

Pohyby Země a klima

Každý ví, že pohyby Země udávají rytmus veškeré živé přírodě na Zemi. Člověk a jeho společnost není v tomto ohledu žádnou výjimkou. Víme, že oběh Země kolem Slunce rozdělil náš rok na roční období a rotace Země způsobuje, že se střídá den a noc. Málokdo ovšem ví, že Země vykonává další pohyby, které spolu se změnami dráhových elementů naší planety mají vliv i na charakter podnebí na naší Zemi.

Jaké vykonává Země pohyby

Už na základní škole jsme se učili, že Země obíhá kolem Slunce a otáčí se kolem vlastní osy. To však nejsou jediné pohyby Země. Ty další pohyby, o kterých bude dále řeč, mají mnohem delší periody, ale jsou neméně důležité než ony výše uvedené dva všeobecně známé pohyby.

Přesto je dobré si uvědomit a připomenout vše, co o rotaci Země a o oběhu Země kolem Slunce je třeba znát. Země obíhá kolem Slunce, přičemž jeden oběh trvá 365,256 dne. První Keplerův zákon říká, že se Země pohybuje kolem Slunce po eliptické dráze, tedy v době největšího přiblížení Slunce (perihelium neboli perihel) je vzdálenost Země–Slunce 147,1 mil. km, naopak v době tzv. odsluní (afelium) je Země od Slunce nejdále, 152,1 mil. km. Avšak excentricita, tedy výstřednost eliptické dráhy Země, po níž se naše planeta pohybuje kolem Slunce (tzv. ekliptiky), není pořád stejná, ale mění se. Jednou je excentricita Země větší, jindy je dráha pohybu Země kolem Slunce více podobná kružnici a tedy excentricita je menší. Celkově se hodnota excentricity dráhy Země pohybuje v rozmezí 0,0007–0,0658, přičemž její současná hodnota je 0,01671. Perioda změn excentricity je asi 98 000 let.

Další důležitý dlouhoperiodický pohyb je spojen se změnou sklonu zemské osy. V současné době je sklon zemské osy k rovině ekliptiky přibližně 66,5°, přičemž hodnoty sklonu zemské osy k rovině ekliptiky se pohybují v intervalu cca 65°–70°. Perioda, s níž sklon zemské osy kolísá, je asi 41 000 let. Platí, že se zmenšováním hodnoty sklonu zemské osy (tedy se zmenšováním úhlu, který svírá zemská osa a rovina oběžné dráhy Země kolem Slunce) vzrůstá množství přijaté sluneční energie ve vysokých zeměpisných šířkách, zatímco v mírných šířkách se toto množství zmenšuje.

Poslední z trojice vzpomínaných dlouhoperiodických změn je spojena s precesí. Precese je cyklická změna směru zemské osy s periodou cca 26 000 let, tento pohyb popsal již Hiparchos kolem roku 130 před naším letopo-

