Epidemiologie 2-09 14.4.2009 11:17 Str. 73
proLékaře.cz | 3.5.2026

Epidemiol. Mikrobiol. Imunol. 58, 2009, č. 2, s. 73–83

Vliv náhlých změn teploty a tlaku vzduchu na úmrtnost v ČR

Plavcová E.[1,2], Kyselý J.[1]

[1]Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha
[2]MFF UK, Praha

Souhrn

Pomocí navrženého algoritmu byly v období 1986-2005 identifikovány situace, během kterých došlo na území České republiky k výrazně velké změně teploty nebo tlaku vzduchu. Vybrané termíny byly porovnány s databází celkové denní úmrtnosti a úmrtnosti na kardiovaskulární nemoci, zvlášť pro celkovou populaci a osoby starší 70 let. Pro každý den byla vypočítána relativní odchylka úmrtnosti jako rozdíl skutečné úmrtnosti a normálové dělený normálovou úmrtností (samostatně pro všechny zkoumané skupiny). Použity byly 3hodinové údaje o atmosférickém tlaku na 10 meteorologických stanicích a hodinová data o teplotě vzduchu z 9 stanic reprezentujících území ČR. Změny tlaku byly posuzovány na časových škálách 3, 6 a 12 hodin zvlášť pro letní a zimní období, změny teploty na škále 24 hodin zvlášť v létě a v zimě. Vybrány byly pouze termíny, ve kterých došlo k nadkriticky velké změně teploty nebo tlaku vzduchu během 24 hodin na více než 50 % stanic. Velikost kriticky velké změny byla určena pro každou stanici zvlášť pomocí kvantilů rozdělení změn teploty a tlaku. Pro dny D-2 (2 dny před změnou) až D+7 (sedmý den po změně) byla průměrována relativní odchylka úmrtnosti přes vybrané události. Její statistická významnost byla testována pomocí metody Monte Carlo. Vzestup úmrtnosti byl detekován po výrazné kladné změně teploty a poklesu tlaku vzduchu v obou ročních obdobích. K poklesu úmrtnosti dochází po výrazných vzestupech tlaku a výrazných ochlazeních v létě. Odchylky úmrtnosti jsou většinou výraznější pro populaci starší 70 let, většina úmrtí po výrazných změnách teploty připadá na kardiovaskulární nemoci.

Klíčová slova: biometeorologie – tlak vzduchu – teplota vzduchu – náhlá změna – úmrtnost celková – úmrtnost na kardiovaskulární nemoci.

Summary

Plavcová E., Kyselý J.: Effects of Sudden Air Temperature and Pressure Changes on Mortality in the Czech Republic

We have developed an algorithm for identifying sudden changes in air pressure and temperature over the Czech Republic. Such events were retrieved from the data covering in 1986-2005 and were matched with the daily numbers of all-cause deaths and deaths due to cardiovascular diseases from the national database, separately for the whole population and that aged 70 years and over. Excess daily mortality was determined by calculating deviations of the observed number of deaths from the expected number of deaths for each day in the respective groups. The relative deviation of the mortality the mean was calculated as the ratio of the excess mortality to the expected number of deaths. We used 3-hour air pressure data from 10 meteorological stations and hourly air temperature data from 9 stations representative of the Czech Republic. Pressure changes were evaluated on time scales of 3, 6 and 12 hours, separately for summer and winter time. Temperature changes were evaluated on a 24-hour time scale, separately for summer and winter season. Events characterized by pressure or temperature changes above the critical threshold and recorded within 24 hours at more than 50 % of meteorological stations were retrieved. The critical thresholds were defined separately for each station using quantiles of distributions of air pressure and temperature changes. Relative mortality deviations for days D-2 (2 days before the change) to D+7 (7 days after the change) were averaged over the retrieved events. Statistical significance of the mean relative deviation was tested using the Monte Carlo method. Increased mortality followed large temperature increases and large pressure drops both in summer and winter months. Decreased mortality was observed after large pressure increases and large temperature drops in summer. Mortality variations are usually more pronounced in the population aged 70 years and over, and cardiovascular diseases account for most deaths after sudden temperature changes.

Key words: Biometeorology – air pressure – air temperature – sudden change – total mortality – mortality due to cardiovascular diseases.

proLékaře.cz | 3.5.2026

Klima a počasí ovlivňuje lidskou společnost v mnoha ohledech; adaptace člověka na průběh počasí se může lišit v závislosti na zeměpisné poloze a prostředí, kde jedinec žije, na jeho věku, zdravotním stavu apod. Citlivěji mohou na meteorologické podmínky reagovat například osoby chronicky nemocné. Nejen pro lékařskou vědu je tedy důležité vlivy počasí na zdraví člověka studovat a mít možnost před jejich případnými dopady varovat.

Mnoho studií se zabývalo komplexním popisem vlivu počasí na lidské zdraví nebo častěji úmrtnost. Velký zájem byl věnován vlivu základních meteorologických prvků, z nich odvozených biometeorologických indexů (např. tzv. heat indexu [20]) a vlivu epizod extrémních teplot. Dále byl studován vliv vzduchových hmot, komplexních klimatických jevů spojených s módy proměnlivosti, jako je Jižní a Severoatlantská oscilace (ENSO, NAO), přechodů atmosférických front a koncentrací znečišťujících příměsí v ovzduší. Detekovaná odezva v úmrtnosti nebo nemocnosti byla (podle individuálních podmínek) prokázána s různou mírou významnosti.

Například pro období horkých vln je v mnoha pracích popsán fenomén významně zvýšené úmrtnosti související se stresem z horka [2, 4, 5, 18, 21]. Po ukončení období s extrémně vysokými teplotami se pak může projevit efekt posunu úmrtnosti [7, 13, 16], kdy v dalších dnech je zaznamenán pokles úmrtnosti: ten je vysvětlován faktem, že část obětí horkých vln tvoří lidé, kteří by zemřeli brzy bez ohledu na počasí. Pro ČR byl zkoumán vliv vysokých letních teplot na úmrtnost v pracích [13, 14, 15]. Během 17 horkých vln v období 1982-2000 činil průměrný relativní nárůst celkové úmrtnosti 13 %, ve vrcholech horkých vln přesahovaly v populaci ČR odchylky od normálu 100 úmrtí denně (relativní nárůst přes 30 %). Srovnáním odchylek úmrtnosti během horkých vln a v období po jejich skončení byla velikost efektu posunu úmrtnosti odhadnuta v průměru na 90 %, pro extrémní horké vlny z roku 1994 kolem 50 % [14], tzn. dané procento celkového počtu obětí představovali lidé, kteří by zemřeli brzy bez ohledu na průběh počasí.

Náhlým změnám počasí v různých obdobích roku se dosud věnovalo méně prací. V oblasti německého Heidelbergu zkoumali Kyobutungi et al. [12] vliv teploty vzduchu na výskyt pacientů s mozkovou příhodou a nalezli souvislost mezi změnou teploty za 24 hodin o více než 5 °C a zvýšeným rizikem ischemických cévních mozkových příhod, přičemž nezáleželo na tom, zda se jednalo o vzestup nebo pokles teploty. Pro vybrané oblasti Kalifornie byl ve studii [3] zkoumán vztah mezi vzestupem minimální denní teploty nebo poklesem maximální denní teploty o více než 3 °C a počtem hospitalizací s různými nemocemi oběhové soustavy. V severněji ležících regionech nalezli zejména pro starší části populace významná zvýšení nemocnosti. Pro území ČR se na relativně malém datovém souboru vlivem přechodů atmosférických front na výskyt akutního infarktu myokardu zabývala práce [9]. Mezidenní změny meteorologických prvků, zejména teploty, jsou někdy uvažovány jako nezávislé proměnné i v regresních modelech vztahů mezi počasím a úmrtností [17].

