

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Vladimír Novotný

Velikonoce v našem kalendáři

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 60 (2015), No. 1, 39--49

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/144335>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2015

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Velikonoce v našem kalendáři

Vladimír Novotný, Praha

1. Úvod

Základními typy kalendářů jsou kalendář solární, založený na délce slunečního roku, kalendář lunární, jehož základní časovou jednotkou je délka synodického měsíce (tzv. lunace, tj. vystřídání fází Měsíce) a kalendář lunisolární, ve kterém se vkládáním přestupných měsíců dosahuje po určitém počtu let shody kalendářního roku s rokem skutečným. Solárním kalendářem je kalendář křesťanský, lunárním kalendář muslimský, lunisolárním kalendář židovský a řada kalendářů asijských národů.

Dnešní křesťanský kalendář je v podstatě kalendářem římským, zavedeným roku 46 př. n. l. Gaiem Juliem Caesarem. Tento kalendář, dnes zvaný juliánský, byl zaveden podle egyptského vzoru. Kalendář byl vypracován astronomem Sosigenem a byl to kalendář solární na rozdíl od dřívějšího římského kalendáře, který byl lunisolární. Účelové vkládání přestupného měsíce pontifiky však způsobovalo zmatky, které se Caesar rozhodl odstranit. Aby byla v kalendáři lépe vystižena délka roku, byl zaveden přestupný den, vkládaný do měsíce února za 23. únor každý čtvrtý rok. Dřívější skutečné lunární měsíce byly odstraněny a kalendářní měsíce se nadále staly pouhými časovými jednotkami bez vazby na fáze Měsíce.

Po zavedení křesťanství jako státního náboženství v Římské říši byl do římského kalendáře zaveden lunisolární prvek, datum Velikonoc. Základem křesťanských Velikonoc byl svátek Pesach připadající na 14. den měsíce nisanu židovského lunisolárního kalendáře. Tento svátek připadá vždy na úplňk, a proto se pro kalendářní výpočty považuje za den úplňku vždy 14. den lunace, přičemž nov je jejím 1. dnem. Velikonoce jsou nejdůležitějším křesťanským svátkem a od data Velikonoční neděle se odvozují data řady dalších pohyblivých svátků. V dnešním občanském kalendáři se pak Velikonoce projevují tím, že den následující po Velikonoční neděli, tj. Velikonoční pondělí, je státem uznávaným svátkem, a tudíž dnem pracovního klidu. Hlavním cílem výpočtu Velikonoc tak vždy je určení data Velikonoční neděle pro příslušný rok.

2. Zlaté číslo, sluneční kruh a nedělní písmeno

Způsob určení data Velikonoční neděle se postupně vyvíjel. Snaha o jednotu církve vedla k rozhodnutí nicejského koncilu roku 325 n. l., že alexandrijský biskup stanoví výpočtem pro příští rok datum Velikonoc a zašle je biskupovi římskému, který toto datum sdělí celému křesťanskému světu. Díky tomuto ustanovení postupně převládl způsob určení Velikonoc používaný v Alexandrii. Spočíval v tom, že se za Velikonoční neděli považuje první neděle následující po prvním jarním úplňku. Jeho datum se stanovuje cyklickým výpočtem a za počátek jara se bere 21. březen. Cyklický výpočet

Ing. VLADIMÍR NOVOTNÝ, Jašíkova 1533/4, 149 00 Praha 4, e-mail: nasa@seznam.cz

je založen na faktu, že po 19 letech připadají měsíční fáze na tytéž dny v roce. V Evropě tuto skutečnost zaznamenal poprvé řecký astronom Meton v 5. století př. n. l. a na jeho počest se devatenáctiletý cyklus jmenuje *Metonův cyklus*. Pořadí roku v Metonově cyklu se nazývá *zlaté číslo*. Přiřazení zlatého čísla k letopočtu je takové, že zlaté číslo je dáno výrazem

$$\text{zlaté číslo} = \text{rok} \bmod 19 + 1.$$

V tomto článku používáme následující symboliku: $m \bmod n$ značí zbytek po dělení čísla m číslem n , tj. jedno z čísel z množiny $\{0, 1, \dots, n - 1\}$. Proměnná rok znamená čtyřmístný letopočet.

