

Význam lesů pro vodu a klimatizaci krajiny

Jan Pokorný a kol. ENKI, o.p.s.
Třeboň

XVI konference SVOL, 6.4. 2017

SINE SOLE NIHIL SUM

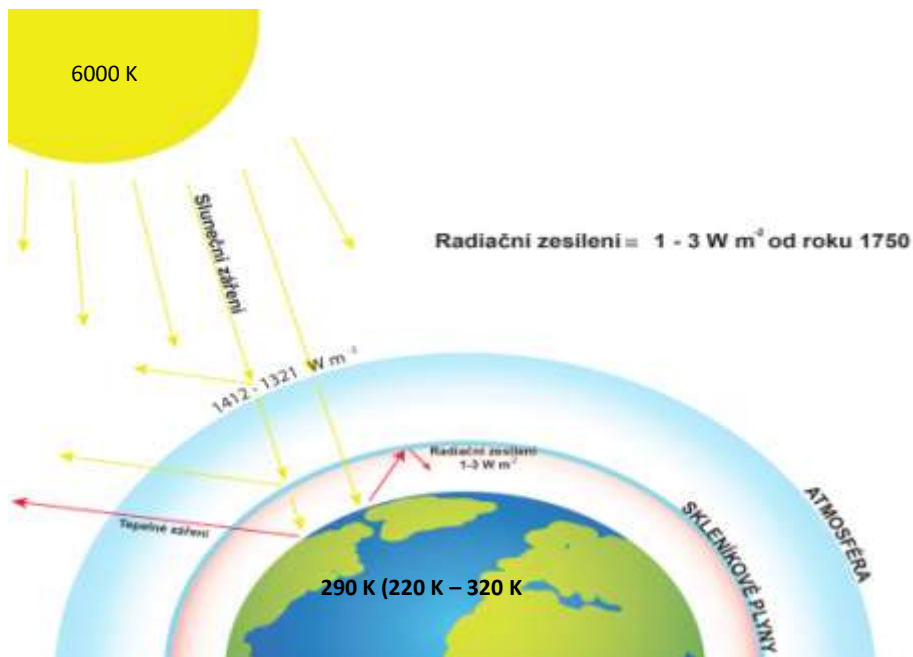
bez Slunce nejsem nic

- Slunce ohřívá Zemi o 290 °C
- Distribuce sluneční energie v krajině
- civilizace odlesňují a vysychají
- Co děláme v krajině se sluneční energií prostřednictvím vody a rostlin?
- Stromy ve městě, lesíky v zemědělské krajině, rozsáhlé odlesnění
- Lesy přitahují vodu
- Zemědělec a lesník určují množství a kvalitu odtékající vody a ovlivňují místní klima

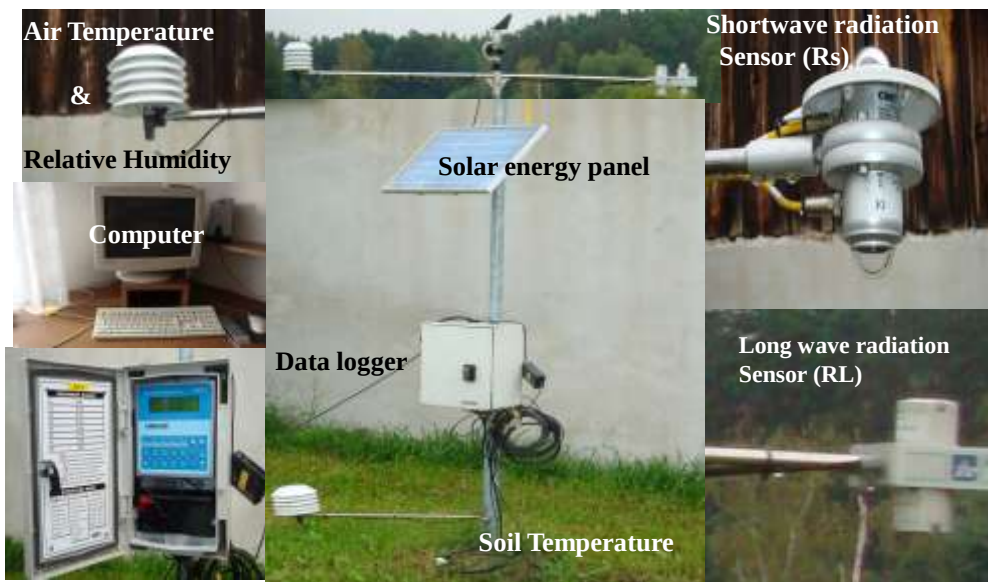


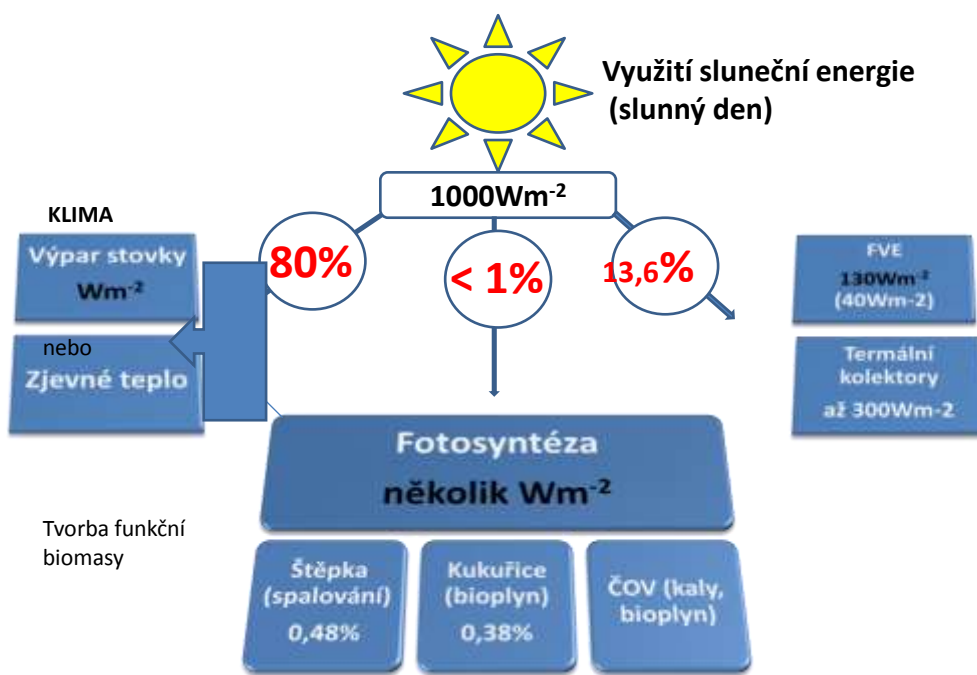
Sluneční energie přicházející na vnější vrstvu atmosféry

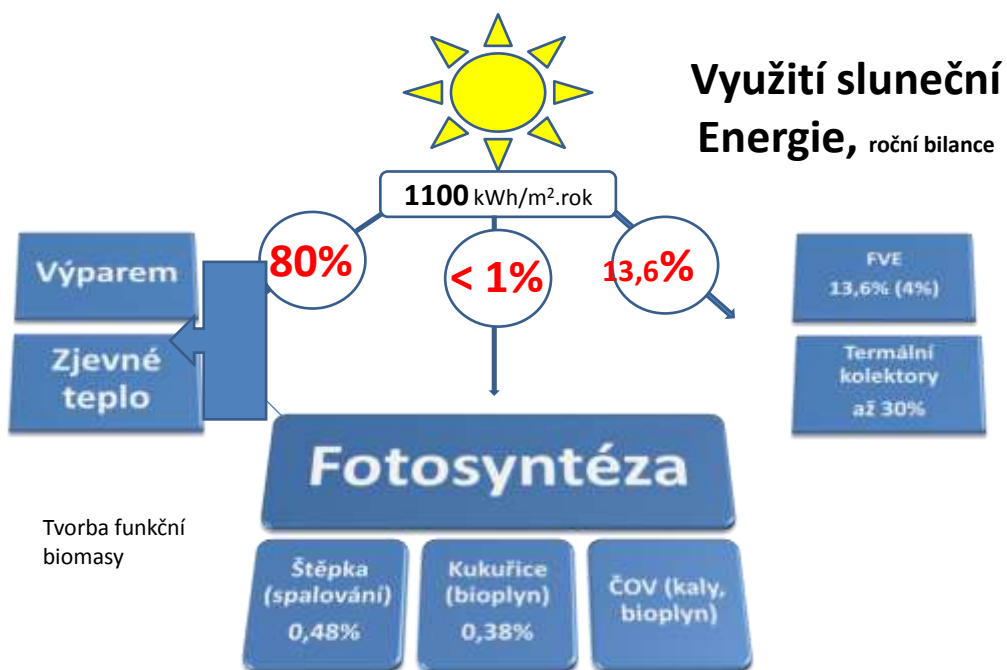
- V průběhu roku:
 1321 W m^{-2} až 1412 W.m^{-2}
 (+,- 3%) eliptická trajektorie
- Dlouhodobě stabilní výkyvy několik W.m^{-2} (0.1%)
 my ovšem měříme s přesností několik % spíše 5% a více
- **Solární konstanta** = 1367 W.m^{-2} (v konstattní vzdálenosti od Slunce)