Materiál a metody

Data o úmrtnosti

Údaje o denním počtu úmrtí v ČR poskytl Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Pro období 1986-2005 byla k dispozici data o celkové úmrtnosti a úmrtnosti na nemoci oběhové soustavy (označované dále CVD - cardiovascular diseases) zvlášť pro 8 věkových kategorií a obě pohlaví. Absolutní počty denních úmrtí ale nejsou vypovídající, neboť se do nich promítají charakteristické dlouhodobé trendy a cykly, viz [14]. V práci je proto počítáno s odchylkami úmrtnosti od normálového (očekávaného) počtu úmrtí, který byl vypočítán po zohlednění známých ovlivňujících faktorů pro jednotlivé skupiny populace modifikovaným postupem popsaným v [14].

K odstranění vlivu epidemií akutních respiračních infekcí byla využita databáze nemocnosti v populaci ČR: epidemie byly definovány jako období s nemocností přesahující prahovou hodnotu 2000 nemocných na 100 000 osob. Bylo uvažováno zpoždění zvýšení úmrtnosti za zvýšením nemocnosti 7 dní (určené na základě korelační analýzy v souladu s výsledky [10, 11]). Ve dnech ovlivněných epidemiemi nebyla úmrtnost v dalších analýzách započítána. Ve zkoumaných letech bylo epidemií detekováno 13, všechny v období od prosince do března.

Meteorologická data

Zdrojem meteorologických dat byl Český hydrometeorologický ústav. Pro zkoumané období byly k dispozici hodinové údaje o teplotě vzduchu z 9 stanic: Brno-Tuřany, Churáňov, Kostelní Myslová, Karlovy Vary, Liberec, Lysá hora, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně a Svratouch. Hodnoty atmosférického tlaku byly zpracovány z tříhodinových synoptických termínů (tzn. 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 a 21 UTC) z 10 stanic (Brno-Tuřany, Červená, Cheb, Churáňov, Karlovy Vary, Kuchařovice, Liberec, Ostrava-Mošnov, Pardubice, Praha-Ruzyně). Na žádné stanici nebyla řada měření tlaku zcela kompletní – pro velkou většinu termínů byly k dispozici údaje z 8-10 stanic, minimální počet stanic s dostupnými daty v jednotlivém termínu byl 5.

Pro analýzu typického počasí v období bezprostředně předcházejícím a následujícím po vybraných náhlých změnách tlaku nebo teploty vzduchu byla z 18 stanic na území ČR použita další klimatická data: denní průměry teploty a tlaku vzduchu, rychlosti větru, pokrytí oblohy oblačností, relativní vlhkosti a směr větru v 7 hodin místního času. Dále byla použita databáze přechodů atmosférických front přes stanici Praha-Ruzyně.

Výběry událostí a zpracování

Pro každou stanici byla určena hodnota kritické velikosti změny pomocí kvantilů rozdělení mezitermínových změn daného prvku (použité kvantily jsou uvedeny v tabulce 1), zvlášť pro kladné a záporné změny, různé časové škály a roční

proLékaře.cz | 3.5.2026

Tab. 1. Počet detekovaných událostí výrazných změn tlaku a teploty vzduchu, použité kvantily rozdělení změn a průměrná velikost změny ve vybraných situacích v jednotlivých obdobích na studovaných časových škálách

Table 1. Number of detected events of sudden changes of air pressure and temperature, quantiles of distributions of changes, and mean magnitudes of the changes in selected events on investigated time scales in individual seasons

Tlak	**Počet vybraných událostí a použitý kvantil rozdělení změn**		**Průměrná velikost změny [hPa]**	
3 hod	pokles tlaku	vzestup tlaku	pokles tlaku	vzestup tlaku
Zimní období	84 - 0,5 %	81 - 99,5 %	-5,0	5,1
Letní období	64 - 0,5 %	74 - 99,5 %	-3,0	3,5
6 hod				
Zimní období	80 - 0,5 %	75 - 99,5 %	-9,0	8,6
Letní období	61 - 0,5 %	59 - 99,5 %	-5,4	6,0
12 hod				
Zimní období	63 - 0,5 %	59 - 99,5 %	-15,0	14,6
Letní období	60 - 0,5 %	49 - 99,5 %	-8,7	9,6
Teplota	**Počet vybraných událostí**		**Průměrná velikost změny [°C]**	
24 hod	pokles teploty	vzestup teploty	pokles teploty	vzestup teploty
Zima	39 - 0,6 %	39 - 99,2 %	-10,9	9,9
Léto	44 - 0,5 %	42 - 99,7 %	-13,2	8,5

období. Vybrány byly termíny, ve kterých došlo k nadkriticky velké změně na více než polovině zkoumaných stanic během klouzavě uvažovaného intervalu 24 hodin.

Relativní odchylka úmrtnosti byla pro každý den vypočítána jako rozdíl skutečného počtu úmrtí a očekávaného dělený normálovou úmrtností. Pro dny D-2 (dva dny před dnem změny) až D+7 (sedmý den po změně, pro následující dny už významný průběh odchylek úmrtnosti zjištěn nebyl) byly průměry relativních odchylek úmrtnosti v jednotlivých nalezených situacích vyneseny v grafech spolu s kvantily odpovídajícími hladinám statistické významnosti. Ty byly určovány pomocí metody Monte Carlo, kdy celkem 10 000krát byly náhodně vygenerovány stejné počty 10denních posloupností jako počty detekovaných případů, a to pro stejná časová období. Z jejich průměrných odchylek úmrtnosti pak byly vypočítány 5% (resp. 95%) a 2,5% (resp. 97,5%) kvantily rozdělení.

Vliv změn tlaku a teploty vzduchu byl počítán zvlášť pro celkovou úmrtnost a úmrtnost na kardiovaskulární nemoci (CVD), pro celkovou populaci a pro osoby starší 70 let (70+). Změny tlaku byly analyzovány na třech časových škálách (3, 6 a 12 hodin) v zimním (listopad-březen) a letním (květen-září) období. Změny teploty vzduchu byly zkoumány z důvodu výrazného denního chodu na delší škále 24 hodin, a to pro zimu (prosinec-únor) a léto (červen-srpen). Počty vybraných událostí a průměrné velikosti změn jsou shrnuty v tabulce 1. Pro všechny vybrané události byl zkoumán průměrný chod dalších meteorologických prvků v okolních dnech a bylo zjišťováno, zda a jaké atmosférické fronty přecházely v předcházejících 24 hodinách před změnou teploty nebo tlaku vzduchu.

