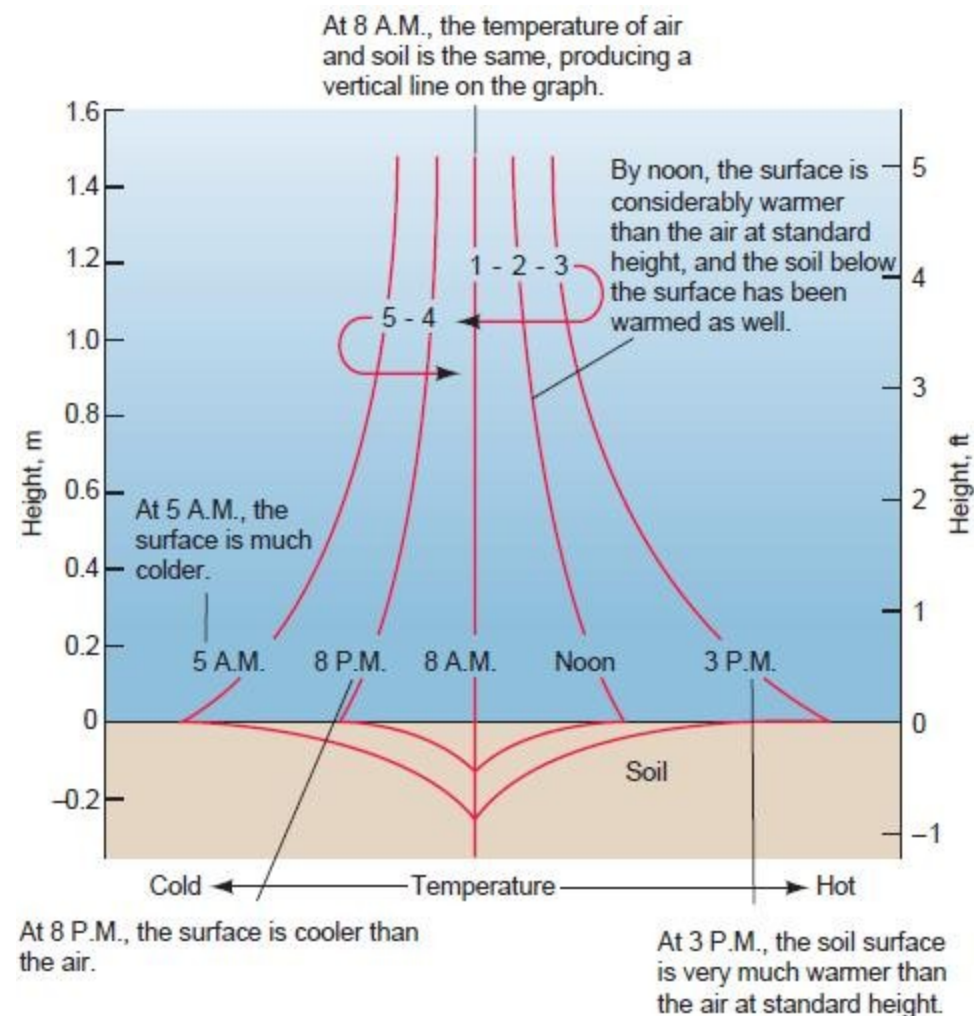


Mikroklima půdy

Z0082 Mikroklima a mezoklima
Filip Hrbáček

Teplota půdy

- Základní fyzikální parametr půdy
- Největší změny teploty se odehrávají na povrchu půdy a směrem do hloubky se kolísání teploty snižuje
- Významný parametr v klimatologii, ekologii, zemědělství, inženýrství..

