

**Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. RNDr. Renata Ryplová, PhD**

<sup>1</sup> ENKI, o.p.s. Třeboň, <sup>2</sup>Pedagogická  
fakulta Jihočeská univerzita České Budějovice

[pokorny@enki.cz](mailto:pokorny@enki.cz), [ryplova@pf.jcu.cz](mailto:ryplova@pf.jcu.cz)

**Realizované a připravované vzdělávací programy pro školy,  
státní správu a samosprávu na témata v souvislosti  
s klimatem**

**Závěrečná konference projektu Klimatická zeleň  
Abschlusskonferenz des Projekts ATCZ142 Klimagrün  
29. - 30. září / 29. – 30. September 2020**



# Výukou ve školách k porozumění příčin klimatické změny a cesta k nápravě

Rostoucí nedostatek vody

Klimatická změna, suchá období, přívalové srážky, stoupající teploty/extrémy

Podceňovaná úloha rostlin v místním klimatu a oběhu vody

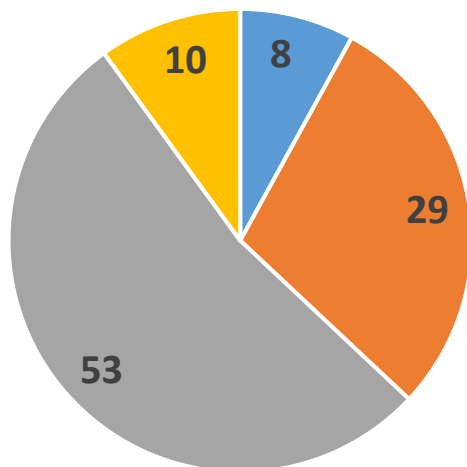
Nedostatečné základní znalosti o fyziologických funkcích rostlin a jejich efektu na okolní prostředí a z toho pramenící chybné hospodářské zásahy prohlubující nedostatek vody

Chybí základní znalosti o distribuci sluneční energie v krajině. Nevyučuje se proces transpirace. Kolik sluneční energie se váže fotosyntézou do biomasy rostlin?



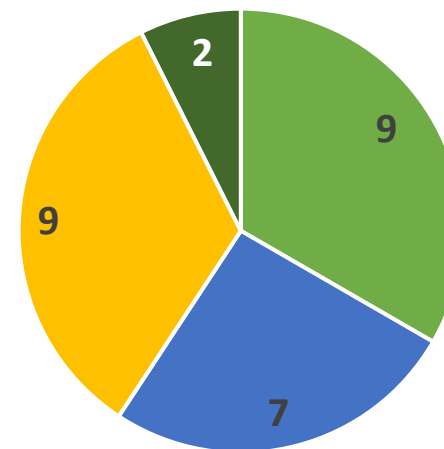
## Výzkum znalostí role vegetace v distribuci sluneční energie a koloběhu vody v krajině:

Analýza odpovědí na otázku *Jaké množství sluneční energie dopadající na zemský povrch je využito rostlinami pro fotosyntézu? (Výběr z možností)*



■ méně než 5% ■ 5 -10% ■ 10 - 50% ■ více než 50%

**A )** Výzkum znalostí mezi 100 začínajícími studenty učitelství přírodopisu na začátku prvního ročníku VŠ ( ihned po absolutoriu SŠ)

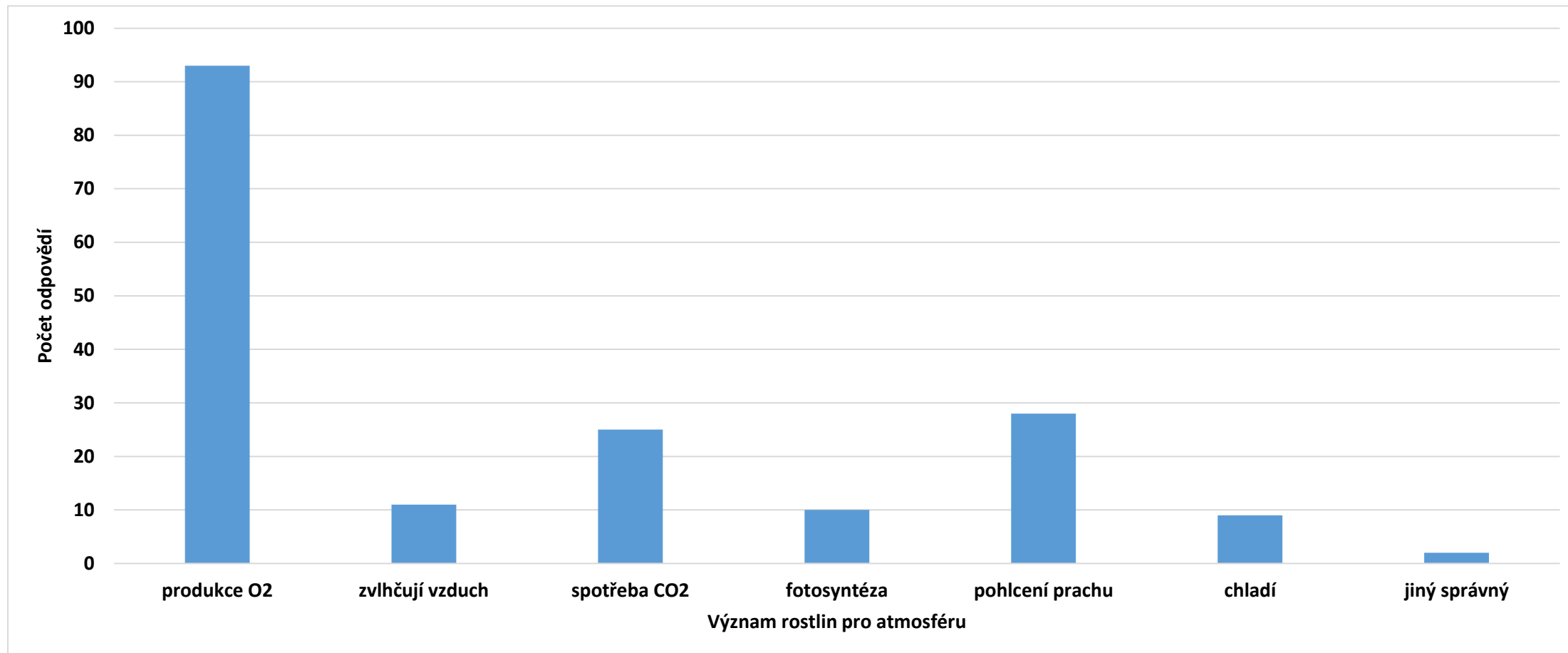


■ méně než 5 % ■ 5-10 % ■ 10-50 % ■ 50 % a více

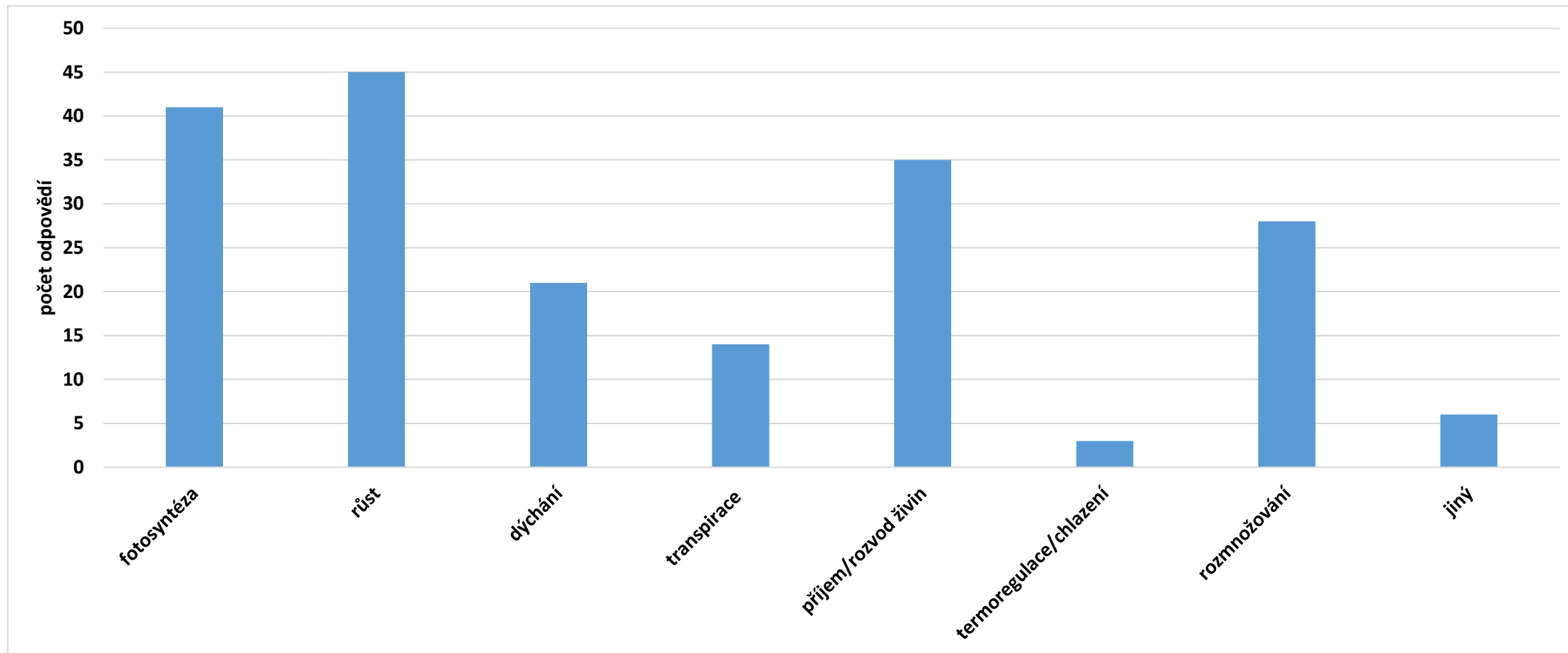
**B)** Výzkum znalostí mezi 27 učiteli přírodopisu ZŠ s různou délkou praxe ( 2 roky – 27 let praxe)