Metonův cyklus obsahuje 235 lunací. Ty se dají rozdělit na 114 lunací po 30 dnech, 114 lunací po 29 dnech a 7 přestupných lunací po 30 dnech. V praxi se v kalendáři střídají lunace s 30 dny s lunacemi s 29 dny a sedmkrát se během cyklu vkládá přestupná lunace o 30 dnech. Tím se dosáhne velmi dobré aproximace synodické oběžné doby Měsíce, která činí 29,53 dne.

První jarní úplňk se označuje též jako velikonoční úplňk a v juliánském kalendáři připadne na období 21. března až 18. dubna. Z toho vyplývá, že Velikonoční neděle může připadnout nejdříve na 22. březen (případne-li velikonoční úplňk na 21. březen a současně je v tento den sobota), nejpozději na 25. duben (případne-li velikonoční úplňk na 18. duben a současně je tento den neděle). Velikonoce tedy mohou v juliánském kalendáři připadnout na některý z 35 dnů ohraničených těmito daty.

Vztah mezi velikonočními úplňky ve dvou následujících letech je jednoduchý. Protože 12 lunací představuje celkem 354 dní, bude ve druhém roce k určitému datu stáří Měsíce (udává se ve dnech od okamžiku novu) o 11 dní větší, nežli v roce výchozím. Úplňk nastane proto o 11 dní dříve. Pokud padne do období před 21. březnem, nastane ve druhém roce velikonoční úplňk o 19 dní později, nežli v roce původním.

Druhým základním cyklem vstupujícím do výpočtu Velikonoc je *sluneční kruh*, perioda 28 let, po jejímž uplynutí se opakuje přiřazení dnů v týdnu jednotlivým datům. Protože jiné veličiny než je zlaté číslo a hodnota slunečního kruhu pro příslušný rok datum Velikonoc v juliánském kalendáři neovlivňují, opakují se zde data Velikonoc s periodou $19 \times 28 = 532$ let. Tato perioda nese název *velká indikce*. Pořadí daného roku ve slunečním kruhu určíme jako

$$\text{sluneční kruh roku} = (\text{rok} + 8) \bmod 28 + 1.$$

Přiřazení data velikonočních úplňků k jednotlivým rokům Metonova cyklu můžeme provést následovně:

V posledním roce cyklu nastává novoluní (tj. nov) 24. prosince. Následující novoluní bude 23. ledna následujícího roku, který je prvním rokem následujícího Metonova cyklu. Protože se střídají lunární měsíce o 30 a 29 dnech, nastane novoluní i 23. března, a velikonoční úplňk tedy připadne na 5. dubna. Další rok nastane velikonoční úplňk o 11 dní dříve, tj. 25. března, v následujícím roce pak o 19 dní později, tj. 13. dubna. Takto můžeme přiřadit velikonoční úplňk ke všem rokům Metonova cyklu. V posledním, 19. roce cyklu nastane velikonoční úplňk 17. dubna. Aby mohl při cyklickém výpočtu nastat v prvním roce nového Metonova cyklu velikonoční úplňk 5. dubna, musíme při přechodu k novému Metonovu cyklu zvýšit stáří Měsíce nikoli o 11, nýbrž o 12 dní. Tento rozdíl se nazývá *skok cyklického Měsíce* (lat. *saltus Lunae*). Výsledky můžeme shrnout do tabulky.

zlaté číslo	velikonoční úplněk		zlaté číslo	velikonoční úplněk	
1	5. dubna	D	11	15. dubna	G
2	25. března	G	12	4. dubna	C
3	13. dubna	E	13	24. března	F
4	2. dubna	A	14	12. dubna	D
5	22. března	D	15	1. dubna	G
6	10. dubna	B	16	21. března	C
7	30. března	E	17	9. dubna	A
8	18. dubna	C	18	29. března	D
9	7. dubna	F	19	17. dubna	B
10	27. března	B			