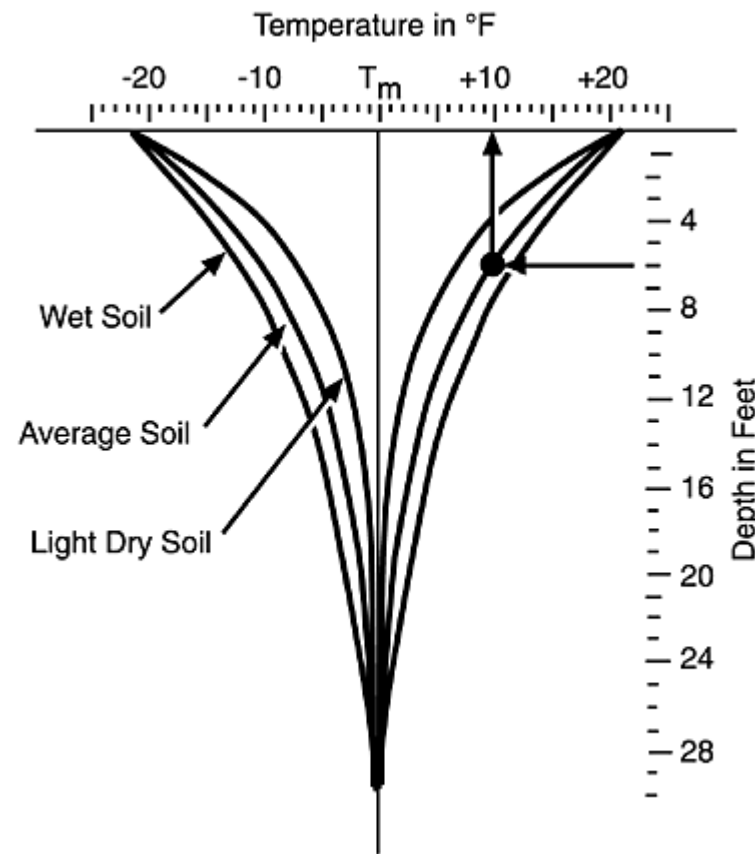


3.6 Daily temperature profiles close to the ground

The red curves in the figure show a set of temperature profiles for a bare, dry soil surface from about 30 cm (12 in.) below the surface to 1.5 m (4.9 ft) above it at five times of day curves (1-5).

Teplotní režim půdy

- K ohřívání a ochlazování půdy dochází od povrchu
- Vyšší tepelná kapacita -> nižší rychlost změny teploty
- Vyšší tepelná vodivost -> vyšší rychlost přenosu tepla
- Nulová denní amplituda (cca 1 m)
- Nulová roční amplituda (cca 5 – 15 m).

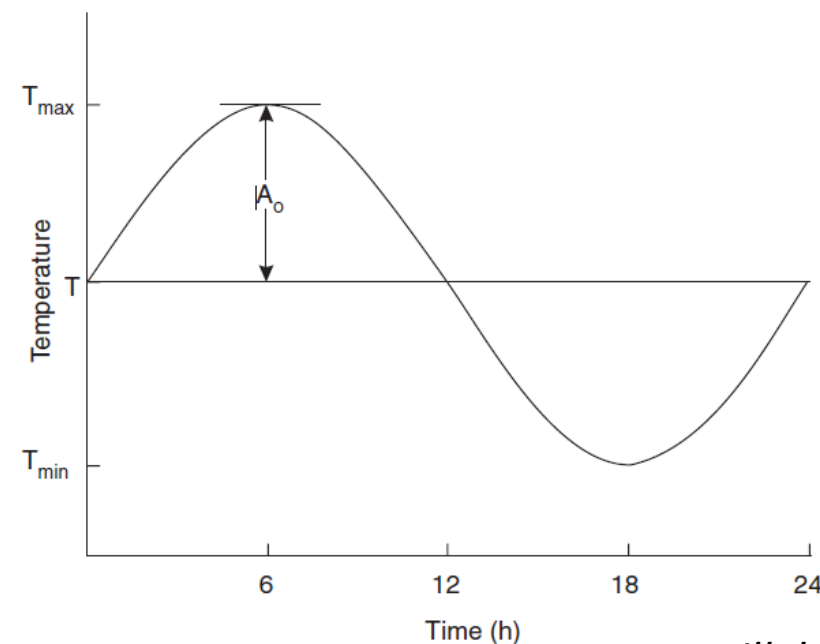
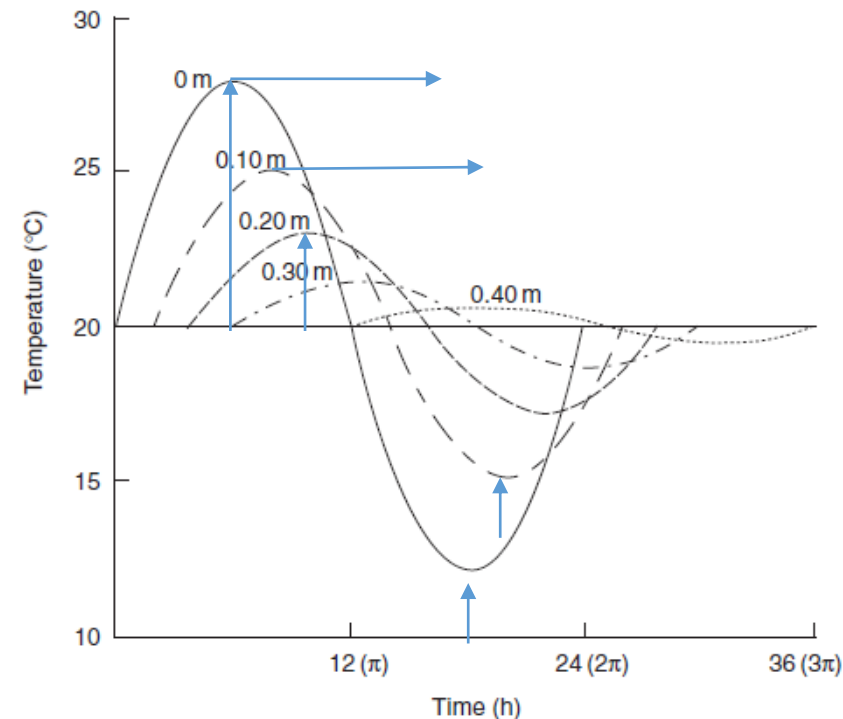


