

# Zatmění Slunce 11. 8. 1999

Jiří Kubánek

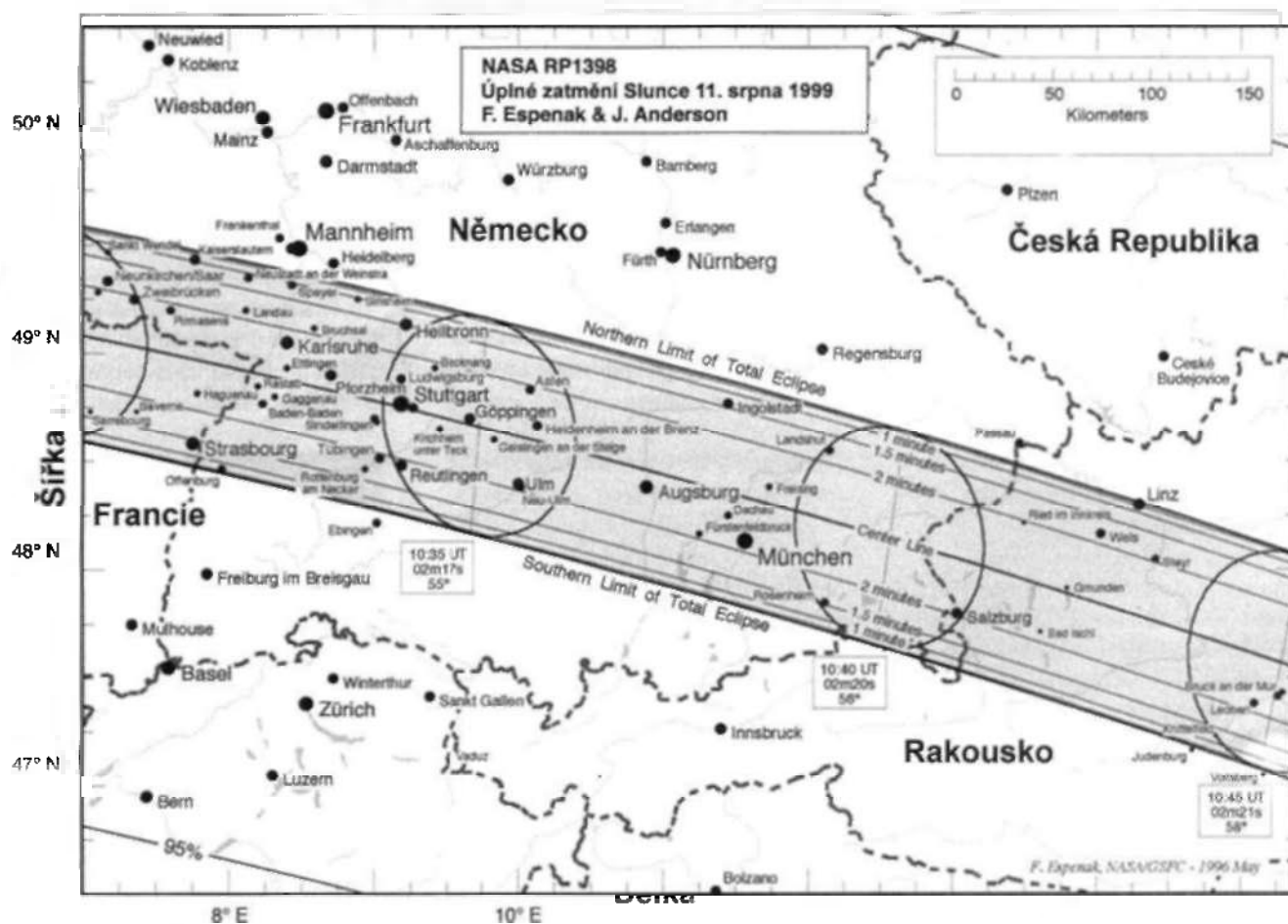
Nejúchvatnější astronomický úkaz. Sluneční kotouč je na několik minut zcela zakryt Měsícem, obloha ztmavne a jsou na ni vidět jasnější hvězdy. Kolem zakrytého Slunce se rozzáří nejsvrchnější část sluneční atmosféry – koróna. Pro konkrétní místo naší zeměkoule je úplné zatmění Slunce velmi vzácným jevem. Letos se naskytá jedinečná příležitost pozorovat tento úkaz i ze střední Evropy. Na našem území bude zatmění viditelné jen jako částečné, ale stačí vyrazit jižně od našich hranic a pokud vyjde počasí, stanete se diváky úžasné přírodní podívané.

