

## Nová akvizice Národní knihovny a její význam pro dějiny astronomie

PETR HADRAVA – ALENA HADRAVOVÁ

**New Acquisition of the National Library and its Meaning for the History of Astronomy.** The National Library in Prague acquired in 2016 incunabula of *Opus super sapientiam Salomonis* by Robert Holkot to which eighteen manuscript pages are added. They contain two astronomical tables and a short explanatory text. One of the tables is the Table of astrological houses for the seventh clima. The other one – the Equation of time – is ascribed to Wenceslaus Faber of Budweis and it is really identical with the table published in his *Opusculum tabularum utile verarum Solis et Lunae coniunctionum* (1494). Both tables are analyzed here and discussed in their historical contexts.

**Keywords:** history of astronomy • Wenceslaus Faber de Budweis • astronomical tables

V roce 2016 získala Národní knihovna ČR (NK) v Praze do svých sbírek inkunábuli se zajímavým rukopisným přívazkem. Tento svazek je nyní označen signaturou Praha, NK 40 E 47.

Inkunábuli vydal 26. 2. 1483 Peter Drach (1455–1504) ve Špýru. Jejím obsahem je text anglického dominikánského teologa Roberta Holkota (asi 1290–1349) *Opus super sapientiam Salomonis*. V *Incunabula Short Title Catalogue* (ISTC) Britské knihovny, kde je inkunábule označena číslem ih00289000, můžeme zjistit, že se v několika výtiscích nachází i v českých knihovnách, a můžeme zde nalézt také odkaz na elektronické faksimile výtisku z Universitäts- und Landesbibliothek v Darmstadtu.

To, čím je tento nový přírůstek Národní knihovny zajímavý, je právě přívazek osmnácti rukopisných stran. Jejich obsahem jsou dvě astronomické tabulky a doprovodný vysvětlující text. Jedna z těchto tabulek je připisována českému astronomovi Václavu Faberovi z Budějovic. V tomto příspěvku si proto napřed připomeneme osobnost Václava Fabera a pak se zaměříme na rozbor samotných tabulek.

## Václav Faber z Budějovic

Václav Faber (Wenceslaus Faber de Budweis, Wenzel, Václav Fabri) byl astronom, teolog a lékař.<sup>1</sup> Narodil se v Českých Budějovicích mezi lety 1455 a 1460, zemřel roku 1518. Byl autorem čtených almanachů, pranostik a minucí, které byly velmi často vydávány tiskem (jejich studiem se zabýval např. Kamil Boldan).<sup>2</sup> Díky nim se Faber stal nejvydávanejším českým astronomem své doby. Michael Milway<sup>3</sup> sestavil seznam tisků, které mezi lety 1450 a 1500 vyšly v největším počtu vydání, a mezi nimi uvádí sedmaosmdesát Faberových publikací, které z Václava Fabera činí prvního nejvydávanejšího českého autora a dvačtyřicátého nejvydávanejšího autora v Evropě. ISTRC udává celkem 94 jeho prací vydaných mezi lety 1482 a 1501, z toho je 58 německých a latinských pranostik a 34 almanachů. *Gesamtkatalog der Wiegendrucke* (GW) zaznamenává celkem 102 Faberových tisků.

Václav Faber studoval v Lipsku, kde se roku 1477 stal bakalářem a roku 1479 mistrem. Na univerzitě v Lipsku poté učil, v roce 1488 byl jejím rektorem. V Lipsku také vydal většinu svých prací (72 podle ISTRC), zpočátku u zakladatele tamního knihtisku Marka Brandise. V roce 1497 se Faber stal doktorem medicíny. Od roku 1499 působil jako lékař v Mostě a od roku 1505 jako farář v Českých Budějovicích. Václav Faber napsal mimo jiné také komentáře k Sacroboskově spisu *De sphaera*, které vyšly tiskem v letech 1495 (Martin Landsberg, Lipsko, ISTRC ij00416000 a ij00416500), 1499 (Wolfgang Stöckel, Lipsko, ISTRC ij00420000), 1500 (Heinrich Quentell, Kolín nad Rýnem, ISTRC ij00422000) a 1520 (Martin Landsberg, Lipsko, ISTRC ij00424500). ISTRC uvádí celkem třicet sedm vydání Sacroboskových prací mezi lety 1472 a 1520, z toho pětatřicetkrát jde o jeho *Sféru*, která v té době patřila k základním učebnicím astronomie. Známé je také Faberovo dílo *Opusculum tabularum utile verarum Solis et Lunae coniunctionum* (Martin Landsberg /?/, Lipsko, c. 1494–1495, ISTRC if00009000, a 1499, ISTRC if00009500). V rukopise Praha, NK XII F 34 je na fol. 1r–71v opis práce *Theoricae planetarum* Georga Peurbacha (1423–1461), k němuž jsou rovněž připojeny komentáře Václava Fabera.

Faberovo dílo vzbuzuje zájem dnešních historiků astronomie v Evropě i Americe. Např. Faberovu knihovnu zkoumal Don C. Skemer<sup>4</sup> z Princetonské knihovny, která získala některé svazky z Faberova vlastnictví. Faberovými astrologickými

<sup>1</sup> K jeho osobnosti i nejnovější literatuře srov. biografické heslo v práci: HADRAVOVÁ, v tisku.

<sup>2</sup> BOLDAN 2008.

<sup>3</sup> MILWAY 2000, s. 142.