Tab. 1. Juliánské velikonoční úplňky a odpovídající denní písmena

Písmena za daty velikonočních úplňků jsou denní písmena příslušných dnů (označíme-li jednotlivé dny v roce postupně písmeny A až G, dostane každý den své denní písmeno, jemuž odpovídá den v týdnu). Písmeno připadající na neděle se nazývá *nedělním písmenem* a je platné pro celý rok. Jde-li o přestupný rok, dostává přestupný den (24. únor) stejné písmeno jako předcházející den, a takovýto rok pak má dvě nedělní písmena – jedno pro období do přestupného dne, druhé pro období od přestupného dne do konce roku. Pro určení Velikonoční neděle pak v juliánském kalendáři stačí určit rozdíl numerických hodnot nedělního písmena daného roku a denního písmena velikonočního úplňku a tento rozdíl přičíst k datu velikonočního úplňku.

Pokud vepíšeme postupně do kalendáře k příslušnému datu zlaté číslo roku, jehož novoluní připadne na toto datum, dostaneme *věčný juliánský kalendář*. Je v něm zapsáno 235 údajů a můžeme tak snadno sledovat průběh cyklických měsíců během celého Metonova cyklu. Zlatá čísla se do kalendáře zapisovala římskými číslicemi.

Použití cyklického výpočtu místo skutečné astronomické situace má určité výhody. Přesné určení data úplňku několik let do budoucnosti bylo ve středověku nemožné. Měsíc obíhá kolem Země proměnnou rychlostí, což způsobuje nepravidelnosti v datech úplňků dosahující až dvou dnů. Naproti tomu zjištění data *cyklického* (církvního, lat. *eklesiastického*) úplňku lze provést jednoduchým matematickým výpočtem do daleké budoucnosti a stále půjde o dobrou aproximaci pohybu Měsíce. Další výhodou tohoto přístupu vidíme v moderní době. Na zemském povrchu platí prakticky ve všech okamžicích současně dvě data. Pokud by v jedné oblasti nastala sobota a v druhé neděle, pak by jarní úplněk, který je na místě pozorovatele nezávislý, mohl znamenat, že v jedné oblasti (kde je právě sobota) by nastala Velikonoční neděle již příští den, kdežto ve druhé oblasti (kde je právě neděle) by nastala Velikonoční neděle až za týden. Obdobné starosti by přineslo respektování skutečné doby rovnodennosti, která fluktuuje okolo střední hodnoty 21. března. Proto je dobré chápat přiřazení Velikonoční neděle k datu spíše jako kalendářní pravidlo než jako odraz konkrétní astronomické situace.

Výpočet data Velikonoc byl jediným složitějším výpočtem prováděným ve středověku a k jeho zvládnutí byl vyučován na univerzitách speciální předmět, zvaný computus. Latinsky se znalci výpočtu Velikonoc označovali jako computisté. Odtud pochází i dnešní název pro počítač, computer. Tento výraz původně označoval v angličtině člověka provádějícího výpočet, viz [1].