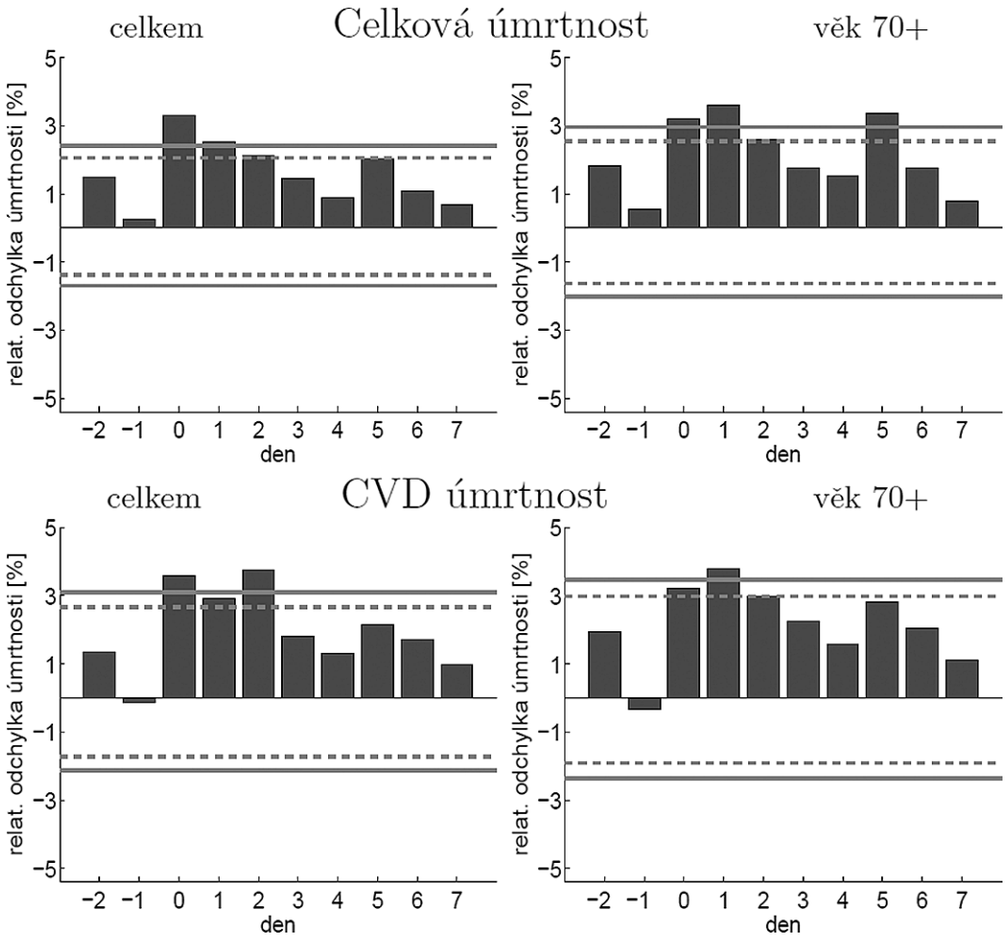
Výsledky

Záporné změny tlaku

Výrazné záporné změny tlaku jsou provázeny nárůstem úmrtnosti. V zimním období jsou průměrné relativní odchylky celkové i CVD úmrtnosti po výrazných poklesech tlaku ve dnech D-2 až D+7 kladné (obr. 1). Na všech zkoumaných časových škálách změn je nalezený průběh úmrtnosti podobný, nejvýznamnější zvýšení celkové úmrtnosti ve dni D+0 oproti dni D-1 je na 12hodinové škále. Kvantitativně se jedná o relativní zvýšení kolem 3 % v den změny (tabulka 2), čemuž odpovídá nárůst průměrného denního počtu úmrtí o 11 oproti normálu. Po zimním poklesu tlaku dochází typicky k ochlazení, dny změny tlaku jsou provázeny silným větrem a velkou oblačností. Z četností směru větru vyplývá, že pro den náhlé změny tlaku zcela mizí proudění ze severovýchodního kvadrantu a vzrůstá četnost proudění s jižní a západní složkou (podrobněji v [19]).

V letním období je úmrtnost významně zvýšená ve dni výrazného poklesu tlaku a nárůst úmrtnosti je větší pro celkovou populaci než pro 70+ (obr. 2). Pro celkovou populaci činí tento průměrný relativní nárůst úmrtnosti (celkové i CVD) oproti předchozímu dni 3,2 %. Během dnů D+3 a D+4 je celková úmrtnost pro celkovou populaci i 70+ významně snížená, v CVD úmrtnosti je snížení menší. Rozdíl průměrné denní celkové úmrtnosti ve dnech D+0 a D+3, respektive D+4 činí v celkové populaci 16 úmrtí, respektive 11 úmrtí ve skupině 70+. Z typického průběhu meteorologických prvků vyplývá, že období výrazných letních poklesů tlaku je charakteristické nástupem několika dnů s nižší teplotou oproti průměrnému ročnímu chodu, větší oblačností, vyšší relativní vlh-

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 1. Souvislost výrazných záporných změn atmosférického tlaku v zimním období s úmrtností. Změny tlaku jsou uvažovány na škále 12 hodin; plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

Fig. 1. Association between large negative changes of atmospheric pressure and mortality in winter. The changes of pressure are considered on the time scale of 12 hours; the solid lines represent the 2.5% (97.5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

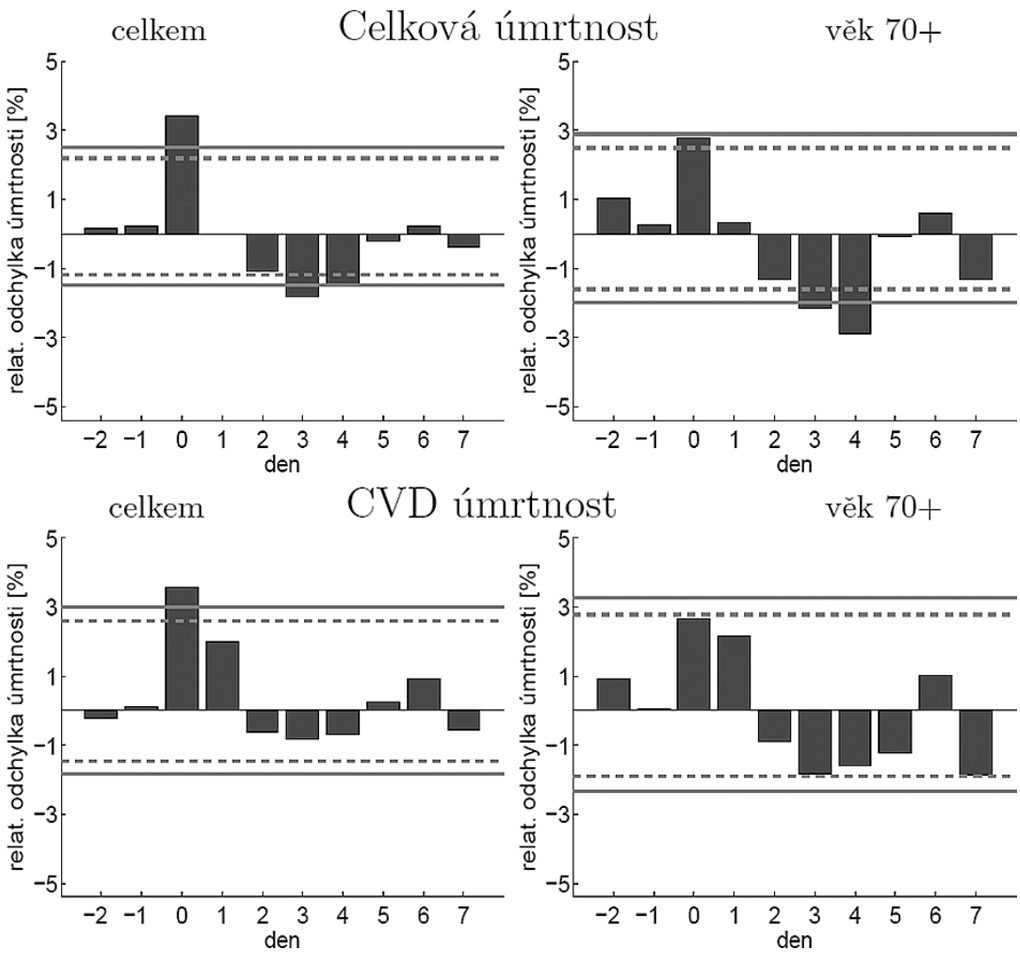
kostí a silnějším prouděním. Ve dnech předcházejících změně tlaku není průměrná odchylka teploty výrazně kladná, takže ve dni změny se většinou nejedná o doznění úmrtnosti v důsledku stresu z horka. Z četností směru větru vychází pro den změny tlaku převaha proudění s jižní složkou, zatímco v následující den se složkou západní.