<sup>4</sup> SKEMER 2007.

spisy a jejich kontexty se zabýval Jonathan Green<sup>5</sup> a Faberovy tabulky podrobně studoval Richard L. Kremer.<sup>6</sup>

## Rukopisný přívazek inkunábule Praha, NK 40 E 47 – Tabulka astrologických domů

Prvních čtrnáct stran rukopisného přívazku obsahuje tabulku standardních astrologických domů<sup>7</sup> pro sedmé klima (tj. zeměpisné pásmo kolem 49. stupně zeměpisné šířky). Na každé stránce je tabulka ekliptikálních délek (uvedených ve stupních znamení a v úhlových minutách) hranic šesti astrologických domů pro polohy ascendentu (tj. průsečíku ekliptiky s horizontem) v každém ze třiceti stupňů jednotlivých znamení zvěrokruhu. Kromě toho jsou v každé tabulce ještě dva časové údaje (v hodinách a časových minutách), vztahující se k poloze Slunce v těchto bodech ekliptiky. Proto jsou jednotlivé stránky nadepsány *Sol in Ariete*, *Sol in Thauro*, nebo dále jen značkami jednotlivých znamení. První strana je navíc nadepsána *Tabula de domibus ad septimum clima*. Sloupce ekliptikálních délek jsou na této stránce nesprávně označeny čísly zhuštěnými jen u posledních tří domů. Na druhé stránce nadepsané znaméním Býka jsou omylem opsána opět čísla z první strany, navíc s dalšími chybami, a poslední sloupce jsou nedopsány. Proto je třetí strana opět nadepsána *Tabula domorum ad septimum clima* a celá tabulka pro znamení Berana je tentokrát bezchybně opsána znova. Takto tabulka pokračuje pro následující znamení na dalších jedenácti stranách. Schematicky můžeme její začátek znázornit takto:

Tabula domorum ad septimum clima

Sol in Ariete

			prima	secunda	tercia	quarta	quinta	sexta
Arietis meridiei horologii			Libre	Scorpionis	Sagittarii	Capricorni	Capricorni	Aquarii
gr.	h. m.	h. m.	g.	g. m.	g. m.	g. m.	g. m.	g. m.
1	6 4	12 5	1	3 18	3 16	1 15	<u>29 4</u>	<u>28 56</u>
2	6 7	12 11	2	4 24	4 25	2 30	0 15	0 3
3	6 11	12 16	3	5 30	5 34	3 46	1 26	1 11
4	6 14	12 22	4	6 36	6 43	5 2	2 37	2 18

<sup>5</sup> GREEN 2012.

<sup>6</sup> KREMER 2003; KREMER 2008.

<sup>7</sup> Srov. PEDERSEN 2002, část 3, s. 1075–1077.

V místech podtržení v posledních sloupcích jsou interlineárně vepsána následující znamení, *Aquarius* a *Pisces*.

První sloupec s čísly stupňů je vždy znovu označen jménem nebo značkou příslušného znamení. Další dvojice sloupců má nadpis (*bora*) *meridiei* a jsou v ní uvedeny (rovnoměrné) hodiny (*h.*) a minuty (*m.*), které uplynou od východu jarního bodu<sup>8</sup> do průchodu příslušného bodu ekliptiky místním poledníkem. Tento údaj je tedy pouze o 6 hodin posunutý vůči rektascenzi  $\alpha$  bodu s ekliptikální délkou  $\lambda$ . Druhý časový údaj v následujících sloupcích je nadepsán (*bora*) *horologii*, což znamená rovnoměrné hodiny (*h.*) a minuty (*m.*) udávané mechanickými orloji. K rozboru tabelovaných hodnot můžeme užít postupu fitování metodou nejmenších čtverců, který jsme podrobněji popsali již dříve.<sup>9</sup> Zde se proto omezíme jen na stručný komentář a shrnutí výsledků. Z výsledku vyplývá, že hodnoty udávají časy od východu jarního bodu k západu příslušného bodu ekliptiky, a tedy i Slunce, pokud se v něm nachází. Proti předcházejícímu údaji je tedy tento čas pozdější o hodinový úhel  $\tau$  Slunce při západu, což je polovina délky dne v příslušném ročním období. Tento hodinový úhel je také základem obvyklé definice astrologických domů, které dělí interval hodinového úhlu ascendentu od meridiánu na třetiny. Ekliptikální délky hranic domů jsou uvedeny ve zbývajících sloupcích tabulky, a to v jednotkách znamení (*Libra*, *Scorpius*...), stupňů (*g.*) a minut (*m.*).

Výpočty všech těchto veličin jsou úlohou sférické trigonometrie. Rektascenzi  $\alpha$  bodu s nulovou ekliptikální šířkou můžeme vypočítat ze vztahu

$$(1) \quad \cos \lambda = \cos \delta \cos \alpha ,$$

kde  $\delta$  je deklinace tohoto bodu (nebo Slunce v něm) daná výrazem

$$(2) \quad \sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda$$

a  $\varepsilon$  je sklon ekliptiky k rovníku. Obě tyto rovnice vyplývají z Meneláovy<sup>10</sup> věty, užívané v antice k řešení různých geometrických problémů. Podle této věty platí

<sup>8</sup> Východy a západy vesmírných těles (a tím spíše i teoreticky definovaných bodů ekliptiky, jako jsou jarní bod, hranice astrologických domů atd.) byly ve Faberově době samozřejmě počítány bez zahrnutí vlivu refrakce.

<sup>9</sup> HADRAVA 2003; HADRAVA – HADRAVOVÁ 2008.

<sup>10</sup> Meneláos z Alexandrie, asi 70–130 n. l. Jeho spis *Sfairika* se dochoval v arabském překladu.

pro obecný sférický trojúhelník  $ABC$  a průsečíky  $X$ ,  $Y$  a  $Z$  další, čtvrté hlavní kružnice postupně se stranami  $BC$ ,  $CA$  a  $AB$  vztah

$$(3) \quad \sin BX \sin CY \sin AZ = \sin CX \sin AY \sin BZ .$$

Z Meneláovy věty vyplývají i sinová a kosinová věta, které jsou základními prostředky sférické trigonometrie, vyvinuté postupně v průběhu středověku islámskými a evropskými matematiky a astronomy.<sup>11</sup> Rovnice (1) udává průsečíky slunovratového koluru s trojúhelníkem vymezeným rovníkem, ekliptikou a deklinační kružnicí, druhá pak průsečíky rovníku s trojúhelníkem daným ekliptikou, deklinační kružnicí a slunovratovým kolurem. Meneláovu větu uvádí a dokazuje Ptolemaios (asi 100–165 n. l.) ve svém *Almagestu* I 13.<sup>12</sup> Závislost  $\delta = \delta(\lambda)$ , vyjádřenou vztahem (2), odvozuje v kapitole I 14 a pro jím určenou hodnotu  $\varepsilon$  tabeluje s krokem  $3^\circ$  v *Almagestu* I 15.<sup>13</sup> Výpočet  $\alpha = \alpha(\lambda)$  Ptolemaios ukazuje v kapitole I 16, kde také uvádí přírůstky  $\Delta\alpha$  s krokem  $\Delta\lambda = 10^\circ$ .<sup>14</sup> Podrobněji, s krokem  $1^\circ$ , je závislost  $\alpha = \alpha(\lambda)$  tabelována v Ptolemaiových *Přírůčnících tabulkách*.<sup>15</sup> Tabulka  $\alpha = \alpha(\lambda)$  pak byla obvyklou součástí i pozdějších astronomických tabulek, např. Toledských.<sup>16</sup>