3. Gregoriánská reforma juliánského kalendáře

V průběhu staletí se ukázalo, že cykly, na nichž je založen juliánský kalendář, mají omezenou přesnost. Délka roku, v juliánském kalendáři stanovená na 365,25 dne, byla příliš dlouhá (přesnější hodnota je 365,2422 dne) a příslušná chyba činila 1 den za 128 let. Rovnodennost se proto posunovala z původního data 21. března směrem k začátku března. Metonův cyklus má chybu zhruba 1,5 hodiny na 1 cyklus, tj. jeho chyba dosáhne hodnoty 1 den za 308 let. Výsledkem bylo, že koncem 16. století připadla jarní rovnodennost na 10. březen a chyba mezi pozorovaným stářím Měsíce a stářím cyklicky vypočteným dosáhla 4 dnů. Aby se opravil tento stav a chyby se dále již nekumulovaly, přistoupil papež Řehoř XIII. roku 1582 k reformě kalendáře. Základní rysy reformy navrhl Luigi Giglio (Aloysius Lilius) a konečné provedení schválila papežská komise za účasti Christophora Clavia, jehož rozsáhlý spis je dodnes základním pramenem informací o gregoriánském kalendáři. Reforma byla vyhlášena papežskou bulou *Inter gravissimas*. Z kalendáře bylo dne 4. října 1582 vypuštěno 10 dnů, tj. následoval 15. říjen. Dále bylo stanoveno, že z roků, kterými končí staletí, zůstanou přestupnými pouze takové, které jsou dělitelné 400. Tedy roky 1700, 1800 a 1900 v novém, *gregoriánském* čili *řehořském kalendáři* přestupné nebyly, zatímco roky 1600 a 2000 přestupnými zůstaly. Tuto opravu délky roku v kalendáři označujeme jako *sluneční korekce* (v literatuře se užívá i termín *sluneční vyrovnání*, lat. *equatio solaris*). Díky ní je průměrná délka roku v gregoriánském kalendáři 365,2425 dne a rozdíl mezi kalendářním a slunečním rokem činí 1 den až za 3 300 let. Po každé aplikaci sluneční korekce se rozdíl dat mezi gregoriánským a juliánským kalendářem, který byl v době kalendářní reformy 10 dní, o jeden den zvětší. Proto je dnes rozdíl dat obou kalendářů 13 dní.

Reformu však v daném roce přijaly jen některé ryze katolické země, ostatní katolické země a země protestantské následovaly později. V Čechách byla reforma přijata už v lednu 1584 (po 6. lednu následoval 17. leden), na Moravě pak v říjnu téhož roku (po 4. říjnu následoval 15. říjen). Protestantské země v Německu reformu přijaly roku 1700, Velká Británie roku 1752, sovětské Rusko roku 1918 a Řecko až roku 1923.

Součástí gregoriánské reformy byla také oprava cyklického výpočtu fází Měsíce. Stáří Měsíce bylo jednorázově sníženo o tři dny (opravila se tím chyba, která se nakumulovala během předchozích staletí a která způsobovala nesouhlas pozorovaného stáří Měsíce se stářím cyklicky vypočteným) a Metonův cyklus dostal pro každé století nové parametry. Ke stanovení data Velikonoční neděle tedy již dále nestačí znát pouze hodnotu zlatého čísla a nedělního písmene příslušného roku.

4. Epakta

K vyjádření stáří Měsíce k určitému datu v roce se již ve středověku užívala veličina zvaná *epakta* (dříve správněji *epakty*, lat. *epactae*, z řec. *epaktai hemerai*, znamená

vložené dny). Nejčastěji se za příslušné datum volil 22. březen jako den, na který nejdříve mohou připadnout Velikonoce. Epakta pro první rok Metonova cyklu má hodnotu 30, pro další roky postupně 11, 22, 3, 14, 25, 6, 17, 28, 9, 20, 1, 12, 23, 4, 15, 26, 7, 18, 30 atd. Povšimněme si skoku Měsíce mezi hodnotou 18 a hodnotou 30 platnou pro první rok dalšího cyklu, kdy se stáří Měsíce zvětší o 12, nikoli o 11 jako je tomu mezi ostatními roky. Hodnoty epakty se ovšem z historických důvodů v kalendářích uváděly římskými číslicemi.

zlaté číslo	středověká epakta	zlaté číslo	středověká epakta
1	XXX	11	XX
2	XI	12	I
3	XXII	13	XII
4	III	14	XXIII
5	XIV	15	IV
6	XXV	16	XV
7	VI	17	XXVI
8	XVII	18	VII
9	XVIII	19	XVIII
10	IX		

Tab. 2. Středověké epakty

Obdobně byla zavedena *gregoriánská epakta*, která vyjadřovala stáří Měsíce na počátku roku. Jinak řečeno, epakta znamenala počet dní, které uplynuly od předchozího novoluní do začátku nového slunečního roku. Protože bylo cyklické stáří Měsíce při reformě zmenšeno o tři dny, nastávalo lednové novoluní v prvním roce cyklu již 20. ledna (podle gregoriánského kalendáře 30. ledna) a předchozí 0. ledna, tj. 31. prosince předchozího roku gregoriánského kalendáře. Gregoriánská epakta prvního roku Metonova cyklu tedy byla rovna 1, pro další roky pak nabývala hodnot 12, 23, 4, 15 atd.