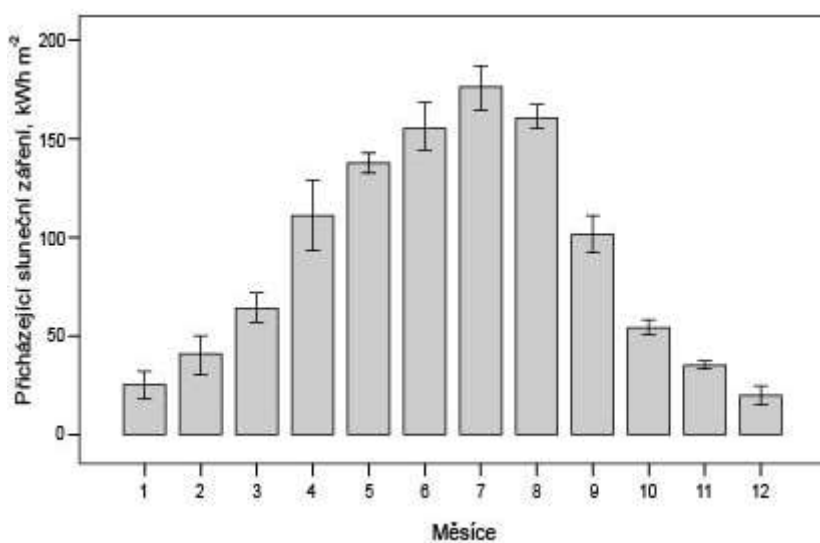
Měření v terénu



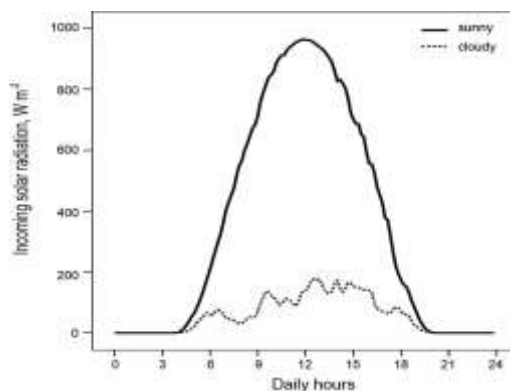




Měsíční sumy slunečního záření (Třeboňsko)



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

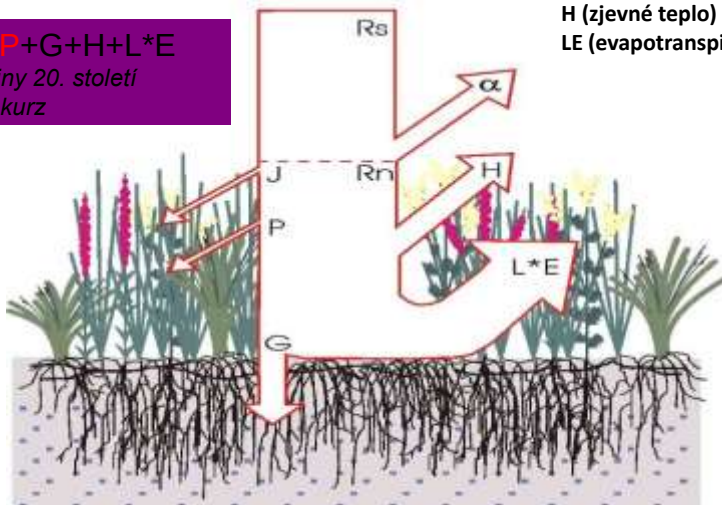


Oblačnost redukuje příkon slunečního záření

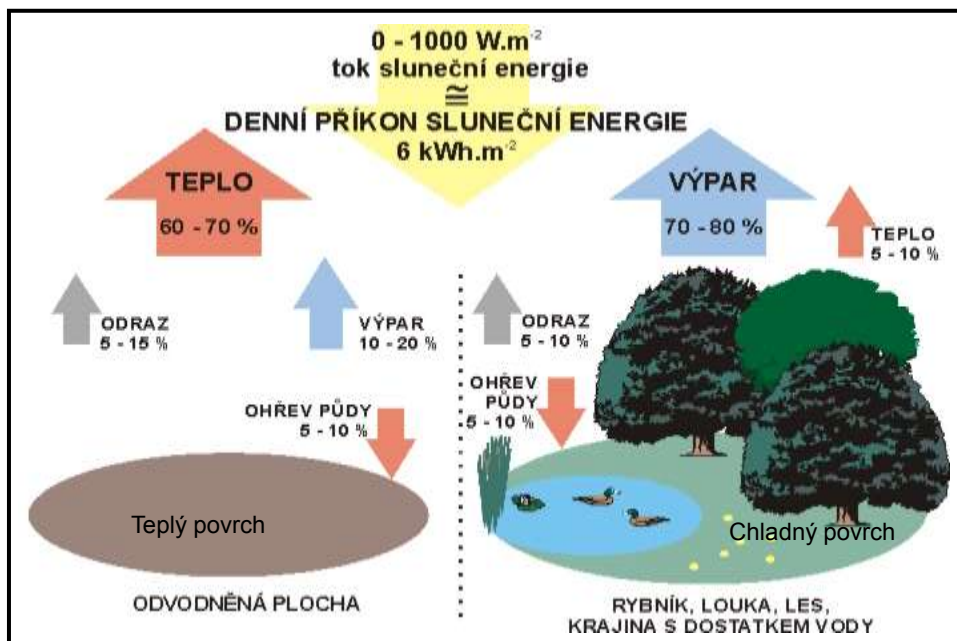
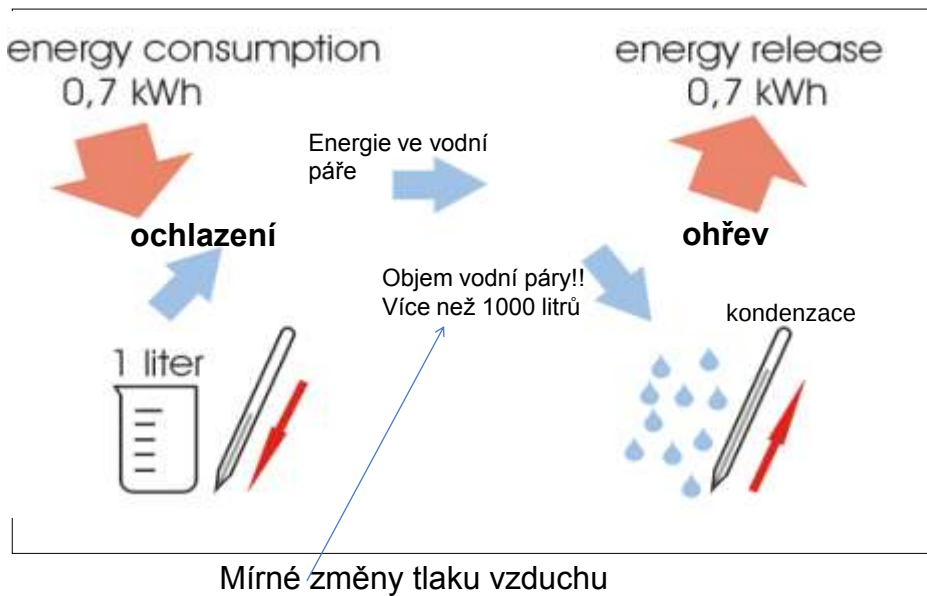
Rs - Globální záření
Rn - Čisté záření
 α - Odraz (albedo)
H - Uvolněné pocitové teplo
 $L \times E$ - Skupenské teplo x Evapotranspirace
G - Tok tepla do půdy
P - Fotosyntéza
J - Akumulované teplo v biomase

Zásadní je poměr mezi
H (zjevné teplo) a
 LE (evapotranspirací)

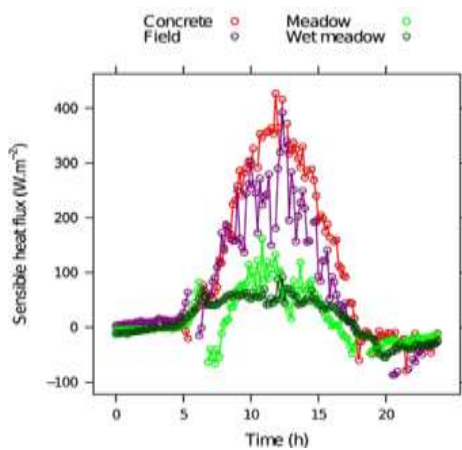
$R_n = J + P + G + H + L \cdot E$
od poloviny 20. století
základní kurz



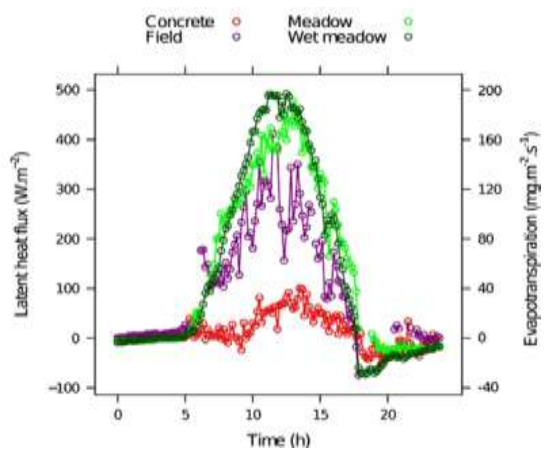
Vyrovňávání teplot na Zemi
LATENTNÍ TEPLLO se spotřebovává při výparu vody a uvolňuje při kondenzaci



Toky zjevného a skupenského/latentního tepla Krajinný pokryv ovlivňuje toky stovek W m^{-2}