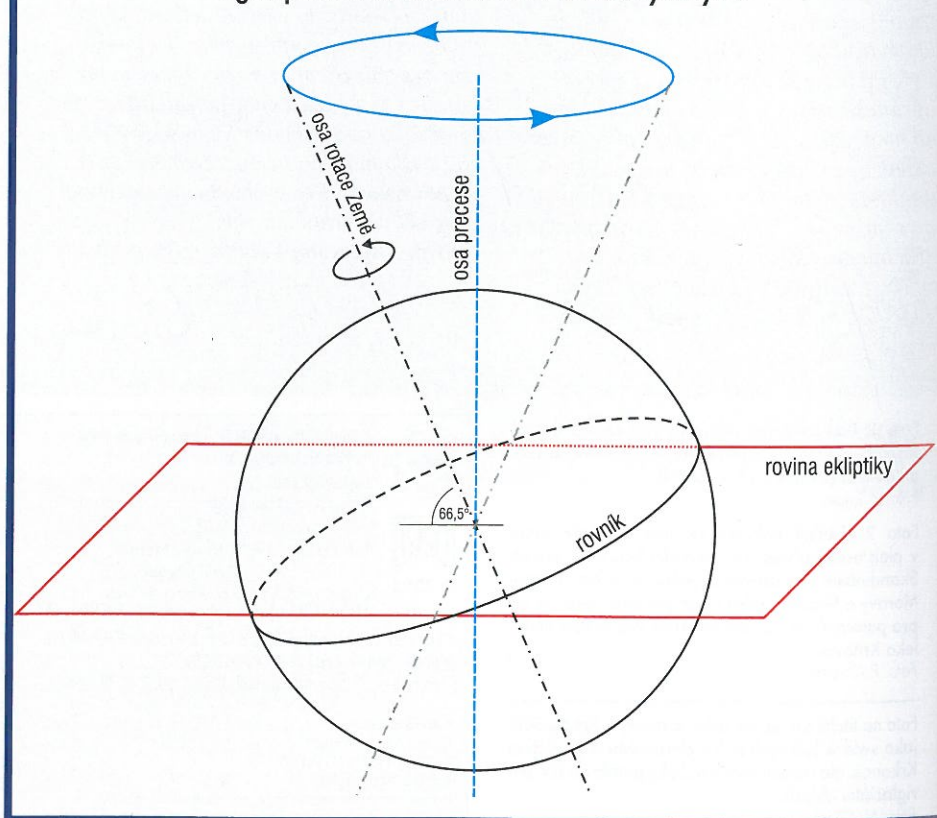
čtem. Precese spočívá v tom, že zemská osa opisuje pomyslný plášť kužele s vrcholem ve středu Země, podobně jako je tomu u točící se dětské hračky (tzv. „vlčka“ nebo „káča“). Důsledkem precese dochází ke změnám časových období, v nichž je Země nejbližší či nejdále od Slunce. Jinými slovy přísluní (perihelium) i odsluní (afelium) nastává v různých částech roku. V praxi to vypadá tak, že bod, kdy je Země v periheliu, které v současnosti nastává kolem 3. ledna, se každým rokem posunuje a dochází tedy i k posunu doby, kdy onen jev nastává. Roční změna doby, kdy k přízemí dochází, koresponduje s roční hodnotou precese, to je 50,256°. Budeme-li pro zjednodušení uvažo-

vat, že Země obíhá po kruhové dráze, tedy obloková délka ekliptiky je 360°, a že 50,256° = 0,8376° = 0,01396°, což odpovídá roční hodnotě precese, pak poměrem 360°/0,01396° dostaneme dobu, která je rovna periodě precese, což je 25787,9656 let. Tuto dobu též nazýváme jako tzv. platónský rok.

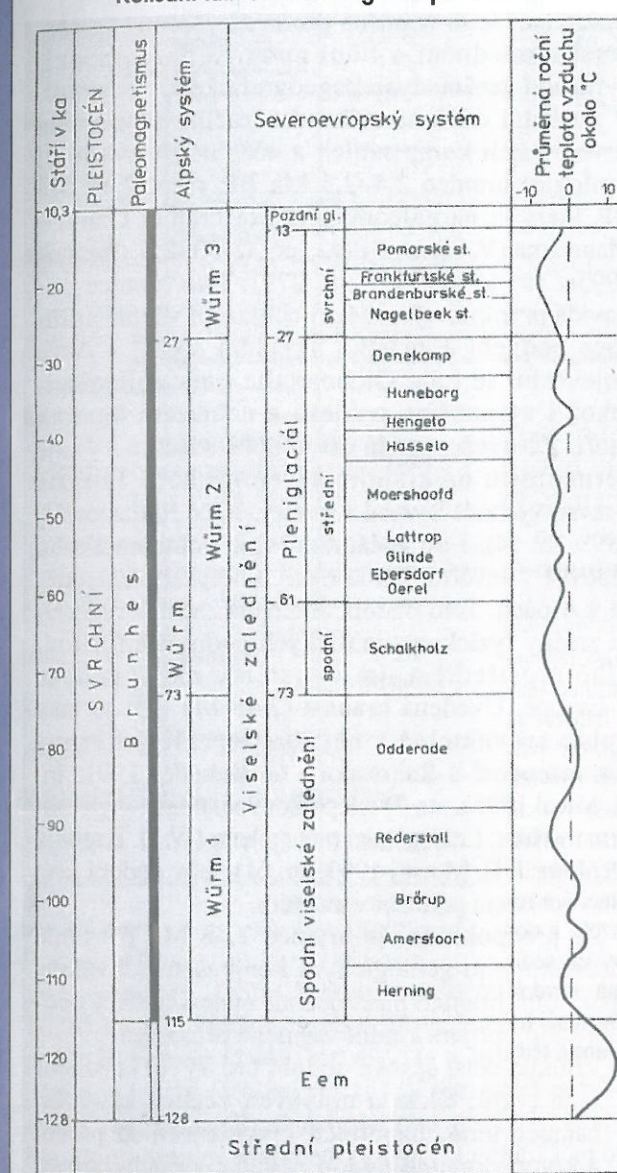
V důsledku předcházejících dvou pohybů zemské osy se mění směr, kterým směřuje zemská osa, což způsobuje pozvolnou změnu vzhledu noční oblohy, tedy pozici a viditelnosti jednotlivých hvězd a souhvězdí. Konkrétním příkladem je, že za několik tisíciletí budeme moci v Evropě pozorovat souhvězdí Jižního kříže, které je v současné době z našich zeměpisných šířek nepozorovatelné. Naopak nepozorovatelným se mimo jiné stane jasná hvězda Sírius. Turisté budou muset také změnit svoji „navigační“ hvězdu, neboť za 13 500 let současnou Polárku, která leží v blízkosti světového severního pólu, nahradí Vega ze souhvězdí Lyry. Bystrý čtenář si jistě uvědomil, že v souvislosti se změnou dráhových elementů Země se mění data začátků astronomických ročních období, což se odráží i ve změně kalendářů. Proto pravěké a starověké megalitické stavby, které sloužily ve své době jako kalendáře, mají vzhledem k dnešní chybě způsobenou precesí.