Již staří Řekové pozorovali sluneční zatmění. A nejen oni, zatmění jsou nepochybně tak nápadnými jevy, že si jich museli bez pochyby všimnout již obyvatelé v pravěku. První záznamy o pozorování zatmění však máme z Číny v roce 2137 př. n. l. Zatmění měla nemalý vliv na vývoj událostí v historii. Nejznámější je asi případ z roku 585 př. n. l., kdy v Malé Asii v době bitvy mezi Lyďany a Médy úplné zatmění Slunce

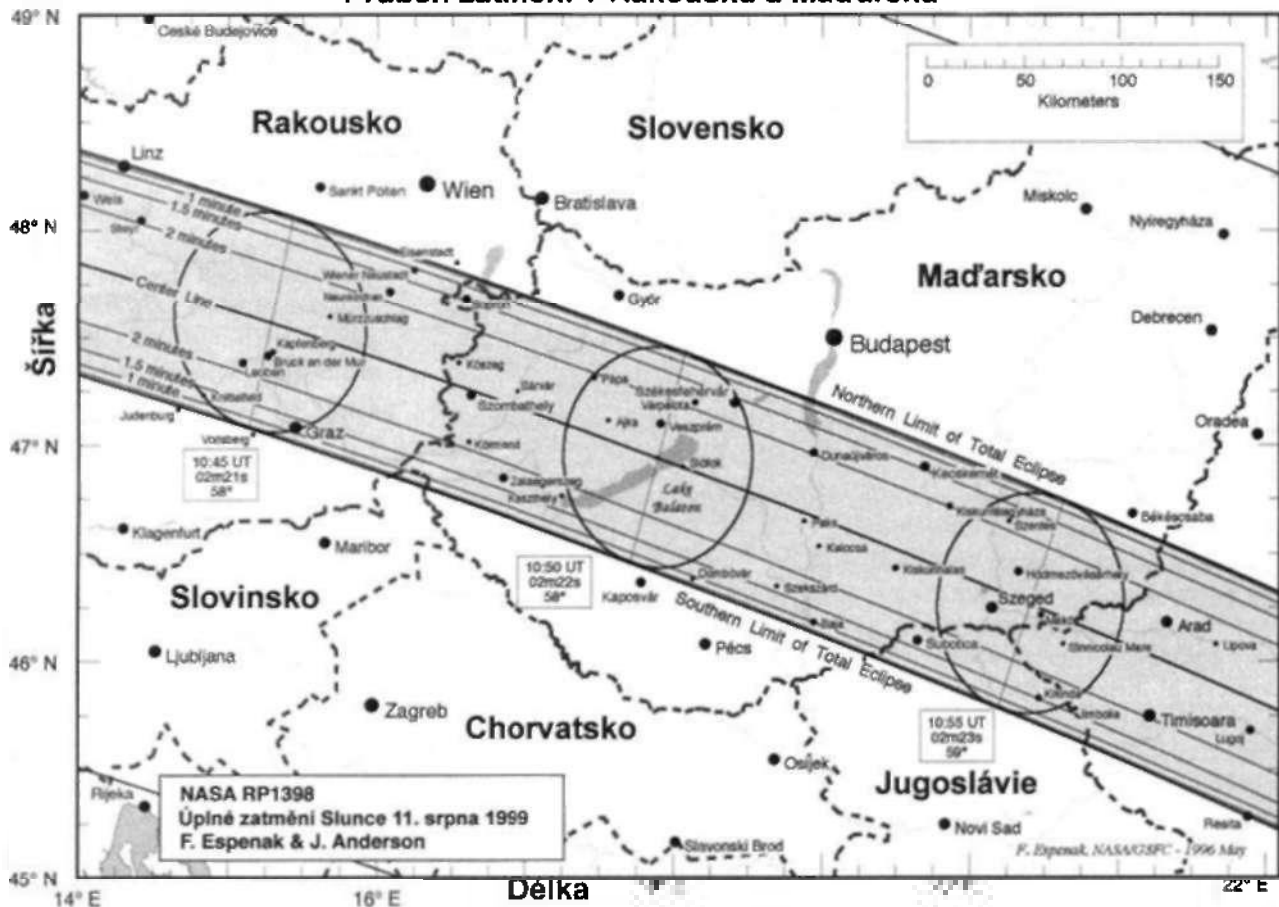
zarazilo zděšené bojovníky a ukončilo válku. Nebo v roce 1504, kdy Kryštof Kolumbus se svým malým mužstvem byl na Jamajce ohrožen smrtí hladem, a tak aby si opatřil potraviny, hrozil Karaibům, že je večer zbaví měsíčního světla. Sotva zatmění začalo, Karaibové k němu přišli.