Zatímco čas průchodu libovolného nebeského tělesa poledníkem je stejný pro všechny pozorovatele na stejném poledníku a je právě o šest hodin větší než čas východu tohoto tělesa pro pozorovatele na rovníku,<sup>17</sup> čas východu (nebo západu) pro jiného pozorovatele závisí na jeho zeměpisné šířce  $\varphi$ . Od času průchodu meridiánem se liší o hodinový úhel  $\tau$  průsečíku kružnice konstantní deklinace s obzorem. Jeho výpočtem se Ptolemaios zabývá v *Almagestu* II 7,<sup>18</sup> kde opět užitím Meneláovy věty, tentokrát pro průsečíky meridiánu, rovníku, horizontu a deklinační kružnice vedené vycházejícím bodem, odvozuje vztah<sup>19</sup>

<sup>11</sup> Srov. NEUGEBAUER 1975, s. 26–30.

<sup>12</sup> TOOMER 1984, s. 64–69.

<sup>13</sup> Tamtéž, s. 69–72.

<sup>14</sup> Tamtéž, s. 71–73.

<sup>15</sup> Srov. TIHON 2011, s. 97–100; MERCIER 2011, s. 10–13 a s. 80–82.

<sup>16</sup> Srov. PEDERSEN 2002, část 3, s. 972–975.

<sup>17</sup> Na rovníku je nebeská sféra tzv. „vzprímená“, tj. všechny objekty vycházejí a zapadají kolmo na obzor. Odtud je také odvozen název „rektascenze“, což znamená přímý východ.

<sup>18</sup> TOOMER 1984, s. 90–99.

<sup>19</sup> Tento vztah můžeme odvodit také z kosinové věty v nautickém trojúhelníku, který je pro bod na obzoru pravouhlý.

$$(4) \quad \cos \tau = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi .$$

Hodinový úhel lze udávat v úhlových i časových jednotkách, přičemž 1 hodina je ekvivalentem  $15^\circ$ , takže 4 časové minuty odpovídají  $1^\circ$ .

Dosažením  $\delta = \delta(\lambda)$  ze vztahu (2) lze vypočítat  $\tau = \tau(\lambda)$  pro různé hodnoty zeměpisné šířky. Ptolemaios je uvádí v *Almagestu* II 8<sup>20</sup> s krokem  $\Delta \lambda = 10^\circ$  pro 10 z celkem 39 rovnoběžek s nenulovou šířkou, popsanych v kapitole II 6 a v *Příručních tabulkách*<sup>21</sup> s krokem  $\Delta \lambda = 1^\circ$  pro sedm tzv. klimat, tedy vybraných šířek. Z nich sedmé je uvedeno jako ústí řeky Borysthenés, dnes nazývané Dněpr, s délkou dne o letním slunovratu 16 hodin a zeměpisnou šířkou  $48^\circ 32'$  (ve skutečnosti  $46^\circ 42'$ ). Tabulky těchto tzv. šikmých východů pro různá, někdy poněkud modifikovaná klimata pak byly opět zařazovány do pozdějších astronomických tabulek.

Z hodinového úhlu  $\tau$  můžeme vypočítat hranice standardních astrologických domů a jim odpovídající ekliptikální délky pro různá klimata. V rektascenzi je počátek  $k$ -tého domu definován výrazem  $\alpha_k = \alpha_0 + 180^\circ + (k - 1) \tau/3$ , kde  $k = 1, \dots, 4$  je jeho pořadí podle číslování v této tabulce a  $\alpha_0$  je výše vypočtená rektascenze ascendentu, nebo  $\alpha_k = \alpha_0 + (k - 7)(60^\circ - \tau/3)$ , pro  $k = 5, 6$ . Pro druhou šestici domů ( $k = 7, \dots, 12$ ) platí  $\alpha_k = \alpha_{k-6} + 180^\circ$ . Rektascenzi je pak potřeba převést na ekliptikální délku podle vztahu

$$(5) \quad \operatorname{tg} \alpha = \cos \varepsilon \operatorname{tg} \lambda ,$$

který vyplývá z Meneláovy věty pro průsečíky deklinační kružnice s trojúhelníkem rovníku, slunovratového koluru a ekliptiky, nebo jej můžeme odvodit vyloučením  $\delta$  z rovnic (1) a (2).

Podobné tabulky astrologických domů pro různá klimata sloužily k výpočtu horoskopů a byly vydávány i tiskem, v detailech uspořádání a v číselných hodnotách se však mírně lišily (např. Johannes Angelus, Benátky 1494, ISTC ia00712000, kde jsou hodnoty zaokrouhleny na celé stupně). Hlavním obsahem první tabulky studovaného přívazku je tedy výpis z takové tabulky pro sedmé klima. Tomu odpovídá i průvodní text na poslední straně přívazku, který je nadepsán slovy *Er{r}ectio figure celi*, což znamená „vystavění obrazce nebe“, tedy horoskopu, a začíná analogickými slovy *Ad erigendum celi figuram sic proceditur...* („Pro vystavění obrazce nebe se postupuje takto...“); text pak pokračuje popisem konstrukce klasického obrazce horoskopu tvořeného vepsanými čtverci a uhlopříčkami, označujícími hranice domů.

<sup>20</sup> TOOMER 1984, s. 100–103.

<sup>21</sup> TÍHON 2011, s. 101–128; MERCIER 2011, s. 14–41 a s. 120–140.

