance na výrobu slunečních hodin byly sehnány z projektu Hýčkejte svou alma mater. Tento doplněk parku by měl sloužit nejen studentům vysoké školy, ale upoutat pozornost kolemjdoucích a návštěvníků města Olomouce. Jsou jedinečné svou korekcí pravého slunečního času na střeoevropský čas pro každou hodinovou risku, tento typ hodin označujeme jako analematické sluneční hodiny. Analemy byly vykovány uměleckým kovářem, a tak se stávají i kulturním dědictvím města pro budoucí generace.

V rámci diplomové práce byly vytvořeny pracovní listy a aktivity, které lze vyučující využít ve vyučovacích hodinách, jak na ZŠ tak i na SŠ. V práci je rovněž popsán postup, jak lze vyrobit sluneční hodiny pro vlastní domov, a tak rozšířit povědomí o slunečních hodinách i na širokou veřejnost.

## 8 SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

- 1) ABDULLATIF, Mohammad. *Al-Battani Contributions in Astronomy and Mathematics* [online]. International Islamic University Malaysia, 2011 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/260877427\\_Al-Battani\\_Contributions\\_in\\_Astronomy\\_and\\_Mathematics](https://www.researchgate.net/publication/260877427_Al-Battani_Contributions_in_Astronomy_and_Mathematics)
- 2) BÁRTA, Miroslav. *Příběh civilizace: vzestup a pád stavitelů pyramid*. Praha: Academia, 2016. ISBN 978-80-200-2613-2.
- 3) BAJER, Jiří. *Mechanika 2*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. ISBN 80-244-0884-8.
- 4) BARTELS, Meghan. Early Tech Adopters in Ancient Rome Had Portable Sundials. *Smithsonian.com* [online]. 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/early-tech-adopters-ancient-rome-had-portable-sundials-180962225/>
- 5) BLATEYRON, Francois. *Sluneční hodiny & Astroláb: Uživatelský manuál Shadows Pro*. 2011.
- 6) *Border sundials: History of sundials* [online]. 2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: (<https://www.bordersundials.co.uk/about-sundials/history/>)
- 7) BROŽ, Miroslav, ed. *Sluneční hodiny na pevných stanovištích: Čechy, Morava, Slezsko a Slovensko*. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1204-4.
- 8) BRDIČKA, Bořivoj. Má převrácená třída smysl?. *RVP: Metodický portál inspirace a zkušenosti učitelů* [online]. 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/17725/MA-PREVRACENA-TRIDA-SMYSL.html>
- 9) BURGHARDT, Wayne. How does the length of day and night vary at the equator throughout the year?. *Chicago Tribune* [online]. 2011 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: [http://articles.chicagotribune.com/2011-07-08/news/ct-wea-0708-asktom-20110708\\_1\\_equator-length-daylight](http://articles.chicagotribune.com/2011-07-08/news/ct-wea-0708-asktom-20110708_1_equator-length-daylight)
- 10) COATES, Jade. The Horologium Augusti, or when a sundial is not a sundial. *Lucius' Romans* [online]. University of Kent, 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://blogs.kent.ac.uk/lucius-romans/2017/04/13/the-horologium-augusti-or-when-a-sundial-is-not-a-sundial/>
- 11) Digital Sundials International [online]. 2016 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.digitalsundial.com/product.html>
- 12) DVOŘÁKOVÁ, Irena. Heuréka - heuristická metoda ve fyzice. Metodický portál RVP: inspirace a zkušenosti učitelů [online]. 2004 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/136/HEUREKA---HEURISTICKA-METODA-VE-FYZICE.html/>
- 13) GRIMSLEY, Ronald. Jean Le Rond d'Alembert: French mathematician and philosopher. *Encyclopaedia Britannica* [online]. 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Jean-Le-Rond-dAlembert>
- 14) LEPIL, Oldřich. *Vybrané kapitoly k modulu: Didaktika Fyziky* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012 [cit. 2018-05-03]. ISBN 978-80-244-3297-7. Dostupné z: [http://mofy.upol.cz/vystupy/02\\_texty/modul\\_dfy2.pdf](http://mofy.upol.cz/vystupy/02_texty/modul_dfy2.pdf)