Obdobná otázka položena žákům 9. ročníku ZŠ (631 respondentů). 61% se domnívá, že pro fotosyntézu se spotřebuje více jak 5% dopadající sluneční energie.

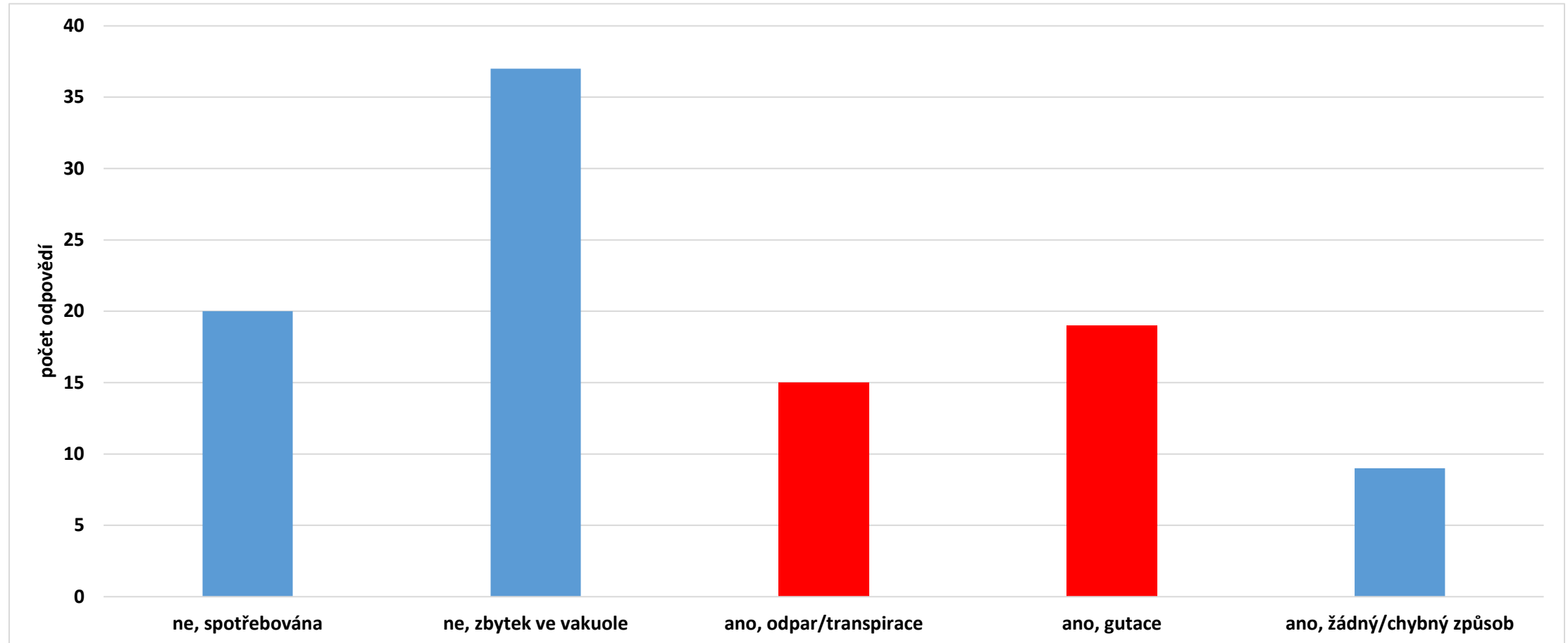
# Jak rostliny svými životními projevy ovlivňují zemskou atmosféru?



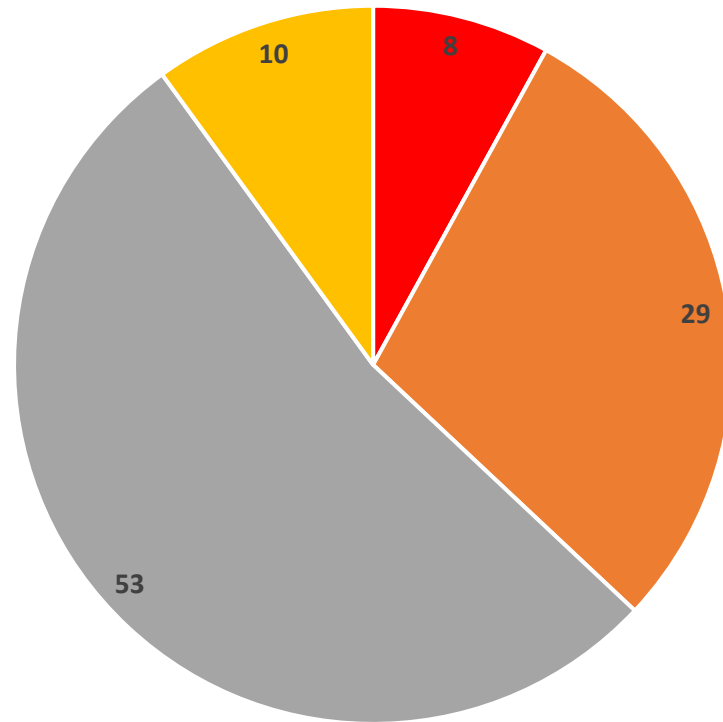
# K čemu všemu potřebuje rostlina vodu? Uved'te co nejvíce možností



*Je veškerá voda v rostlině spotřebována nebo existuje nějaký způsob, kudy se voda dostává z rostliny ven?  
Výběr z možností*



*Jaké množství sluneční energie dopadající na zemský povrch je využito rostlinami pro fotosyntézu? (Výběr z možností)*



■ méně než 5% ■ 5-10% ■ 10-50% ■ více než 50%

# shrnutí

- Začínající studenti oboru Přírodopis se zaměřením na vzdělání a přírodovědná a ekologická výchova nemají o roli vegetace v distribuci solární energie a koloběhu vody v krajině téměř žádné povědomí
- Význam rostlin pro atmosféru vidí téměř výlučně ve fotosyntetické produkci kyslíku
- Nejsou jim známy základní principy distribuce sluneční energie v krajině. Přeceňují množství sluneční energie využívané rostlinami pro fotosyntézu, neznají princip spotřeby sluneční energie pro evapotranspiraci
- Kritickými místy jsou **a)** nedostatečná znalost transpirace, a to jak z hlediska fyziologie rostliny, tak i z hlediska jejího významu pro utváření místního klimatu a **b)** pochopení zákonitých souvislostí mezi fyzikálními ději (spotřeba energie pro výpar – uvolnění při kondenzaci) a úlohy rostlin v malém cyklu vody