Co je vlastně příčinou zatmění a jak vzniká? Předně si vysvětleme, co to vlastně zatmění je. V astronomii hovoříme o zatměních většinou v případě zatmění Slunce nebo Měsíce. Zatmění Slunce ve své podstatě není zatměním! Jistě překvapivá věta, teď si řeknete, že tento článek nese vlastně chybný název. Slunce totiž nevstupuje do žádného stínu, ale je zakrýváno naším Měsícem, a tak bychom měli správně mluvit o zákrytu Slunce Měsícem. Vzhledem k tomu, že výsledkem zákrytu je neviditelnost Slunce, běžně užíváme pojmu zatmění Slunce. Zatmění Měsíce je naproti tomu skutečně seriózním zatměním. Měsíc vstupuje do zemského stínu a přestává být viditelný (i když zcela nezmizí, vlivem lomu světla v zemské atmosféře dostává měsíční disk tmavě červené zbarvení). Hlavní rozdíl mezi zatměním

## Úplné zatmění Slunce 11. srpna 1999 Průběh zatmění v Německu a Rakousku



## Úplné zatmění Slunce 11. srpna 1999 Průběh zatmění v Rakousku a Maďarsku



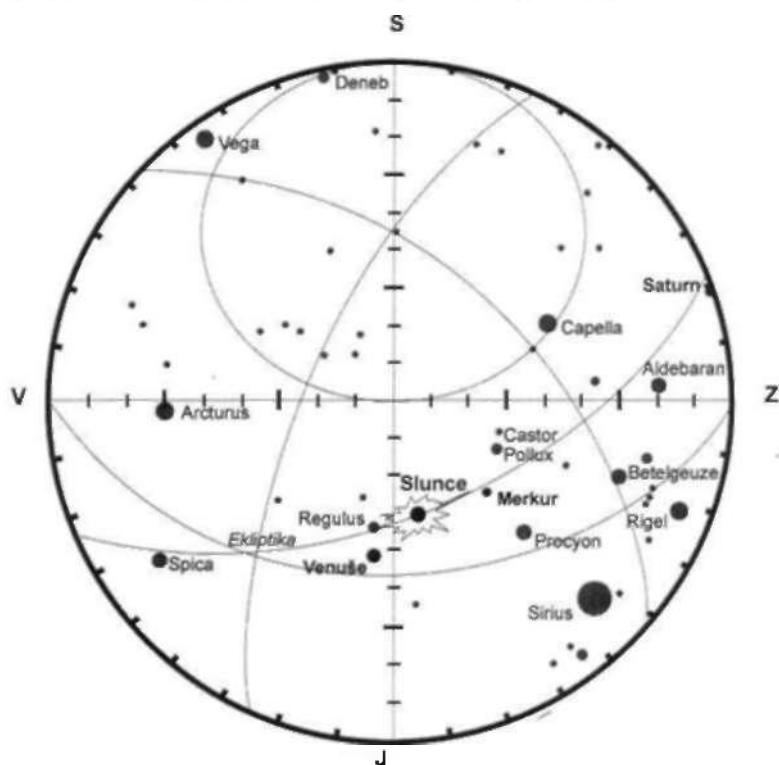
a zákrytem je v tom, že zatmění určitého tělesa je pozorovatelné de facto odkudkoli, kde je dané těleso viditelné. Například huňatý pes, aby mu nebylo horko, běží za roh do stínu domu. Vy, pokud zrovna budete tohoto hafana pozorovat, uvidíte, že na psíka už nesvítí sluníčko. A je jedno jestli jdete po ulici, nebo se díváte z protějšího