Kladné změny tlaku

Zatímco v zimním období nebyla nalezena významná souvislost mezi úmrtností a výraznými vzestupy tlaku, v letním období je vzestup tlaku mezníkem mezi zvýšenou úmrtností před změnou a sníženou úmrtností po změně tlaku, jak ukazuje obrázek 3. Po vzestupu tlaku dochází v následujících dnech k významnému snížení úmrtnosti celkové i CVD, snížení je nejvýznamnější ve dni D+1. Rozdíl průměrných relativních odchylek úmrtnosti ve dnech D-1 a D+1 činí pro celkovou populaci 6,4 % a pro 70+ dokonce 8,5 %. Tomu odpovídá průměrný pokles o 20 úmrtí denně v celkové populaci, respektive 16 úmrtí ve skupině 70+. U žen dochází k poklesu úmrtnosti rychleji, minimální je už ve dni D+1 a je výraznější než u mužů, u kterých největší odchylka záporným směrem nastává až další dny.

Průběhy průměrů meteorologických prvků v okolních dnech napovídají, že zvýšená úmrtnost před dnem D+0 nejspíše souvisí s podmínkami počasí ve dni D-1, ve kterém tlak dosahuje svého minima. Po jeho následném prudkém vzestupu nastává několikadenní období vyššího tlaku. V den D-1 také dosahuje svého maxima průměrná denní teplota, v den změny tlaku pak dochází k prudkému ochlazení (v průměru o 5 °C). V těchto dvou dnech je zvýšená oblačnost a rychlost větru. Z histogramů směru větru na výše ležících stanicích je patrné, že v den D-1 převažuje proudění s jižní složkou, zatímco v den změny tlaku se složkou západní a zcela chybí proudění z východu.

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 2. Souvislost výrazných záporných změn atmosférického tlaku v letním období s úmrtností. Změny tlaku jsou uvažovány na škále 6 hodin; plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

Fig. 2. Association between large negative changes of atmospheric pressure and mortality in summer. The changes of pressure are considered on the time scale of 6 hours; the solid lines represent the 2.5% (97.5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

Kladné mezidenní změny teploty

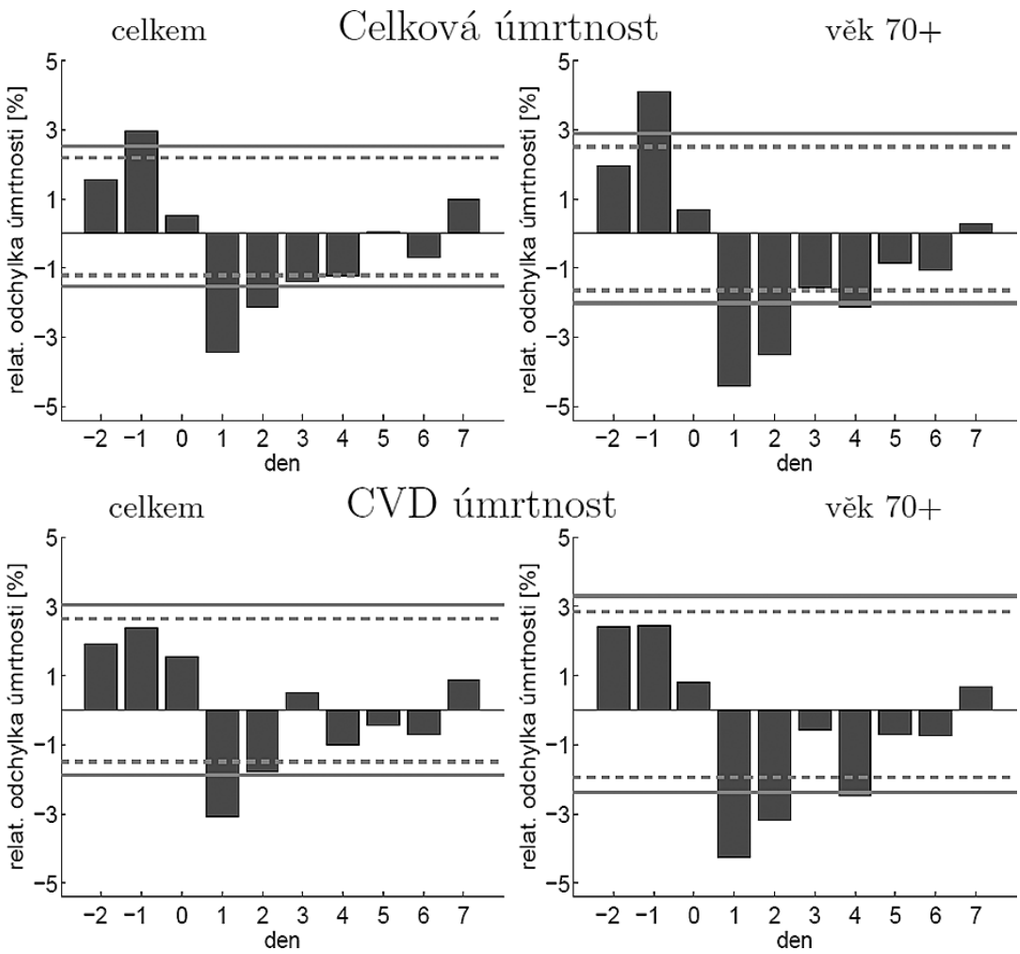
Obrázek 4 ukazuje, že v zimě jsou dny s výrazným oteplením doprovázeny zvýšením úmrtnosti oproti dnům předcházejícím, ve kterých je úmrtnost blízká očekávané úrovni. Nárůst úmrtnosti je výraznější pro CVD – mezi dny D-1 a D+0 činí rozdíl průměrných relativních odchylek 4,8 %, čemuž odpovídá průměrný nárůst o 9 úmrtí. Výrazná zimní oteplení jsou provázena poklesem atmosférického tlaku, který může hrát větší roli ve vztahu k úmrtnosti než samotná změna teploty.