Zjevné teplo



Chlazení výparem vody

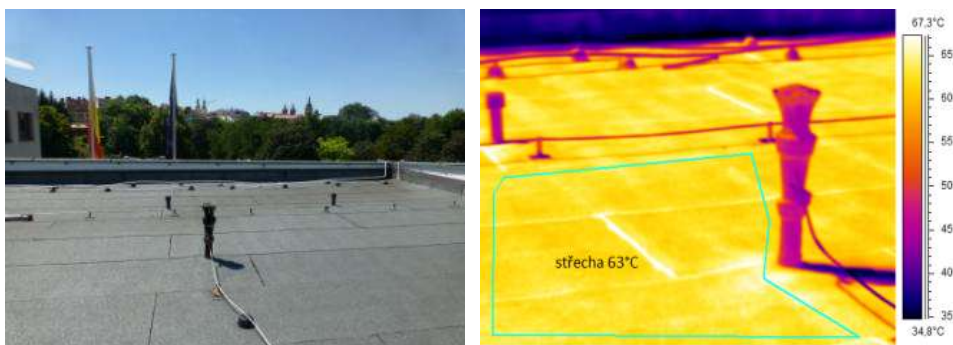




Studie pro Magistrát Hradec Králové

**Severní terasy a jejich vliv na místní
klíma. Vykácení cca 100 stromů?
červenec 2015**

22.7. 2015 pohled přes střechu Magistrátu k Severním terasám

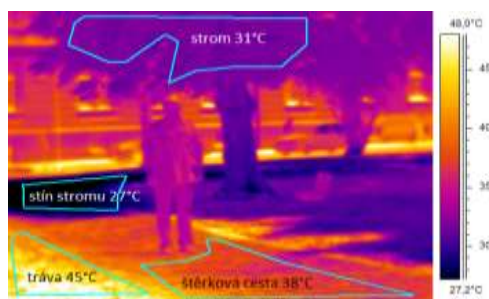


Povrch střechy má teplotu 63 C

Strom před budovou magistrátu má teplotu 33 °C, stromy v Žižkových sadech mají teplotu 31 °C, trávník na svahu Severní terasy 43 °C, ve stínu stromu 28 °C.

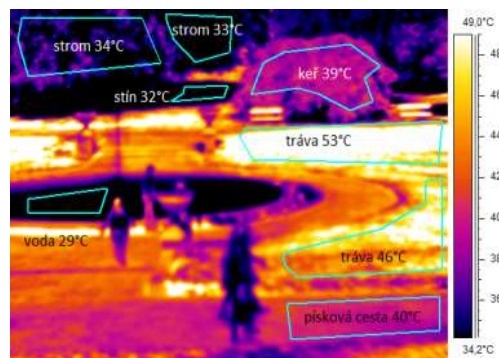


Vcházíme do Žižkových sadů a porovnáváme povrchovou teplotu osoby s teplotou osluněného trávníku a stínu stromu.



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.

Hledíme ze Severních teras na trávník a fontánu v Žižkových sadech



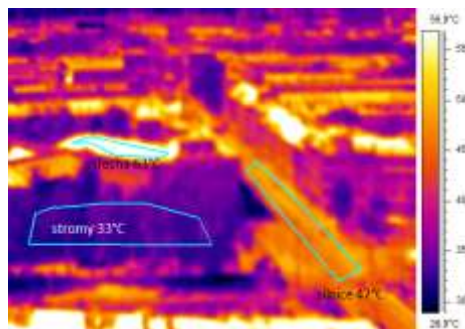
Lidské postavy jsou nápadně chladnější nežli okolí.
Pokosený trávník 53 °C, tráva 46 °C, písková cesta 40 °C.
Voda 29 °C, stín pod stromy 32 – 34 °C, keř 39 °C.

Hledíme z Bílé věže směrem ke třídě Karla IV, která je lemována alejí stromů.
Zajímá nás teplota stromořadí ve městské zástavbě.



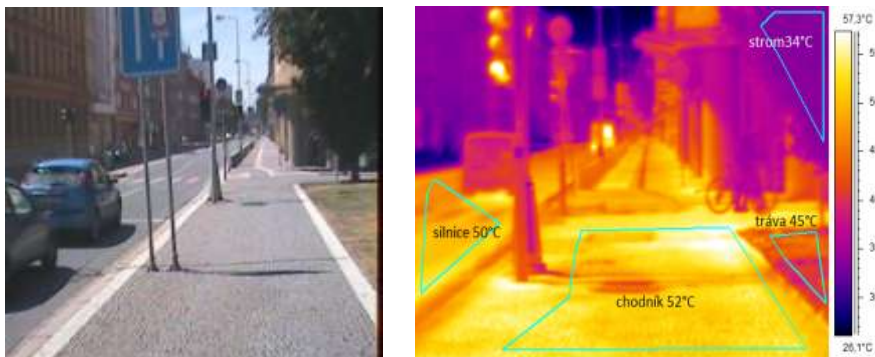
Střechy domů dosahují teploty 63 °C, povrch stromů v aleji 35 °C.

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



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

Gočárova třída téměř bez stromů



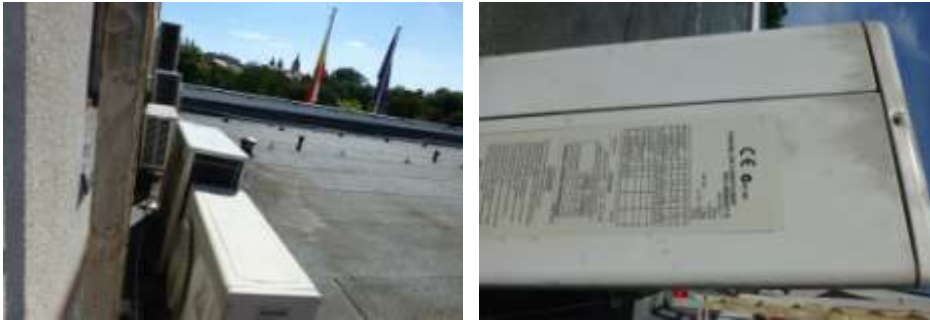
Teplota povrchu silnice 50 °C, teplota chodníku 52 °C, strom na okraji má 34 °C

Třída Karla IV. s alejí stromů.



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

Jak chladí stromy na Severních terasách ve srovnání s technologickou klimatizací? *Klimatizační jednotka na obrázku má příkon 3,4 kW*



Dosud jsou Severní terasy chlazeny zápojem vzrostlých stromů a keřů. Jediný **strom chladí** za slunného počasí **výkonem až několika desítek kW**. Vzrostlý strom totiž vypaří přes průduchy i **několik stovek litrů vody za den**. (**skupenské teplo jednoho litru vody je 0,7kWh**)

Zapojené porosty Severní terasy o ploše cca 5000 m² **chladily** v době naší návštěvy **nejméně výkonem 1500 kW** (počítám, že se na metr čtvereční spotřebovává 300 W na evapotranspiraci). Je to **ekvivalent 440 klimatizačních zařízení umístěných na budově Magistrátu**. Víme, co činíme, když chceme odstranit vzrostlou zeleň Severní terasy.?

Klimatizační zařízení je ovšem ve srovnání se stromy nedokonalé, protože chladí a současně na druhé straně vzduch ohřívá. Vodní pára uvolněná při transpiraci stromů částečně unikla do atmosféry, částečně se srazí v noci na listech zpět a teplo se uvolní v noci. (*viz: Co dokáže strom, www.enki.cz*)

Termovizní kamera nesená vzducholodí

Héliem plněná vzducholod', délka 8m. Vybavená řídicím a naváděcím systémem, výškoměrem a GPS naváděcím systémem. Elektromotor poháněný z akumulátoru. Pracovní rychlost 5 m/s; výška do 1000 m, maximální doba letu 30 minut. Závěs na gondole udržuje termovizi v pravém úhlu k povrchu zemskému. Frekvence snímání se řídí rychlostí letu.

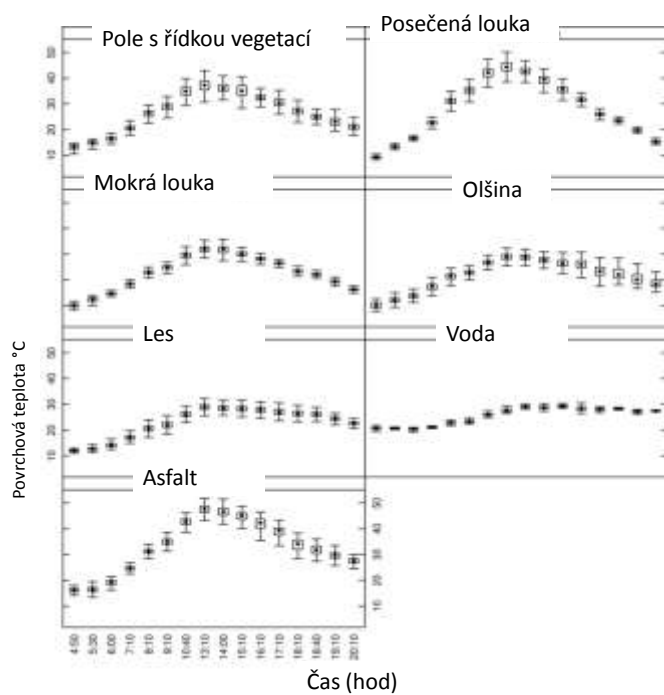
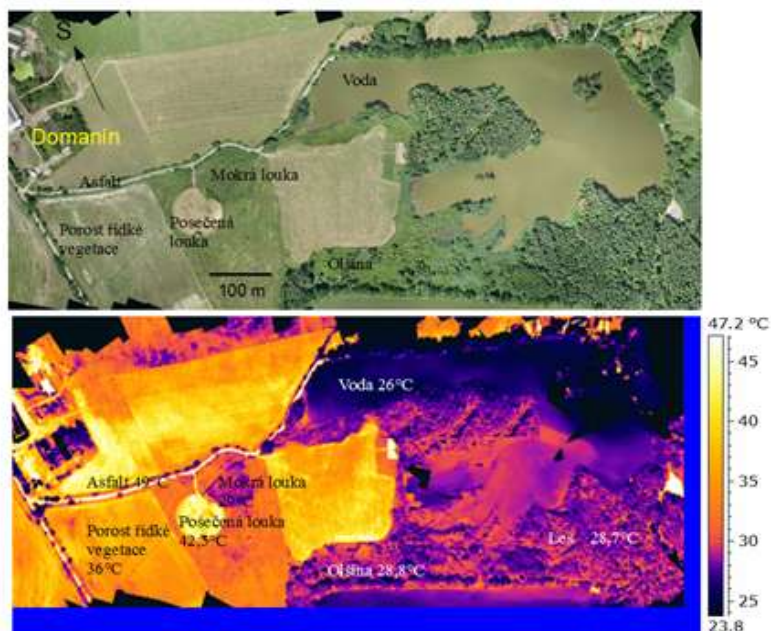
Užitný vzor Jirka a kol 2011 (NPV 2B06023)