domu, anebo letíte ve vrtulníku, prostě pozorujete „zatmění psa“. Nebo jistě se Vám v kině stalo, že nějaký opozdilec vrhal svojí hlavou stín na plátno. Tento stín viděli všichni, kteří film zrovna sledovali, bez ohledu na to, v které řadě seděli. Naproti tomu, pokud sledujeme nějaký zákryt dvou těles – a může to být zákryt Slunce Měsícem, nebo zákryt hvězdy planetkou, a nebo se Vám kamarád schová za strom – musíme být na přímce spojující ona zakrývaná tělesa. Pokud si hrajete na schovávanou a chcete kamaráda spatřit, musíte ujít třeba několik metrů stranou, aby Vám vyšel ze zákrytu. Z toho je tedy zřejmé, že zatmění Měsíce je viditelné z poloviny zeměkoule, ale zatmění (zákryt) Slunce jen z určité vymezené oblasti.

Jak tedy zatmění vzniká? K „vyrobení“ zatmění potřebujeme alespoň tři tělesa, v našem případě Slunce, Země a Měsíc. Jedno těleso (Slunce) osvětluje zbylá dvě (Země a Měsíc). Osvětlená tělesa vrhají své stíny. Pokud jedno z nich vstoupí do stínu druhého hovoříme o zatmění. Zatmění Slunce či Měsíce nastává, pokud tato tělesa společně se Zemí leží v jedné přímce. Každý školák ví, že pokud se Měsíc dostane mezi Slunce a Země, vrhá na ni svůj stín, a na Země pozorujeme zatmění Slunce. Naopak, pokud je Země mezi Sluncem a Měsícem, vstupuje Měsíc do stínu vrženého naší planetou, a nastá-