- 15) MAYALL, Newton a Margaret MAYALL. *Sundials: Their Construction and Use*. New York: Dover Publications, 2000. ISBN 978-0486411460.
- 16) MECHLOVÁ, Erika, Antonín BALNAR, Halina FRANKOVÁ, Marta JEDLIČKOVÁ, Libor KONÍČEK a Petr SMYČEK. *Metodika výuky fyziky na 2. stupni základních škol a středních školách z pohledu pedagogické praxe – náměty pro začínajícího učitele* [online]. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2010 [cit. 2018-05-03]. ISBN 978-80-7368-884-4. Dostupné z: <http://projekty.osu.cz/synergie/dok/opory/mechlova-metodika-vyuky-fyziky-na-2-stupni-zs-a-ss.pdf>
- 17) *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: Bílá kniha*. Praha: Tauris, 2001. ISBN 80-211-0372-8.
- 18) *Sluneční hodiny* [online]. Miloš Nosek, 2018 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz/index.html>
- 19) PANOU, Evangelia, Konstantinos KALACHANIS, a Vassilios MANIMANIS. *The ancient Greek Sundials of Athens.: Applied Science Reports*. [online]. Athény: Department of Astrophysics-Astronomy and Mechanics, School of Physics, National and Kapodistrian University of Athens, 2014 [cit. 2018-04-23]. ISSN 2310-9440. Dostupné z:
- 20) ROHR, René R. J. *Sundials: History, Theory, and Practice*. New York: Dover Publications, 1996. ISBN 0486291391.
- 21) [https://www.researchgate.net/publication/260393038\\_The\\_ancient\\_Greek\\_Sundials\\_of\\_Athens](https://www.researchgate.net/publication/260393038_The_ancient_Greek_Sundials_of_Athens)
- 22) ROMÉY, Kristin. Ancient Sundial Find Celebrated Roman Election Win. *National Geographic* [online]. 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://news.nationalgeographic.com/2017/11/ancient-rome-election-victory-sundial-archaeology/>



## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1.: Princip fungování slunečních hodin*

*Obr. 2.: Polární sluneční hodiny*

*Obr. 3.: Vykreslení grafu časové rovnice*

*Obr. 4.: Vykreslení grafu časové rovnice pro Olomouc 2018*

*Obr. 5.: Hodinový úhel*

*Obr. 6.: Sluneční hodiny jako umělecké dílo*

*Obr. 7.: Sluneční hodiny znázorňující poledne ve světě*

*Obr. 8.: Sluneční hodiny fungující na principu azimutu).*

*Obr. 9.: Schéma vývoje způsobu měření času s důrazem na sluneční hodiny*

*Obr. 10.: Nejstarší dochované sluneční hodiny*

*Obr. 11.: Foto mramorových slunečních hodin z Athén.*

*Obr. 12.: Foto mramorových slunečních hodin z Athén.*

*Obr. 83.: Skafé – typ sluneční hodiny dominantní ve Středomoří.*

*Obr. 149., 15. a 16.: Fotografie pohybu polední značky v katedrále Santa Maria del Fiore ve Florencii.*

*Obr. 17.: Satelitní snímek areálu PŘF.*

*Obr. 18.: Návrh umístění slunečních hodin v areálu PŘF.*

*Obr. 19.: Umístění hodin v areálu PŘF – detail.*

*Obr. 1020: Návrh číselníku slunečních hodin pro PŘF.*

*Obr. 21.: Model: 11:28, 7. listopadu 2017.*

*Obr. 22.: Analema modelu.*

*Obr. 23: Návrh č.1 a.*

*Obr.24: Návrh č.1 b.*

*Obr. 25.: Návrh č. 3.*

*Obr. 26.: Návrh č. 4.*

*Obr. 27.: Návrh č. 5 a.*

*Obr. 1128.: Návrh č. 5 b.*

*Obr. 29.: Trny pro zapuštění do pískovce, vypálená čísla.*

*Obr. 30.: Trny pro zapuštění do pískovce, vypálená čísla.*

*Obr. 31.: Kótovaná čísla.*

*Obr. 32.: Návrh číselníku – vyznačení čar pro kování.*

*Obr. 33.: Dokumentace výroby.*

*Obr. 34.: Grafický návrh – pískovec a kováný číselník.*

*Obr. 35.: Ukazatel.*

*Obr. 36.: Detail kování – analem.*

*Obr. 37.: Konečný vzhled slunečních hodin.*

*Obr. 1238.: Délka dne, soumraku a noci v našich zeměpisných šířkách.*

*Obr. 1339.: Putování Slunce po obloze během roku.*

*Obr. 40.: Putování Slunce po obloze – rovník.*

*Obr. 41.: Putování Slunce po obloze – polární kruh.*

*Obr. 42.: Putování Slunce po obloze – ČR.*

*Obr. 43.: Oběh Země kolem Slunce.*

*Obr. 44.: Schéma nebeské sféry.*

*Obr. 45.: Snímek úvodní strany webu [www.sundialzone.com](http://www.sundialzone.com).*