Denní režim teploty půdy

- Popsán Fourierovy zákony
- Perioda časových změn se s hloubkou nemění
- Amplituda časových změn teploty půdy se s rostoucí hloubkou zmenšuje
- Doba výskytu maxima a minima teploty půdy se s rostoucí hloubkou zpožďuje

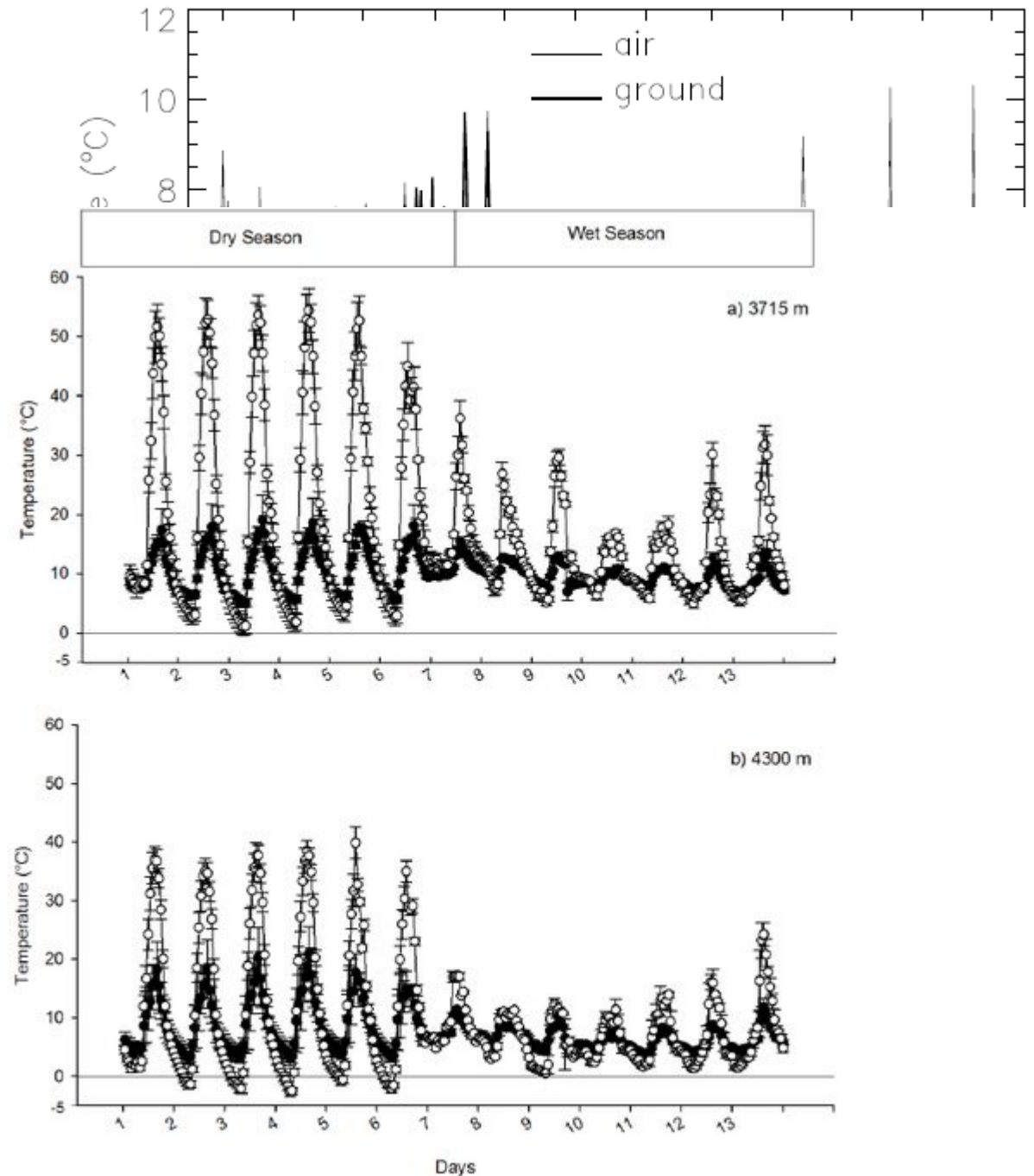
$$A_z = A_0 \sqrt{\frac{z}{k_m \cdot P}}$$