vá zatmění Měsíce. Zatmění Slunce může tedy nastat, pokud je Měsíc v novu (podobně zatmění Měsíce nastává jen při úplňku). Ovšem samozřejmě ne při každém novu či úplňku k zatmění dochází. Dráha Měsíce je totiž skloněná k zemské osi o 5°. Jinak řečeno, v novu či úplňku neleží vždy Měsíc přesně v přímce Slunce-Země. Aby zatmění nastalo, je potřeba, aby se náš Měsíc nacházel poblíž uzlu své dráhy. Uzlem rozumíme průsečík měsíční dráhy s rovinou ekliptiky (rovinou dráhy oběhu Země kolem Slunce). Tyto průsečíky jsou pochopitelně dva – výstupný a sestupný uzel. Jak známo, Měsíc oběhne kolem Země za 27 a jednu třetinu dne (oběžná perioda vůči hvězdám – tzv. siderický měsíc). Ovšem podíváte-li se do kalendáře, zjistíte, že doba mezi dvěma úplňky je delší, a sice 29 a půl dne (vlivem oběhu Země kolem Slunce musí Měsíc urazit ještě kus své dráhy oproti siderickému měsíci, aby se dostal do stejné polohy vůči Slunci). Tuto periodu, jež uplyne mezi dvěma stejnými fázemi Měsíce (např. od úplňku do úplňku) nazýváme synodickým měsícem. A protože tato perioda je důležitá při výpočtu zatmění, uvedme její přesnou hodnotu: 29 dní 12 hodin 44 minut. Kromě novu nebo úplňku musí být splněna druhá podmínka zatmění, a sice že Měsíc je v jednom z uzlů své dráhy. Proto stejně důležitou periodou je doba, kterou Měsíc potřebuje k uražení své dráhy od jednoho uzlu k témuž uzlu. Tomuto měsíci říkáme drakonický a trvá 27 dní 5 hodin 5 minut. Hledíme tedy nejmenší společný násobek těchto dvou period. Zjistíme, že 223 synodických a 242 drakonických měsíců činí 6585,32 resp. 6585,36 dne, což je v dobré shodě. Těchto 6585 dní,

neboli 18 let a 10 (či 11) dnů je perioda saros, která byla známa již v antice. (Zdali 10 nebo 11 dnů záleží na tom, kolik je v 18 letech zrovna přestupných roků). Vzhledem k tomu, že perioda saros není celé číslo, ale přebývá zhruba jedna třetina dne, dochází vždy k dalšímu zatmění Slunce v periodě saros cca o 120° západněji na zeměkouli. Kromě toho se pás viditelnosti zatmění posouvá o něco k severu nebo k jihu podle toho, zda zatmění nastává u sestupného nebo u výstupného uzlu.

Zatmění Slunce je v podstatě způsobeno šťastnou souhrou náhod. Slunce je 400x větší než Měsíc, ale je také zhruba 400x dál od Země. A proto na obloze Slunce i Měsíc zaujmají přibližně stejný úhlový průměr – kolem půl stupně. Ovšem vzdálenost Slunce a Měsíce od Země není konstantní. Již v roce 1609 zformuloval Johannes Kepler zákon o pohybu planet kolem Slunce. Planety se pohybují po elipsách, v jejichž jednom ohnisku je Slunce. Dráha Země tedy není kruhová, jak se domníval M. Koperník, nýbrž elipsa s malou výstředností (0,017). Země je ke Slunci nejbliže na počátku ledna, a to 147,1 miliónu km. Naopak v odsluní, nejvzdálenějším místě své dráhy od Slunce, se nachází na začátku července – 152,1 miliónu km. Dráha Měsíce kolem Země je poněkud výstřednější – 0,055 (Měsíc je od Země vzdálen mezi 356 až 406 tisíci km). Úhlový průměr Slunce se tak mění od 31,5' do 32,5', úhlový průměr Měsíce od 29,4' do 33,6'. Z toho je zřejmé, že někdy Měsíc nestačí překrýt celý sluneční disk, a vzniká tak prstencové zatmění. Tehdy kužel plného stínu vrženého Měsícem nedosahuje až k Zemi. Pokud se špička tohoto stínu dotýká zemského povrchu, jinými slovy úhlové průměry slunečního i měsíčního disku jsou přesně shodné, nastává zvláštní případ prstencovo-úplného zatmění (z některých míst je zatmění viditelné jako prstencové, z jiné oblasti Země jako úplné). Jinak pokud měsíční stín sahá až k Zemi, je zatmění vidět jako úplné. Nicméně vzhledem k rozměrům měsíčního stínu u Země je úplné zatmění viditelné z poměrně malé oblasti zemského povrchu. Odkud na zemském povrchu bude zatmění viditelné, je vcelku netriviální výpočet. Zatmění se počítá pomocí Besselovy základní roviny, která prochází středem Země a je kolmá na osu stínu. Měsíční stín putuje po zemském povrchu rychlostí řádově kolem 1 km/s. Vzniká tak několik tisíc kilometrů dlouhý pás, označovaný jako pás totality.



