

Analýza vazby mezi teplotou vzduchu ve standardní výšce a v hladině bylinného patra v závislosti na meteorologických podmínkách

Vojtěch Klimeš

Univerzita Karlova

Obhajoba bakalářské práce

1 Úvod

Problematika

Klima nížko nad zemí

Analýza faktorů ovlivňující teplotu vzduchu v lesním porostu

Použitá data

2 Metody a výsledky

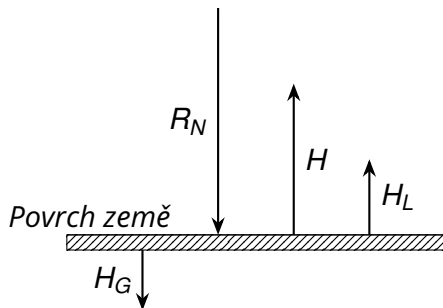
Metody

Výsledky a diskuze

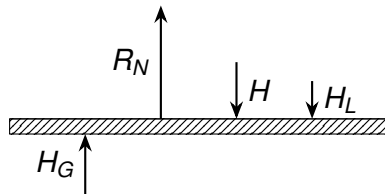
- Teplota a jiné meteorologické podmínky jsou typicky měřeny standardizovanými meteorologickými stanicemi.
- Teploty ve 2 m nereflektují podmínky, v kterých žije většina organismů
- Lesní mikroklima je velmi odlišné od klimatu v okolí meteorologické stanice.

Cílem této práce je analyzovat rozdíl mezi teplotami naměřenými v lesním porostu ve výšce 2 m nad zemí a v 15 cm, resp. 0 cm nad zemí.

Klima nízko nad zemí



(a) Situace ve dne



(b) Situace v noci

Figure: Schéma ukazující rozdíl mezi tokem tepla v noci a přes den

- Teplota dosahuje maxima 1 až 2 hodiny po maximální insolaci, minima v brzkých ranních hodinách.
- Teplotní gradienty v blízkosti vyhřátého povrchu mohou dosahovat vysokých hodnot (K/mm).

Topografie ovlivňuje teploty v lesním porostu

- Okraj lesa
- Sklon svahu
- Nadmořská výška
- Údolí/hřeben

Vegetační faktory ovlivňující teploty v lesním porostu

- Zápoj (otevřenost porostu)
- Plocha koruny stromů
- Procento plochy pokryté dřevinami
- Typ dřeviny

Vybrané sledované meteorologické podmínky

- Výška sněhu
- Oblačnost
- Půdní vlhkost
- Srážky
- Rychlost větru
- Insolace

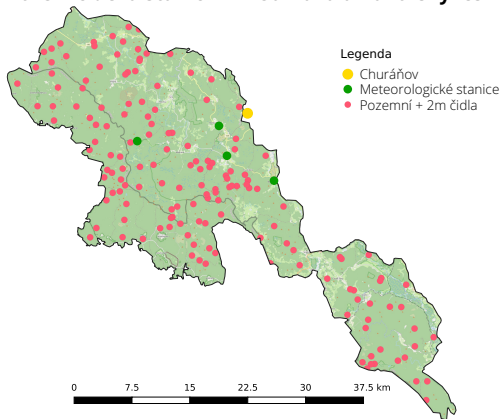
Použitá data

Stanice: Kvilda, Horská Kvilda, Churáňov, Borová Lada, Javoří Pila

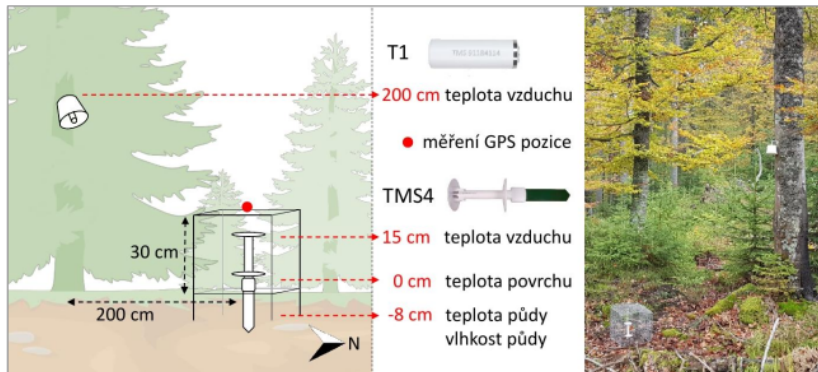
Celkově 157 čidel

Maximální časový interval: 12.10.2019 - 19.5.2021

Rozložení čidel a stanic v NP Šumava a Bavorský les



Rozložení čidel v lesním porostu



- Použijeme lineární modely se smíšenými efekty
 - Náhodný efekt: identita čidla
 - Fixní efekt: výška sněhu, oblačnost, vlhkost, srážky, rychlost větru, insolace
 - Autokorelace se zbavíme pomocí ARMA modelu
- Celkově spočteme 32 modelů
 - Maximální/minimální teploty
 - 0 cm/15 cm
 - Celé období/teplé období/studené období
 - Sníh jako kategorická proměnná
 - $\Delta T_1 = T_{\text{zem}} - T_{2m}$ nebo $\Delta T_2 = |T_{\text{zem}} - T_{2m}|$