ChKO Třeboňsko, okolí obce Domanín
rovinatá kulturní krajina je ideální pro
dálkový průzkum země

16x snímání během
9.7.2010
od 4:50 do 20:10





Denní průběhy povrchové teploty různých typů krajinného pokryvu;

V poledních hodinách teploty posečené louky a asfaltu dosahují téměř **50°C**, povrchu s vegetací a vodou (les, mokrá louka, olšina) nepřesahují **30°C**

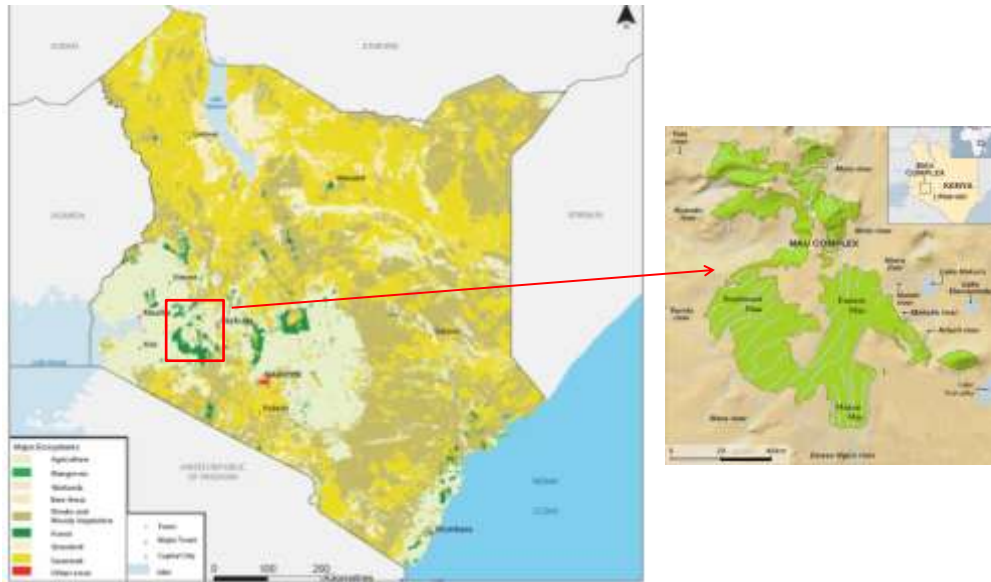
Rozdíl povrchové teploty a teploty vzduchu měřené v meteo-budce dosahuje v těsně po poledních hodinách až 20°C

Mau Forest - Keňa

- V povodí Mau Forest pramení 12 řek
- 400 000 ha lesa v západní Keni bylo od 1990 přeměněno na zemědělskou půdu
- Jezera Nakuru, Naivasha ztrácejí vodu
- Nová hydroelektrárna japonského investora na řece **Sondumiriu** nemá očekávaný výkon. Stavba další hydroelektrárny byla zastavena.
- Japonský investor žaluje vládu Keni
- **Vláda nařizuje vystěhovat na 200tis lidí, obnovit a oplotit les aby se vrátila voda**



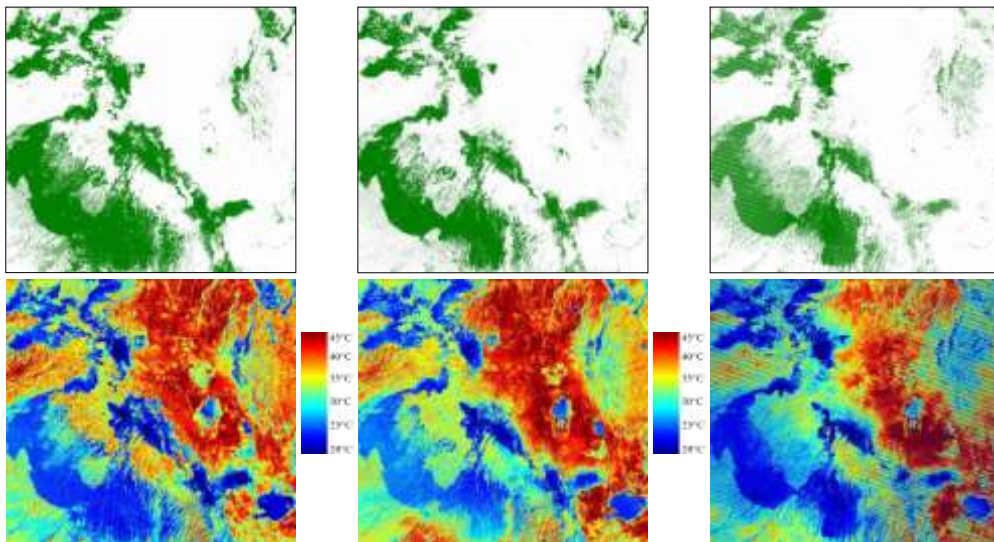
Mau Forest



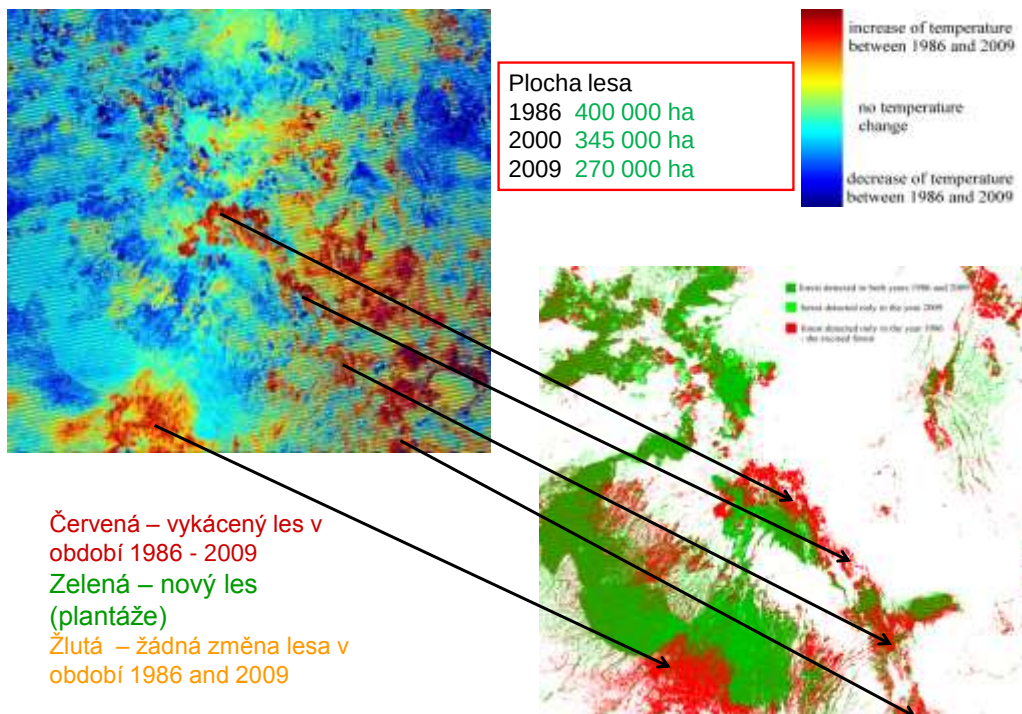




Figures show the extent of the Mau forest in the years 1986 (a), 2000 (b) and 2009 (c). The central part (Eastern Mau) and the eastern part of Maasai Mau are the areas, most affected by deforestation.



Land surface temperature distribution in the years 1986 (a), 2000 (b) and 2009 (c). The comparison with the figures above, confirms the forest belong to the coldest areas within the landscape. The temperature differences may reach even 30°C at very short distances.



Čajovníkové plantáže a plodiny mají vyšší teplotu nežli původní les

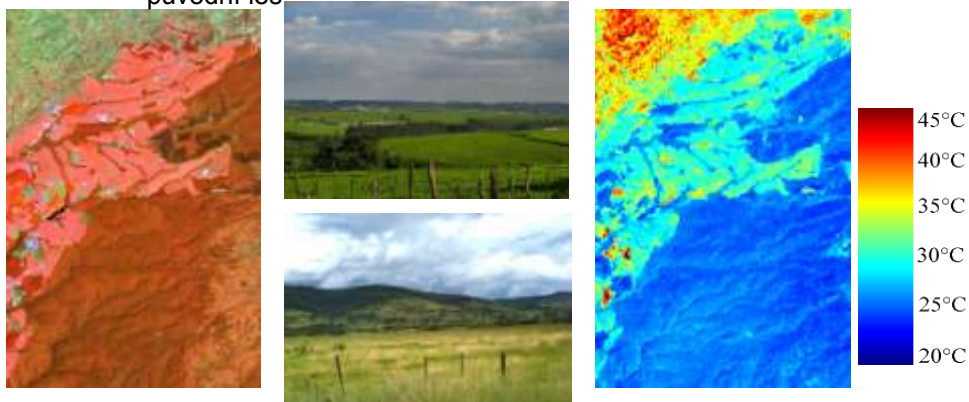


Figure (on left) is the RGB colour synthesis of Landsat ETM+ channels 4-5-3 displaying different land cover types in the Kericho region (west edge of the image) in the year 2000. The scene size is 19 x 12 km. Bright and homogeneous red colour, caused by very high chlorophyll content is typical of the tea plantations; dark and light brown indicates rain forest; the patch of green display a farmland.