## Tabulka ekvací dnů s nocemi

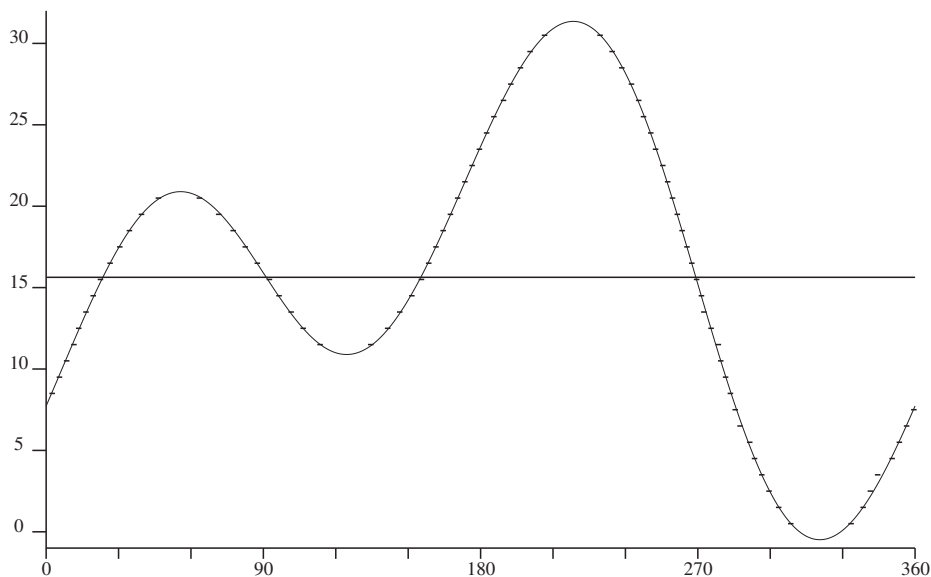
Zajímavá je druhá tabulka v rukopisném přívazku nadepsaná *Tabula equacionis dierum cum noctibus Wen(ceslai) de Budweis*, tedy *Tabulka ekvací dnů s nocemi*,<sup>22</sup> jejíž autorství je v rukopise připsáno Václavu Faberovi. Tabulka má níže uvedenou podobu, přičemž nad čísly 0 až 4 v prvním řádku jsou ještě doplněny značky znamení zvěrokruhu Berana až Lva.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
gradus	mi	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	8	18	21	16	11	14	24	31	28	15	2	0
2	8	–	–	16	–	15	24	–	28	14	–	–
3	9	–	21	15	–	–	25	–	27	13	2	0
4	–	18	20	–	–	–	–	–	–	–	1	1
5	9	19	–	–	–	15	25	–	27	13	–	–
6	10	–	–	15	–	16	26	–	26	12	–	–
7	–	–	–	14	–	–	–	–	26	–	–	–
8	10	–	–	–	–	16	–	–	25	12	1	1
9	11	19	–	–	–	17	26	–	–	11	0	2
10	–	20	–	–	–	–	27	–	25	10	–	–
11	11	–	20	14	–	17	–	–	24	10	–	2
12	12	–	19	13	–	18	27	–	24	9	–	3
13	12	–	–	–	–	–	28	–	23	9	–	–
14	13	–	–	–	11	18	–	–	–	8	–	3
15	–	–	–	–	12	19	–	–	23	8	–	4
16	13	20	–	13	–	–	28	–	22	7	–	–
17	14	21	19	12	–	19	29	–	22	7	–	–
18	–	–	18	–	–	20	–	–	21	6	–	–
19	14	–	–	–	–	–	–	31	21	–	–	–
20	15	–	–	–	–	20	29	30	20	–	–	4
21	–	–	–	–	12	21	30	–	20	6	–	5
22	15	–	18	–	13	–	–	–	19	5	–	–

<sup>22</sup> Ekvací se rozumí „vyrovnání“, což znamená opravu výsledků zjednodušeného modelu o vliv jevu, který byl v tomto modelu zanedbán (např. opravu středního, tj. rovnoměrného pohybu planety o nerovnoměrnosti způsobené excentricitou její dráhy).

23	16	–	17	12	–	21	–	–	19	5	–	5
24	–	–	–	11	–	22	–	30	18	4	–	6
25	–	–	–	–	–	–	–	29	18	–	–	–
26	16	–	–	–	13	22	30	–	17	4	–	6
27	17	–	17	–	14	23	31	–	17	3	–	7
28	–	–	16	–	–	–	–	29	16	–	–	–
29	–	–	–	–	–	23	–	28	16	3	–	7
30	17	21	16	11	14	24	31	28	15	2	0	8

Sloupce tabulky, počínaje druhým, odpovídají postupně všem znamením zvěrokruhu a v řádcích pro jednotlivé stupně, vepsané v prvním sloupci, jsou vyplněny funkční hodnoty v celých minutách. Ty jsou však vyplněny vždy jen v prvním a posledním políčku, kde nabývají příslušné hodnoty, zatímco v mezilehlých políčkách je údaj vynechán. Pro následující matematické zpracování tabulky užíváme jen poločíselné hodnoty minut odpovídající poločíselným hodnotám stupňů na hranicích změn zaokrouhlených funkčních hodnot. Tyto údaje jsou vyznačeny v následujícím grafu vodorovnými úsečkami, spojitá křivka zobrazuje křivku proloženou těmito body.



Obr.1 Graf časové rovnice podle Faberovy tabulky

Shodnou tabulku skutečně nacházíme ve výše zmíněném Faberově tisku *Opusculum tabularum utile verarum Solis et Lunae coniunctionum* z doby kolem 1494–1495.



Faber zde její použití vysvětluje slovy: *Ad equandum autem coniunctionem veram intra cum motu Solis, signis et gradibus in tabulam equationis dierum cum noctibus, et quod in communi angulo signi et gradus minuta inveneris, adde ad minuta coniunctionis vere et habebis coniunctionem veram diebus equatis, eo semper notato, ut pro 60 minutis horis una addatur hora et pro 24 horis diebus unus dies. Similem perfice operationem in Solis et Lune oppositione. Scias autem hanc tabularum supputacionem super opidum Lipsense factam esse ac autem in usum aliorum locorum tabulas nostras aptare posses. Subiunximus tabulam provinciarum et civitatum insigniorum, quibus sunt hore et minuta vel minuta tantum apposita, que adde vel subtrahere a coniunctione vel oppositione vera super Lipsę (sic) calculata iuxta notam a vel m, et habebis tempus coniunctionis aut oppositionis vere et equate ad locum propo{po}situm. – „Abys vyrovnal pravé konjunkce, dosad' pohyb Slunce ve znameních a stupních do tabulky ekvace dnů s nocemi, a minuty, které najdeš v obecném úhlu (společném políčku) znamení a stupně, přičti k minutám pravé konjunkce a dostaneš pravou konjunkci ve vyrovnaných dnech. A měj vždy na paměti, aby se za 60 minut přidala jedna hodina a za 24 hodin jeden den. Podobný postup proved' i při vyrovnávání opozice Slunce a Měsíce. Věz, že tato tabulka byla vytvořena pro město Lipsko. Naše tabulky můžeš použít také pro jiná místa: připojili jsme tabulku krajů a význačných měst, v níž jsou uvedeny hodiny a minuty nebo pouze minuty, které přičti nebo odečti od skutečné konjunkce nebo opozice spočítané k Lipsku podle značky *a* nebo *m*, a získáš čas skutečné konjunkce nebo opozice vyrovnané k danému místu.“*