# Publikace o znalostech žáků a studentů

- Ryplová, R. & Pokorný, J. (2019). **Opomíjená úloha vegetace v distribuci sluneční energie a utváření klimatu – sonda znalostí začínajících studentů učitelství přírodopisu.** *Envigogika*, 14(1). <https://doi.org/10.14712/18023061.586>
- Ryplova R. & Pokorny J. 2018: Using project-based education to develop **pre-service biology teachers' knowledge of the cooling effect of vegetation.** In: M. Rusek, K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI*, 105 – 113. available on line at: [https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2019/07/sbornikPBE2018\\_wos.pdf](https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2019/07/sbornikPBE2018_wos.pdf)
- Ryplova R., Pokorny J., Janebova K. (2019). Understanding „**Air conditioning function of vegetation**“ – a didactic reconstruction of the role of vegetation in solar energy distribution and water cycle in the landscape. In: *Book of Abstracts from International Conference: Gemeinsame Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“ 9.-12. 9. 2019, Universität Wien, Wien, Austria*, p.71 – 72
- Ryplová, R., Pokorný, J. **Saving Water for the Future Via Increasing Plant Literacy of Pupils,** *European Journal of Sustainable Development* (2020), 9, 3, 313-323 ISSN: 2239-5938 *Doi: 10.14207/ejsd.2020.v9n3p313*

**T A**  
**Č R**

Program **Éta**

Projekt TL01000294:

**Sluneční energie, voda v krajině, vegetace: nová metodika vzdělávání pracovníků městských úřadů a inovace školní výuky k tématu efektu hospodářských zásahů na regionální klima**

***Metodické listy pro pracovníky městských úřadů – pilotní verze***

*(Program na podporu aplikovaného společenskovedního a humanitního výzkumu, experimentálního vývoje a inovací TAČR ETA )*

Řešitelé: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích (RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.)  
ENKI, o.p.s. (doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.)  
Město Dačice (ing. Jiří Müller)

<https://www.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2020/01/metodické-listy-pro-pracovníky-MěÚ-pro-web.pdf>

# Knihy slunce – voda – rostliny – klima

## Aktivní úloha rostlin v utváření klimatu (2021)

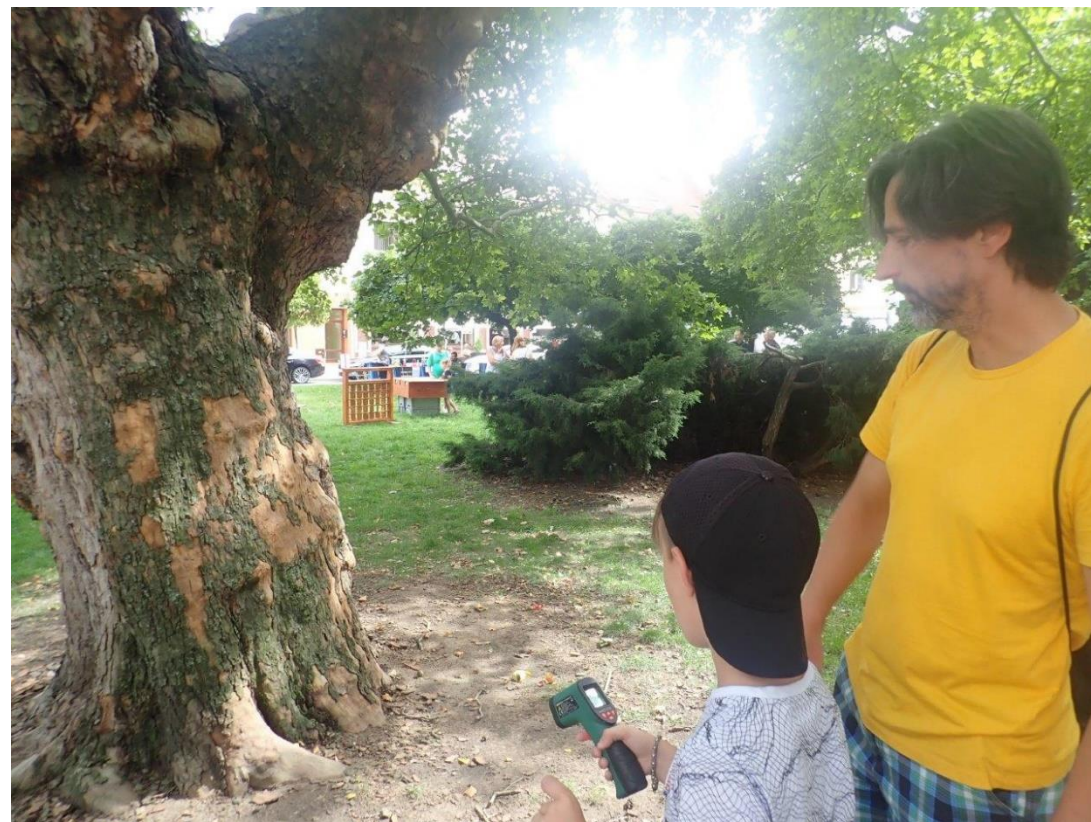
- Kolektiv autorů ENKI a Pedagogické fakulty JU, výstup projektu ETA TAČR podporovaný publikovanými výsledky z předchozích projektů
- Kniha je určena pro učitele základních a středních škol a pracovníky státní správy a samosprávy. Kniha shrnuje ověřitelná fakta v souvislostech.

# To je vedro ! *Klimatická změna – a jak na ni !*

Vzdělávací materiál pro základní školy

- **Klima změna pro školy – 40 stran v PDF --- pilotní materiál pro základní školství v rámci MAP II – úvodní metodika a obecná problematika 20 stran, pracovní listy – 20 stran, oponentura výstupu - z pedagogického i odborného hlediska:**
- **Realizační tým**
- Mgr. Et Mgr. Vít Hrdoušek - organizace a redakce za KS MAS JMK, přednášení témat učitelům
- Mgr. Jaroslav Brzák – PS Enviro NS MAS – téma hospodaření, konzultace celého materiálu s učiteli, přednášení témat učitelům
- Ing. Mgr. Petr Pavelčík – COŽP UK Praha – témata stop a služeb,
- Ing. Viktor Třebický – COŽP UK Praha - koordinace pracovních listů
- Doc. Ing. Jan Pokorný – Enki, přenos know how z JČK – téma klima







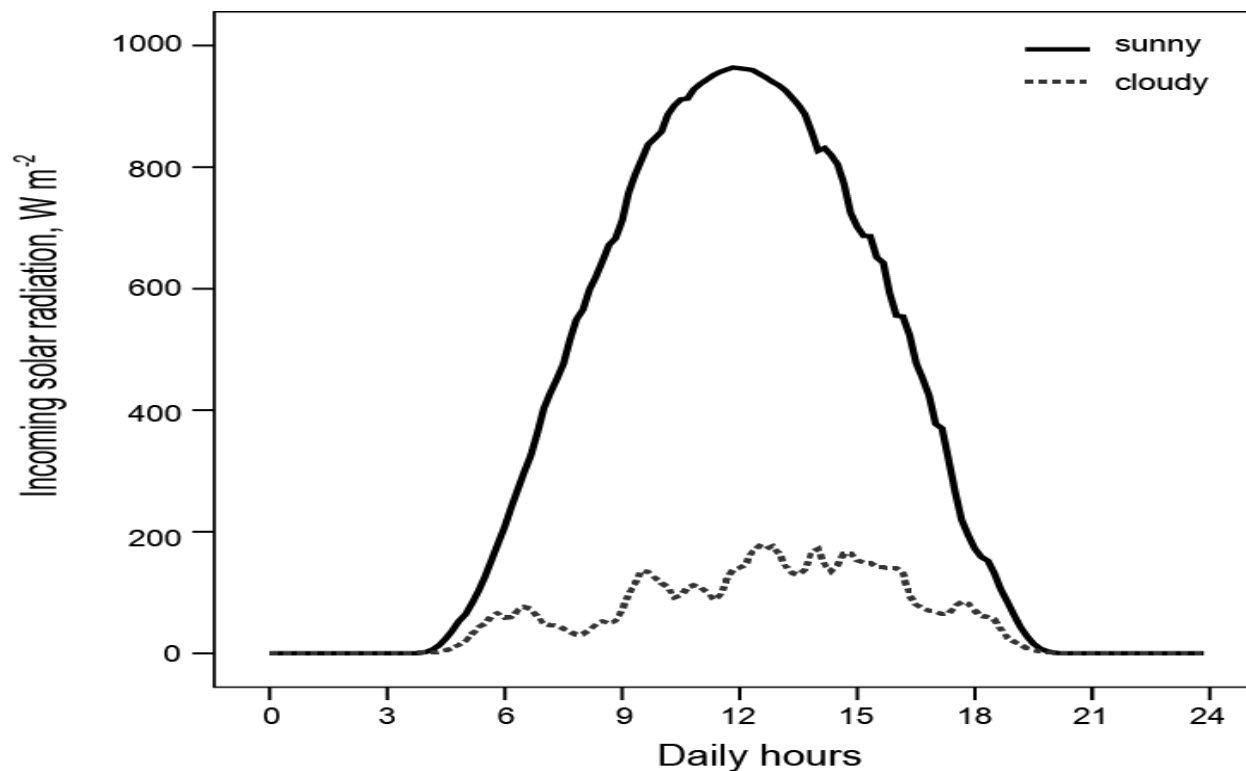
31.8 2020



## Zopakujme poznatky z fyziky pro základní školy

- Jednotkou výkonu je watt (W). Při výkonu 1 watt se vykoná práce 1 joulu za sekundu:  $1W = 1J/1s$ . Výkon vyžaduje energii. Spotřebu elektrické energie vyjadřujeme ve wattech za čas.
- Například vaříč má příkon 1000W; za hodinu spotřebuje 1000Wh = 1kWh
- Sluneční energie ohřívá těleso o ploše  $1m^2$  například výkonem 1000W. Intenzita toku sluneční energie je  $1000W m^{-2}$
- **Tok sluneční energie měříme a vyjadřujeme ve  $W.m^{-2}$**
- **Za plného slunečního svitu přichází na  $m^2$  až 1000W.** Při zatažené obloze je to  $100W.m^{-2}$  i méně. V místnosti je intenzita světelného záření nejvýše několik  $W.m^{-2}$ .

