

Klimatická změna

JAK NA NI !

*Vzdělávací materiál pro pedagogy
základních škol*

„Klimatická změna – JAK NA NI ! “

Vzdělávací materiál pro pedagogy základních škol

Vzdělávání ke změně klimatu, kterou budou v roce 2050 žít a řešit naše děti

Klimatické vzdělávání pro základní školy - Pilotní materiál pro PEDAGOGY základní školství, který vznikl v rámci projektu MAP II

Konzultační prezentace proběhla v ORP Veselí nad Moravou na počátku roku 2021 v rámci webinářů

Realizační tým

- Mgr. et Mgr. Vít Hrdoušek - MAS Strážnicko, organizace a redakce
- Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. ENKI, o.p.s.
- ing Mgr. Petr Pavelčík – COŽP UK Praha
- Ing. Jaroslav Brzák – SZKT, PS Enviro NS MAS
- Ing. Viktor Třebický - COŽP UK Praha. CI2

Pedagogická revize výukových aktivit: Mgr. Lenka Javůrková

Pedagogická korektura a oponentura materiálu: RNDr. Renata Ryplová, Ph.D, Mgr. Zbyňek Vácha, Ph.D. Ing. Štěpánka Chmelová, Ph.D. ; Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

PILOTNÍ WEBINÁŘE PRO UČITELE I. a II. stupně (SPOLEČENSKÉ I PŘÍRODNÍ VĚDY) a ŘEDITELE ŠKOL (NÁMĚTY PRO EFEKTIVNÍ hospodaření školy)

Termíny a témata on-line google meet webinářů s PPT prezentací: 11.3, 18.3, 25.3, 8.4. 2021

I.Klima - mikroklima a co my s tím? - především fyzikální témata

- Doc. Jan Pokorný – ENKI, o.p.s., Mgr. Vít Hrdoušek

II.Ekosystémové služby - je ekologie ekonomická? – především pro spol. vědy , dějepis, envi vzdělávání

- Mgr. Petr Pavelčík - CI2, Mgr. Vít Hrdoušek

III.Ekologická a uhlíková stopa – proč je sledujeme? - pro vedení škol, pro spol. vědy, dějepis, envi

Ing. Viktor Třebický - CI2, Mgr. Vít Hrdoušek

IV.Hospodaření v krajině a v zahradě - má něco společné? - pro vedení škol, přírodní vědy, zeměpis, envi

Ing. Jaroslav Brzák - SZKT, Mgr. Vít Hrdoušek

Prezentace na Konferenci škol v ORP Veselí nad Moravou 3.6.2021



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím? – Znalost klimatu nám ukáže fungování počasí, co je tepelný ostrov a skleníkový jev i proč je potřeba stromy, aby přelo?

Autoři: Jan Pokorný, Vít Hrdoušek

Obsah:

A/ Metodické texty pro pedagogy

- **I. Počasí a podnebí** – jak fungují a klimatická změna u nás
- **II. Slunce, voda, rostliny, atmosféra** – významní hráči ovlivňující počasí a podnebí
- **III. Vodní cykly, kde prší tam, je život** - vzájemný vztah malého vodního cyklu a biotické pumpy

B/ Návrhy výukových aktivit

Návrhy výukových aktivit ke kapitole I.

- **Kolik naprší - tolik vyrostete!** I. stupeň 3-5 roč., matematika, pracovní výchova
- **Kolik naprší - tolik vyrostete!** II. stupeň, matematika, přírodopis

Návrhy výukových aktivit ke kapitole II.

- **Skleníkový jev, tepelný ostrov a klimatizace** II. stupeň; fyzika, chemie

Návrhy výukových aktivit ke kapitole III.

- **To je vedro! To je zima!** I. stupeň 4-5 roč. Přírodověda-člověk a svět
- **To je vedro! To je zima!** II. stupeň zeměpis



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



A/ Metodické texty pro pedagogy

I. Počasí a podnebí (klima) – a klimatická změna u nás

Na úvod si osvěžíme základní pojmy

Denně sledujeme předpověď počasí. Zajímá nás, zda bude svítit Slunce nebo bude zamračeno nebo dokonce pršet, jaká bude teplota, abychom věděli jak se obléci. Jak se přizpůsobit **počasí**, které bývá vrtkavé, často se změní. Počasí je tedy **okamžitý stav klimatického systému**. V mírném pásmu je určováno zejména ročním obdobím, tedy množstvím přicházející sluneční energie, jak ukážeme dále.