$$\Delta T = \frac{z}{2} \sqrt{\frac{P}{k_m \pi}}$$



Vliv prostředí na teplotní režim půdy

- Typ aktivního povrchu
- Geologické složení půdy
- Množství sněhové pokrývky
- Vlhkostní stav půdy



Tepelné vlastnosti půdy

- Tepelná vodivost (k ; λ) [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
 - Schopnost půdy vést tepelnou energii

$$k = \frac{q}{A (T_2 - T_1) / l}$$

- Tepelná kapacita (C) [$\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$]
 - Schopnost půdy uchovávat energii

$$C = m \times c \times dT$$

$$C = x_s C_s \times x_w C_w \times x_a C_a$$

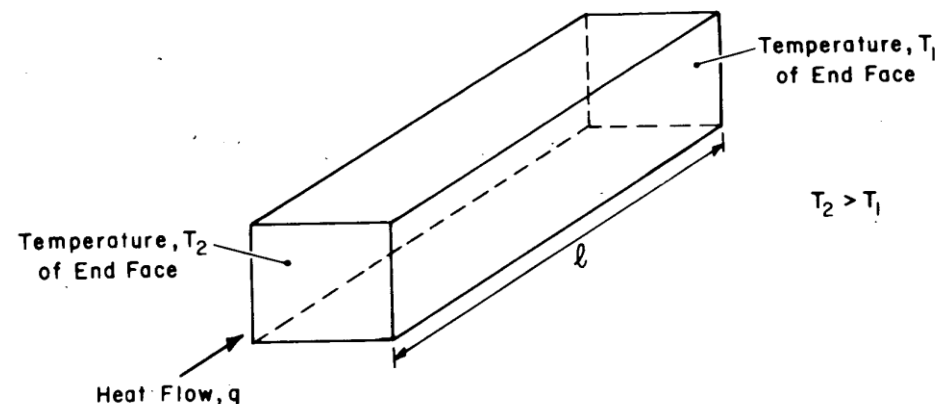


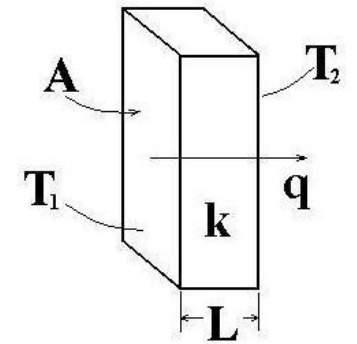
Figure 1. Heat flow through a prismatic element of soil.