Sluneční energie přicházející na povrch země za slunného dne (až  $1000\text{Wm}^{-2}$ )  
a při zatažené obloze (max.  $200\text{Wm}^{-2}$ )



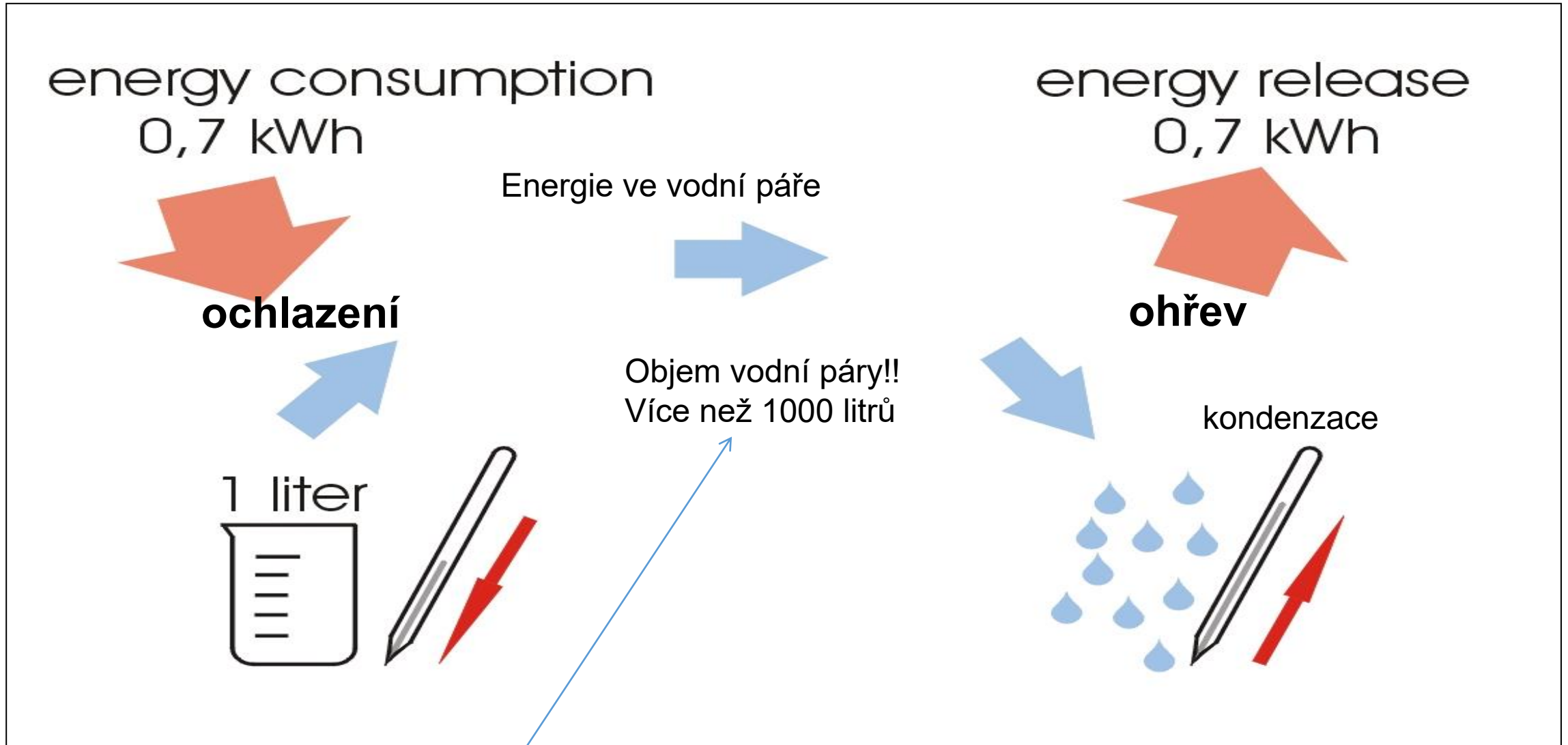
**Oblačnost redukuje příkon slunečního záření**



# Skupenské teplo výparné vody

- Na vypaření 1litru vody při 20 °C se spotřebuje 2439 kJ = 0,68 kWh
- Při kondenzaci/srážení vodní páry zpět na kapalnou vodu se skupenské teplo uvolňuje
- **Vodní pára z 1litru vody má objem přibližně 1200 litrů a je v ní „uschováno“ 0,7kWh energie** (= kapacita jedné autobaterie)
- Výpar vody a kondenzace vodní páry zpět na vodu kapalnou jsou perfektní procesy vyrovnávající teplotní rozdíly na Zemi.

**LATENTNÍ TEPLLO se spotřebovává při výparu vody a uvolňuje při kondenzaci**



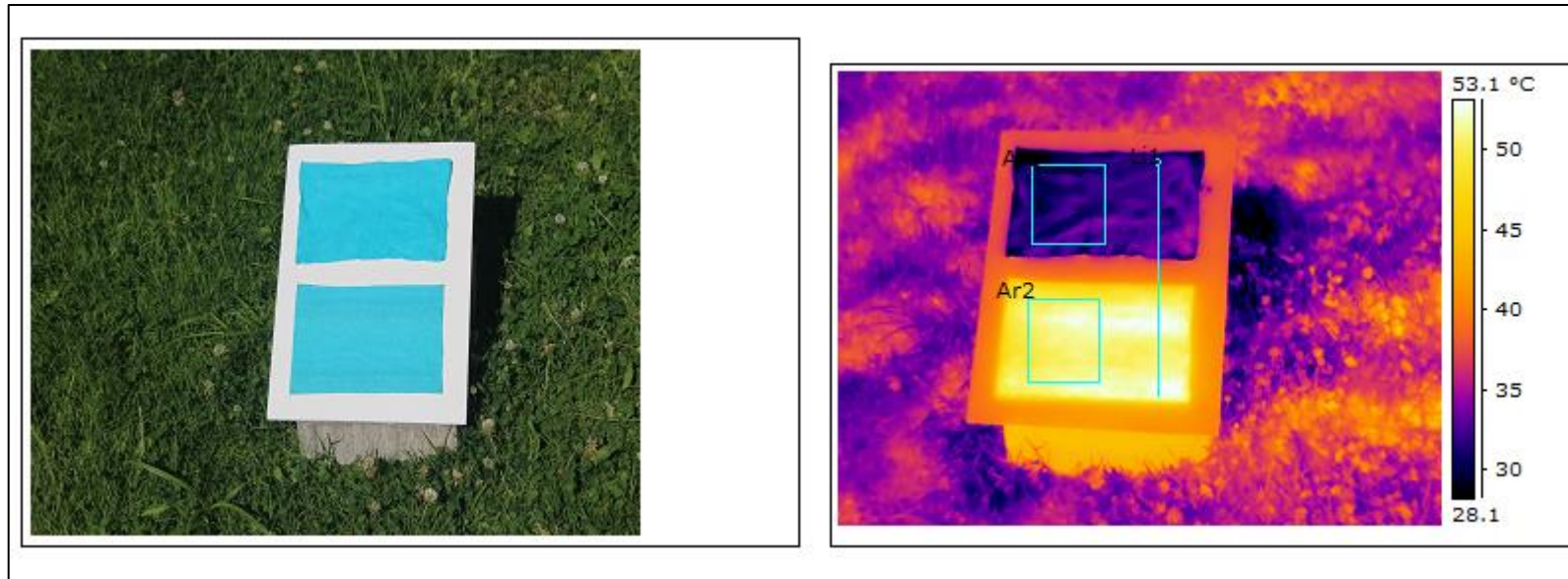
Mírné změny tlaku vzduchu

Vodní pára = úložiště energie

- 1 litr vody se vypaří z 1m<sup>2</sup> trávníku za den, do vodní páry se naváže 700Wh (**0,7kWh**) sluneční energie.
- Autobaterie 12V, 70Ah má kapacitu 840Wh, **0,84kWh**
- *Vypaří se  
několik litrů  
z m<sup>2</sup>*