Převzato z brožury „Zatmění Slunce“.

Šířka tohoto pásu je však jen několik desítek až stovek kilometrů (max. kolem 270 km). Proto je úplné zatmění Slunce z hlediska jednoho místa na zeměkouli poměrně vzácný jev. V průměru jednou za 375 let dochází k úplnému zatmění a jednou za 224 roky k prstencovému. Velkou vzácností např. byla dvě úplná zatmění 11. 6. 1983 a 22. 11. 1984 viditelná z Port Moresby. Štěstí mají také v Turecku, kde kromě letošního zatmění uvidí úplné též 29. 3. 2006. V Čechách nastalo poslední úplné zatmění 12. května 1706, k dalšímu dojde až 7. října 2135. Co se týče zatmění částečných, mnozí si jistě vzpomenou na poslední zatmění 12. října 1996 nebo 10. května 1994. V příštích dvaceti letech dojde u nás k šesti částečným zatměním Slunce. Částečné zatmění není takovou vzácností, neboť měsíční polostín zasahuje obvykle 1/6 zemského povrchu. V jednom roce někde na zeměkouli dojde alespoň ke dvěma zatměním Slunce (mohou být jen částečná), nejvýše pak může být 5 slunečních zatmění v roce. Měsíční zatmění mohou být max. 3 v roce, celkem pak všech zatmění 7 během jednoho roku. Je tedy zřejmé, že globálně jsou častější zatmění Slunce, ale z hlediska jednoho stanoviště je mnohem častější zatmění Měsíce.

Úplné zatmění Slunce je skutečně vzácným a krátkým úkazem. Přestože částečné

zatmění může trvat i několik hodin, úplná fáze, kdy je sluneční kotouč zcela zakryt, trvá jen několik málo minut (max. 7,5 minuty, prstencové zatmění max. 12 minut). Přenesme se teď tedy v čase do data 11. srpna 1999 a vydejme se po stopě zatmění.

Je 9:32 UT a v Atlantském oceánu nedaleko severoamerického pobřeží (300 km jižně od Nového Skotska) se poprvé dotkne plný měsíční stín Země. Pás úplného zatmění putuje přes oceán a jako první pevninu zasáhne Cornwall, jihozápadní cíp Británie. Na evropský kontinent vstupuje stín nejprve do severní Francie, přičemž Paříž mine o pouhých 20 kilometrů. Při pohledu z Eiffelovy věže bude Měsíc zakrývat 99,4 procenta slunečního disku. Pás totality zasahuje jižní Belgie a Lucembursko. Poté vstupuje na území Německa, kde projde především jeho jižními oblastmi. Pro zajímavost uvedme, že v Německu a Rakousku prochází pás řadou měst, kde působil slavný astronom a matematik Johannes Kepler. Tak například úplné zatmění bude k vidění z Tübingenu, kde Kepler studoval, nebo z Ulmu, kde vyšly jeho Rudolfské astronomické tabulky. Bádensko-würtenberská metropole Stuttgart leží takřka na centrální linii (úplná fáze zde trvá 2 min 17 s). Zatmění potrvá přes dvě minuty i v Mnichově, který leží několik desítek kilometrů jižně od středové linie. Z dalších vel-