Součinitel teplotní vodivosti [$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$]

- Určuje rychlost, jakou probíhají změny teploty v půdě, a určuje hloubku, do jaké pronikne změna teploty na povrchu půd

Stanovení termálních vlastno

- Numerický výpočet
 - Nezbytná znalost teploty půdy v alespoň 2 úrovních a toku tepla do půdy
 - Různé postupy vycházející z Fourierova zákona o vedení tepla (například de Vries, 1963; Horton et al., 1983; Sauer et al., 2005...)
- Laboratorní analýza
 - Předpoklad – odběr neporušeného vzorku se zachovanou vlhlostí o dostatečném objemu
- Terénní měření
 - Senzory na kontinuální monitoring vodivosti a toku tepla do půdy
 - Přímé (nekontinuální) měření



$$q = k A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Typické hodnoty

Table 1. Thermal conductivity, volumetric heat capacity and thermal diffusivity for different kinds of soil.

Rock Type	Thermal Conductivity (W/mK)			Volumetric Heat Capacity (MJ/m ³ K)	Thermal Diffusivity (10 ⁶ m ² /s)		
	Min	Typ	Max		Min	Typ	Max
Basalt	1.3	1.7	2.3	2.6	0.5	0.65	0.88
Greenstone	2	2.6	2.9	2.9	0.69	0.90	1
Gabbro	1.7	1.9	2.5	2.6	0.65	0.73	0.96
Granite	2.1	3.4	4.1	3	0.7	1.13	1.37
Peridotite	3.8	4	5.3	2.7	1.41	1.48	1.96
Gneiss	1.9	2.9	4	2.4	0.79	1.21	1.67
Marble	1.3	2.1	3.1	2	0.65	1.05	1.55
Mica schist	1.5	2	3.1	2.2	0.68	0.91	1.41
Shale sedimentary	1.5	2.1	2.1	2.5	0.6	0.84	0.84
Limestone	2.5	2.8	4	2.4	1.04	1.17	1.67
Loam	1.5	2.1	3.5	2.3	0.65	0.91	1.52
Quartzite	3.6	6	6.6	2.2	1.64	2.73	3
Salt	5.3	5.4	6.4	1.2	4.42	4.5	5.33
Sandstone	1.3	2.3	5.1	2.8	0.46	0.82	1.82
Siltstones and argillites	1.1	2.2	3.5	2.4	0.46	0.92	1.46
Dry gravel	0.4	0.4	0.5	1.6	0.25	0.25	0.31
Water saturated gravel	1.8	1.8	1.8	2.4	0.75	0.75	0.75
Dry sand	0.3	0.4	0.55	1.6	0.19	0.25	0.34
Water saturated sand	1.7	2.4	5	2.9	0.59	0.83	1.72
Dry clay/silt	0.4	0.5	1	1.6	0.25	0.31	0.62
Water saturated clay/silt	0.9	1.7	2.3	3.4	0.26	0.5	0.68
Peat	0.2	0.4	0.7	3.8	0.05	0.10	0.18

Marquez et al., 2016

Termální vodivost vody cca 6x nižší než ledu
 Tepelná kapacita vody cca 2x vyšší než ledu