Po věčné stránce je tato tabulka vlastně tabulkou hodnot tzv. časové rovnice, tj. rozdílu pravého slunečního času, ukazovaného např. slunečními hodinami, od středního slunečního času, který udávají mechanické hodiny a který je také výchozí pro astronomické výpočty. Tento rozdíl je složením jednoleté vlny, která je důsledkem nerovnoměrného pohybu Země v její excentrické dráze kolem Slunce, a půlroční vlny, vznikající promítáním pohybu Slunce po skloněné ekliptice na rovník. V průběhu roku způsobuje výsledný rozdíl vzájemné předcházení či opožďování pravého a středního slunečního času maximálně přibližně o čtvrt hodiny. Takto velký rozdíl podstatně ovlivňuje především výsledky výpočtů zatmění Slunce a Měsíce, protože za půl hodiny se Měsíc posune vůči hvězdám asi o půl stupně, což je přibližně jeho úhlový průměr. V principu by však tato korekce měla být zahrnuta i do ostatních astronomických výpočtů, které zpracovávají pozorování nebo teoreticky vypočítávají nebeské jevy v určité hodnotě pravého slunečního času, a tedy i do horoskopů.

Výpočet časové rovnice má proto dlouhou tradici. Nejstarší dochované vysvětlení časové rovnice podává Ptolemaiov *Almagest* III.<sup>23</sup> Ptolemaios nejprve

<sup>23</sup> Srov. např. NEUGEBAUER 1975, s. 61–68.

v kapitole III 5<sup>24</sup> vysvětluje výpočet tzv. anomálie Slunce, tj. nerovnoměrnosti jeho ročního pohybu v ekliptice, pomocí modelu excentru. Tento model můžeme shrnout vztahem

$$(6) \quad \operatorname{tg}(\lambda - \lambda_a) = \sin \mu / (\cos \mu + e),$$

kde  $\mu$  je s časem rovnoměrně rostoucí úhlová vzdálenost Slunce od apogea měřená ze středu excentru vzdáleného od středu Země o část  $e$  poloměru kruhové dráhy Slunce. Výsledná veličina  $\lambda$  je ekliptikální délka Slunce a  $\lambda_a$  je ekliptikální délka apogea. Závislost  $\lambda - \mu$  jako funkce  $\mu$  pro hodnotu excentricity  $e = 2,5/60$  je tabelována v kapitole III 6<sup>25</sup> v úhlových stupních a minutách. V kapitole III 7 o středním pohybu Slunce<sup>26</sup> Ptolemaios určuje polohu  $\lambda$  apogea do  $5;30^\circ$  znamení Blíženců (Gem) ekliptiky,<sup>27</sup> tj.  $\lambda_a = 65;30^\circ$ , a vzdálenost  $\mu(t_0) = 265;15^\circ$  středního Slunce od apogea v čase  $t_0$ , což je vztažná epocha *Almagestu*. Kapitola III 8 shrnuje postup, jak vypočítat polohu  $\lambda = \lambda(t)$  Slunce v libovolném čase  $t$ . Konečně v kapitole III 9<sup>28</sup> Ptolemaios rozebírá důsledky anomálie i sklonu ekliptiky pro délku dne, upozorňuje, že přestože pro jednotlivé dny je rozdíl poměrně zanedbatelný (zejména pokud dny nepočítáme od východu či západu Slunce, ale od poledne či půlnoci), v součtu přes delší úseky roku může tento rozdíl být poměrně významný. V takovém případě je k převedení měřeného slunečního času na rovnoměrný čas potřeba k tabulce východů v „přímé sféře“ (tj. na rovníku) přičíst ještě rozdíl hodnot nalezených v tabulce kapitoly III 6 pro počáteční a koncový okamžik časového intervalu.

Samotné hodnoty časové rovnice nejsou tabelovány v *Almagestu*, ale v Ptolemaiových *Příručních tabulkách*,<sup>29</sup> kde jsou přidány do tabulky rektascenzí  $\alpha$  Slunce v závislosti na jeho ekliptikální délce  $\lambda$ . Tato závislost  $\alpha = \alpha(\lambda)$  vyjádřená vztahy (1) a (2) nebo (5) je vlastně druhou výše zmíněnou složkou časové rovnice, způsobenou sklonem  $\varepsilon$  ekliptiky k rovníku. *Příruční tabulky* patrně přepracoval Theón z Alexandrie (asi 335–400 n. l.), proto není jisté, že v nich použité hodnoty parametrů musí přesně odpovídat hodnotám udávaným Ptolemaiem.

<sup>24</sup> TOOMER 1984, s. 157–166.

<sup>25</sup> TOOMER 1984, s. 167.

<sup>26</sup> TOOMER 1984, s. 166–169.

<sup>27</sup> Tento zápis hodnot v šedesátkové soustavě, který se používá v textech s historickou tematikou, znamená např.  $1;30,36^\circ = 1^\circ 30' 36'' = 1,51^\circ$ .

<sup>28</sup> TOOMER 1984, s. 169–172.

<sup>29</sup> Srov. TIHON 2011, s. 97–100; MERCIER 2011, s. 10–13 a 89–119.

Tabulky časové rovnice mají bohatou tradici také v následujících staletích. Často bývají nazývané „ekvace dnů s jejich nocemi“, což zdůrazňuje, že v nich nejde o sezónní změnu poměru délky dne ve srovnání s délkou noci, ale o jemnější nepravidelnost celkové délky dne a noci, měřené např. pomocí průchodů Slunce poledníkem. Tabulky se vzájemně poněkud liší jak uspořádáním, tak číselnými hodnotami. Především v některých pramenech jsou udávány v časových jednotkách, v nichž mají amplitudu přes 30 minut, jinde jsou tabelovány v úhlových jednotkách, a tedy s amplitudou kolem 8'. Liší se však také v důsledku rozdílných hodnot parametrů použitých k jejich výpočtu.