V létě (obrázek 5) je den předcházející výraznému oteplení typický významně nižší úmrtností oproti očekávané. Ode dne vzestupu teploty úmrtnost narůstá a průměrná relativní odchylka dosahuje maxima ve dni D+2. Rozdílu průměrné celkové úmrtnosti mezi dny D-1 a D+2 odpovídá relativní nárůst o 6,3 %, což po přepočtu na normálovou úmrtnost znamená průměrné zvýšení o 19 úmrtí. Citlivější je starší populace (70+), pro kterou tento nárůst činí 9 %, pro úmrtnost na CVD dokonce 10 %, čemuž odpovídá zvýšení o 17, respektive 12 úmrtí v rámci skupiny. Mezi dny D-2 a D+0 dochází v létě nejen k prudkému zvýšení průměrné denní teploty, ale i k poklesu oblačnosti a poklesu relativní vlhkosti, zatímco v průběhu průměrného tlaku není patrná významná tendence.

Záporné mezidenní změny teploty

Velká mezidenní ochlazení mají významnou souvislost s úmrtností pouze v létě (obrázek 6). Ve dni D-1 před výrazným letním poklesem teploty je detekovaná největší průměrná relativní odchylka úmrtnosti pro všechny zkoumané náhlé změny teploty i tlaku v této práci. Ve dnech před výrazným ochlazením je úmrtnost významně vyšší, ve dni změny klesá na obvyklou úroveň (pro CVD zůstává mírně zvýšená) a v několika následujících dnech je úmrtnost významně nižší. Relativní pokles úmrtnosti mezi dny D-1 a D+1

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 3. Souvislost výrazných kladných změn atmosférického tlaku (za 6 hodin) v letním období s úmrtností. Změny tlaku jsou uvažovány na škále 6 hodin; plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

Fig. 3. Association between large positive changes of atmospheric pressure and mortality in summer. The changes of pressure are considered on the time scale of 6 hours; the solid lines represent the 2.5% (97.5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

je pro celkovou populaci 13 %, což znamená, že se po významném poklesu teploty sníží denní úmrtnost průměrně o 39 úmrtí oproti dni před změnou. Pro věkovou skupinu 70+ tento rozdíl činí dokonce 17 % (odpovídá poklesu o 32 úmrtí). Rozdíl průměrných relativních odchylek úmrtnosti na CVD je zhruba o 1 % větší než pro celkovou úmrtnost.

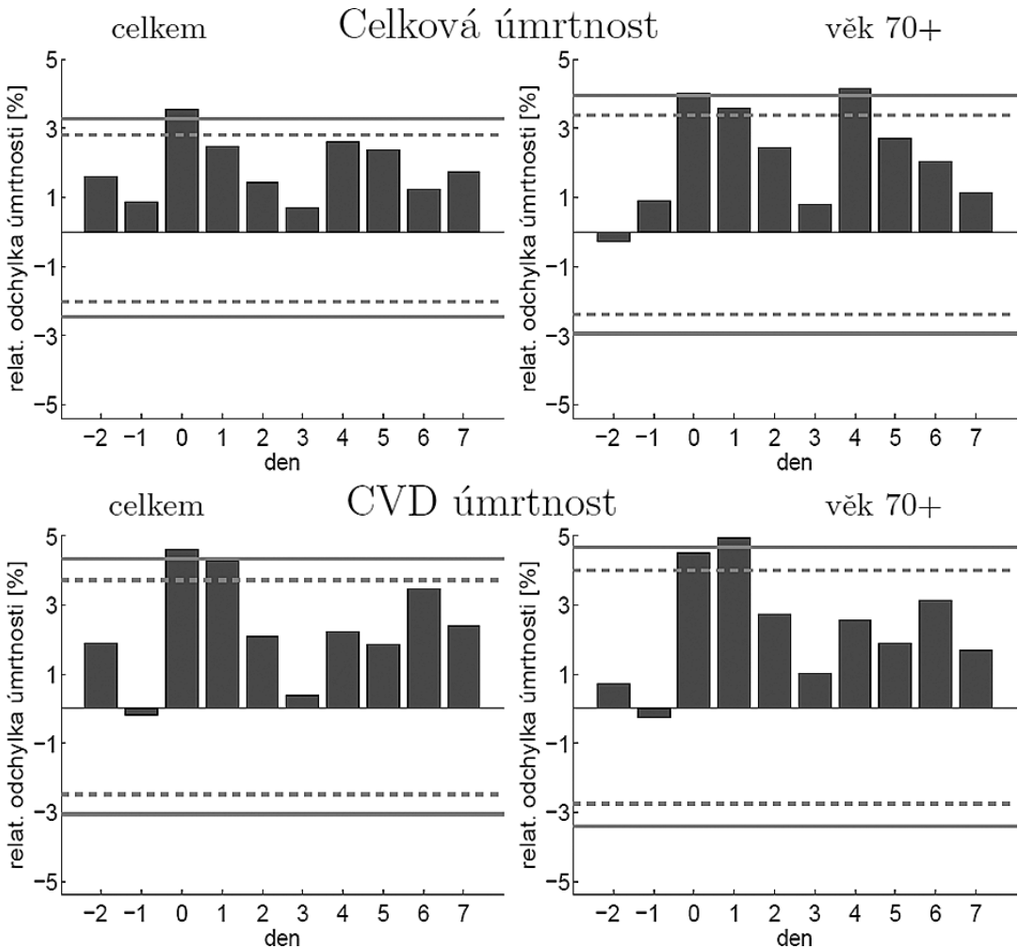
Tyto poklesy teploty v létě jsou provázeny vzestupem tlaku po jeho předchozím poklesu, nárůstem oblačnosti a relativní vlhkosti a zvýšenou rychlostí větru. Průměrná odchylka teploty od ročního chodu ve dni D-1 činí +4,2 °C, zatímco ve dni D+0 – 3,1 °C. Nalezený průběh úmrtnosti se tak dá pravděpodobně přičítat zvýšené úmrtnosti související se stresem z horka a jejímu následnému snížení v důsledku posunu úmrtnosti. To potvrzuje i skutečnost, že průměrné relativní odchylky úmrtnosti jsou větší pro ženy než pro muže, podobně jako v horkých vlnách [14].

Diskuse a závěry

Hlavní zjištěné souvislosti náhlých změn teploty a tlaku vzduchu s lidskou úmrtností jsou shrnuty v tabulce 2. Použité dvacetileté řady jsou delší než u většiny biometeorologických prací zabývajících se vztahy mezi meteorologickými faktory a úmrtností, což umožnilo zkoumat relativně velké výběry událostí.