Pro zajištění trvalého souladu skutečného stáří Měsíce s cyklicky vypočteným bylo třeba cyklicky vypočtené stáří Měsíce v určitých intervalech opravit. Chyba Metonova cyklu dosahuje 1 dne za zhruba 308 let. Proto bylo stanoveno, že každých cca 300 let bude v gregoriánském kalendáři provedena oprava cyklického stáří Měsíce, tzv. *měsíční korekce* (neboli *měsíční vyrovnání*, lat. *equatio lunaris*). Tato oprava spočívá v tom, že se cyklické stáří Měsíce o 1 den zvětší. Provádí se sedmkrát po 300 letech (v letech 1800, 2100, 2400, 2700, 3000, 3300, 3600) a posléze po 400 letech (v roce 4000). Celý cyklus o délce 2500 let se poté znovu opakuje.

Při provedení sluneční korekce se zvětší rozdíl kalendářů o 1 den, a je tudíž nutno stáří Měsíce, a tedy i epaktu v gregoriánském kalendáři, o 1 den snížit. Naproti tomu při aplikaci měsíční korekce je nutno epaktu o 1 den zvýšit, aby se korigovala nepřesnost Metonova cyklu. Provádějí-li se obě korekce současně, pak se jejich účinek vzájemně ruší.

Účel zavedení gregoriánské epakty však byl poněkud jiný nežli jen stanovit stáří Měsíce na začátku roku. Pokud do kalendáře zapíšeme k příslušnému datu, na které případně novoluní, místo zlatého čísla gregoriánskou epaktou, dostaneme *věčný gregoriánský kalendář*.

Tímto způsobem se během dlouhé doby vystřídají všechny hodnoty gregoriánské epakty od I do XXX (tato hodnota se podle rozhodnutí papežské komise v tabulkách epakt značí symbolem *). Pro snazší porovnání s dřívějším juliánským kalendářem byla zavedena tzv. *juliánská epakta*. Respektuje jednorázovou opravu stáří Měsíce o tři dny zavedenou kalendářní reformou, ale její hodnota se stanovuje podle pravidel juliánského kalendáře. Jak bylo uvedeno výše, lednové novoluní připadlo po gregoriánské reformě na 20. ledna juliánského kalendáře, tedy předchozí prosincové novoluní na 21. prosince. Z toho vyplývá, že na začátku 1. roku Metonova cyklu má stáří Měsíce (tj. juliánská epakta) hodnotu 11 dní a každým dalším rokem vždy o 11 dní větší. Je tedy definována vztahem

$$\text{juliánská epakta} = (11 \times \text{zlaté číslo}) \bmod 30.$$

Hodnoty juliánské epakty jsou v následující tabulce.

zlaté číslo	juliánská epakta	zlaté číslo	juliánská epakta
1	XI	11	I
2	XXII	12	XII
3	III	13	XXIII
4	XIV	14	IV
5	XXV	15	XV
6	VI	16	XXVI
7	XVII	17	VII
8	XVIII	18	XVIII
9	IX	19	XXIX
10	XX		

Tab. 3. Juliánské epakty

Důvodem k zavedení juliánské epakty byla možnost snadného stanovení gregoriánské epakty pro příslušný rok. V roce kalendářní reformy bylo vypuštěno 10 dnů. Protože fáze Měsíce jsou nezávislé na změně v číslování dnů v našich kalendářích, bylo nutno v gregoriánském kalendáři snížit epaktou o 10 dní, aby byla zachována správná fáze Měsíce i v gregoriánském kalendáři (nyní odhlížíme od zavedené třídní opravy). Při každém vypuštění přestupného dne (tj. při aplikaci sluneční korekce) je třeba snížit epaktou o další den a naopak při provedení měsíční korekce je třeba epaktou o 1 den zvýšit. Přičteme-li tyto difference k snadno vypočitatelné hodnotě juliánské epakty, můžeme stanovit gregoriánskou epaktou bez pomoci jakýchkoli tabulek.