Ptáme-li se na příčinu jevů spojených se změnou sklonu a s pohybem zemské osy, pak bychom je našli v nerovnoměrném rozložení hmoty tělesa Země a v „rušivém“ gravitačním působení vesmírných těles (Měsíce, Slunce, planet Sluneční soustavy aj.).

Změna vybraných dráhových parametrů a pohybových elementů Země figurující v Milankovičově teorii klimatických cyklů.



Kolísání klimatu a stratigrafie pleistocénu



Zdroj: Czudek (1997)

ZDROJE INFORMACÍ

- BRAZDIL, R. a kol. (1988): Úvod do studia planety Země. SPN, Praha, 365 s.
 CZUDEK, T. (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. Sursum, Tišnov, 213 s.
 PRIBULLOVÁ, A. (2004): Cesta do hlubin záhadnej povahy planety. Kozmos, 35, č. 4 a 5, Slovenská ústredná hvězdárna, Hurbanovo s. 26-29, 28-33.
 LOŽEK, V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. Academia, Praha, 372 s.

APLIKACE DO VÝUKY

Otázky a úkoly:

Zkuste si nakreslit na model Země. Kam dopadají kolmo sluneční paprsky v období jarní a podzimní rovnodennosti a v období letního a zimního slunovratu?
 Co víte o dobách ledových, jaké byly u nás klimatické podmínky, jaká byla vegetace, která zvířata obývala naše území? Nachází se v okolí vaší školy nějaký relikt reliéfu, který vznikl v dobách ledových?