Velikost vazby náhlých změn tlaku a teploty vzduchu na úmrtnost je závislá zejména na roční době a směru změny daného prvku. Méně určující je závislost na rychlosti výrazné změny (zkoumáno pouze pro tlak). Nalezené odezvy v úmrtnosti jsou velmi podobné pro události vybrané na 3- i 6hodinové časové škále, na 12hodinové škále je vyjma záporných změn tlaku v zimním období souvislost méně výrazná. Zřejmým důvodem podobných průběhů odchylek úmrtnosti je fakt, že

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 4. Souvislost výrazných kladných mezidenních změn teploty v zimě s úmrtností. Plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

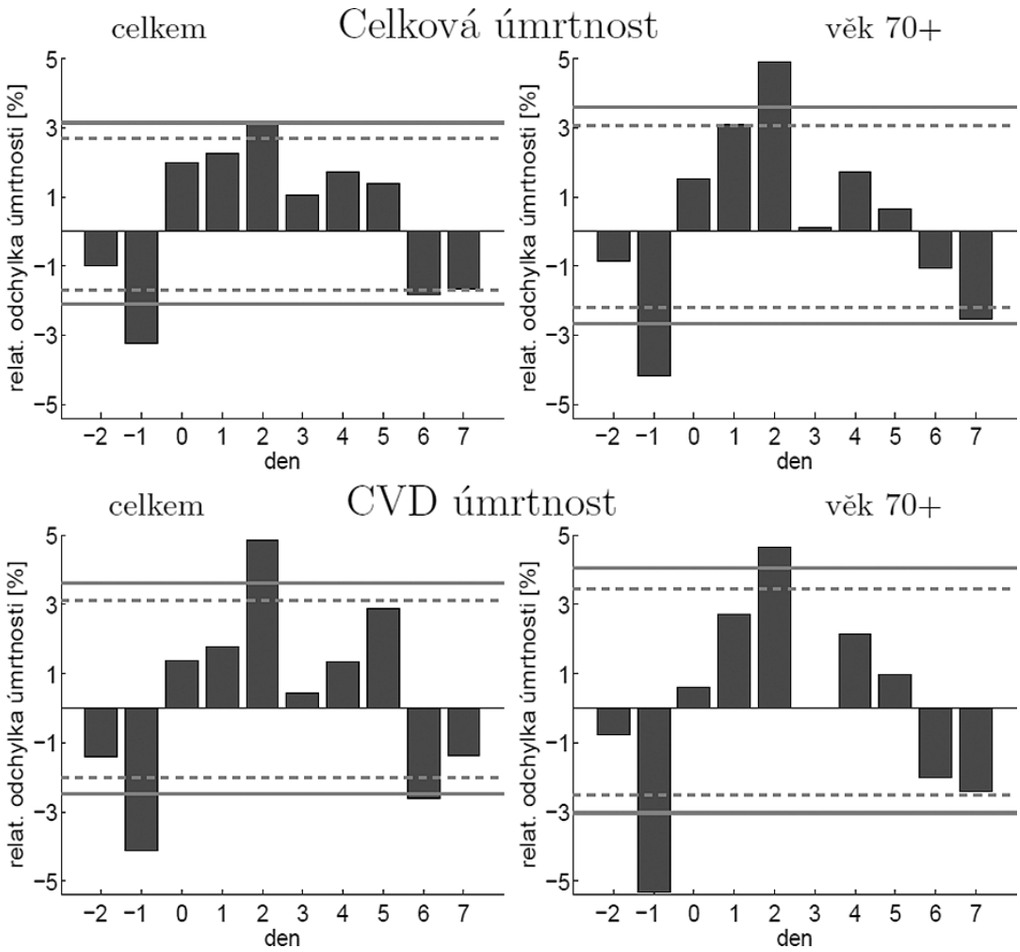
Fig. 4. Association between large positive changes of temperature within 24 hours and mortality in winter. The solid lines represent the 2.5% (97.5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

Tab. 2. Shrnutí nalezených významných charakteristik úmrtnosti v období kolem náhlých změn teploty a tlaku vzduchu. Největší souvislost s úmrtností je kvantifikována v posledním sloupci velikostí průměrné relativní odchylky úmrtnosti v daný den pro vyznačenou skupinu. TOT – celková úmrtnost, CVD – úmrtnost na kardiovaskulární nemoci, 70+ – populace starší 70 let

Table 2. Summary of characteristics of mortality during sudden changes of air pressure and temperature. The most significant impact on mortality is quantified using mean relative deviation of mortality and is given in the last column for the specified day and group. TOT – total mortality, CVD – mortality due to cardiovascular diseases, 70+ – population aged 70 years and more

Tlak		**Průměrná relativní odchylka úmrtnosti v daný den [%]**
pokles zimní obd.:	vzestup úmrtnosti mezi dny D-1 a D+0	D-1: +0,2; D+0: +3,3 (TOT)
pokles letní obd.:	vzestup úmrtnosti ve dni D+0 následovaný poklesem v dalších dnech, pokles větší pro 70+	D-1: +0,2; D+0: +3,4; D+3: -1,8 (TOT)
vzestup letní obd.:	pokles ze zvýšené úmrtnosti ve dni D-1 na sníženou ve dni D+1, zejména 70+	D-1: +4,1; D+1: -4,4 (TOT 70+)
Teplota		
vzestup zima:	vzestup úmrtnosti mezi dny D-1 a D+0, nárůst větší pro CVD a 70+	D-1: -0,2; D+0: +4,6 (CVD)
vzestup léto:	vzestup ze snížené úmrtnosti ve dni D-1 na zvýšenou ve dni D+2, relativní nárůst větší pro CVD a 70+	D-1: -4,2; D+2: +4,7 (CVD 70+)
pokles léto:	výrazný pokles ze zvýšené úmrtnosti ve dni D-1 na sníženou ve dni D+1, pokles větší pro 70+	D-1: +9,6; D+1: -7,4 (TOT 70+)

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 5. Souvislost výrazných kladných mezidenních změn teploty v létě s úmrtností. Plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

Fig. 5. Association between large positive changes of temperature within 24 hours and mortality in summer. The solid lines represent the 2.5% (97,5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

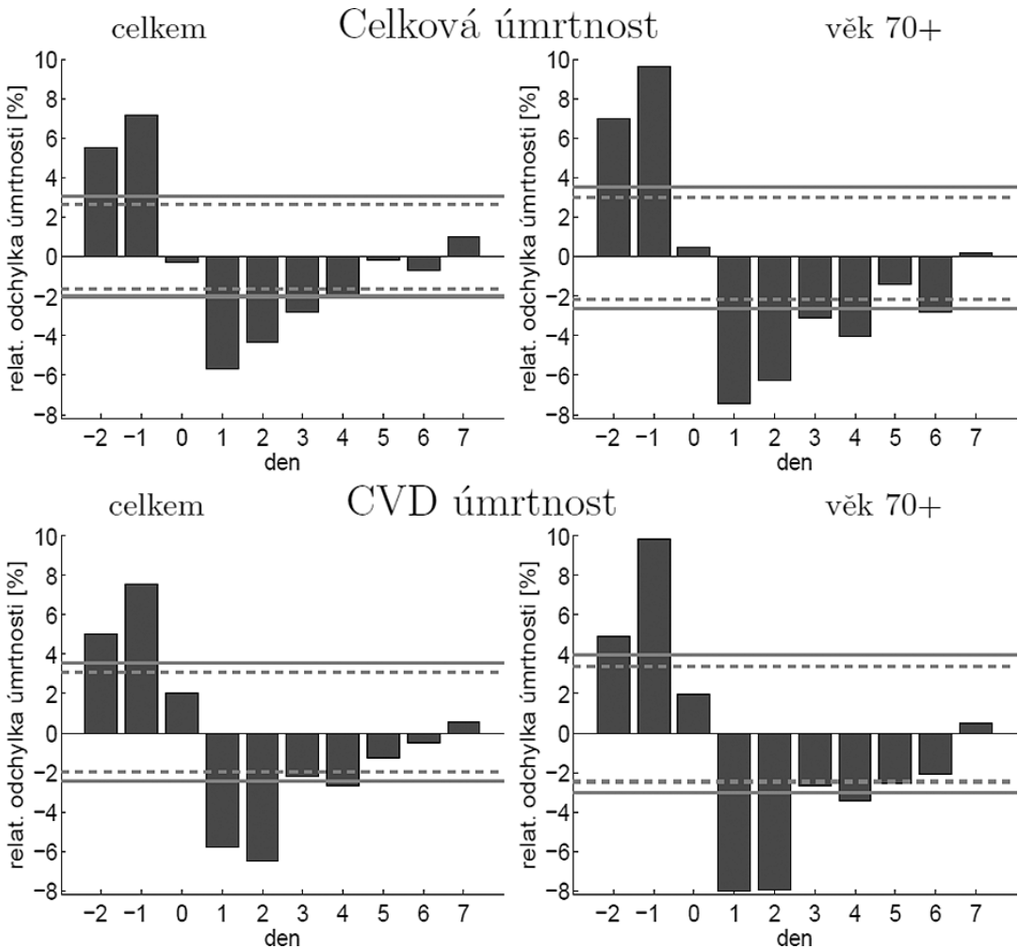
na všech škálách byly v naprosté většině případů vybírány totožné situace, pouze na časové škále 12 hodin už mohly být některé změny s významným vlivem na úmrtnost hlazeny nemonotónností poklesu či vzestupu tlaku, neboť na této škále bylo vybráno obecně méně událostí.