kých německých měst se v pásu totality nacházejí Saarbrücken, Karlsruhe, Heilbronn, Augsburg, dále např. Ingolstadt a Landshut. Stín Měsíce se poté přesouvá do Rakouska. Úplné zatmění bude pozorovatelné například ze Solnohradu (Salzburg), nebo Lince, který leží na severním okraji pásu totality a kde J. Kepler žil po smrti Rudolfa II. Naopak Štýrský Hradec (Graz), kde Kepler vyučoval na protestantském gymnasiu, se nachází v jižní části pásu. Bohužel, nejslavnější Keplerovo působiště, Praha, v pásu chybí. Měsíčním stínem bude zasázen také nejsevernější cíp Slovinska. Zatmění pokračuje přes Maďarsko, kde kupříkladu celý Balaton leží v pásu totality. Úplné zatmění uvidíte mimo jiné v Szombathely, Szekesfeherváru, Kecskemétu nebo Szegedu. Stín Měsíce navštíví i severní část Jugoslávie (město Subotica). Pás totality pak vstupuje na území Rumunska, kde se mimo jiné nachází město s nejdelším trváním tohoto zatmění vůbec (město Rimnicu Vilcea na jižních svazích Karpat, doba trvání úplné fáze 2 min 23 s, výška Slunce nad obzorem 59°). Z rumunských měst budou zasázena plným stínem například Arad, Timisoara (Temešvár), Pitesti a hlavní město Bukurešť, která leží přímo na centrální linii. Stín Měsíce poté, co v 11:07 vstoupí do severovýchodní části Bulharska, kde těsně mine Varnu, opouští v 11:12 UT evropský kontinent. Směřuje přes Černé moře do Turecka, kam vstoupí v 11:21 UT. Stín dále pokračuje přes severovýchodní část Sýrie, Irák, Írán, Pákistán a Indii do Bengálského zálivu, kde ve 12:36 UT zatmění končí.

Česká republika bohužel neleží v pásu totality, a tak zatmění bude z našeho území pozorovatelné jen jako částečné. V Praze bude při maximální fázi v 10:42 UT (12:42 letního středoevropského času) zakryto 95% slunečního kotouče. V Českých Budějovicích to bude 98% a na pravém břehu Lipna v oblasti Vítkova kamenu 99%. I to je však málo na to, aby byla vidět koróna a aby se více sešelfilo a mohli jsme spatřit plejádu hvězd. Rozhodně si tedy nenechte ujít jedinečnou příležitost vidět úplné zatmění Slunce. Stačí vyrazit jen pár desítek kilometrů na jih od našich hranic. Průběh pásu totality byl popsán v minulém odstavci. Doporučuji vybrat si stanoviště spíše u středu pásu totality (není třeba být nutně na centrální linii), protože u okraje pásu se

doba trvání totality rychle zkracuje. Vyplátí se tedy jet např. pár kilometrů jižně za Lince (cca 25 km od něj trvá zatmění již 2 minuty, ale v Linci pouze několik sekund až desítek sekund). Doba totality na centrální linii se v Evropě pohybuje od 2 min: 9 s ve Francii do 2 min 23 s v Rumunsku. Předpokladem k úspěšnému

pozorování je samozřejmě dobré počasí. Další úplné zatmění Slunce nastane až v příštím tisíciletí (21. 6. 2001) a bude pozorovatelné z Angoly, Zambie, Zimbabwe, Malawi, Mosambiku a Madagaskaru. Přeji všem jasnou oblohu a úchvatný zážitek na celý život. ■

Děkuji F. Espenakovi za možnost uveřejnění

## TABULKY

město	začátek	max. fáze	konec	velikost
Plzeň	9:19:44	10:40:48	12:02:32	0,966
Ústí nad Labem	9:21:07	10:41:31	12:02:25	0,938
Praha	9:21:27	10:42:23	12:03:43	0,952
České Budějovice	9:21:04	10:42:54	12:05:06	0,981
Liberec	9:22:40	10:43:06	12:03:46	0,93
Hradec Králové	9:23:36	10:44:36	12:05:37	0,941
Brno	9:24:29	10:46:24	12:08:03	0,962
Olomouc	9:25:37	10:47:15	12:08:28	0,948
Zlín	9:26:11	10:48:10	12:09:35	0,955
Ostrava	9:27:17	10:48:47	12:09:35	0,935

Tabulka - Zatmění Slunce v ČR. Na celém území je zatmění pozorovatelné jako částečné. Údaje jsou uvedeny ve světovém čase (UT=SELČ-2h). Velikost zatmění je daná v jednotkách slunečního průměru.