Naopak dlouhodobý charakter teplot, srážek a obecně atmosféry nazýváme **podnebí** neboli **klima**. Klima je ovlivňováno hydrosférou, pevninami, kryosférou (ledem a sněhem) a biosférou. **Podnebí je dlouhodobý stav počasí**. Dlouhodobý znamená zhruba za stovky až tisíce. Klima zůstává po mnoho roků téměř stejné a pro danou oblast je typické. U nás máme tzv. **mírné klima s převahou atlantického proudění**. K podstatným změnám dochází za dlouhá geologická období, ovšem některé změny mohou přicházet poměrně rychle (např. přechod dob ledových – viz obr. v kap. Skleníkový efekt). A v současné době jsme svědky také poměrně rychlé změny klimatu, která se u nás projevuje i větším **vlivem kontinentálním**. Závěry o náhlých změnách klimatu lze dělat hodnocením časových period nejméně řádu desítek let. Počasím se zabývá **meteorologie** a podnebí studuje **klimatologie**.

Události na Slunci, sluneční vítr v prostoru mezi Sluncem a Zemí, stav magnetosféry, ionosféry a ozonosféry **ovlivňují počasí v troposféře** (spodní část atmosféry, v mírném pásmu do cca 10km). Ovlivňují naše zdraví a činnost technologických systémů. Toto tzv. **kosmické klima nemůžeme ovlivnit**.

Ovlivnit umíme ale místní klima v našich městech, obcích a krajině. Ze zkušenosti víme, že naměříme různé teploty v lese, ve městě na vydlážděném náměstí nebo na parkovišti bez stromů. Hovoříme o **mikroklimatu ploch** o rozloze do 1km², kde se projevují odlišnosti od klimatu širšího okolí. Zvláštnosti klimatu na úrovni desítek km² ovlivňující promíchávání vzduchu a usměrňování vzdušných proudů se nazývají mezoklimatem.

Co my lidé můžeme měnit

Co jako lidé můžeme měnit je množství vody, kvalita **půdy a vegetace na naší zahradě, v ulicích, parcích, v okolní krajině, což jsou faktory, které mění podnebí na místní a regionální úrovni**. Na Zemi je více než 7 miliard lidí a žijí na všech obyvatelných místech pevniny. Ukážeme si, jak člověk



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

svým hospodařením v krajině výrazně ovlivňuje distribuci slunečního záření a tím i teploty a oběh vody. Historické civilizace v průběhu několika tisíciletí odlesňovaly, odvodňovaly, vysoušely krajinu pro pěstování stepních travin - obilí a **tak ovlivňovaly klima na svém území**. Kulturní krajina bez trvalé vegetace například v Mezopotámii (dnešní Sýrie), severní Africe a Řecku postupně ztrácela vodu a vysychala. A dnes jsou tam pustiny a polopouště, kde se lidem těžko žije. Poučili jsme se z historie? Neopakujeme chyby předchozích civilizací? Na obrázku 1xx níže jsou znázorněny proměny krajiny pod vlivem člověka od lesů na step až poušť. Ukážeme si, jak se odvodněné plochy bez trvalé vegetace v létě za slunných dnů přehřívají.