Ukázka výsledných modelů

Model	Max15all	Max15warm	Max15cold	Max15allc	Max15coldc
R_m^2	0.031	0.098	0.066	0.032	0.067
R_c^2	0.20	0.51	0.19	0.20	0.19
Konstanta	0.42(6)	-0.55(7)	0.96(7)	0.43(6)	0.99(7)
Výška sněhu	0.0045(7)	-	0.0031(7)	0.040(9)	0.005(9)
Oblačnost	-0.041(8)	-0.16(1)	0.03(1)	-0.040(8)	0.03(1)
Vlhkost	-0.6(1)	2.2(1)	-2.4(2)	-0.6(1)	-2.4(2)
Srážky	0.002(2)	-0.04(1)	0.003(2)	0.002(2)	0.003(2)
Rychlost větru	-0.0072(4)	-0.0034(7)	-0.0098(6)	-0.0072(4)	-0.0098(6)
Insolace	0.000 42(1)	0.000 65(1)	0.000 29(2)	0.000 42(1)	0.000 28(2)

Hlavní závěry

- Výška sněhu má kladný vliv na rozdíl teplot
- Oblačnost a rychlost větru má záporný vliv
- Insolace má slabý kladný vliv, množství srážek je nejméně průkazný prediktor
- Půdní vlhkost má složitější vztah s rozdílem teplot

Hlavní body diskuze

- Velká nevysvětlená variabilita
- Vzdálenost mezi čidly a stanicemi
- Zanedbání různé topografie a vegetace
- Krátké zpracovávané období

Konec prezentace

1. otázka oponenta

Statistická významnost regresních koeficientů (tabulky 3.1 až 3.8) je podle textu odhadována na základě F-testu; F-test zavedený v kapitole 1.5.3 je nicméně určen pro test nulové hypotézy předpokládající nulovost všech koeficientů. Jak byla stanovena významnost pro individuální prediktory?

F-test může sloužit k testování statistické významnosti koeficientů lineárního (smíšeného) modelu. Máme-li nulovou hypotézu, že všechny koeficienty modelu $\beta_i = 0 \forall i$. Dále máme-li alternativní hypotézu $\exists j, \beta_j \neq 0$. Spočteme F statistiku jako podíl vysvětlené a nevysvětlené variance. Následně spočteme pomocí statistického softwaru konfidenční interval I , jako $(1 - \alpha) \cdot 100\%$, kde $\alpha = 0.05$. Zavrhneme nulovou hypotézu, pokud $F \notin I$ a určíme p-hodnotu. V programovacím jazyce R můžeme použít například funkci `anova`.

Použili jsme ANOVU typu I.

$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$, $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$, y_i je pozorovaná hodnota, \hat{y}_i je predikovaná hodnota, \bar{y} je průměr pozorovaných hodnot.

$$F_{\text{sních}} = SSR(\text{sních}) / (SSE / (n - p)),$$

$$F_{\text{oblačnost,sních}} = (SSR(\text{oblačnost|sních}) - SSR(\text{sních})) / (SSE / (n - p)) \dots$$

V tabulce F hodnot najdeme pro stupně volnosti odpovídající hodnotu. Stanovíme $\alpha = 0.05$. $qf()$

Určíme p-hodnotu pomocí statistického softwaru $pf()$.

```

data(iris)

model1 <- lm(Sepal.Length ~ Sepal.Width, data = iris)
model2 <- lm(Sepal.Length ~ Sepal.Width + Petal.Length, data = iris)
model3 <- lm(Sepal.Length ~ Sepal.Width + Petal.Length + Petal.Width, data = iris)

SSE <- sum(model3$residuals^2)
SSR1 <- sum((predict(model1) - mean(iris$Sepal.Length))^2)
SSR2 <- sum((predict(model2) - mean(iris$Sepal.Length))^2)
SSR3 <- sum((predict(model3) - mean(iris$Sepal.Length))^2)
F1 <- (SSR1 / 1) / (SSE / (nrow(iris) - 4))
F2 <- ((SSR2 - SSR1) / 1) / (SSE / (nrow(iris) - 4))
F3 <- ((SSR3 - SSR2) / 1) / (SSE / (nrow(iris) - 4))
print(c(F1, F2, F3))
anova(model3)

```

2. otázka oponenta

Jaká metoda byla použita pro kalibraci modelů? (a konkrétně, bylo by možné volbou odlišné techniky neúspěšnou kalibraci jedné z modelových konfigurací, zmiňovanou na straně 42?)

