

# METODIKA VÝPOČTU SUM HODINOVÝCH TEPLOT VZDUCHU Z DENNÍCH TEPLOTNÍCH EXTRÉMŮ A MOŽNOSTI JEJICH VYUŽITÍ

Tomáš Litschmann

## Abstract

Litschmann, T. (AMET corporation) Calculation method of hour temperature sums of air from day temperature extremes and their use.

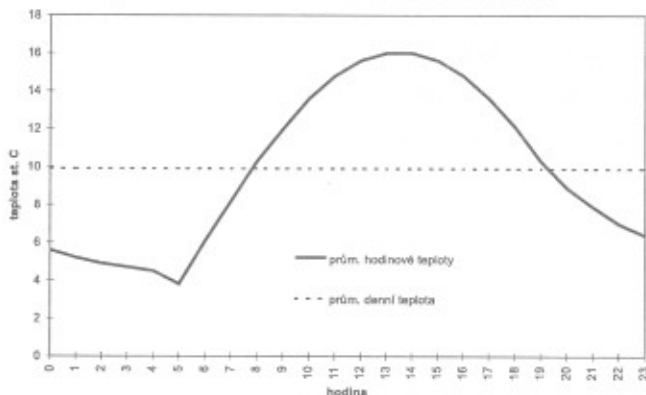
The sums of active or effective temperatures calculated from the hour-temperature values may in many cases be a much better indicator of plant and their harmful organisms development than the same values calculated from the day average temperatures. The paper describes the method of calculation of hour-temperatures during any day on the data of maximum and minimum temperatures of the day. The autor illustrate possible use of this method based on data for a longer period for practical purposes.

Key words: sums of hour-temperatures, calculation on extreme temperatures, models.

## Úvod

Sumy aktivních anebo efektivních teplot jsou velmi často používanou charakteristikou při modelování vývoje rostlin anebo jejich škůdců. Je např. známa celá řada škůdců, jejichž vývoj probíhá poměrně přesně v závislosti na teplotě vzduchu. Rovněž tak fenologické fáze zejména trvalých kultur bývají dosti často dávány do vztahu s teplotními sumami, především aktivních teplot. S ohledem na technické prostředky v minulých letech, kdy byly k dispo-

**Průměrné denní a hodinové teploty 20. 4.  
pro Lednici na Moravě za období 1961–1990**



Obr. 1: Průměrné denní a hodinové teploty vzduchu 20. 4. za období 1961–1990 pro Lednici

zici pouze údaje ze stanic s manuální obsluhou, eventuálně záznamy termografů, jejichž vyhodnocování je však poměrně pracné, se většinou používaly hodnoty sum vypočítané z průměrných denních teplot. Tyto sumy však zejména v přechodných a zimních obdobích podhodnocují dosažený stupeň vývoje, což může být i jednou z příčin vyšší variability hodnot teplotních sum dosažených při určité fenologické fázi v jednotlivých letech. Základní rozdíl mezi výsledky dosaženými pomocí denních a hodinových teplot znázorňuje obr. 1, popř. i obr. 3.

Na obr. 1 je vykreslen denní chod teploty vzduchu pro průměrný den 20. 4. v oblasti Lednice na Moravě. Průměrná teplota tohoto dne je 9,9 °C, takže pokud počítáme sumu denních teplot nad 10 °C, tento den nebude zahrnut do výsledku. Jak je však zřejmé, během dne teploty vystupují nad zvolenou hodnotu, takže biologické pochody mohou probíhat alespoň v tomto kratším časovém úseku a kumulovat se do celkového probíhajícího vývoje. Tento efekt je méně patrný v letním období, kdy průměrné denní teploty většinou již přesahují obvyklé prahové teploty, zatímco v přechodných a zimních obdobích mohou rozdíly dosáhnout značných hodnot, jak bude poukázáno níže.