Z důvodu výrazného denního chodu teploty nemohla být její změna posuzována na stejných časových škálách jako tlak. Aby se její denní chod nemusel brát v úvahu, považoval se za náhlou změnu pokles nebo vzestup teploty za 24 hodin. Pro případné další studie zabývající se změnami teploty na kratší časové škále by bylo užitečné vhodný filtr na odstranění denního chodu teploty vyvinout.

Výrazné záporné změny tlaku jsou ve studovaných obdobích roku provázeny zvýšením úmrtnosti: zatímco v zimním období následuje po prudkém nárůstu několik dnů se zvýšenou úmrtností, v letním období je výrazné zvýšení úmrtnosti v den změny následováno jejím poklesem v následujících dnech. Vybrané poklesy tlaku jsou v obou obdobích provázeny ochlazením, přičemž v letním období je ochlazení výraznější a rychlejší. Ze směrů větru vyplývá, že většina náhlých poklesů tlaku je důsledkem přesunu tlakové níže nebo brázdy nízkého tlaku přes střední Evropu od západu doprovázené velkou oblačností a nárůstem vlhkosti vzduchu.

Výrazné vzestupy tlaku mají různou souvislost s průměrnou odchylkou úmrtnosti v závislosti na roční době. V letním období zpravidla nastává výrazný vzestup tlaku den po předchozím poklesu tlaku, ochlazení a maximu rychlosti proudění. Více než čtvrtině případů výrazného letního vzestupu tlaku předcházel jeho nezávisle detekovaný výrazný pokles. Kombinaci vlivu poklesu a následného vzestupu tlaku napovídají podobné průběhy meteorologických prvků ve dni záporné změny a v předešlý den kladné změny tlaku a také podobná souvislost s odchylkou úmrtnosti, jejíž průběh je pro tyto změny pouze časově posu-

proLékaře.cz | 3.5.2026



Obr. 6. Souvislost výrazných záporných mezidenních změn teploty v létě s úmrtností. Plná čára vyznačuje 2,5% (resp. 97,5%) a čárkovaná 5% (resp. 95%) kvantil odchylek

Fig. 6. Association between large negative changes of temperature within 24 hours and mortality in summer. The solid lines represent the 2.5% (97.5%) quantile and the dashed lines the 5% (95%) quantile of deviations

nutý a výraznější. Obecně lze usuzovat, že v letním období je při poklesu tlaku úmrtnost nadnormálová a během vzestupu tlaku je snížená. V zimním období zřejmá korelace mezi vlivem výrazného poklesu a vzestupu tlaku nalezena nebyla. Ve zkoumaných dnech kolem poklesu tlaku je průměrná odchylka úmrtnosti kladná, zatímco po vzestupu tlaku je mírně záporná. Pětině nalezených případů vzestupu tlaku však předcházel jeho dříve nalezený výrazný pokles. Je možné, že s následným vzestupem tlaku a s ním spojeným snížením úmrtnosti souvisí zmenšení relativní odchylky úmrtnosti ve dnech D+3 a D+4 po výrazných záporných změnách tlaku.

Výrazná mezidenní oteplení jsou provázena zvýšením úmrtnosti. V zimě je nárůst úmrtnosti rychlý – z hodnot blízkých očekávané úmrtnosti v den před změnou do maximální kladné odchylky v den změny teploty. Oproti tomu v létě probíhá nárůst mezi dnem před změnou, ve kterém je úmrtnost významně snížená, a druhým dnem po změně, kdy kladná odchylka úmrtnosti dosahuje maxima. V zimě jsou oteplení spojena s poklesem tlaku – pětině vybraných případů dokonce předcházela dříve nalezená výrazná záporná změna tlaku. V těchto situacích mohou odchylky úmrtnosti souviset s kombinací vlivů obou změn. Naopak, během velkých letních mezidenních oteplení ke změně tlaku nedochází: v den změny teploty nastává vůči okolním dnům maximum teploty a minimum oblačnosti a relativní vlhkosti. Dominantní roli tak pravděpodobně hrají radiační efekty a vzestup úmrtnosti souvisí pouze se změnou teploty, popřípadě její absolutní velikostí v okolních dnech. Je možné, že výrazná kladná změna teploty v létě znamená její nárůst do extrémně vysokých hodnot, popřípadě počátek horkých vln, kdy se uplatňuje efekt zvýšení úmrtnosti v důsledku stresu z horka [14].

Zatímco po výrazných zimních poklesech teploty k významným odchylkám úmrtnosti nedochází, v souvislosti s výraznými letními ochlazeními

proLékaře.cz | 3.5.2026

je nalezena vůbec nejsilnější vazba úmrtnosti na náhlé změny počasí. V těchto případech průměrně klesá teplota o 13 °C, tzn. že tyto poklesy ukončují období vysokých teplot s významně zvýšenou úmrtností. V následujících dnech po ochlazení se zřetelně projevuje pokles úmrtnosti, způsobený pravděpodobně efektem posunu úmrtnosti (například [7, 13, 14, 16]). Lidský organismus v těchto případech reaguje na ukončení období s vyššími teplotami. V Německu zjistili v [12] pro mezidenní poklesy teploty mírně zvýšené riziko mozkových příhod; v tomto případě však byly zkoumány všechny mezidenní změny teploty větší než 5 °C a bez ohledu na roční období, zatímco ve výběru této práce byly hodnoceny pouze změny extrémní.