Obr.1xx: B. Moldan, s osobním svolením autora

Projevy klimatické změny

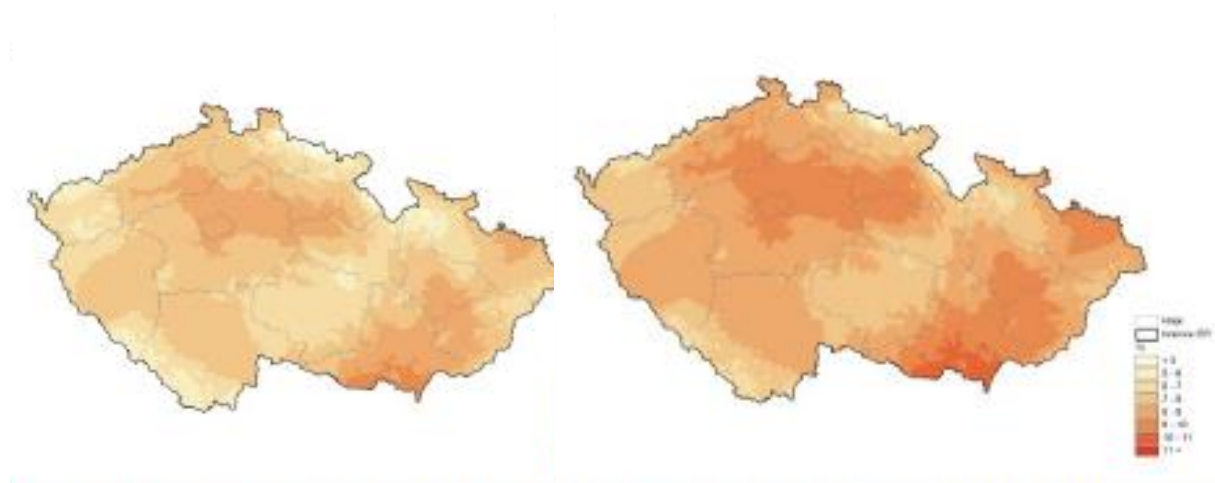
Klimatická změna na našem území, jak jí může pozorovat každý z nás, se projevuje úbytkem vody v krajině. **Prší přibližně stejně** (500-700mm/m².rok), ovšem v některých oblastech srážek za posledních deset let ubylo, jinde přibylo. Častější jsou výkyvy počasí např. **nárazové větry, přívalové deště**. Jsou **teplejší zimy bez sněhu, roste počet teplých dní hlavně v létě** a vysušuje se území. V létě vysychají drobné toky, opakovaně v posledních letech nenatékají rybníky v menších povodích. Výrazně poklesla produkce píce a v oblastech nejvíce zasažených suchem klesá i výnos obilnin, které jsou vyšlechtěny ze stepních trav a měly by snášet nedostatek vody i jarní mrazíky. Také podzemní voda ubývá – chybí průsak vody z povrchu – vysychají studny a vrtáme je do větších hloubek. **Nedostatek vody** limituje místní produkci zeleniny a ovoce. Budování nádrží pro závlahy je zatíženo rizikem nedostatku vody, tedy obavou, že se nádrž vodou nenaplní. Stoupá počet lesních požárů. Místně usychají i hluboko kořenující borovice, smrky stresované suchem podléhají kůrovci. Řeky mají málo vody, po dlouhá období jsou nesplavné a některé loděnice omezují výrobu, protože vyrobené lodě nelze dopravit po vodě zákazníkům. Méně vody v řekách znamená méně vyrobené elektrické energie. Mnohé obce pocítují nedostatek vody a do některých se musí voda dovážet. Díky přehradám „teče voda z kohoutků“, to ovšem vyvolává iluzi dostatku vody v obci zásobené ze vzdálené přehrady.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

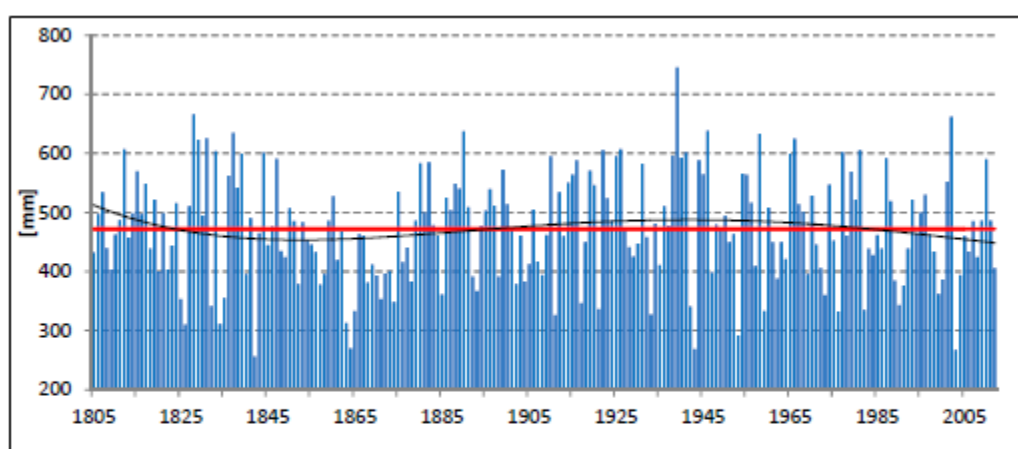
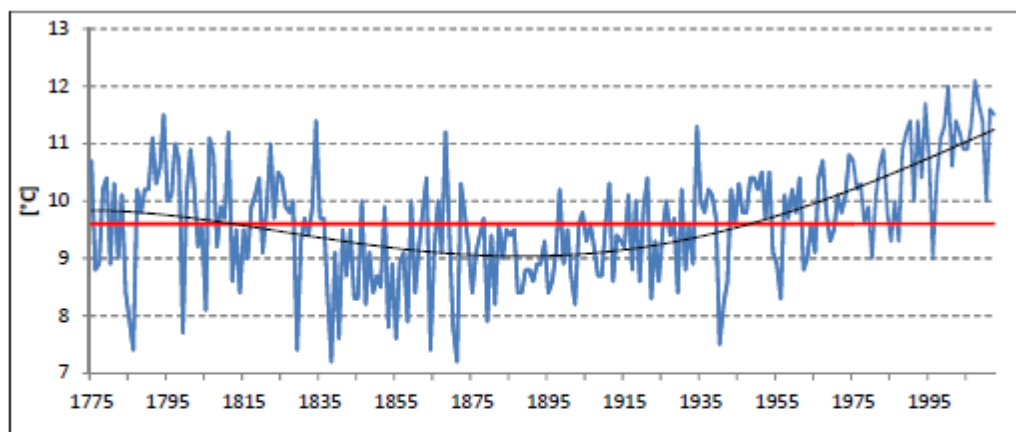