Použili jsme funkce `lme` balíčku `nlme`.

Optimalizační metoda BFGS je quasi Newtonova metoda o výpočetní složitosti $O(n^2)$.

Funkce maximalizuje "restricted maximum likelihood" - REML. Rozdílné oproti "maximum likelihood" - ML. Využívá "likelihood function".

S použitím nastavení `method = "ML"` výpočet konvergoval k řešení.

Model	AMax0all	AMax0warm	AMax0cold (ML)
R_m^2	0.069	0.10	0.085
R_c^2	0.19	0.33	0.15
Konstanta	1.10(2)	1.32(3)	0.92(3)
Výška sněhu	0.0052(3)	-	0.0052(3)
Oblačnost	-0.247(7)	-0.300(6)	-0.209(5)
Vlhkost	0.31(5)	-0.46(6)	0.78(6)
Srážky	-0.020(5)	-0.029(6)	-0.003(7)
Rychlost větru	-0.0012(2)	-0.0011(4)	-0.0023(3)
Insolace	0.000 129(5)	0.000 236(7)	0.000 078(7)

3. otázka oponenta

V rešeršní části práce je diskutován vliv charakteru vegetace a specifik terénu, tyto nicméně nejsou přímo použity v rámci datové analýzy, pouze zmíněny v kap. 3.1.7. Jaký je autorův názor na možnost jejich kvantitativního zahrnutí do aplikovaného regresního modelu?

2 možnosti

- Rozdělení čidla do kategorií podle charakteru vegetace a specifik terénu.
- Přidat terén a vegetaci jako fixní efekty modelu.

```
library(nlme)
```

```
# data_generation
```

```
logger <- 1:150
```

```
time <- 1:600
```

```
aux <- rnorm(length(time), 0, 3)
```

```
x1 <- rnorm(length(time) * length(logger), rep(aux, length(logger)), 2)
```

```
x2 <- rnorm(length(time) * length(logger), rep(sample(aux), length(logger)), 2)
```

```
x3 <- rep(rnorm(length(time), 0, 2), length(logger))
```

```
l1 <- rep(rnorm(length(logger), 0, 2), each = length(time))
```

```
resp <- rnorm(length(time) * length(logger), -2 + 2 * x1 - 3 * x2 + 1 * x3 + l1)
```

```
dat <- data.frame(resp, logger = factor(rep(logger, each = length(time))),
```

```
  time = factor(rep(time, length(logger)), x1, x2, x3, l1)
```

```
# analysis
```

```
mod <- lme(resp ~ x1 + x2 + x3 + l1, random = ~ 1 | logger, data = dat)
```

```
#plot(mod)
```

```
summary(mod)
```

```
anova(mod)
```


1. otázka vedoucího

V rešeršní části autor příliš nezmiňuje studie zabývající se mikroklimatem lesa v Česku (případně Československu), a vlastně ani v regionu střední Evropy. Znamená to, že takové studie nejsou k dispozici nebo nebyly relevantní pro tuto práci?

Studie zabývající se mikroklimatem jako např. Zellweger et al., 2019; Vanwalleghem a Meentemeyer, 2009; De Frenne et al., 2021; Lindenmayer et al., 2022 se dotýkají lehce jiného tématu než tato práce. Nalezené studie tedy nebyly relevantní pro hlavní část této práce.

2. otázka vedoucího

V závěru autor konstatuje, že nebral v úvahu rozdílný vliv topografie a vegetace na každé čidlo, což mohlo být příčinou určité části nevysvětlené variability rozdílu teplot. Mohl by uvést, jaké konkrétně by tyto vlivy mohly pozorovanou variabilitu ovlivnit a za jakých meteorologických situací nejvíce?

- Lokální oblast kam stéká studený vzduch (př. Gruenloch v Alpách, $t_{min} = -56^{\circ}\text{C}$).
- Obecně přítomnost většího množství vegetace a různého typu vegetace způsobuje anomální rozdíl mezi čidly.
- Sklon svahu ovlivňující množství dopadajícího záření.
- Při dešti může typ porostu způsobit rozdíl dopadlých srážek na zem.