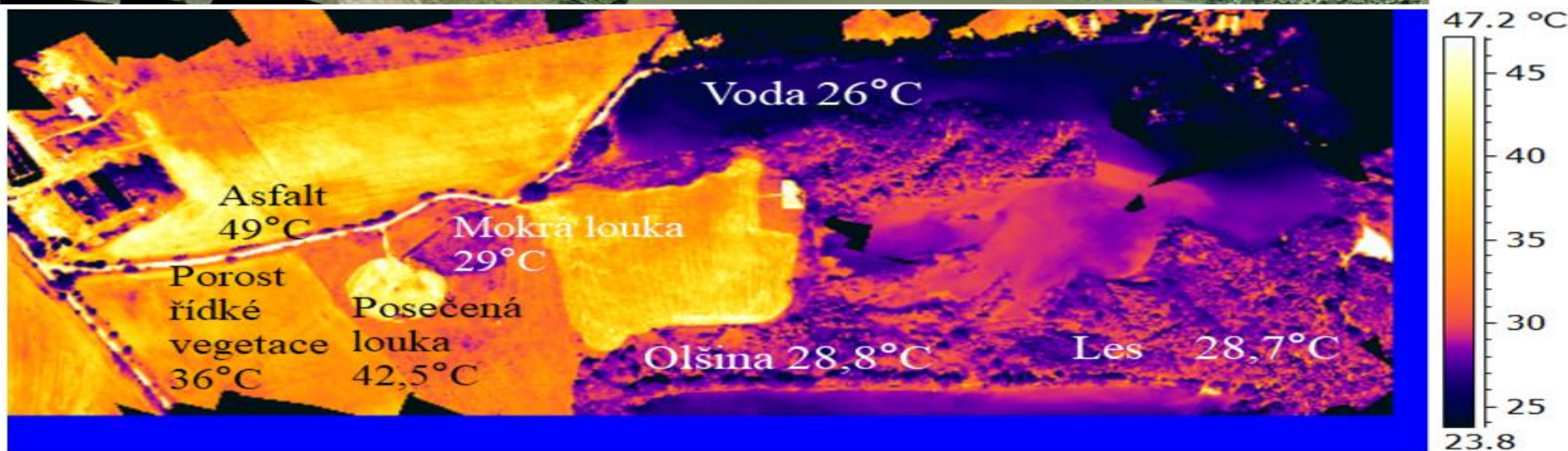
# Jakou teplotu má na slunci suchý a mokrý ručník?



Venku při jasném dni na slunci, žáci měří IR teploměrem teplotu suchého a mokrého ručníku. Ověřují si princip chlazení povrchu výparem vody. Tak se chladí list rostliny, voda se ovšem vypařuje přes průduchy, kterých je i několik set na  $\text{mm}^2$  a působí jako ventily, regulují výpar vody a tedy i příjem oxidu uhličitého a výdej kyslíku.



Letní povrchové teploty kulturní krajiny jsou v rozsahu více než 20 °C (snímáno termovizní kamerou nesenou vzducholodí)





Na osluněném chodníku měříme intenzitu slunečního záření  $877\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  a povrchovou teplotu  $51\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ve stínu stromu je povrchová teplota  $26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  a intenzita slunečního záření  $82\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Pod stromem je intenzita slunečního záření 10x nižší a teplota o  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  nižší nežli na osluněném chodníku, jak to vysvětlíme? Strom se chladí

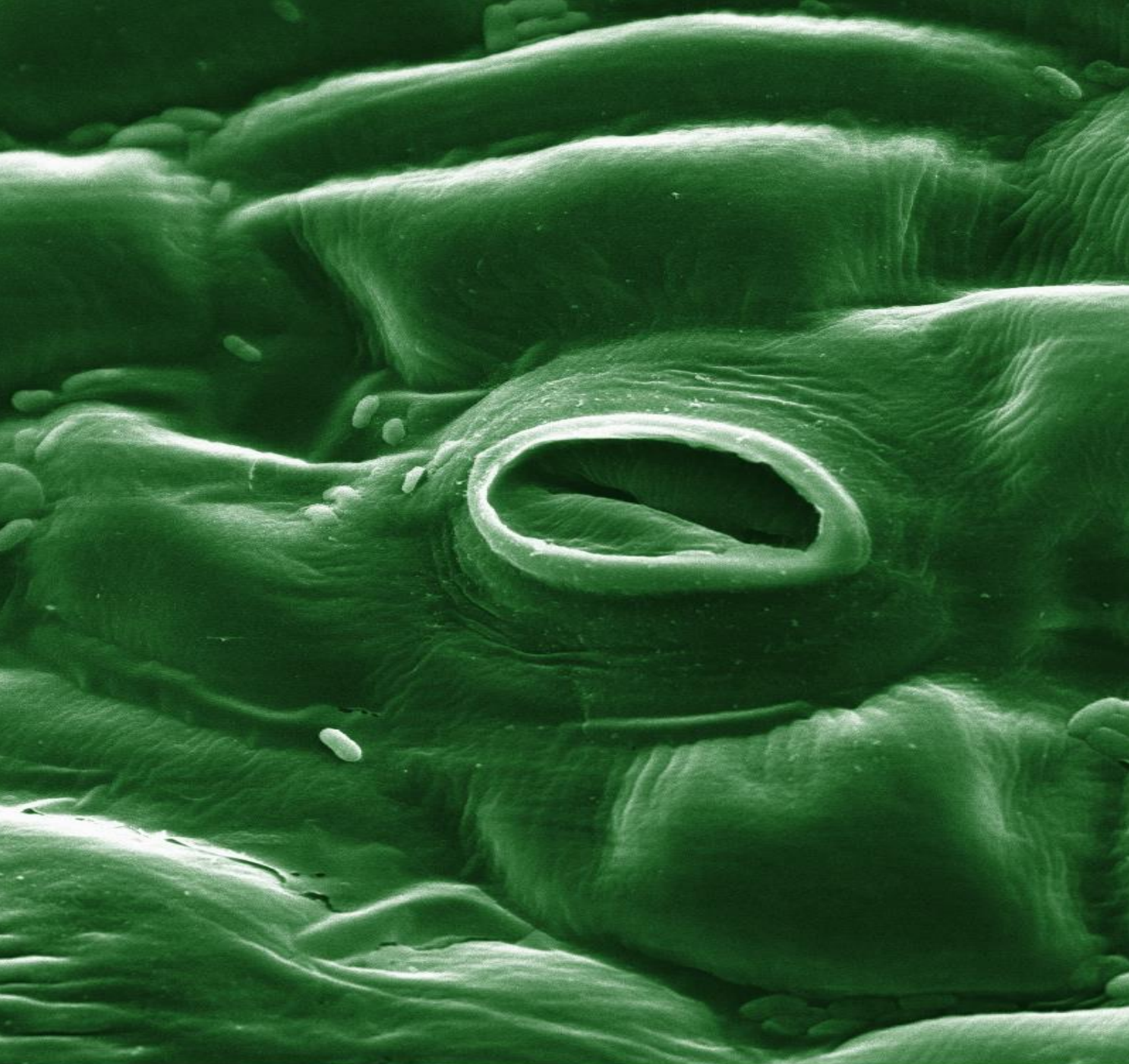


Tento strom chladí výkonem 14kW  
a převádí sluneční energii do vodní páry

*Klimatizační jednotka na obrázku má příkon 3,4 kW. Strom má chladicí výkon jako tyto 4 klimatizační jednotky (které ovšem chladí místnost a ohřívají město). Kam dává strom teplo?*







**Každý průduch působí jako ventil, reaguje na teplotu, vlhkost vzduchu a množství vody v rostlině.**

**50 – 100 průduchů na mm<sup>2</sup>**

**Na každou molekulu přijatého oxidu uhličitého se vyloučí molekula kyslíku (rozloží dvě molekuly vody) a z listu se odpaří několik stovek molekul vody.**



# ENERGIE V BIOMASE

Roční produkce **biomasy**

**0,5 %**

z celkového množství energie přicházející za rok  
1100kWh/m<sup>2</sup>/rok

Produkce: 1 kg sušiny z 1 m<sup>2</sup>

1 kg obsahuje 5 kWh, využijeme 1–2kWh

Tj. 10–20MWh z 1ha (kolik spotřebuje rodina)?