## Metodika

Denní chod teploty vzduchu lze rozložit na dvě části, navzájem se lišící procesy, které přispívají ke změně teploty vzduchu. V období pozitivní energetické bilance, t.j. od východu Slunce do jeho západu, kdy určujícím faktorem je většinou probíhající insolace, změna teploty vzduchu probíhá v závislosti na jeho výšce a má přibližně sinusový charakter. Po západu Slunce je určujícím faktorem pro teplotní změnu radiační ochlazování, což lze naopak vyjádřit pomocí exponenciální závislosti se záporným exponentem. Matematicky lze uvedené závislosti vyjádřit pomocí vztahů:

Pro období aktivní energetické bilance:

$$T_{ii} = T_{min} + A \cdot \sin((t - t_{v,1}) \cdot B)$$

kde  $T_{ii}$  - teplota v  $i$ -tou hodinu

$T_{min}$  - minimální teplota daného dne

$T_{max}$  - maximální teplota daného dne

$$A = T_{max} - T_{min}$$

$$B = 90 / (14,5 - t_{v,1})$$

$t_{v,1}$  - doba východu Slunce

$t$  - denní hodina

$$T_{ii} = T_{min(D+1)} + (T_{z+1} - T_{min(D+1)}) \cdot e^{-\beta(t - t_{z+1})}$$

Pro období negativní energetické bilance:

kde

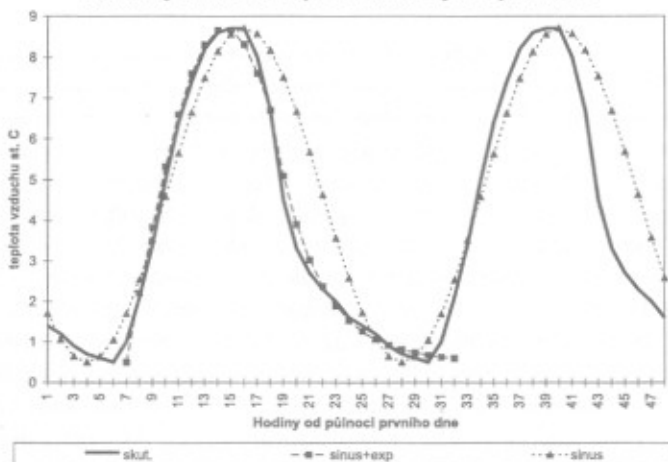
$T_{\min(D+1)}$  - minimální teplota následujícího dne

$T_z$  - doba západu Slunce

$\beta$  - empirický koeficient, pohybující se od 0,2 do 0,3

Vhodnost použití těchto rovnic byla ověřena na průměrných hodinových teplotách získaných z automatické stanice AMET ve V. Bílovicích sumací po jednotlivých měsících.

**Průměrný denní chod teplot v březnu a jeho aproximace**



Obr. 2: Průměrný denní chod teplot v březnu a jeho aproximace

Na obr. 2 je uveden příklad takové aproximace pro průměrný březnový den. Je zřejmé, že uvedené rovnice poměrně vhodně kopírují naměřené hodnoty, přičemž drobné odchylky nemají podstatný význam na velikost výsledné sumy hodinových teplot. Na tomto obrázku je uvedena ještě křivka odpovídající pouze sinusovému průběhu podle rovnice:

$$T_d = A \cdot \sin(15 \cdot I + 210) + T_d$$

kde  $A = (T_{\max} - T_{\min}) / 2$

$T_d$  - průměrná denní teplota

I - hodiny dne 1 až 24

Tato funkce je používána Státní rostlinolékařskou správou pro aproximaci hodinových hodnot v programu SUMÁTOR, kdy jsou k dispozici alespoň extrémní teploty.

Z tohoto srovnání je patrné, že pouhá aproximace sinusovou funkcí nevystihuje zcela typický denní chod teploty vzduchu, poněvadž ignoruje odlišný tvar poklesové křivky v období negativní energetické bilance a hodnotu výsledné sumy spíše nadhodnocuje.

Obdobné křivky byly sestaveny i pro zbývající měsíce v roce s přibližně stejným výsledkem. Z toho lze usuzovat, že předložené rovnice poskytují poměrně stabilní výsledky v průběhu celého roku. Abychom si ověřili, že tento postup není vhodný jenom pro oblast Velkých Bílovic, porovnali jsme vypočítané a naměřené hodnoty i pro lokalitu Hurbanovo za období 1921–1950, z níž jsme měli k dispozici údaje. I v tomto případě vypočítané křivky poměrně dobře kopírovali naměřené hodnoty.