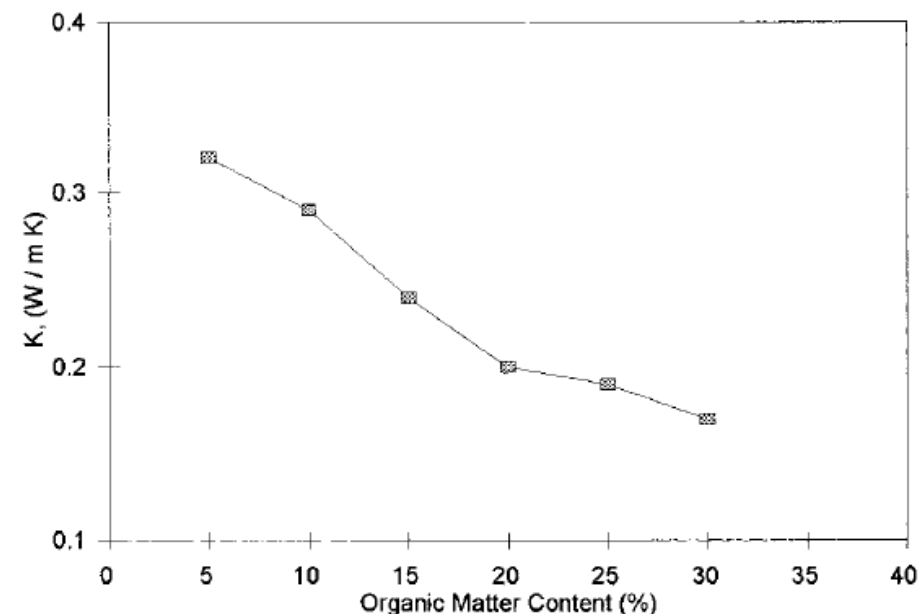
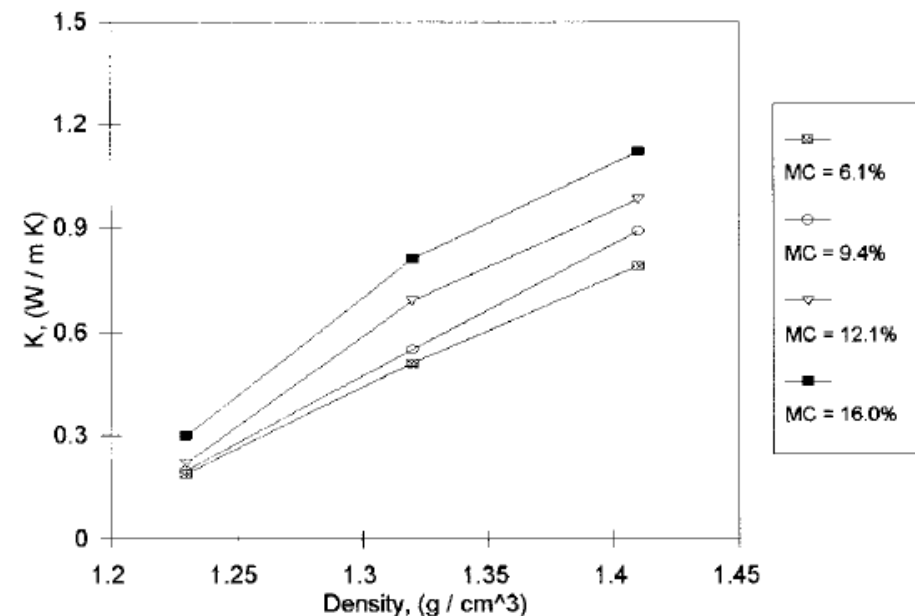


Fig. 9. Soil thermal conductivity of clay loam as a function of organic matter content.