- Rs - Globální záření
- Rn - Čisté záření
- $\alpha$  - Odraz (albedo)
- H - Uvolněné pocitové teplo
- L x E - Skupenské teplo x Evapotranspirace
- G - Tok tepla do půdy
- P - Fotosyntéza
- J - Akumulované teplo v biomase

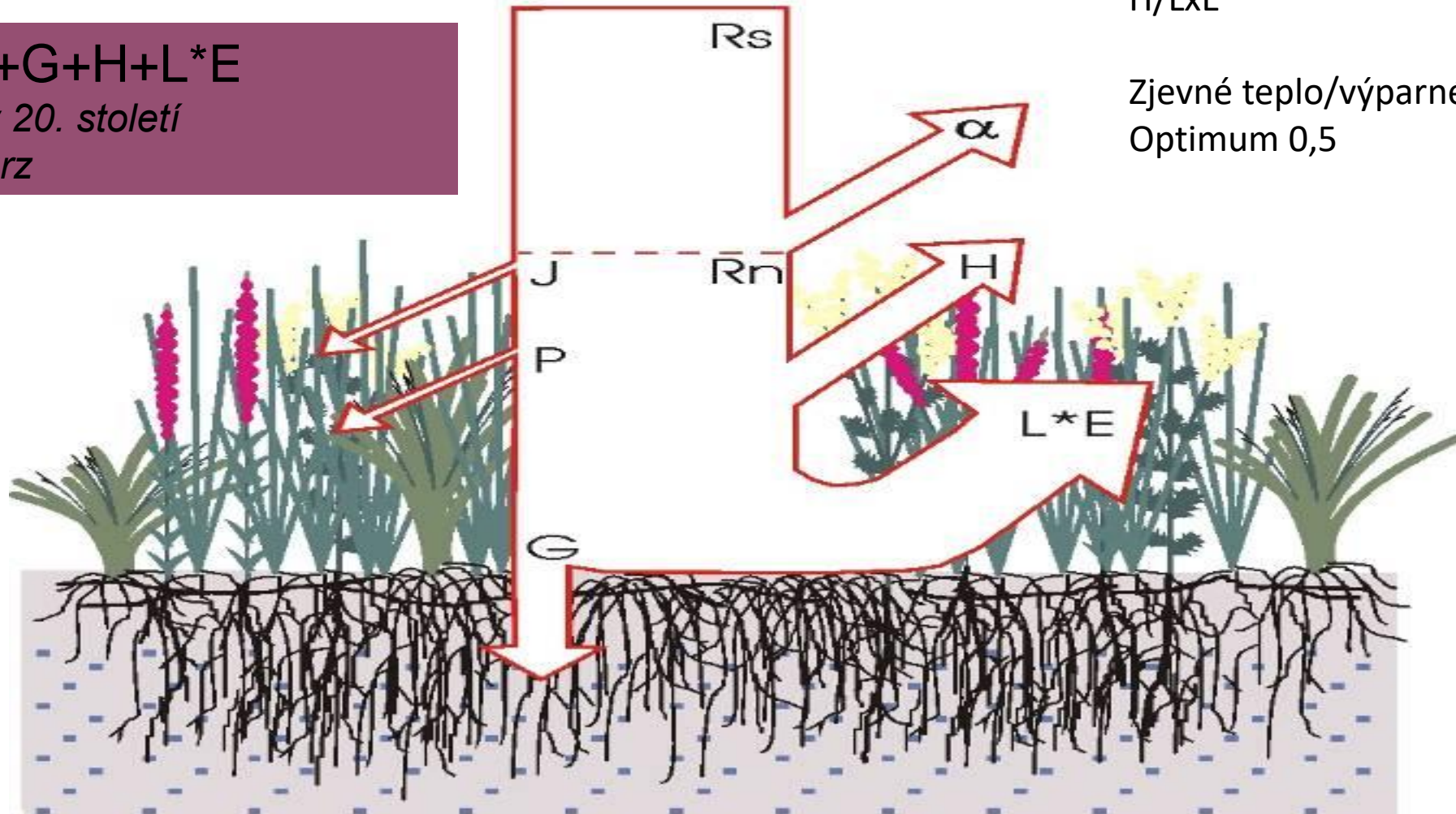
Bowenův poměr (1926)

$H/Lx E$

Zjevné teplo/výparné teplo  
Optimum 0,5

$$R_n = J + P + G + H + L * E$$

*od poloviny 20. století  
základní kurz*



*Klesající proud vzduchu „reversní biotické pumpy“ směřující k oceánu/moři*

*evapotranspirace produkuje vodní páru, která zvolna stoupá vzhůru*

**T = 28 °C**

*rychle stoupající vzduch z ohřátého povrchu (40 °C, 20 % vlhkost)*

*proud vlhkého vzduchu*

**T = 45 - 60 °C**





*Klesající proud vzduchu „reversní biotické pumpy“ směřující k oceánu/moři*

*evapotranspirace produkuje vodní páru,  
která zvolna stoupá vzhůru*

*rychle stoupající vzduch  
z ohřátého povrchu  
(40 °C, 20 % vlhkost)*

*proud vlhkého vzduchu*

**T = 45 - 60 °C**



1

*Proudění větru ve výšce není zatím ovlivněno termikou, která se u země připravuje.*



*Teplo se šíří od země do vzduchu radiací a turbulentní výměnou.*



*Přízemní turbulence se opticky projevuje jako „tetelení“ vzduchu.*



6

Stoupající vzduch je nahrazován jiným vzduchem z okolí. Utváří se klesavý proud.

Stoupavý proud má ve svém jádru nejvyšší rychlost výstupu. Při okrajích se vzduch turbulentně mísí s okolní atmosférou.

Někdy se může od hlavního proudu oddělit několik vedlejších větví, které pak stoupají samostatně.



10

Termika stoupá tak dlouho, dokud má energii překonávat svoji vlastní tíhu. Tuto energii jí dodává teplotní deficit mezi okolní atmosférou a vzduchem v termice. Jakmile termika dosáhne hladiny, kde je deficit nulový, nastane také nulový vztlak a výstup termiky se začíná zpomalovat a nakonec se zastaví.

Ve výšce je termika již mohutný stoupavý proud, vzniklý slítím menších bublin a proudů níže u země.

Dostupná potenciální energie konvekce CAPE pomáhá určit, jak výrazná konvekce bude; zejména však napoví, zda jsou podmínky vhodné pro tvorbu bouřek.

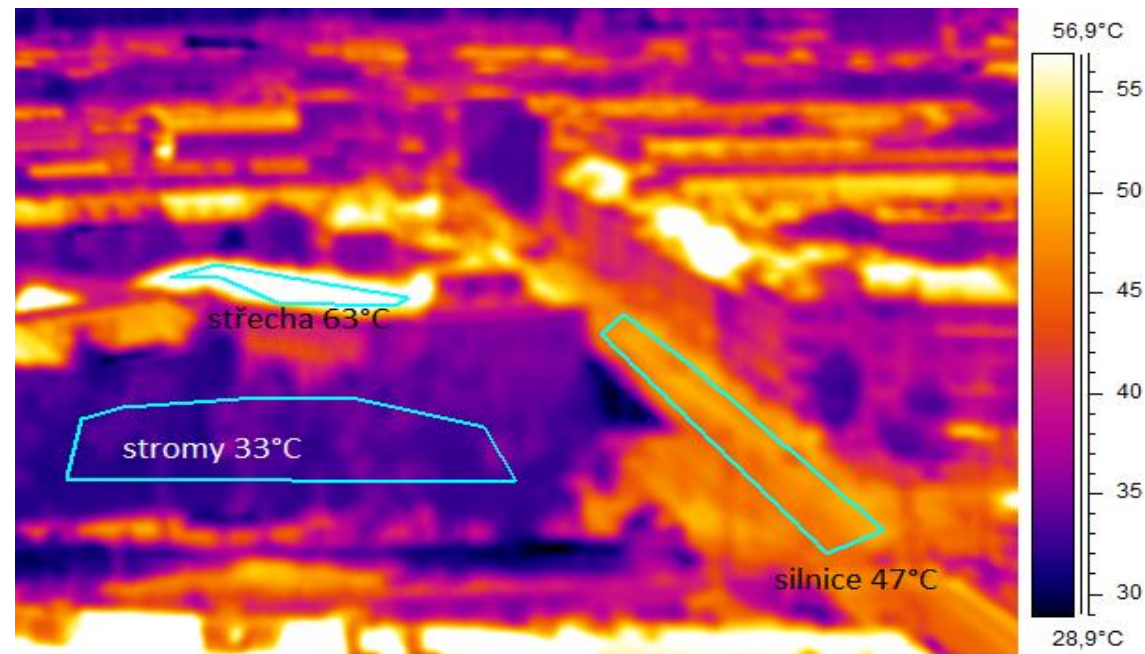
Vítr u země už nejeví známky předchozího odtrhu termiky.