Je zřejmé, že u průměrných hodinových teplot za delší období (měsíc apod.) je denní chod podstatně zhlazen, takže vypočtené a naměřené teplotní hodinové sumy se liší jen velmi málo. Během skutečného konkrétního dne však může být typický průběh denního chodu narušen některými povětrnostními vlivy, jako jsou přechody front, déletrvající ranní mlhy, odpolední bouřky apod. V těchto dnech lze jen velmi těžko na základě dvou údajů o teplotě určit, k jakému ovlivnění došlo. Proto nás zajímalo, jak velký vliv může mít tato skutečnost na celkovou hodnotu teplotní sumy za delší časový úsek. Vypočítali jsme proto uvedenou metodou denní sumy aktivních teplot z maximálních a minimálních hodnot naměřených registrátorem HOBO a porovnali je se skutečnými údaji naměřenými stejným přístrojem v časovém kroku 15-ti minut za období leden až září 1998. Hodnoty získané oběma způsoby pro prahové teploty 5 a 10 °C jsme jednak otestovali párovým t-testem a zjistili, že na hladině významnosti 0,05 nejsou rozdíly signifikantní. Rovněž použitý Pearsonův korelační koeficient ukázal hodnoty převyšující 0,99. Lze z toho usuzovat, že nepravidelnosti v denním chodu teploty nemají na sumu teplot za delší časový úsek podstatný vliv.

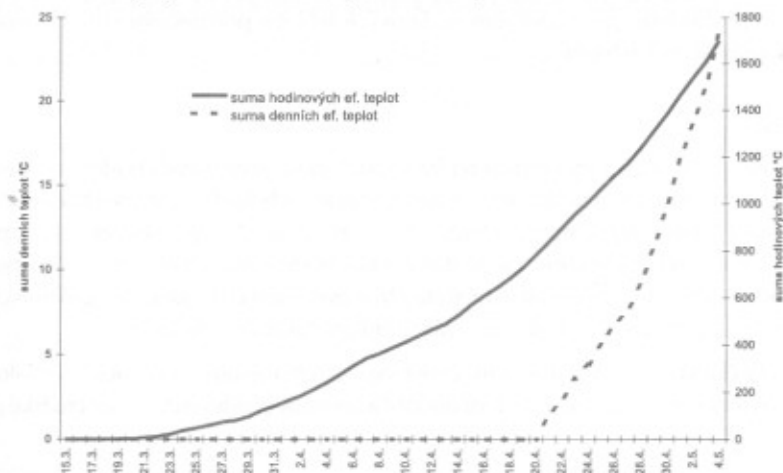
## Výsledky

Popsaná metoda byla použita k výpočtu průměrných hodinových teplot za období 1961–1990 pro jednotlivé dny v roce z údajů o extrémních teplotách pro oblast Lednice na Moravě, čímž byla vytvořena databáze vhodná pro přímou aplikaci např. v programu SUMÁTOR, kdy lze m.j. v průběhu konkrétního roku srovnávat aktuální hodnoty s průměrnými a tak zjišťovat předstih anebo naopak zpoždění vegetace oproti průměrnému vývoji.

Na obr. 3 je vykreslen pro porovnání vývoj denních a hodinových sum efektivních teplot nad 10 °C v průměrném roce v Lednici. Je na něm zcela názorně ukázáno, že sumy stanovené z hodinových teplot se začínají vyvíjet již od 21. 3., zatímco při výpočtu pouze z průměrných denních teplot až o měsíc později.