Kodešová et al., 2013

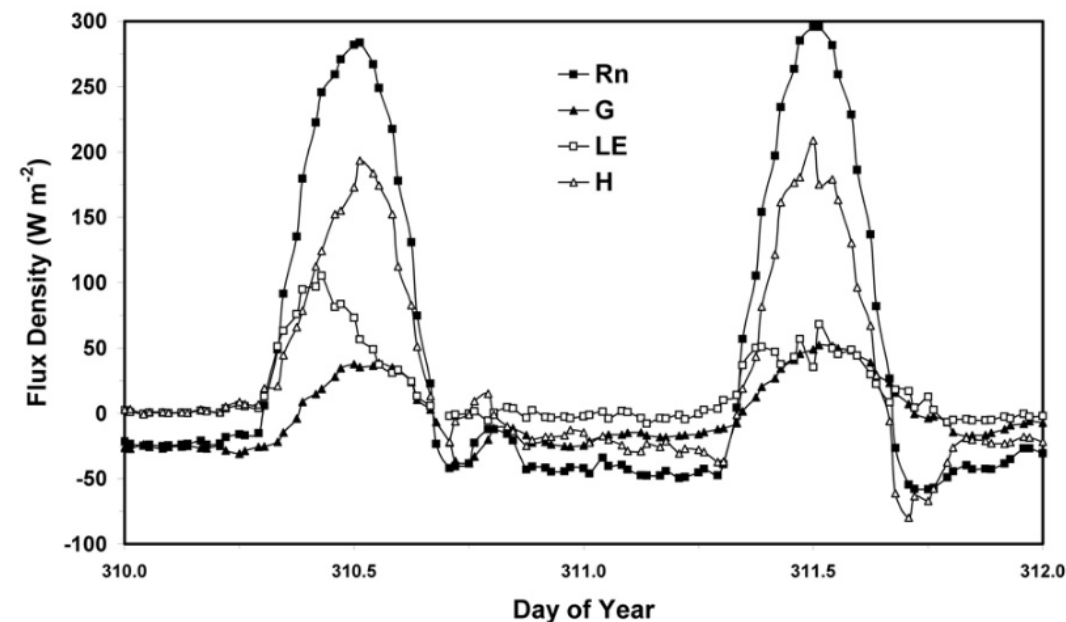
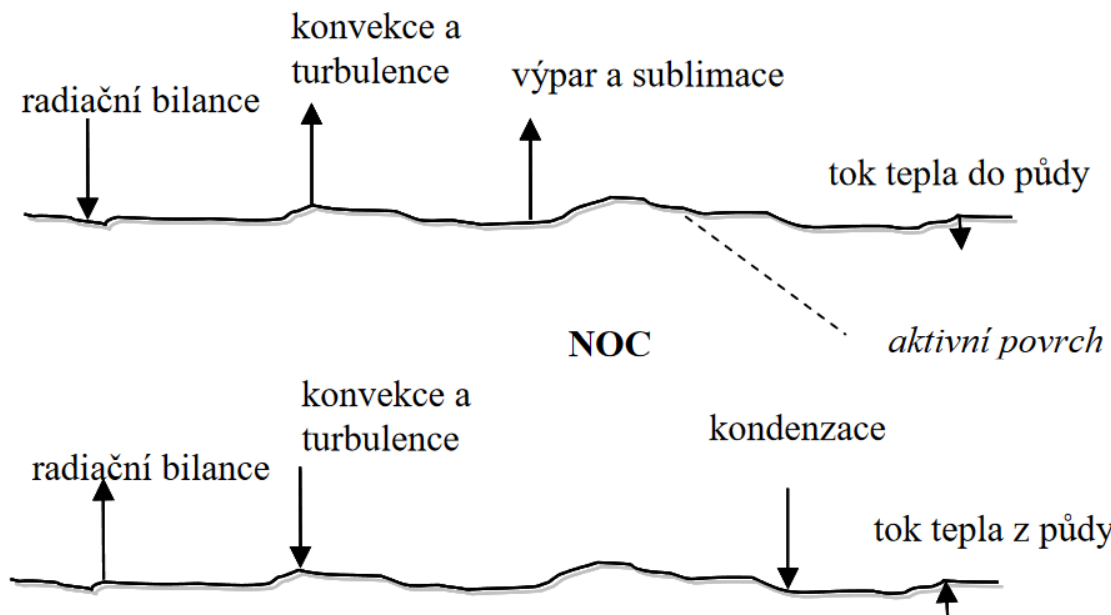
Tok tepla do půdy

- Vedení tepla (kondukce) je nejčastějším typem přenosu tepla v půdě
- Kondukce = způsob šíření tepla, kdy částice s vyšší střední kinetickou energií předávají část své energie prostřednictvím vzájemných srážek s částicemi s nižší kinetickou energií