# Ohřátý vzduch vysušuje

- Mokřady a lesy se chladí výparem vody, vodní pára pomalu stoupá vzhůru, relativní vlhkost vzduchu je vysoká (aktuální evapotranspirace (ET) je blízká potenciální ET). ET = několik mm za den
- Odvodněné plochy se ohřívají, ohřátý vzduch stoupá vzhůru a nedosahuje rosného bodu. Vzduch 40 °C obsahuje 50g vody v m<sup>3</sup> (při 20% vlhkosti 10g). **Při rychlosti 1,0m/s se „z m<sup>2</sup>“ za 1hodinu transportuje vzhůru 36000g vody (36 litru) = mechanismus vysychání krajiny, tedy až stovky litrů za den**

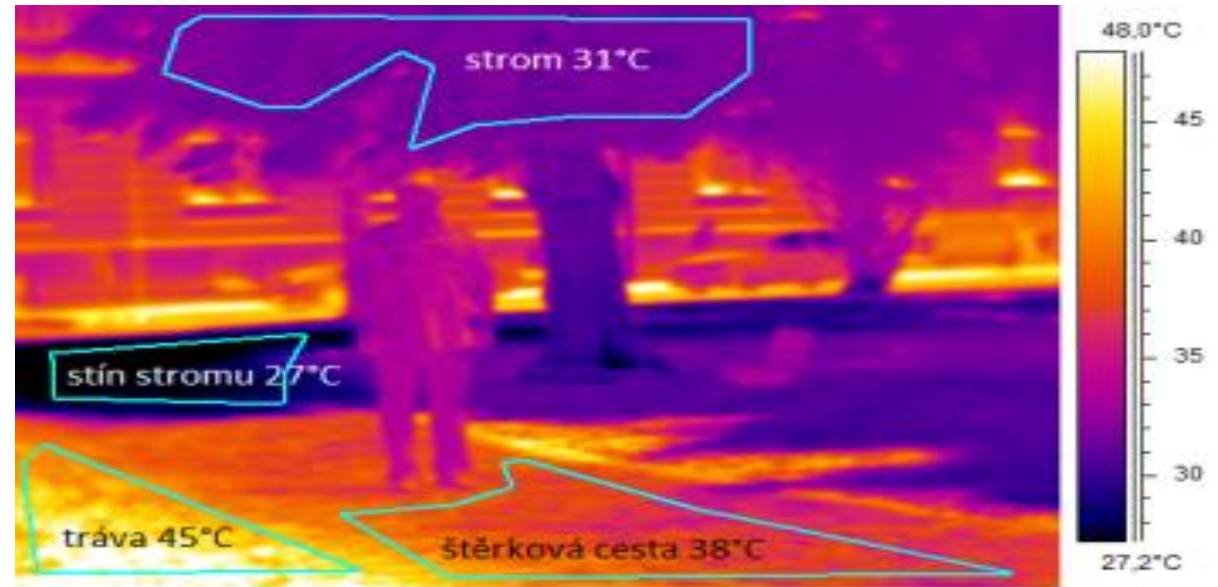


# Pohled z Bílé věže na Gočárovu třídu, která postrádá liniovou zeleň



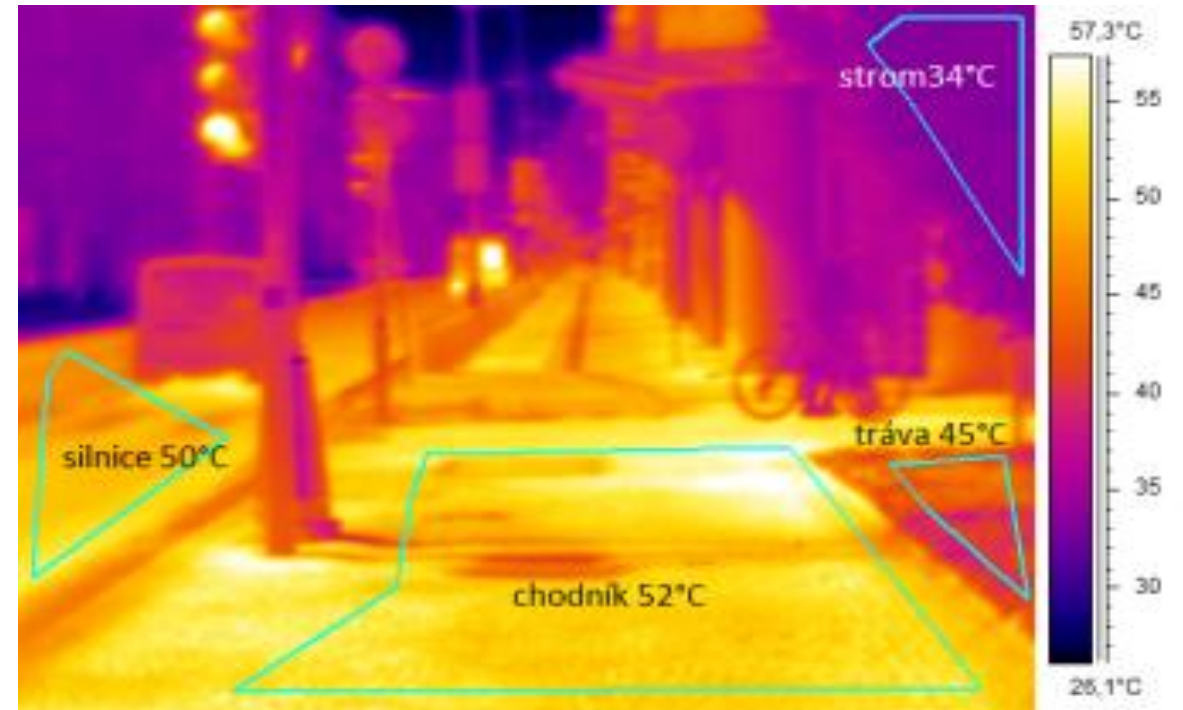
Povrch silnice a chodníku na Gočárově třídě má teplotu 47 °C

Vcházíme do Žižkových sadů a porovnááme povrchovou teplotu osoby s teplotou osluněného trávníku a stínu stromu.



Teplota v trávníku ve stínu stromu je 27 °C,  
teplota trávníku na slunci je 45 °C,  
teplota povrchu cesty 38 °C, teplota povrchu stromu 31 °C.