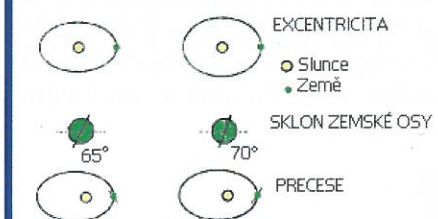
Klima a nebeská mechanika

Hlavním zdrojem energie pro všechny přírodní procesy, které se na Zemi odehrávají, je Slunce. To je také motorem všech klimatických dějů, k nimž na naší planetě dochází. Tedy naše klima je závislé na přísunu energie ze Slunce. Tento přísun není stálý, mění se. Příčiny těchto změn jsou nejen uvnitř samotného Slunce, ale i ve výše popsaných změnách dráhových parametrů Země. Ty se ve svém důsledku projevují jak rozdílným přísunem sluneční energie na Zemi jako celek, tak i odlišnou distribucí sluneční energie do jednotlivých zeměpisných šířek. Jak již bylo naznačeno, aktivita Slunce cyklicky kolísá. Těchto cyklů je několik, přičemž nejznámější je jednatiletá perioda výskytu slunečních skvrn a dvaadvacetiletá perioda změny polarity magnetického pole Slunce. Kromě toho roste samotný zářivý výkon Slunce, který je v současnosti podle dnešních modelů o třetinu větší, než tomu bylo před 4,5 mld. let, když vznikla Země. Přesto můžeme říci, že v geologické historii Země převládala teplejší období s průměrnými povrchovými teplotami o 8–10° C vyššími, než je tomu dnes (současná průměrná teplota je 15° C). Tedy vidíme, že samotný zářivý výkon Slunce není a nebyl jediným a ve svém výsledku ani rozhodujícím atributem pro vývoj klimatu Země.

Prvním, kdo uvažoval o vlivu všech výše popsaných dráhových elementů a pohybů Země na změny klimatu, byl srbský vědec Milankovič. Ve svém díle „Matematická klimatologie a astronomická teorie klimatických změn“, vydaném v roce 1930, popsal a vyjádřil vztah a periody výše popsaných dráhových elementů a pohybů Země vzhledem ke změnám klimatu. Podobně jako jiné velké myšlenky předběhla i tato svoji dobu, a i když byla nejdříve kladně přijata, byla nakonec zapomenuta. Znovuvzkříšení této myšlenky nastalo v 60. letech minulého století, kdy byly díky novým metodám objeveny další důkazy podporující Milankovičovu myšlenku, především v podobě studia izotopů kyslíku ve schránkách odumřelých živočichů na dně oceánů. Definitivně se tak prokázala souvislost mezi kolísáním klimatu (střídáním dob ledových a meziledových) ve čtvrtohorách a mezi změnami dráhových parametrů Země a pohybových elementů její osy vyjádřené tzv. Milankovičovými cykly.

Na základě Milankovičovy teorie opírající se o již uvedené změny dráhových parametrů Země nastávají vhodné podmínky pro zmenšení přísunu sluneční energie a vznik zalednění na severní polokouli Země, a to tehdy: (a) když je sklon zemské osy k rovině ekliptiky co největší (tedy když je velikost úhlu, který svírá zemská osa s rovinou oběžné dráhy Země kolem Slunce, největší) (b) když je co největší excentricita, tedy výstřednost zemské dráhy kolem Slunce (c) nastává-li zimní slunovrat v přísluní či odsluní.

Schematické vyjádření principu precese



Bylo by sebestředné a nesprávné domnívat se, že klimatickými změnami v důsledku měnících se dráhových parametrů prochází jen naše planeta. Podobně jako na Zemi se například vysvětluje dřívější vznik mocných polárních čepiček a jejich následné (současné) zmenšování na našem vesmírném sousedovi – planetě Mars. Sклон osy Marsu navíc kolísá v rozmezí 60°–75° (v současnosti je sklon jeho osy 68,9°), což je daleko širší interval změn, než jaký má Země. To je způsobeno tím, že osu Země stabilizuje náš Měsíc, kdežto Mars srovnatelnou gravitační „oporu“ postrádá.

Zároveň by bylo chybou domnívat se, že veškerá kolísání a změny klimatu jsou vysvětlitelná pouze na základě dráhových elementů a změn sklonu osy Země. Na vývoj klimatu má vliv velké množství dalších podmínek, jako je např. rozmístění pevnin a oceánů, intenzita vulkanické činnosti, činnost organismů včetně člověka, rozložení horských systémů (povrchových i podmořských) ty všechny mohou omezit nebo zcela přerušit globální atmosférickou, ale především oceánskou cirkulaci. Milankovičova teorie dovede tedy rámcově ozřejmit některé čtvrtohorní klimatické cykly o periodách 10 000 až 100 000 let, ovšem příčiny nepravidelného kolísání klimatu a změn, jejichž periody jsou jiné, je třeba hledat jinde, ať už mimo Zemi, nebo v různých dějích, které se v ní nebo na ní odehrávají a z nichž zdaleka ne všechny jsou nám principiálně známy. Jedno je však jisté, že změnám klimatu dochází a četné důkazy těchto změn lze najít i na území naší vlasti.

Marek Křížek
 katedra fyzické geografie a geoeologie
 PFF UK v Praze