Další praktickou ukázkou využití databáze normálových sum hodinových a denních teplot může být obr. 4, na němž jsme srovnávali rozdíl ve dnech mezi skutečně dosaženými sumami od začátku roku 1998 a normálovými hodnotami v jarním období. Z tohoto obrázku je patrný značný předstih vegetace v únoru, kdy díky poměrně teplému lednu sumy hodinových teplot

## Vývoj denních a hodinových sum ef. teplot nad 10 °C od 15. 3.

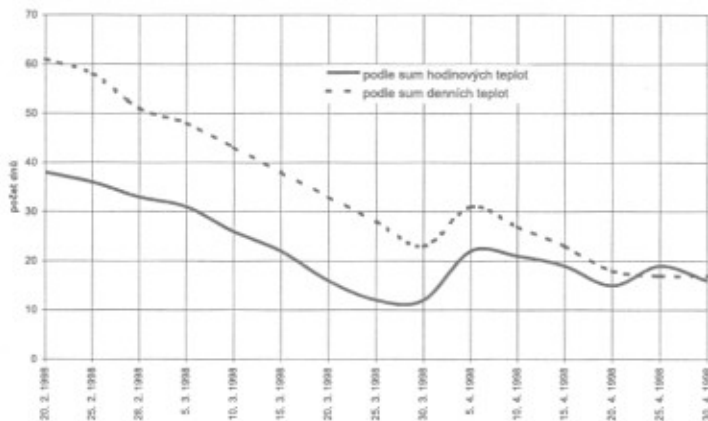


Obr. 3: Vývoj denních a hodinových sum efektivních teplot nad 10 °C v průměrném roce od 15. 3. v Lednici

dosáhly hodnot, které obvykle bývají dosaženy až o měsíc později. V dalším průběhu se tento rozdíl snižoval, přičemž v polovině března dosahoval hodnot kolem 20-ti dnů. To se projevilo i na předčasném kvetení meruněk, které v roce 1998 proběhlo již 25. března místo obvyklého termínu 14. dubna, tedy přibližně rovněž s dvacetidenním předstihem. U kvetení broskvoní byla situace obdobná, poněvadž koncem března se předstih hodinových sum teplot se snížil na 12 dnů a rovněž následující kvetení broskvoní proběhlo o 12 dní dříve, již 10. dubna.

Při srovnání odchylek vypočítaných z denních a hodinových teplot je zřejmé, že údaje z denních průměrů jsou zpočátku velmi nadhodnoceny a teprve koncem dubna se začí-

## Rozdíl mezi datem nástupu sumy ef. teplot nad 10 °C v roce 1998 a v průměrném roce



Obr. 4: Rozdíl mezi datem nástupu sumy ef. teplot nad 10 °C v roce 1998 a v průměrném roce

nají srovnávat a v dalším období již není mezi oběma hodnotami významný rozdíl. Opět to potvrzuje vhodnost používání sum hodinových teplot v počátečním období vegetace oproti sumám denních teplot.

## Souhrn

Sumy aktivních anebo efektivních teplot vypočítané z hodinových hodnot mohou být v mnoha případech lepším indikátorem vývoje rostlin a jejich škůdců než tytéž hodnoty vypočtené pouze z denních průměrných teplot. Předložený článek popisuje metodiku výpočtu hodinových teplot během libovolného dne z údajů hodnot maximální a minimální teploty během tohoto dne. Použitelnost této metodiky byla ověřena na souboru dat z elektronického záznamníku teploty za období leden – září 1998 pro lokalitu Velké Bílovice.

V závěru článku je poukázáno na možnosti využití této metody na výpočet normálových hodnot hodinových sum teplot za delší období a způsoby jejich využití v ovocnářské praxi.

## Literatura

Baskerville, G.L., Emin, P.: Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology*, 1969, Vol. 50, No. 3, s. 514–517

Linville, D.E.: Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observations. *Hort. Science*, 1990, roč. 25, s.14–16

Litschmann, T., Juroch, J.: Teplotní sumy a jejich využití při prognóze škůdců pomocí programu SUMÁTOR. *Záhradnictví-Záhradnictvo*, 1997, čís. 5, s. 2–4

Logan, J et al: Using a chill unit/growing degree hour model to assess spring freeze risk for 'Redhaven' peach trees. *Hort. Science*, 1990, roč. 25, s. 1382–1384

Pruess, K. P.: Day-degree methods for pest management. *Environmental Entomology*, 1983, Vol. 12, No. 3, s. 613–619

## Adresa autora

Tomáš Litschmann, AMET, 691 02 Velké Bílovice, tel.: 0627/346252, e-mail: amet@bva.czn.cz