Figure (on right) shows temperature differences between the three different vegetation types in the same region. Despite having the highest amount of chlorophyll (being the greenest), the temperature of tea plantations ranges between 30 – 35 °C, that is more than in case of forest. The highest temperature is characteristic for the crops (35 – 45°C), depending on the crop cover, type, wetness, and other factors. This fact shows that the surface temperature depends on the type of land cover and confirms forests as the coldest landscape segments.

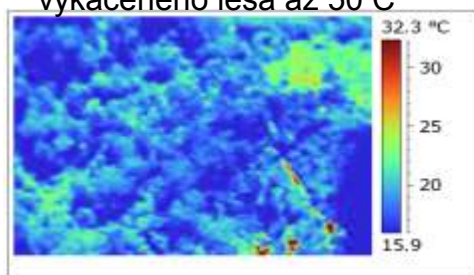


Termovizní snímkování Mau Forest

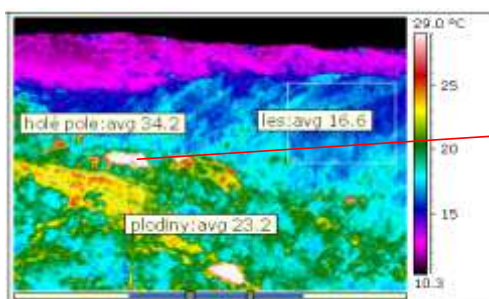
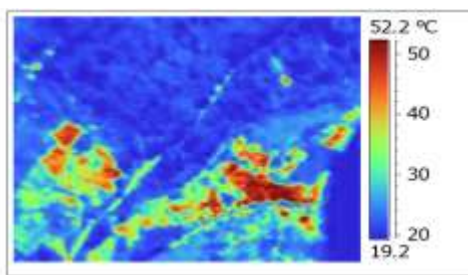
Nadmořská výška lesa 2700m



Mau Forest (nadmořská výška 2700 - 3000m), plochy
vykáceného lesa až 50 C

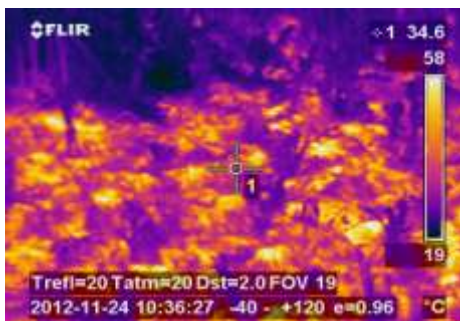


Bare field, crop plants, forest



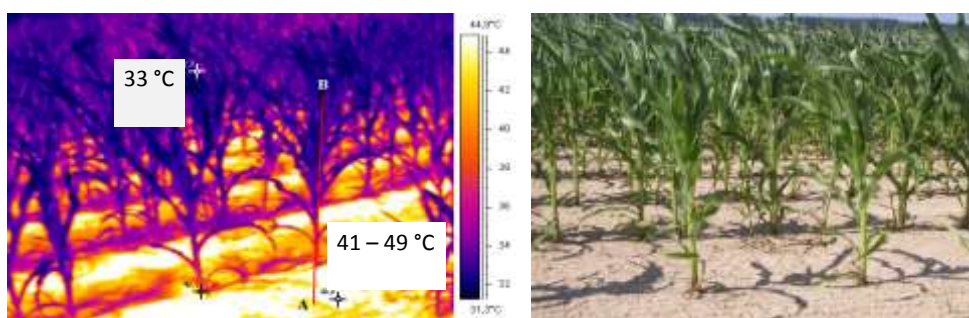
Vykácená místa zarostlá (buřeň)

Povrchová teplota až 58 C

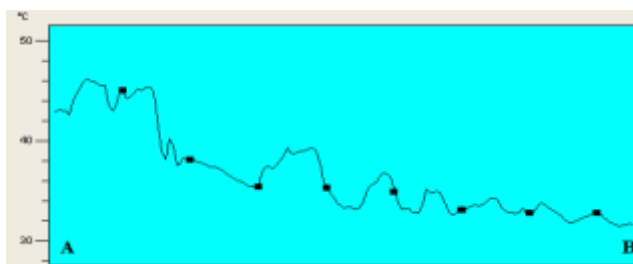


Vstoupili jsme do lesa, max teplota 30 C

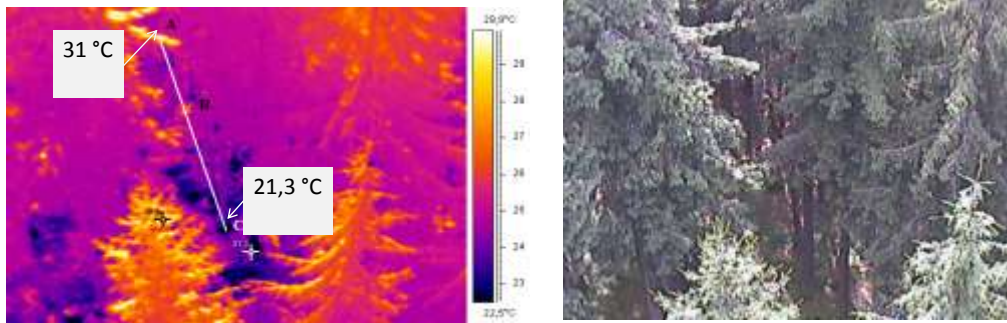




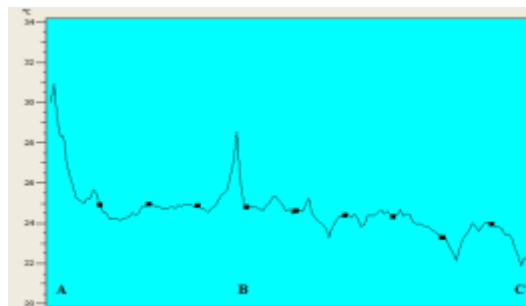
Teplý vzduch unáší vodní páru vzhůru – porost se vysušuje



Teplota na povrchu porostu 33 C, teplota půdy až 49 C



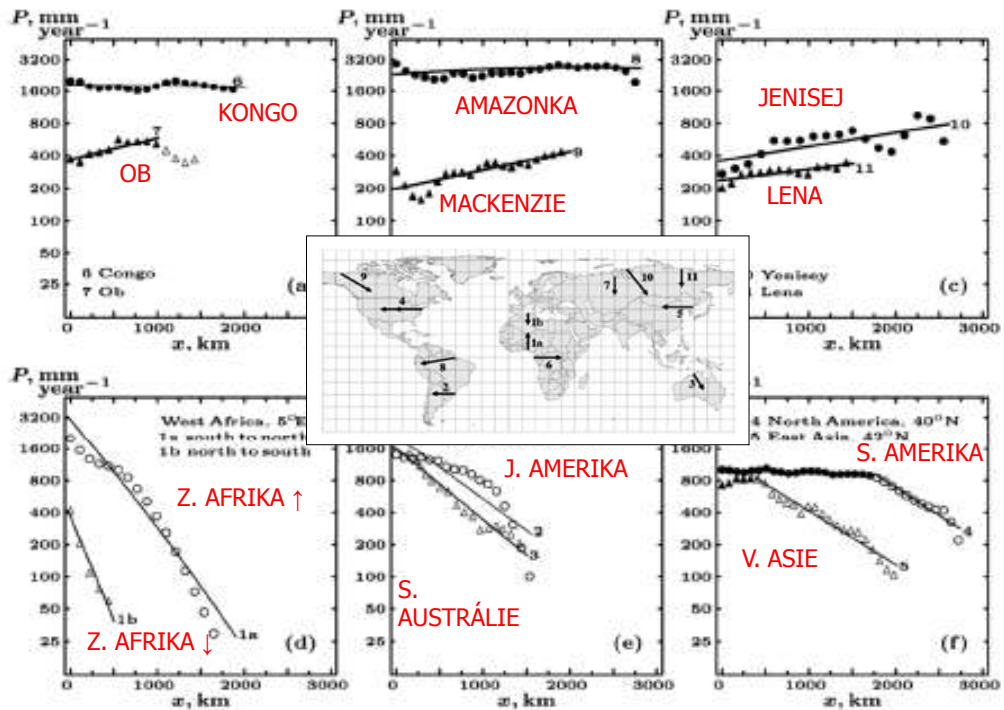
**Inverze teplot
ve dne v lese
udrží vodu
v porostu
V korunách 31 °C
Při zemi 21 °C**



KOLOBĚH VODY V PŘÍRODĚ

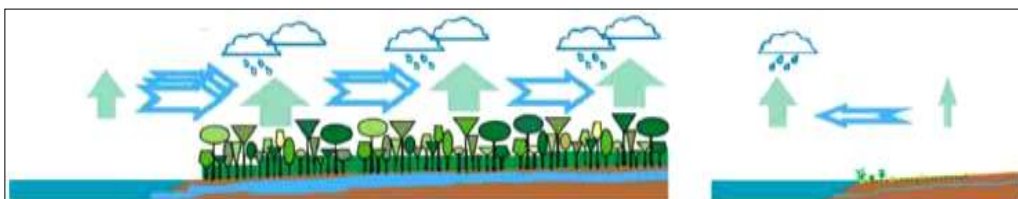
- Jak to, že řeky tečou?
- Akumulace srážkové vody na kontinentě → soustředěný odtok → nutná kompenzace
- Transport vody v plynném skupenství
 - Minimalizace tření