*Obr. 46.: Vyhledávání umístění slunečních hodin.*

*Obr. 47.: Volba stěny budovy a provázání s mapovým serverem Google Maps.*

*Obr. 48.: Parametry výsledné polohy slunečních hodin.*

*Obr. 49.: Konečná grafická podoba slunečních hodin, včetně souboru pdf určeného k tisku.*

*Obr. 5014.: SHC | Návrh číselníku slunečních hodin.*

*Obr. 51.: Schéma určení azimutu.*

## **10 SEZNAM TABULEK**

*Tab. č. 1.: Parametry zadané do internetového programu určeného k vytvoření slunečních hodin.*

*Tab. 2.: Vybrané datумы zimního a letního slunovratu a podzimní a jarní rovnodennosti.*

*Tab. 3.: Video pro výuku na ZŠ.*

*Tab. 4.: Problematické otázky k heuristické metodě pro žáky ZŠ.*

*Tab. 5.: Ověřující otázky k simulační metodě.*

*Tab. 6.: Video pro Gymnázium.*

*Tab. 7.: Heuristické otázky pro výuku slunečních hodin na gymnáziu.*

## 11 PŘÍLOHY

### 11.1 Příloha 1

PRACOVNÍ LIST PRO ZŠ

# POHYB SLUNCE A ČAS

*Co potřebujeme: baterku, A4 bílý papír, tužku, hrníček, tmavou místnost.*

**KAM DOPADÁ STÍN?  
NAKRESLI JEJ A  
POKUSEM OVĚŘ.**



**KAM MUSÍŠ UMÍSTIT  
BATERKU, ABY STÍN  
VYPADAL JAKO NA  
OBRÁZKU? NEJPRVE  
NAKRESLI, PAK OVĚŘ.**



### SLUNCE

Určitě jsi si všiml, že tvůj stín se během dne při svitu Slunce také mění. Urči si na papíře světové strany a zkus baterkou ukázat, jak se pohybuje Slunce po obloze během dne.

### NÁVRH SLUNEČNÍCH HODIN

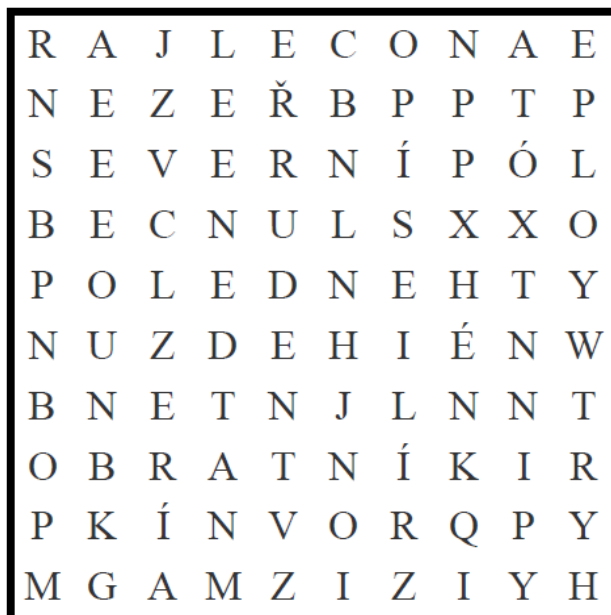
Jak bychom mohli využít stín k poznávání času? **Navrhni sluneční hodiny.**

Porovnej své úvahy s ostatními. Diskutujte o svých výsledcích.

## 11.2 Příloha 2

OSMISMĚRKA ZŠ (úroveň 1)

V osmisměrce je **10 slov**, která odpovídají na níže uvedené otázky. **Přiřad' je!**  
(Na některé otázky je stejná odpověď.)