Z porovnání vybraných termínů změn teploty a tlaku vzduchu s údaji o přechodech atmosférických front nad Prahou nevychází pro žádnou vybranou skupinu událostí typický průběh zaznamenaných frontálních systémů. Je však nutno podotknout, že popis přechodu fronty naráží na mnohé nedostatky: databáze přechodů je k dispozici pouze pro Prahu a intenzita fronty a čas přechodu jsou určovány subjektivně. Vzhledem k možnému vývoji fronty a rychlosti jejího přesunu proto tyto údaje nemusí být reprezentativní pro většinu území. V mnoha případech nebyly zkoumané změny tlaku nebo teploty doprovázeny žádným popsaným přechodem fronty, zejména výrazné změny teploty. Změny tlaku většinou přechody front doprovázeny byly, ale zastoupeny byly všechny typy front. Souvislosti mezi úmrtností a přechody silných atmosférických front jsou obecně méně průkazné než pro vybrané výrazné změny teploty nebo tlaku, v některých případech jsou zcela zanedbatelné [19].

Citlivost na změny počasí je obvykle větší pro starší populaci. Výraznější průběh odchylek úmrtnosti v obdobích teplotních změn ve skupině 70+ souvisí s menší schopností termoregulace a je v souladu s výsledky většiny prací týkajících se úmrtnosti v důsledku stresu z horka (například [7, 20]) nebo chladu [1, 6]. Odlišné reakce v mužské a ženské části populace související s fyziologickými faktory nebo typickým chováním by mohly být předmětem dalšího studia, stejně jako detailnější pohled na věkové skupiny.

Pro správnou interpretaci předložených výsledků je nutné připomenout, že vybrané náhlé změny tlaku a teploty vzduchu zastupují celý komplex meteorologických faktorů. Ve vybraných termínech obvykle dochází ke změně ve vývoji celkové meteorologické situace oproti předcházejícím dnům (kombinace například změny tlaku, teploty, vlhkosti, znečištění vzduchu, koncentrací iontů,…) a je obtížné oddělit vliv minulosti a dalšího vývoje meteorologické situace. Velkou otázkou také zůstává možný vliv dalších nemeteorologických faktorů. Na problematiku by proto bylo vhodné pohlédnout podrobněji i z medicínského hlediska a zkoumat dopad v blíže vymezených skupinách populace, případně zjistit, jaké fyziologické procesy hrají roli a jaký je dopad nejen na úmrtnost, ale i na nemocnost. Pro případy náhlých změn počasí mohou hrát jistou roli také psychologické faktory. Lidskou úmrtnost neovlivňuje změna tlaku jako taková, ale kombinace změn všech vnějších podmínek v situacích charakteristických náhlou změnou tlaku.

Zjištěná souvislost s odchylkami úmrtnosti od normálu, v některých případech náhlých změn meteorologických prvků překvapivě výrazná, si nepochybně zasluhuje další pozornost. Vytvořenou databázi situací s výraznými změnami tlaku a teploty vzduchu je možné dále využít pro účely podrobnějšího rozboru souvislostí mezi meteorologickými faktory a úmrtností, např. uvažováním indikátorových proměnných popisujících případy velkých změn vybraného prvku v regresních nebo jiných modelech vztahů mezi počasím a úmrtností. Tyto modely by pak mohly najít využití v biometeorologické předpovědi.

Poděkování

Poděkování za poskytnutí dat náleží pracovníkům Českého hydrometeorologického ústavu, Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, Státního zdravotního ústavu ČR a Ústavu pro zdravotnické informace a statistiku ČR. Práce byla podpořena projektem "Vlivy krátkodobé a dlouhodobé proměnlivosti počasí na úmrtnost" (GA ČR 205/07/1254).

Literatura

1. **Ballester, F., Corella, D., Perez-Hoyos, S., Saez, M., Hervas, A.** Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993. Int J of Epidemiology, 1997, 26, 551-561.
2. **Dessai, S.** Heat stress and mortality in Lisbon. Part I. model construction and validation. Int J of Biometeorology, 2002, 47, 6-12.
3. **Ebi, K. L., Exuzides, K. A., Lau, E., Kelsh, M., Barnston, A.** Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983-1998. Int J of Biometeorology, 2004, 49, 48-58.
4. **Garssen, J., Harmsen, C., de Beer, J.** The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Neederlands. Euro Surveil, 2005, 10, 165-168.
5. **Heudorf, U., Meyer, C.** Heat waves and health – Analysis of the mortality in Frankfurt, Germany, during the heat wave in August 2003. Gesundheitswesen, 2005, 67, 369-374.
6. **Hong, Y. C., Rha, J. H., Lee, J. T., Ha, E. H., Kwon, H. J.** Ischemic stroke associated with decrease in temperature. Epidemiology, 2003, 14, 473-478.

proLékaře.cz | 3.5.2026

7. **Huynen, M. M. T. E., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P., Kunst, A. E.** The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. Environ. Healt Perspect, 2001, 119, 463-470.
8. **Katsouyanni, K., Pantazopoulou, A., Touloumi, G., Tselepidaki, I. et al.** Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. Arch Environ Health, 1993, 48, 235-242.
9. **Květoň, V.** Weather fronts and acute myocardial infarction. Int J of Biometeorology, 1991, 35, 10-17.
10. **Kynčl, J., Paget, W.J., Havlíčková, M., Kříž, B.** Harmonization of the acute respiratory infection reporting system in the Czech Republic with European community networks. Euro Surveil, 2005, 10, 20-33.
11. **Kynčl, J., Procházka, B., Goddard, N.L., Havlíčková, M., Částková, J., Otavová, M., Kříž, B.** A study of excess mortality during influenza epidemics in the Czech Republic, 1982-2000. Eur J of Epidemiology, 2005, 20, 365-371.
12. **Kyobutungi, C., Grau, A., Stieglbauer, G., Becher, H.** Absolute temperature changes and stroke risk: A case-crossover study. European J of Epidemiology, 2005, 20, 693-698.
13. **Kyselý, J.** Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. Int J of Biometeorology, 2004, 49, 91-97.
14. **Kyselý, J., Kříž, B.** Vysoké letní teploty a úmrtnost v ČR v letech 1982-2000. Epidemiol Mikrobiol Imunol, 2003, 52, 105-116.
15. **Kyselý, J., Kříž, B.** Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response? Int J of Biometeorology, 2008, 52, 733-45.
16. **Le Tertre, A., Legrand, A., Einstein, D. et al.** Impacts of the 2003 heatwave on all-cause mortality in 9 French cities. Epidemiology, 2006, 17, 75-79.
17. **McGregor, G.R.** Winter ischaemic heart disease deaths in Birmingham, United Kingdom: a synoptic climatological analysis. Climate Research, 1999, 13, 17-31.
18. **Pirard, P., Vandentorren, S., Pascal, M., Laadi, K. et al.** Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. Euro Surveil, 2005, 10, 153-156.
19. **Plavcová, E.** Vliv náhlých změn teploty a tlaku vzduchu na úmrtnost. Praha: Diplomová práce, Matematicko-fyzikální fakulta UK, 2008. 57 stran.
20. **Smoyer, K. E., Rainham, D. G. C., Hewko, J.N.** Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. Int J of Biometeorology, 2000, 44, 190-197.
21. **Whitman, S., Good, G., Donoghue, E. R., Benbow, N. et al.** Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. Amer J Pub Health, 1997, 87, 1515-1518.

Do redakce došlo 18. 11. 2008

Mgr. Eva Plavcová
Ústav fyziky atmosféry AV ČR
Boční II 1401
141 31 Praha 4
e-mail: eva.pce@seznam.cz; kysely@ufa.cas.cz