PRINCIP BIOTICKÉ PUMPY (Makarieva, Gorškov)

- Intenzivní výpar nad lesními porosty → zvýšená kondenzace → snížení tlaku → pokles vertikálního tlakového gradientu → pohyb vzduchu mimo lesy → nasátí vzduchu od oceánů
- Vzduch od oceánů je vlhký → podpora procesů biotické pumpy
- Po vypadnutí srážky → suchý vzduch zpět nad oceány



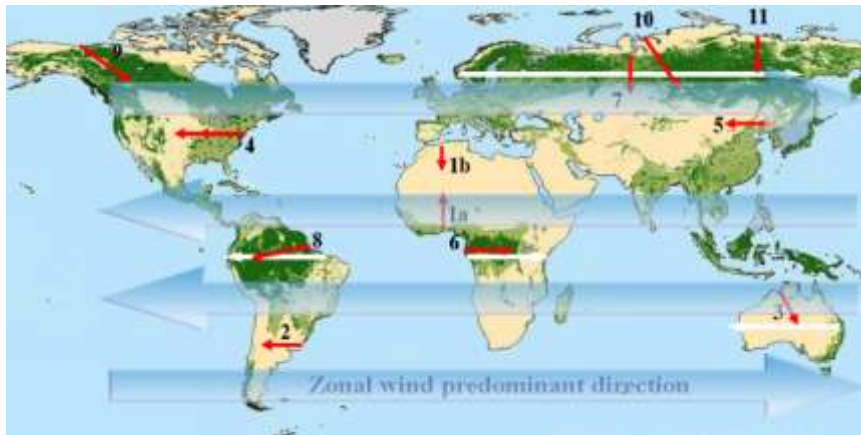
DŮSLEDKY EXISTENCE BIOTICKÉ PUMPY

- Vznik **AKCEPTORSKÝCH** (nízký tlak vzduchu, převládá vzestupné adiabatické proudění) a **DONORSKÝCH** (vysoký tlak, převládá sestupné adiabatické proudění) oblastí
- Rozdíl teploty mezi oblastmi se vzestupným a sestupným prouděním (až 3°C)
- Rozdělení atmosféry do oblastí se srážkami a bez srážek
- **DONORSKÉ** a **AKCEPTORSKÝCH** oblasti jsou spojeny horizontálním prouděním

PŘÍKLADY

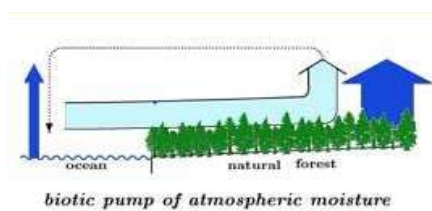
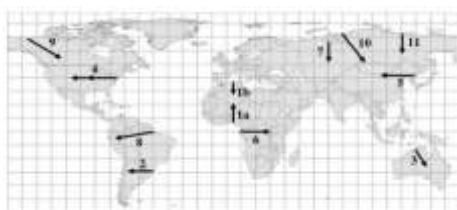
- Sibiřské lesy
 - Zdroj vlhkosti: Severní ledový, Atlantický a Tichý oceán
 - Zničení evropských lesů
 - Dost vlhkosti, přetrvání těchto lesů díky dostatečné dotaci vody z oceánů
 - Biotická pumpa „chrání“ klima v Evropě i přes likvidaci evropských lesů
 - Odlesnění na Sibiři → znepravidelnění západních větrů přes Evropu → 2010 extrémní vedra na Sibiři, povodně v Evropských a Asijských státech
- Dnes dezertifikované oblasti Austrálie, Sahara, Arábie
 - V důsledku eliminace příbřežní lesní zóny

How does precipitation vary in space and time in world's forested versus unforested regions?

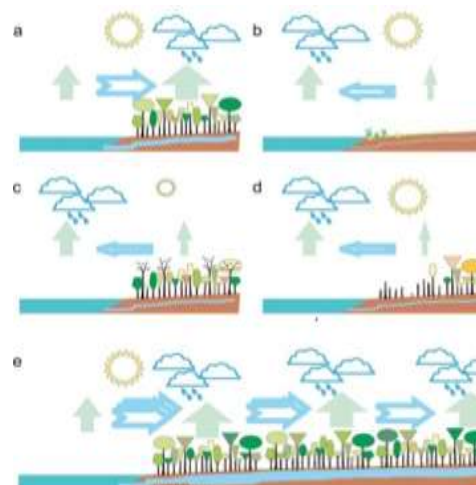


Red numbered arrows: transects from Fig. 2 of Makarieva, Gorshkov, Li (2009) Ecol. Complexity 6: 302
 White arrows: transects from Fig. 6 of Makarieva, Gorshkov, Li (2013) Theor. Appl. Climatol. 111: 79

Biotická pumpa



Makarieva et Gorshkov 2007



DŮSLEDKY EXISTENCE BIOTICKÉ PUMPY

- Vznik **AKCEPTORSKÝCH** (nízký tlak vzduchu, převládá vzestupné adiabatické proudění) a **DONORSKÝCH** (vysoký tlak, převládá sestupné adiabatické proudění) oblastí
- Rozdíl teploty mezi oblastmi se vzestupným a sestupným prouděním (až 3°C)
- Rozdělení atmosféry do oblastí se srážkami a bez srážek
- **DONORSKÉ** a **AKCEPTORSKÉ** oblasti jsou spojeny horizontálním prouděním

Plochy uschlého lesa na Šumavě

- **V roce 2001** bylo na území Bavorského národního parku **3,7 tis ha lesa** a na území NPŠ **1,6 tis ha v rozpadu** po kůrovcové kalamitě (zpráva pro misi Ramsarské konvence a IUCN). Zpráva předpokládala snížení kůrovcové gradace (potravní nabídka se vyčerpala!?)
- **V roce 2016 je v NPŠ je ve stadiu rozpadu přes na 12 000 ha vzrostlého lesa a na bavorské straně přes 10 000 ha**
- Co znamená rozpad vzrostlého smrkového lesa na ploše 100 km² pro toky energie (a látek)?

Povrchové teploty na Třístoličnicku 26.8. 2011



Třístoličník 1311 m.n.m.



26.8. 2011, Třístoličník





Vysoký hřeben (Hochkamm)
1341 m.n.m.
Česká x bavorská část
Snadno dostupný z bavorské
strany

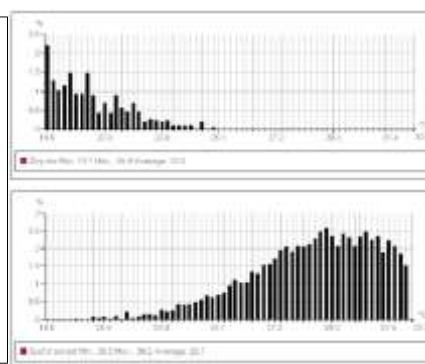
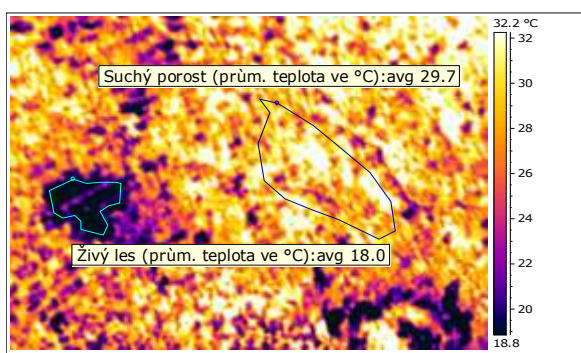
26.8. 2011



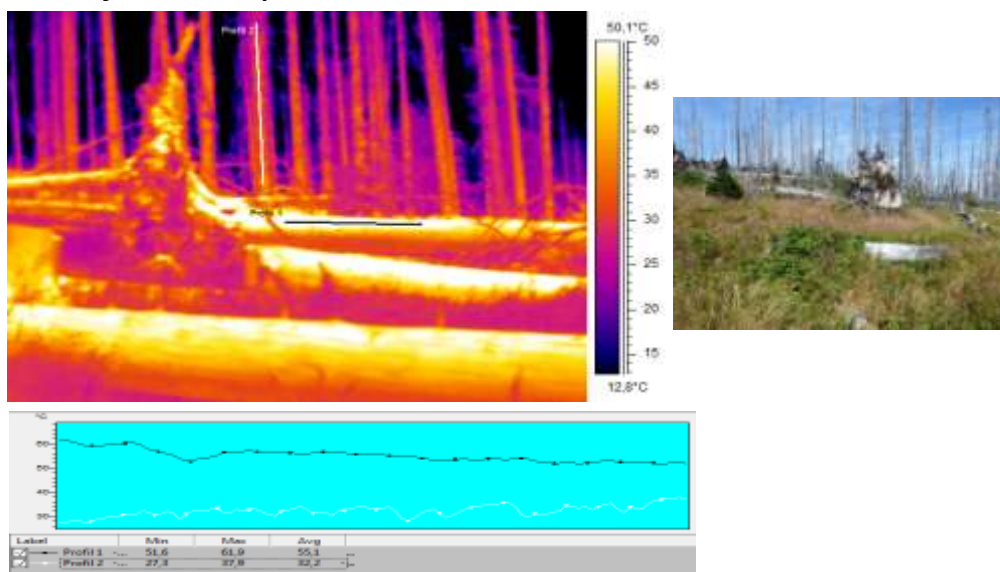
Termovizní fotografie

Termografická fotografie ENKI, o.p.s. ArgusGeo s.r.o. Gyrostabilizace GSM 3000 udržuje kameru kolmo k zemskému povrchu i při turbulencích