Metz	Francie	9:09:13	10:27:55	10:30:09	11:51:35	2:13
Saarbrücken	Německo	9:10:22	10:29:17	10:31:27	11:52:52	2:09
Strasbourg	Francie	9:11:02	10:30:58	10:32:22	11:54:39	1:24
Karlsruhe	Německo	9:12:12	10:31:39	10:33:47	11:55:21	2:08
Stuttgart	Německo	9:13:09	10:32:55	10:35:12	11:56:53	2:17
Ulm	Německo	9:14:08	10:34:28	10:36:33	11:58:34	2:05
Augsburg	Německo	9:15:26	10:35:53	10:38:10	12:00:03	2:17
Ingolstadt	Německo	9:16:26	10:37:11	10:38:35	12:00:35	1:24
München	Německo	9:16:20	10:37:12	10:39:20	12:01:25	2:08
Landshut	Německo	9:17:23	10:38:14	10:40:02	12:01:57	1:48
Salzburg	Rakousko	9:18:28	10:39:55	10:41:57	12:04:11	2:02
Linz	Rakousko	9:20:35	10:42:40	10:43:10	12:05:39	0:30
Steyr	Rakousko	9:20:42	10:42:16	10:44:13	12:06:07	1:57
Graz	Rakousko	9:22:08	10:44:56	10:46:09	12:08:55	1:12
Wiener Neustadt	Rakousko	9:23:34	10:46:00	10:47:06	12:09:17	1:06
Szombathely	Maďarsko	9:24:06	10:46:23	10:48:44	12:10:37	2:22
Siófok	Maďarsko	9:26:28	10:49:08	10:51:30	12:13:17	2:22
Szekesfehervár	Maďarsko	9:27:04	10:49:55	10:51:33	12:13:25	1:37
Szeged	Maďarsko	9:30:03	10:53:22	10:55:43	12:17:22	2:21
Arad	Rumunsko	9:32:09	10:55:35	10:57:49	12:19:13	2:14
Timisoara	Rumunsko	9:32:00	10:55:52	10:57:54	12:19:41	2:02
Rimnicu Vilcea	Rumunsko	9:37:54	11:01:58	11:04:21	12:25:15	2:22
Pitesti	Rumunsko	9:38:55	11:03:07	11:05:29	12:26:19	2:23
Bucuresti	Rumunsko	9:41:24	11:05:47	11:08:10	12:28:43	2:22

**Vysvětlivky:** V tabulce jsou uvedeny časy zatmění ve vybraných evropských městech (hměna). Údaje jsou ve světovém čase, proto je třeba přičíst k údajům 1 hodinu (letní čas) a + 1 hodinu (Francie, Německo, Rakousko, Maďarsko), + 2 hodiny (Rumunsko). Tak dostaneme čas platný v uvedených státech. 1.kontakt - začátek částečného zatmění 2.kontakt - začátek úplného zatmění 3.kontakt - konec úplného zatmění 4.kontakt - konec částečného zatmění trvání - doba trvání úplného zatmění (mins)

## Použitá a další doporučená literatura:

- Bouška, J., Vanýsek V.: Zatmění a zakrytí nebeských těles, Nakl. ČSAV, Praha, 1963  
 Espenak E., Anderson J.: NASA reference publication No. 1398 Total Solar Eclipse of 1999 August 11  
 Stephenson F. R.: Historical eclipses and Earth's rotation, Cambridge Univ. Press, 1997  
 Flammarion, C.: Populární astronomie I., Nakl. Hejda a Tuček, Praha, zač. 20. století  
 Bürgel, B. H.: Z dalekých světů, Česká grafická Unie, Praha, 1941  
 Hlad, O., Pavloušek, J.: Přehled astronomie, SNTL, Praha, 1990