Hodnoty časové rovnice nalezneme např. v *Toledských tabulkách*,<sup>30</sup> kde jsou podobně jako v *Příručních tabulkách* zařazeny do tabulky rektascenzí Slunce.

Český encyklopedista Pavel Židek (Paulerinus, po roce 1413–1471) tabulku ekvací dnů a nocí zmiňuje ve své encyklopedii *Liber viginti arcium* (Krakov, Jagellonská univerzita /BJ/ 257, fol. 137ra; před 1470) jako potřebnou k pracovnímu výpočtu ascendentu: *Ascendens est gradus zodiaci, qui directe est in contactu orizontis vel totum signum continens talem gradum. Qualiter debet queri ascendens et quia circa hoc est satis magnus labor et requirit duas tabulas, scilicet Tabulam equacionis dierum cum noctibus suis et Tabulam arcus diei et Tabulam ascensionis tui climatis, illo remitto te ad tabulas de Lineriis, qui in hac parte enim melior videtur.* – „Ascendent je stupeň zvěrokruhu, který se přímo dotýká obzoru, nebo celé znamení, které takový stupeň obsahuje. Jakým způsobem se musí hledat ascendent, a protože je kolem toho dosti velká práce a vyžaduje to dvě (!) tabulky, totiž Tabulku ekvace dnů s jejich nocemi, Tabulku denního úhlu a Tabulku východů ve tvém klimatu, odkazují tě na Lineriovu tabulku, který se v této věci zdá být dosti dobrý.“

Tabulky Johanna de Lineriis (asi 1300–1350) jsou jedním ze zpracování tzv. *Alfonsinských tabulek*. Není překvapivé, že tabulku časové rovnice opravdu nacházíme v některých souborech *Alfonsinských tabulek*, které byly od počátku 14. století základem astronomických výpočtů v Evropě. Příkladem může být tabulka v astronomickém rukopisu Praha, NK X A 23, fol. 28r, v rukopisu NK X B 3, fol. 144v, v rukopisu NK XIII C 17, fol. 123r, nebo v rukopisu NK XIV F 10, fol. 123v a 124r. Tabulku, která je až na chyby opisu a sazby shodná s uvedenými pražskými rukopisy, lze nalézt i v řadě dalších rukopisů; jen G. Rosińska<sup>31</sup> jich ve svém soupisu astronomických rukopisů Jagellonské knihovny uvádí 28. Nacházíme ji také v inkunábuli *Alfonsinských tabulek*, kterou v roce 1492 vydal v Benátkách Johannes Lucilius Santritter (fol. E4r), a ve starém tisku z roku 1521 knihtiskaře Petra Liechtensteina (fol. E3r). Není však obsažena v editio princeps

<sup>30</sup> Srov. PEDERSEN 2002, část 3, s. 972–975.

<sup>31</sup> ROSIŇSKA 1984, s. 519.

*Alfonsinských tabulek* Erharda Ratdolta, 1483. V Santritterově a Liechtensteinově tiscích je tabulka označená jako „stará“ (*tabula vetus*) a kromě ní je otištěna ještě „moderní“ tabulka (*tabula moderna*), rektifikovaná k roku 1456 (Santritter, fol. E4v, Liechtenstein, fol. E3v). Ta udává podobně jako Faberova tabulka časové minuty, ale k nim uvádí navíc i sekundy, a to pro všech 360 stupňů zvěrokruhu. Podobnou tabulku, jen s místy změněnými hodnotami, uvádí i starý tisk Peurbachových (1423–1461) a Regiomontanových (1436–1476) tabulek (ed. Tannstetter 1514, fol. d5r).

Rozborem číselných hodnot jednotlivých tabulek – provedeným opět metodou nejmenších čtverců – můžeme odhadnout parametry užitě k jejich sestavení. Porovnání výsledků získaných alespoň pro některé zástupce bohaté tradice opisů a tisků nám může ukázat jejich historické souvislosti.

Vzhledem k jejímu průběhu můžeme časovou rovnici poměrně dobře aproximovat prvními členy Fourierova rozkladu, tj. jako součet konstanty, roční a půlroční sinusové vlny s celkem pěti volnými parametry. O něco přesnější aproximaci však dostaneme výše odvozeným modelem vyjádřeným rovnicemi (1) a (2) nebo (5) a rovnicí (6). V tom případě máme volné parametry  $\varepsilon$ ,  $\lambda_a$  a  $e$ , k nimž musíme přidat ještě nulový bod  $\Delta_0$ , který odpovídá konstantnímu členu Fourierova rozvoje. Na rozdíl od dnešních zvyklostí totiž historické tabulky dávaly nulovou hodnotu do minima. Příruční tabulky uvádějí časovou rovnici s opačným znaménkem, proto jejich nulový bod představuje posun vůči maximu ostatních tabulek. K volným parametrům můžeme přidat ještě možný posun  $\lambda_0$  v ekliptikální délce, tedy také pět volných parametrů. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce, v níž symboly  $t$  a  $a$  navíc rozlišují, která tabulka je uvedena v časových a která v úhlových jednotkách. V posledních dvou řádcích jsou uvedeny střední kvadratické chyby obou aproximací, tj. rozptyl reziduí po proložení křivky.