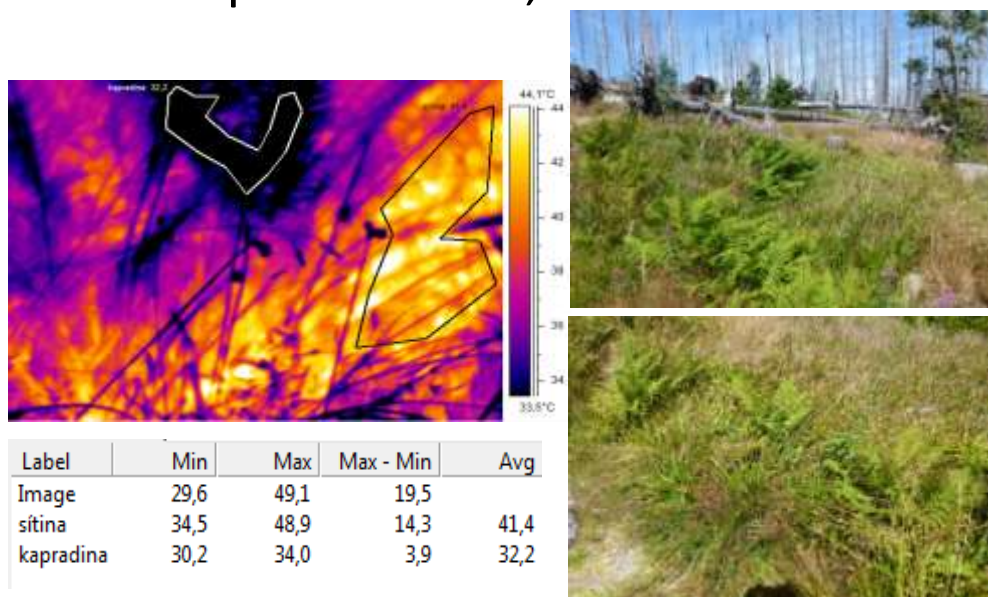
Velikost pixelu 0.3 and 3 m podle výšky letu.



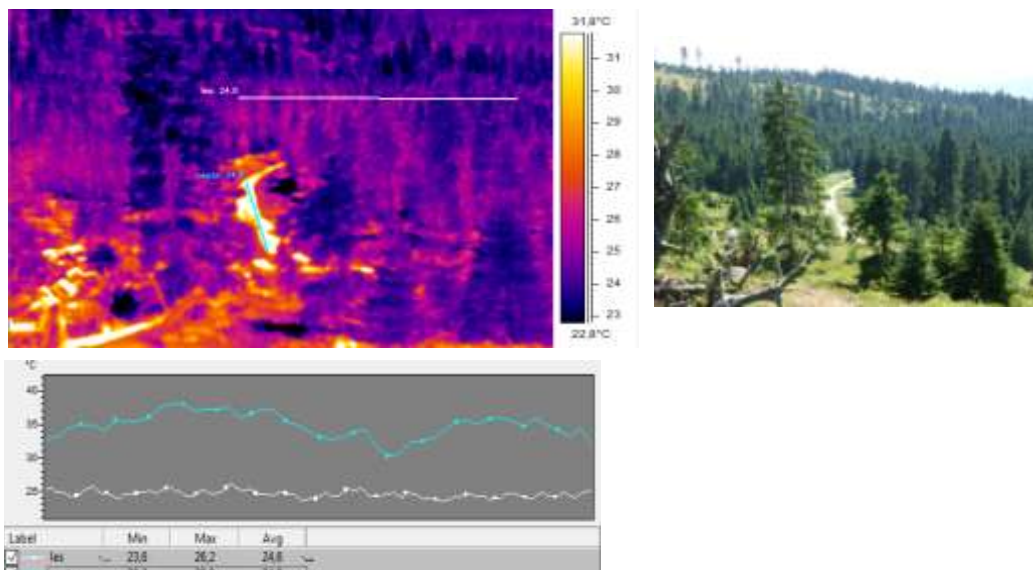
Třístoličník 2015: padlé kmeny 55 C,
 stojící kmeny 32 C



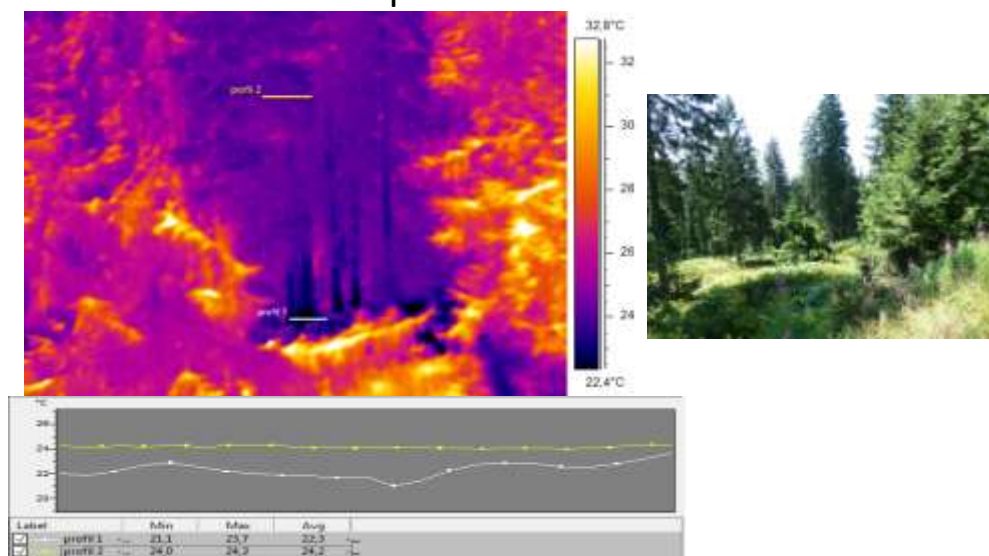
Kapradina 32 C, sítina 41 C



Třístoličník 2015 Bavorská strana cesta 35 C, les 25 C



Les bavorská strana, koruny 24 C při zemi 22 C



2011



2015



2011



2015



2011



2015



Horizontální srážky (vyčesávání) horského smrkového lesa – až 500mm za rok

- Odlesnění, odvodnění krajiny vede k výraznému oteplení povrchu krajiny a k jejímu vysoušení
- Lesy na horách působí jako chladič. Uschlý les urychluje ztráty vodní páry z nižších poloh
- Další bezzásahová území na Šumavě povedou k uschnutí lesního patra a nevratným ztrátám vody ze Šumavy i z nižších poloh
- Kdo se v NP Šumava touto problematikou zabývá?

Snížení evapotranspirace (ET) se projeví vzestupem teploty

- Uvolnění zjevného tepla namísto latentního tepla výparu:
pokles ET o 2mm za den (2litry/m²) představuje
1,4 kWh/ m² uvolněného tepla.

Na km² je to milionkrát více 1,4 000 MWh. Na 100 km² se uvolní teplo 140 000 MWh (70 hodin výkonu JE Temelín).

Neboli: **pokles ET o 200 W/m² (vzestup toku zjevného tepla) na 100 km² představuje tok 20000 MW (instalovaný výkon elektráren v ČR je cca 12000 MW)**

Víme co činíme se sluneční energií v krajině?

Srpen 2015, září 2016

- 1 800 000ha (18 000km²) sklizených ploch řepky a obilí.
- Snížení výparu = zvýšení toku zjevného tepla (např o 300W/m²)
- V letním dnu uvolňování zjevného tepla 5400 GW, vysoký tlak vzduchu, zablokování postupu srážek

Historické civilizace vyschly

- Poučili jsme se?
- Jsou i pozitivní příklady obnovy krajiny – zadržení dešťové vody a pěstování rostlin, stromů

Kenya Naivasha region

- Jospat Macharia (Oserian Farm) – 2,2 ha, nádrže pro 100 m³ dešťové vody, zadržení a promyšlená distribuce vody podle požadavků stromů a plodin. V tříletém období sucha si udržela farma produkci a zelená vegetace lákala divokou zvěř. Jospat prokazuje, že jeho farma může dlouhodobě poskytovat potravu 80 osobám.















Štát Maharashtra, India



- Sucho - v okrese Ahmednagar sa zrážky pohybujú medzi 150-450 mm ročne
- 1000 z 1576 obcí denné zásobovanie vodou cisternami v čase sucha
- odlesnenie
- dezertifikácia
- vyľudňovanie vidieka
- samovraždy roľníkov
- migrácia do miest



- WOTR – založená 1992
- O. Hermann Bacher, SJ - otec revitalizácie povodí v Indii
- Wasundhra /Sanskrit/ = 'Zem' (v kontexte súcitu, starostlivosti, spoluzodpovednosti, harmónie...)
- WASUNDHRA je tiež akronym:
- 'WOTR is Attentive to Social Unity, Nature, Development and Humanity in Rural Areas.'
- Úsilie o holistické riešenia, ktoré sú „v súlade s Božou prírodou,“ nie také, ktoré s ňou kolidujú

Komunitárny prístup



- obyvatelia obce sa musia na projekte zjednotiť (uvedomenie, vízia, plán, budovanie spôsobilosti, implementácia, monitorovanie, „water budgeting“)
- dobrovoľná práca - aspoň 20 % nákladov
- Sampada Trust - mikropôžičové schémy, podpora rozvoja žien
- Sanjeevani inštitút pre rozvoj - projekty priamo v povodiach;
- Sampada Entrepreneurship and Livelihoods Foundation (SELF) - osвета o sociálnom podnikaní

Zadržiavanie a vsakovanie vody v krajine – od rozvodnice do údolia



Spomaľovanie odtoku vody v korytách tokov...