korekce S – sluneční M - měsíční			rozdíl kalendářů G – J	rozdíl epakt J – G
		1582–1599	10	10
1600	–	1600–1699	10	10
1700	S	1700–1799	11	11
1800	S M	1800–1899	12	11
1900	S	1900–1999	13	12
2000	–	2000–2099	13	12
2100	S M	2100–2199	14	12
2200	S	2200–2299	15	13
2300	S	2300–2399	16	14
2400	M	2400–2499	16	13
2500	S	2500–2599	17	14
2600	S	2600–2699	18	15
2700	S M	2700–2799	19	15
2800	–	2800–2899	19	15
2900	S	2900–2999	20	16
3000	S M	3000–3099	21	16
3100	S	3100–3199	22	17
3200	–	3200–3299	22	17
3300	S M	3300–3399	23	17
3400	S	3400–3499	24	18
3500	S	3500–3599	25	19
3600	M	3600–3699	25	18
3700	S	3700–3799	26	19
3800	S	3800–3899	27	20
3900	S M	3900–3999	28	20
4000	–	4000–4099	28	20

Tab. 4. Vztah mezi juliánskou a gregoriánskou epaktou

V tabulce značí S aplikaci sluneční korekce, M aplikaci měsíční korekce v roce udaném v prvním sloupci tabulky. Dále je uvedeno rozmezí let, ve kterých platí udaný rozdíl kalendářů a rozdíl epakt.

Vidíme, že rozdíl epakt (brany s opačným znaménkem nežli rozdíl kalendářních dat) roste pomaleji než rozdíl kalendářních dat obou kalendářů a v některých případech dokonce klesá (v letech následujících po aplikaci měsíční korekce, pokud současně s ním nebyla účinná sluneční korekce).

Příklad. Stanovme gregoriánskou epaktu a velikonoční úplněk pro rok 2015.

Zlaté číslo:	$2015 \bmod 19 + 1 = 1 + 1 = 2$
Juliánská epakta:	$11 \times 2 = 22$
Rozdíl epakt:	12 (z tabulky)
Gregoriánská epakta:	$22 - 12 = 10$

To znamená, že z lunace končící v lednu 2015 proběhne 10 dní v roce 2014 a 20 v roce 2015. Lednové novoluní tedy nastane 21. ledna. Březnové novoluní připadne na 21. března a o 13 dní později, tj. 3. dubna, nastane úplněk. Protože 3. dubna 2015 je pátek, bude Velikonoční neděle 5. dubna.

Takto můžeme sestavit pro gregoriánský kalendář novou tabulku velikonočních úplňků. Jejich hodnoty ale nebudou platit stále, nýbrž vždy jen ve skupině staletí, která mají shodný rozdíl epakt.

Při použití tabulky gregoriánských velikonočních úplňků musíme užívat nedělní písmena platná pro gregoriánský kalendář, která se od nedělních písmen pro juliánský kalendář liší.

5. Výjimky oproti juliánskému kalendáři

Aby při přechodu na nový kalendář byly zachovány některé vlastnosti juliánského kalendáře, rozhodla papežská komise o zavedení dvou výjimek při stanovení data velikonočního úplňku.

1. V juliánském kalendáři připadlo poslední možné datum velikonočního úplňku na 18. duben. Při rozšíření výpočtu zavedením epakt se v některých staletích může stát, že by velikonoční úplněk mohl připadnout na 19. duben. V tomto případě se velikonoční úplněk přesouvá na 18. duben, a tudíž posledním možným datem Velikonoční neděle zůstává 25. duben.
2. V juliánském kalendáři připadá v průběhu jednoho Metonova cyklu velikonoční úplněk vždy na různá data. Po úpravě cyklu by však mohl velikonoční úplněk připadnout v některých staletích díky uvedenému přesunu dvakrát na 18. duben. Toto se koriguje tak, že pro zlaté číslo větší než 11 se velikonoční úplněk v takovém případě překládá z 18. na 17. dubna. Toto datum se v tabulce velikonočních úplňků pro uvažovaná staletí nevyskytuje, a nedojde tudíž k nežádoucí duplicitě.