Z výsledků  $\lambda_a$  je zřejmé, že Václav Faber použil k sestavení své tabulky stejnou hodnotu apogea jako rukopisy *Alfonsinských tabulek* označené ve starých tiscích jako *tabula vetus*, nebo spíše hodnoty těchto tabulek převedl na časové jednotky a zaokrouhlil na celé minuty, což považoval za postačující přesnost. Peurbachovy tabulky odpovídají s velkou přesností hodnotě  $\lambda_a = 90^\circ$ , což souhlasí s jejich nadpisem: *Tabula equationis dierum novissime constituta, presupponens augem Solis in principio Cancri et declinationem Almeonis* (Nově stanovaná tabulka ekvací dnů, předpokládající, že apogeum Slunce je na začátku znamení Raka, a předpokládá Almeonovi)<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Almeon je latinizovaná podoba jména al-Mamuna, abbásovského chalífy, který na počátku 9. století založil v Bagdádu instituci, v níž byly překládány řecké odborné práce. Jiná tradice považuje Almeona za syna Albusasara (Abu Mašar, asi 787–886)

*deklinaci / míněn je tu sklon ekliptiky k rovníku/). Tzv. *tabula moderna* je patrně pouze špatným opisem Peurbachovy tabulky, se kterou v řadě čísel přesně souhlasí, v jiných se však odchyluje od proložené závislosti. *Příruční tabulky* mají apogeum blízké Ptolemaiově hodnotě, kterou *Toledské* a pak *Alfonsinské tabulky* upravily v souladu s precesním pohybem apogea.*

	Faber	tabula vetus	tabula moderna	Peurbach	Příruční tabulky	Toledské tabulky
	$t$	$a$	$t$	$t$	$t$	$a$
$\Delta_0$	3.908°	4.014°	4.082°	4.099°	-3.428°	4.099°
$\lambda_0$	-0.1997°	-0.2429°	0.0817°	0.0290°	0.0178°	-0.1486°
$e$	0.03480	0.03488	0.03785	0.03779	0.04164	0.03441
$\varepsilon$	23.642°	23.640°	23.597°	23.570°	23.712°	23.612°
$\lambda_a$	87.734°	87.628°	90.635°	90.008°	66.088°	82.890°
chyba	0.0363°	0.0235°	0.0252°	0.0085°	0.0132°	0.0268°
– " – Four.	0.0541°	0.0408°	0.0414°	0.0408°	0.0414°	0.0416°

Peurbachova tabulka se ve svém názvu odvolává nejen na polohu apogea Slunce na počátku znamení Raka, ale také na sklon ekliptiky podle Almeona. Jeho hodnotu uvádí např. Sacroboskův spis *De sphaera*, v jehož vydání z roku 1495 s Faberovými komentáři na foliu D3r čteme: *Arcus vero coluri, qui intercipitur inter punctum solsticii estivalis et equinoctialem, appellatur maxima Solis declinatio. Est est secundum Ptolomeum 23 graduum et 51 minutorum, secundum Almeonem vero 23 graduum et 33 minutorum.* – „Úhel koluru, který svírá bod letního slunovratu a rovník, se nazývá největší deklinace Slunce. Podle Ptolemaia<sup>33</sup> je 23° 51', podle Almeona pak 23° 33'." Tytéž hodnoty sklonu ekliptiky podle obou autorit uvádí kromě řady dalších autorů také Křišť'an z Prachatic,<sup>34</sup> který dodává, že druhá, menší hodnota je považována za správnější. Této hodnotě 23,55° také velmi přesně odpovídá výsledek získaný z Peurbachovy tabulky (a trochu hůře i *tabula moderna*),

a přisuzuje mu údaj o sklonu ekliptiky 23° 33' 30" (srov. PEDERSEN 2002, část 3, s. 961). Johannes Kepler v *Epitome astronomiae Copernicanae* (1618) uvádí také další hodnoty podle různých autorů: *Albategnius prodit* 23. 35, *Arzachel* 23. 34, *Almeon* 23. 33, *Prophatius Iudaeus* 23. 32, *Tycho Brahe* 23. 31½ *itemque alia ratione* 23. 30½. (KGW VII, 1953, s. 159).

<sup>33</sup> Ptolemaios sám ve svém *Almagestu* I 12 (TOOMER 1984, 63) odvozuje z pozorování hodnotu 23° 51' 20" a nadále ji používá, např. v kapitole I 15.

<sup>34</sup> HADRAVOVÁ – HADRAVA 2001, s. 142 a 175.

zatímco Ptolemaiově hodnotě  $23,85^\circ$  se spíše blíží výsledek z *Příručních tabulek*. Faberova tabulka se opět dobře shoduje s *tabula vetus*.<sup>35</sup>

Nově nalezený opis tabulky Václava Fabera z Budějovic vzbudil v odborné veřejnosti pozornost a je jistě záslužné, že na jeho existenci byla upozorněna Národní knihovna ČR a že následně inkunábuli, k níž je opis přivázán, mohla koupit do svých sbírek. Snahou Národní knihovny je Faberovo dílo kompletovat a vytvářet tak širší zázemí ke studiu díla tohoto autora, jenž je v zahraničí poměrně dobře znám, zpracováván a uznáván.

## Poděkování

Tato práce vznikla v rámci projektu GAČR 17-03314S. Její téma také věcně souvisí s širším okruhem problémů řešených v projektu ERC ALFA – *Shaping a European scientific scene: Alfonsine astronomy*, CoG agreement No 723085. Autoři děkují anonymním recenzentům za cenné připomínky.

## Prameny

ALPHONSUS 1483

*Tabule astronomice illustrissimi Alphontii, regis Castelle*. Addendum: *Johannes de Saxonia: Canones in tabulas Alphonsi*. Ed. Erhard Ratdolt. Benátky, 1483 (ISTC ia00534000)

ALPHONSUS 1492

*Tabule astronomice Alfonsi Regis*. Předmluva: Augustinus Moravus. Addendum: Johannes Lucilius Santritter: *Canones in tabulas Alphonsi*. Ed. Johannes Lucilius Santritter. Benátky, 1492 (ISTC ia00535000)

ALPHONSUS 1521

*Tabulae astronomicae divi Alfonsi, regis Romanorum et Castelle*. Ed. Petrus Liechtenstein. Benátky, 1521

ANGELUS 1494

Angelus, Johannes: *Opus astrolabii plani in tabulis*. Ed. Johannes Emericus de Spira. Benátky, 1494 (ISTC ia00712000)

FABER c. 1494–1495

Faber, Václav: *Opusculum tabularum utile verarum Solis et Lunae coniunctionum per Magistrum Wenceslaum Fabri de Budweis, baccalarium medicine, compositum*. Ed. Martin Landsberg (?). Lipsko, c. 1494–1495 (ISTC if00009000, GW 9628)

<sup>35</sup> Sklon ekliptiky k rovníku se ve skutečnosti pomalu mění – v roce 100 byl přibližně  $23,683^\circ$ , v roce 1500  $23,504^\circ$  a v roce 2000  $23,439^\circ$ . Rozdílné hodnoty nacházené v historické literatuře jsou však odrazem spíše rozdílné textové tradice a nikoliv výsledků pozorování.