- Základní složka energetické bilance

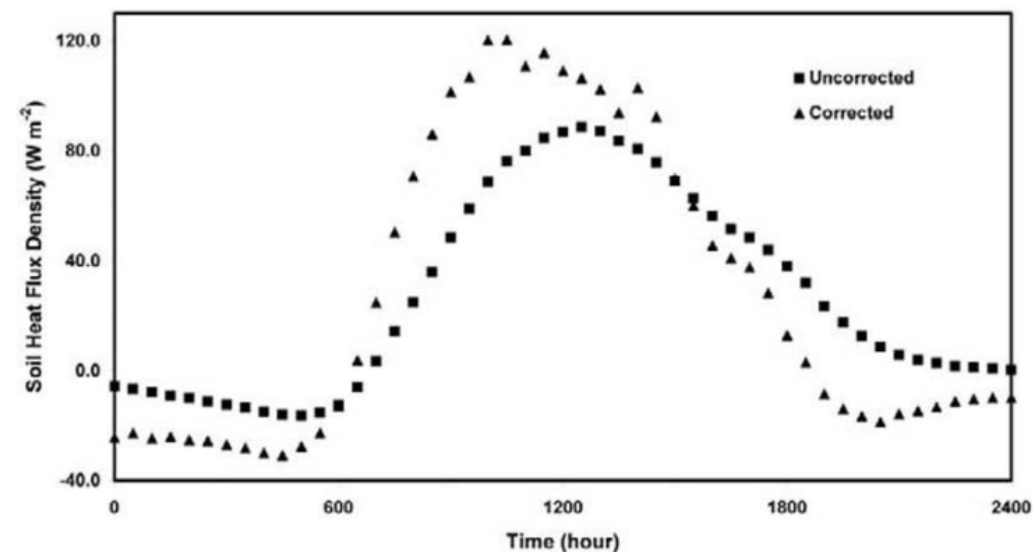
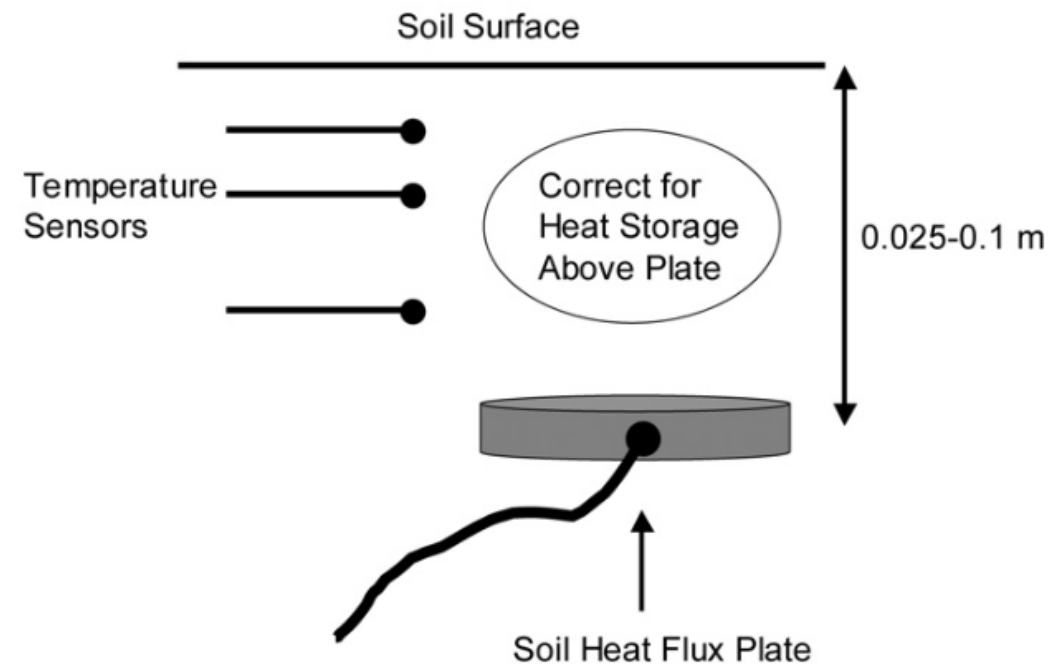
$$G = k \frac{dT}{dz}$$

- Vliv typu povrchu, vlhkosti,



Stanovení toku tepla

- Destičky pro měření toku tepla
- Dodatečná korekce na základě měření teplotního gradientu a znalosti termálních vlastností půdy



- Kalorimetrická metoda
- Určení průměrného toku tepla podle změny tepelné akumulace za jednotku času

$$G_{i-1} = \delta z_i C_i (\partial T_i / \partial t) + G_i$$

$$G_{j-1} = \sum_{i=j}^n \delta z_i C_i (\partial T_i / \partial t)$$

- Gradientová metoda
- Přímý výpočet podle základní rovnice $G = k (dT/dz)$
- Přesnost velmi závisí na správném určení vodivosti, která je vysoce variabilní v čase