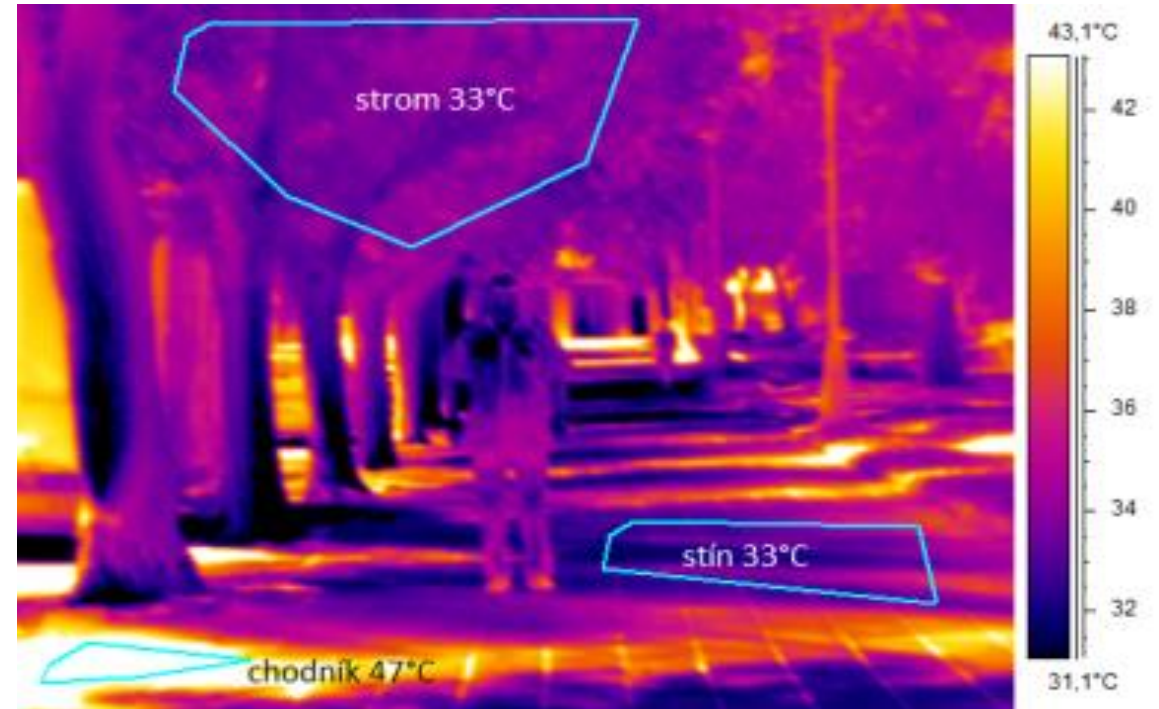
# Gočárova třída téměř bez stromů



Teplota povrchu silnice 50 °C, teplota chodníku 52 °C, strom na okraji má 34 °C

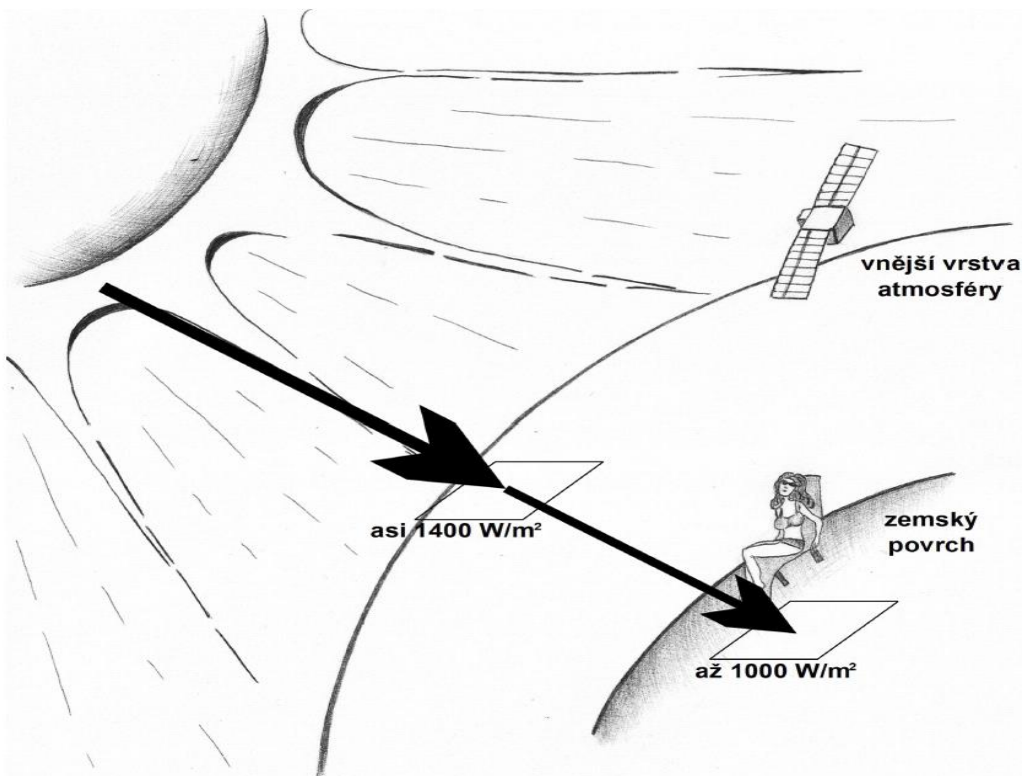


# Třída Karla IV. s alejí stromů.

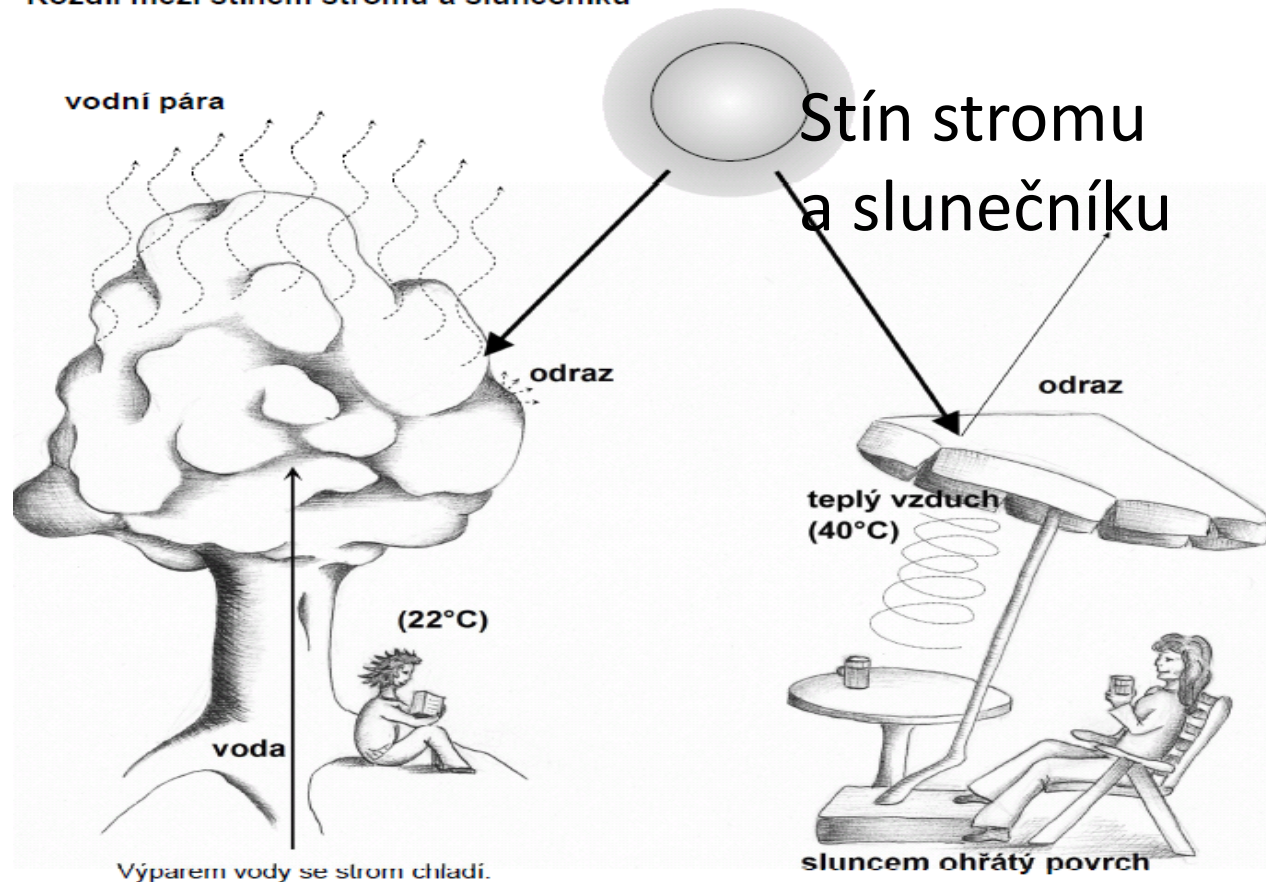


Teplota chodníku ve stínu stromů 33 °C, teplota osluněného povrchu chodníku 47 °C, teplota povrchu stromu 33 °C.

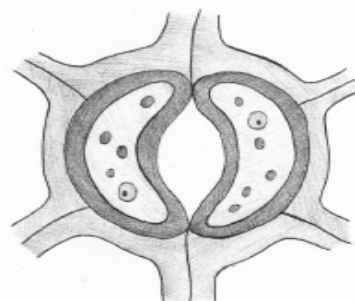
Množství sluneční energie na hranici atmosféry a na povrchu země za jasného dne



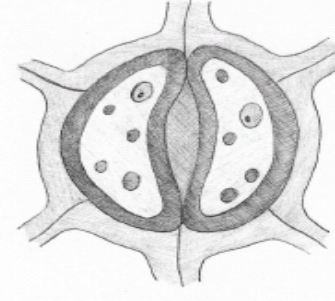
Rozdíl mezi stínem stromu a slunečníku



otevřený průduch



uzavřený průduch



Takových průduchů je přibližně 100 na mm<sup>2</sup> plochy listu. Každý průduch se skládá ze dvou buněk ve tvaru fazole, které uzavírají a otevírají průduch a tím regulují výdej vody rostlinou v závislosti na množství vody v listu a na okolní teplotě a vlhkosti vzduchu.