FABER 1495

Faber, Václav: *Opusculum Johannis de Sacro busto spericum cum notabili commento atque figuris textum declarantibus utilissimis*. Ed. Martin Landsberg. Lipsko, 1495 (ISTC ij00416000)

KEPLER 1953

Kepler, Johannes: *Epitome astronomiae Copernicanae*. Ed. Max Caspar. In Johannes Kepler Gesammelte Werke (KGW) VII, Mnichov 1953 (1. vydání: ed. Johannes Plancus. Linec, 1618)

PEUERBACH 1514

*Tabulae eclipsisium magistri Georgii Peurbachii. Tabula primi mobilis Joanis de Montereigio*. Ed. Georg Tannstetter. Vídeň, 1514

## Rukopisy a staré tisky

Krakov, BJ 257

Praha, NK X A 23

Praha, NK X B 3

Praha, NK XII F 34

Praha, NK XIII C 17

Praha, NK XIV F 10

Praha, NK 40 E 47

## Literatura

BOLDAN 2008

Kamil BOLDAN. Sbíрка minucí a pranostik z přelomu 15. a 16. století tepelského kláštera premonstrátů. *Minulostí Západočeského kraje*, 43, 2008, s. 79–114

GREEN 2012

Jonathan GREEN. *Printing and Prophecy: Prognostication and Media Change 1450–1550*. University of Michigan Press, 2012, s. 116–125

GW

*Gesamtkatalog der Wiegendrucke*: <http://www.gesamtkatalogderwiegendrucke.de/>

HADRAVA 2003

Petr HADRAVA. Matematické vyhodnocení středověkých tabulek hvězd a jiných astronomických tabulek. In A. a P. HADRAVOVI (eds.). *Astronomie ve středověké vzdělanosti. Práce z dějin vědy*, 10, a *Scripta Astronomica*, 10. Praha, VCDV a AsÚ, 2003, s. 71–72

HADRAVA – HADRAVOVÁ 2008

Petr HADRAVA – Alena HADRAVOVÁ. Tabulka ekvací Měsíce z latinské encyklopedie Pavla Žídka a její srovnání s *Almagestem*, Toledskými a Alfonsinskými tabulkami. *Dějiny věd a techniky*, XLI, 2008, s. 65–84

HADRAVOVÁ, v tisku

Alena HADRAVOVÁ. Faber z Budějovic, Václav (Wenceslaus Faber de Budweis, Wenzel, Václav Fabri). In L. ŠTORCHOVÁ (ed.). *Companion to Humanism in East Central Europe. Vol 2. Humanism in Bohemian Lands*. Berlín, De Gruyter Verlag (v tisku)

HADRAVOVÁ – HADRAVA 2001

Alena HADRAVOVÁ – Petr HADRAVA. *Křišťan z Prachatic: Stavba a Užití astrolábu*. Praha, Filosofia, 2001

ISTC

*Incunabula Short Title Catalogue* (ISTC): <http://istc.bl.uk/>

KREMER 2003

Richard L. KREMER. Wenzel Faber's Table for Finding True Syzygy. *Centaurus*, Vol. 45, 2003, s. 305–329

KREMER 2008

Richard L. KREMER. John of Murs, Wenzel Faber and the Computation of True Syzygy in the Fourteenth and Fifteenth Centuries. In J. W. DAUBEN et al. (eds.). *Mathematics Celestial and Terrestrial. Festschrift für Menso Folkerts zum 65. Geburtstag. Acta Historica Leopoldina*, 54, 2008, s. 147–160

MERCIER 2011

Raymond MERCIER. *Πτολεμαίου Πρόχειροι Κανόνες – Ptolemy's Handy Tables, Vol. 1b, Tables A1–A2 Transcription and Commentary*. Publications de l'Institut orientaliste de Louvain, 59b. Louvain-la-Neuve, Université Catholique de Louvain, 2011

MILWAY 2000

Michael MILWAY. Forgotten Best-sellers from the Dawn of the Reformation. In R. J. BAST et al. (eds.). *Continuity and Change: The Harvest of Late Medieval and Reformation History. Essays Presented to Heiko A. Oberman on his 70th Birthday*. Leiden, Brill, 2000

NEUGEBAUER 1975

Otto NEUGEBAUER. *A history of ancient mathematical astronomy*. Berlin – Heidelberg – New York, Springer Verlag, 1975

PEDERSEN 2002

Fritz S. PEDERSEN. The Toledan Tables. A review of the manuscripts and the textual versions with an edition. *Historisk-filosofiske Skrifter*, 24. Copenhagen, C. A. Reitzels Forlag, 2002

ROSIŃSKA 1984

Grażyna ROSIŃSKA. *Scientific writings and astronomical tables in Cracow. A census of manuscript sources (XIV<sup>th</sup>–XVI<sup>th</sup> centuries)*. Wrocław etc., Ossolineum, 1984

SKEMER 2007

Don. C. SKEMER. Wenzel Faber von Budweis (c. 1455/1460–1518): An astrologer and his Library in Early Age of Printing. *Gutenberg-Jahrbuch*, 82, 2007, s. 241–277



TIHON 2011

Anne TIHON. *Πτολεμαίων Πρόχειροι Κανόνες. Les Tables Faciles de Ptolémée. Vol. 1a, Tables A1-A2. Introduction. Edition critique.* Publications de l'Institut orientaliste de Louvain 59b. Louvain-la-Neuve, Université Catholique de Louvain, 2011

TOOMER 1984

G. J. TOOMER. *Ptolemy's Almagest.* London, Duckworth, 1984

## Summary

The handwritten addition to the incunable of the Prague National Library 40 E 47 was intended for astrological purposes. It contains Table of astrological houses and Table of equation of time, which were common from late antiquity to the early modern period. The latter table has a specific form published by Wenzeslaus Faber for the purposes of calculation of syzygies. Its parameters reveal that it was modified from the *Tabula equacionis dierum cum noctibus* which was a part of the Parisian version of *Alfonsine Tables*.

Authors' addresses:

Petr Hadrava, Astronomický ústav AV ČR,  
Boční II 1401/1, 141 00 Praha 4

Alena Hadravová, Kabinet pro dějiny vědy ÚSD AV ČR,  
Puškinovo nám. 9, 160 00 Praha 6