O. Hermann Bacher : „Ak to pôjde v Darewadi, tak to pôjde kdekoľvek...“

Darewadi v r. 1996

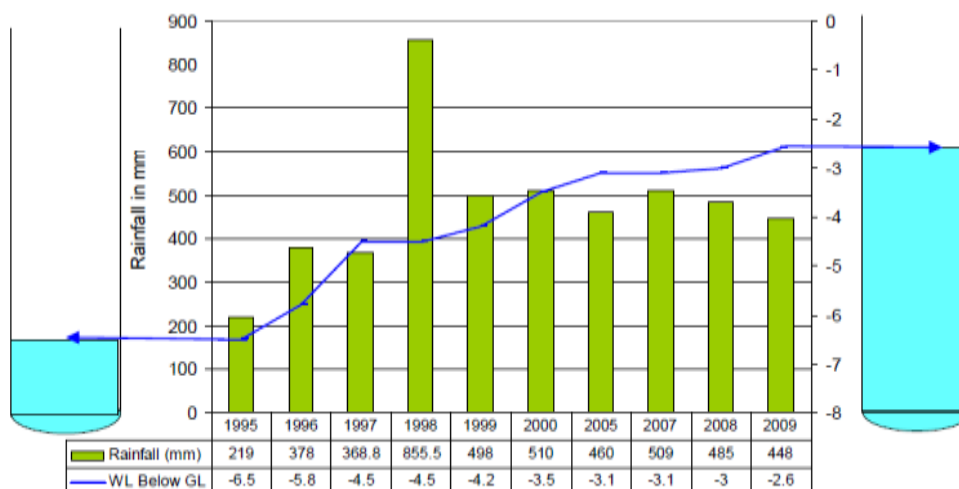


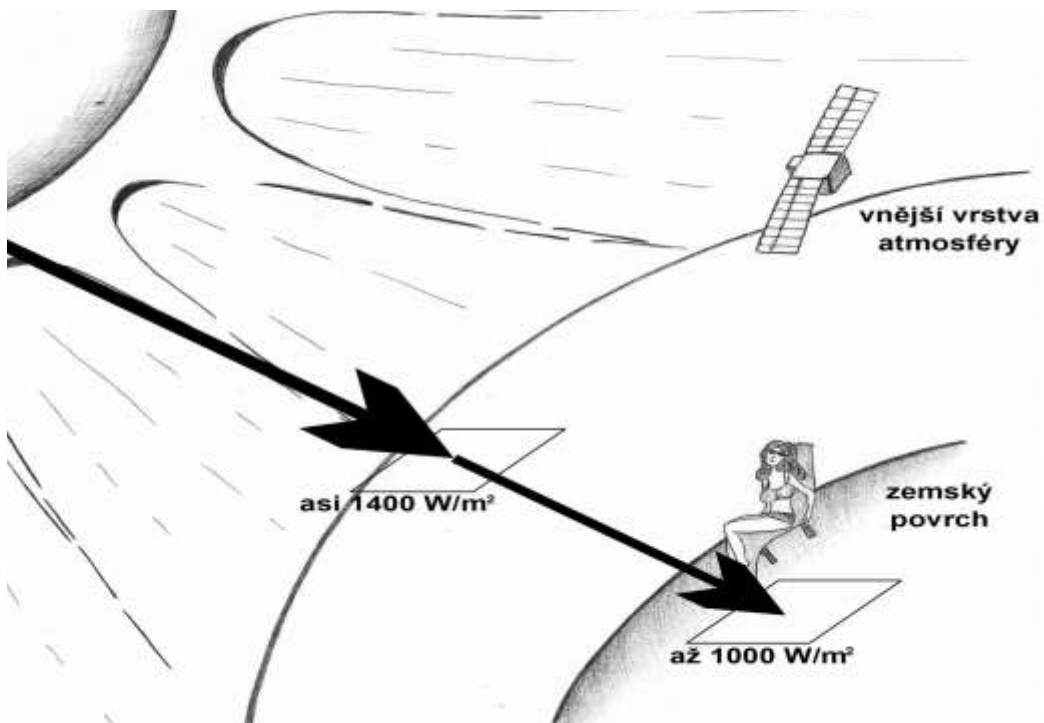
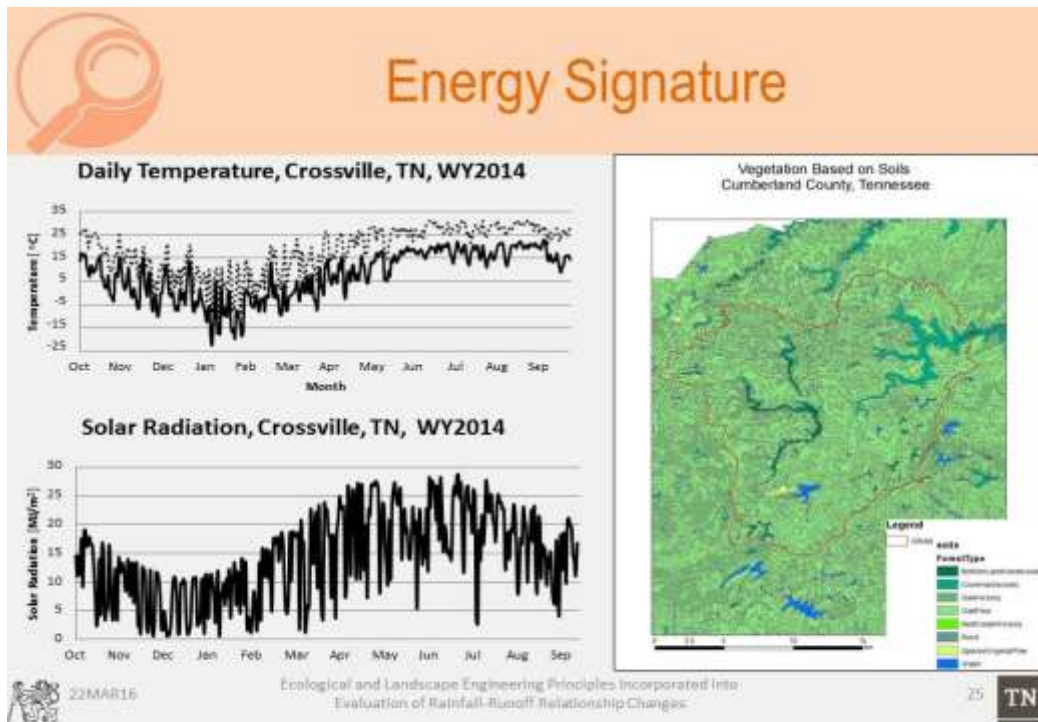
...a v r. 2009



- náklady v Darewadi (1500 ha) boli len 12 miliónov rupií (cca 270.000 € v kurzoch v r. 1996)
- Výnosy z poľnohospodárstva stúpili približne 6x a dosiahli 56 miliónov rupií (cca 850.000 €)
- Počet studní stúpol 20x, plocha poľnohospodársky obrábanej pôdy 2x, vlastníci televízorov 40x, motorky z 0 na 83. Objavili sa i prvé štyri traktory.
- obyvateľstvo sa začalo vracieť späť z miest

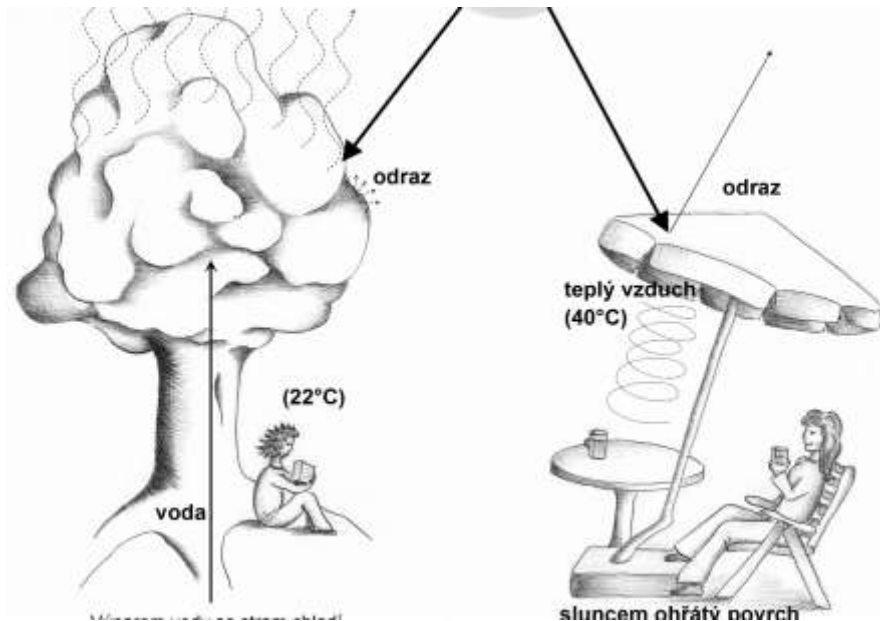
Zvyšovanie hladiny podzemnej vody (Darewadi)





Stín stromu a stín slunečníku

Slunce



První principy poznání

- Nelze něco tvrdit a současně to popírat. Zákon sporu (neprotivořečnosti). „Je nemožné, aby tentýž usuzující měl o témže opačné názory“ (v témže čase).
- Je nutné, aby vše pravdivé bylo průběžně ve shodě se sebou samým
- Zákon důvodu a nutnosti. Poznání, které nachází důvody nějaké skutečnosti nebo jevů, je hodnotnější nežli poznání, jež konstatuje, že něco jest. Nejvyšší vědění je znát důvod.