1. Jak říkáme chvíli, kdy je Slunce nejvýše na obloze?
2. Co je pomyslným centrálním bodem sluneční soustavy?
3. Slunce během dne putuje od východu na západ. Přes kterou světovou stranu Slunce putuje?
4. Země se pohybuje kolem Slunce po elipse. V jakém ročním období je Země z pohledu severní polokoule nejdál od Slunce?
5. Ležíš-li u bazénu v ČR v létě a opaluješ se, jak to vypadá na jižním pólu?
6. Na které rovnoběžce je den během roku přibližně stejně dlouhý?
7. Kdy jsou den a noc v ČR stejně dlouhé?
8. V kterém ročním období je delší den než noc?
9. Je-li v ČR léto, kterým směrem se vydáme, chceme-li celý den světlo a ne noc?
10. Jak nazýváme čas, mezi východem a západem Slunce?
11. Kam až dopadají sluneční paprsky?

### 11.3 Příloha 3

OSMISMĚRKA SŠ (úroveň 2)

Přiřaď odpovědi na otázky ke slovům, které jsi našel v osmisměrce.

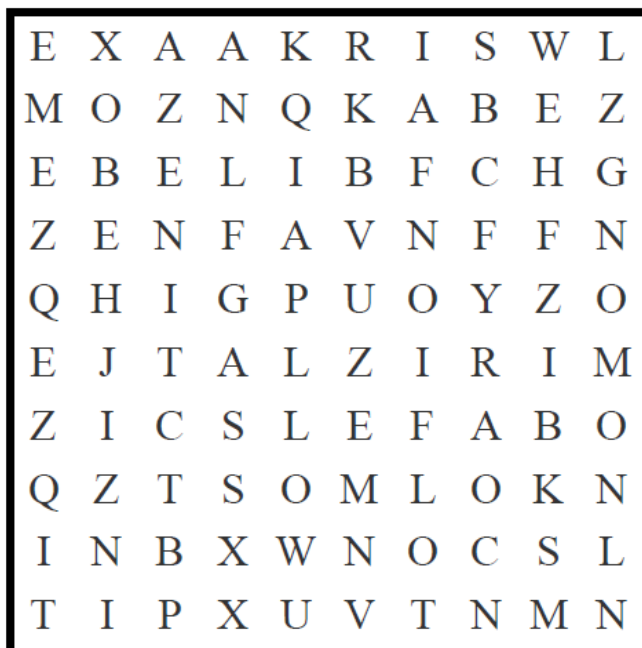


1. Jak nazýváme místa se stejnou zeměpisnou šířkou?
2. Jak se nazývá kružnice na nebeské sféře, po které vykonává Slunce zdánlivý pohyb?
3. Jaký je název přímky kolmé na světový rovník, kolem níž rotuje Země?
4. Kdy má Slunce minimální/maximální deklinaci?
5. Co udává sklon ekliptiky k rovině rovníku?
6. Rovnoběžka, na níž mohou dopadat kolmo paprsky z centrální hvězdy.
7. Podle kterého souhvězdí je pojmenován obratník, na který dopadají 22. 12. paprsky slunečního svitu kolmo?
8. Co se láme na hladině vody a nepochází z naší Země?
9. Kolik hodin je ve chvíli, kdy se Slunce nachází nejvýše na obloze?
10. Kde se nachází Země na oběžné dráze kolem Slunce, je-li v ČR zima?
11. 21. 6. je na jižním pólu polární ...
12. 21. 6. je na severním pólu polární ...

## 11.4 Příloha 4

SŠ (ÚROVEŇ 3)

Přiřaď odpovědi na otázky ke slovům, které jsi našel v osmisměrce.



1. Jak se říká nejstaršímu ukazateli na slunečních hodinách, který má tvar tyče?
2. Jaký úhel je mezi gnómonem (ukazatel) a horizontem?
3. Jak říkáme geometrickému útvaru, který je určen třemi různými body?
4. Název třetí nejbližší planety ke Slunci?
5. Najdi sloveso vystihující pohyb Země kolem Slunce.
6. Co je pomyslným centrálním bodem sluneční soustavy.
7. Co je během letního slunovratu v ČR na jižním pólu?
8. Úhel mezi ukazatelem a podložkou u horizontálních slunečních hodin určuje zeměpisná ...
9. Na které polokouli jsou větší rozdíly mezi létem a zimou?
10. Jak pojmenujeme místo, ve kterém se nachází Slunce přímo nad naší hlavou?
11. Nejbližší pozice Země vůči Slunci.