Obě tato pravidla jsou již zohledněna v následující tabulce gregoriánských velikonočních úplňků a upravená data jsou zvýrazněna tučně, viz např. data pro zlaté číslo 6 a pro zlaté číslo 17 v období 1900–2199.

zlaté číslo	1582–1699		1700–1899		1900–2199		2200–2299	
1	12. dubna	D	13. dubna	E	14. dubna	F	15. dubna	G
2	1. dubna	G	2. dubna	A	3. dubna	B	4. dubna	C
3	21. března	C	22. března	D	23. března	E	24. března	F
4	9. dubna	A	10. dubna	B	11. dubna	C	12. dubna	D
5	29. března	D	30. března	E	31. března	F	1. dubna	G
6	17. dubna	B	18. dubna	C	18. dubna	C	21. března	C
7	6. dubna	E	7. dubna	F	8. dubna	G	9. dubna	A
8	26. března	A	27. března	B	28. března	C	29. března	D
9	14. dubna	F	15. dubna	G	16. dubna	A	17. dubna	B
10	3. dubna	B	4. dubna	C	5. dubna	D	6. dubna	E
11	23. března	E	24. března	F	25. března	G	26. března	A
12	11. dubna	C	12. dubna	D	13. dubna	E	14. dubna	F
13	31. března	F	1. dubna	G	2. dubna	A	3. dubna	B
14	18. dubna	C	21. března	C	22. března	D	23. března	F
15	8. dubna	G	9. dubna	A	10. dubna	B	11. dubna	C
16	28. března	C	29. března	D	30. března	E	31. března	F
17	16. dubna	A	17. dubna	B	17. dubna	B	18. dubna	C
18	5. dubna	D	6. dubna	E	7. dubna	F	8. dubna	G
19	25. března	G	26. března	A	27. března	B	28. března	C

Tab. 5. Gregoriánské velikonoční úplňky

V tabulkách pro určení Velikonoční neděle v gregoriánském kalendáři se tyto výjimky realizují tím způsobem, že epakta 25 je uvedena ve dvou variantách, zapsaných XXV a 25, z nichž se použije ta, která odpovídá příslušné části Metonova cyklu pro daný případ (XXV pro zlaté číslo 1 až 11 a 25 pro zlaté číslo 12 až 19). Tento postup užívaný v církevní praxi je podrobněji popsán v [12]. Pro určení Velikonoční neděle však musíme znát epaktu příslušného roku.

Při stanovení data Velikonoc však můžeme postupovat jednodušeji tak, zjistíme hodnotu gregoriánské epakty pomocí juliánské epakty a rozdílu epakt pro dané století. Z gregoriánské epakty pak můžeme určit dny, na které připadne novoluní. Úplněk nastává o 13 dnů později, a pokud padne na 21. březen nebo pozdější datum, jedná se o velikonoční úplněk. Následující neděle je pak Velikonoční nedělí. Správnost si můžeme zkontrolovat nahlédnutím do Claviova spisu [6], kde jsou uvedena data Velikonočních nedělí v gregoriánském i juliánském kalendáři a další údaje pro všechny roky až do roku 5000 včetně.

Podle [11] je teoretická perioda opakování Velikonoční neděle v gregoriánském kalendáři 5 700 000 let. Jde však o hodnotu, která nemá žádný praktický význam vzhledem ke změnám kalendáře, které v takto dlouhých obdobích nutně musí nastat kvůli změnám v délce roku.

6. Přesnost cyklického výpočtu

Cyklický výpočet pro svou jednoduchost pochopitelně nemůže vystihnout přesně skutečnou fázi Měsíce pro daný okamžik. Hlavním důvodem je eliptická dráha Měsíce kolem Země a s ní spojená rozdílná rychlost jeho oběhu v různých vzdálenostech od Země. Rozdíl cyklicky vypočteného stáří Měsíce od skutečného nepřesahuje 2 dny. Hlavní výhodou cyklického výpočtu je pak možnost předpovědi fází do velmi vzdálené budoucnosti. Jako ukázka přesnosti stanovení stáří Měsíce cyklickým výpočtem jsou v následující tabulce uvedeny hodnoty gregoriánských epakt pro nedávné roky spolu se stářím Měsíce na počátku roku podle astronomických efemerid [9] (pro snazší porovnání jsou v ní hodnoty gregoriánských epakt uvedeny nikoli římskými, ale arabskými číslicemi).

rok	greg. epakta	stáří Měsíce
1993	6	8,0
1994	17	18,6
1995	29	29,0
1996	10	9,9
1997	21	21,3
1998	2	2,3
1999	13	13,1
2000	24	24,1
2001	5	6,3
2002	16	17,1
2003	27	27,7
2004	8	8,6

rok	greg. epakta	stáří Měsíce
2005	19	19,9
2006	30	0,9
2007	11	11,4
2008	22	22,3
2009	3	4,5
2010	14	15,5
2011	25	26,3
2012	6	7,2
2013	17	18,6
2014	29	29,0
2015	10	9,9
2016	21	20,6

Tab. 6. Gregoriánské epaktky a stáří Měsíce na počátku roku

Cyklický výpočet dává v některých případech i datum Velikonoční neděle odlišně od data určeného podle skutečné astronomické situace. Tento stav se označuje jako *velikonoční paradoxie*. Nastává několikrát za století. Kromě nepřesného určení měsíční fáze cyklickým výpočtem zde často hraje roli i počátek jara, který připadne na 19. nebo 20. března, zatímco cyklický výpočet pracuje s fixním datem 21. března.

Poděkování. Autor děkuje doc. RNDr. Marku Wolfovi, CSc., a doc. RNDr. Aleně Šolcové, Ph.D., za pečlivé přečtení rukopisu a velmi cenné připomínky.

L i t e r a t u r a

- [1] ALOISIO, M.: *The calculation of Easter Day, and the origin and use of the Word Computer*. IEEE Ann. Hist. Comput. (2004), July-September, 42–49.
- [2] ANDRLE, P.: *Umíte určit datum velikonoce? Říše hvězd 51* (1970), 54–58.
- [3] BLÁHOVÁ, M.: *Historická chronologie 4. Velikonoce a pomůcky k určování Velikonoce*. Libri, Praha, 2001, 222–265.
- [4] BORECKÝ, J.: *K datu letošních svátků velikonočních. Říše hvězd 24* (1943), 56–60.
- [5] BOUŠKA, J.: *Hvězdářská ročenka 1960*. Chronologické tabulky, NČSAV, Praha, 1959, 129–160.
- [6] CLAVIUS, C.: *Romani calendarii a Gregorio XIII. P. M. restituti explicatio*. Romae, 1603 [cit. 19. 11. 2014]. Dostupné z: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/MPIWG:P35YUZP5>
- [7] FRIEDRICH, G.: *Rukověť křesťanské chronologie*. Paseka, Praha–Litomyšl, 1997, 32–61.
- [8] GINZEL, F. K.: *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie, III. Band. XIV. Die Zeitrechnung des Mittelalters*. Leipzig, 1914. Reprint Austrian Literature Online, Band 55, 88–287.
- [9] *Hvězdářská ročenka*. HaP, Praha, 1993–2015.
- [10] *Kalendář* [cit. 19. 11. 2014]. Dostupné z: <http://kalendar.beda.cz>
- [11] OSWALDEN, M.: *Die Struktur der Gregorianischen Osterperiode*. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte und Anzeiger, math.-nat. Klasse, Abt. II, 207 (1998), 53–69 [cit. 10. 2. 2015]. Dostupné z: <http://hw.oeaw.ac.at/buecher/files/1998/pdf/1998/pdffile/S%26A05.pdf>
- [12] *Určení dat Velikonoční neděle*. Křesťanské Modřany (2000), č. 2, 3–6 [cit. 19. 11. 2014]. Dostupné z: <http://modranskafarnost.cz/rok2000/velikonoce/download.html>