Obr. 2xx: Předpověď oteplování na našem území : mapka vlevo ukazuje průměrnou teplotu vzduchu za období 1961 -1990 a mapka vpravo ukazuje odhad průměrné roční teploty vzduchu v období 2010 – 2040. (Zdroj: Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, MŽP 2015 s využitím klimatologických podkladů Českého hydrometeorologického ústavu)

Prodlužují se období beze srážek a přibývá místních přivalových dešťů. Ubylo ranních mlh a drobných dešťů. **Snižuje se relativní vlhkost vzduchu a zvyšuje se počet tzv. tropických dnů**, kdy teplota vzduchu přes den stoupá nad 30°C a v noci neklesá pod 20°C. Zimy jsou většinou mírné a trvalá sněhová pokrývka je pouze na horách. I na horách je ovšem nedostatek vody, což dokládají i potíže se zásobením vodou pro zasněžování sjezdovek a úbytek vody i v menších tocích, přičemž průtoky jsou nerovnoměrné v čase. Malé vodní turbíny mají často nedostatek vody pro udržení minimálního průtoku pro výrobu elektřiny. Po přivalovém dešti se malé toky rozvodní, voda za několik dnů opadne.

V ČR **stoupají průměrné roční teploty** (cca o 1°C od r. 1980 do 2015 viz graf obr. 3xx), klesá relativní vlhkost vzduchu, v průměru na celém **území ČR dešťové srážky významně neklesají (Obr. 3xx)**. Jsou ovšem regiony, například okolí Dačic na jihu Čech, na Rakovnicku a na jižní Moravě, kde v posledních desetiletích ke zřetelnému poklesu celoročních srážek došlo. Pozorujeme prohlubující se nedostatek vody v krajině i v lesích ve svém okolí. Mění se též směr větru, dříve převládající západní vítr přinášející oblačnost a vodu od Atlantiku ubývá a převládá proudění od jihovýchodu a jihu, které vodu nepřináší, naopak vysušuje.

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?



Obr. 3: Grafy vývoje teplot (horní zobrazení modrá křivka – roční průměr v C,) v období 1775 – 1995 a srážek (dolní zobrazení - modré sloupce roční průměr v mm) od 1805 -2005 z Prahy Klementina, červená čára ukazuje dlouhodobý průměr, černá čár 11 letý klouzavý průměr Zdroj: Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, MŽP 2015 s využitím klimatologických podkladů Českého hydrometeorologického ústavu)

Atlantické podnebí se mění na podnebí vnitrozemské (kontinentální). Zejména na jaře zaznamenáváme vysoký rozsah denních amplitud teplot vzduchu. Dřívější tzv. aprílové počasí, kdy krátký déšť byl vystřídán slunečním svitem, je výjimkou. V dubnu zažíváme vícedenní období vysokého tlaku, jasné oblohy, silného slunečního svitu a teploty vzduchu přes den i nad 20° C; v noci a k ránu klesají teploty za jasné oblohy pod bod mrazu a mrznou květy stromů. Někdy klesají teploty i pod -5° C a poškozeny jsou zemědělské plodiny. Jasná obloha má totiž velmi nízkou teplotu (i pod -20° C), zatímco mraky absorbují teplo, které vyzařuje povrch země a ohřívají se na teplotu i vyšší než 0° C. Povrch země tedy vyzařuje vůči jasné obloze více energie (tepla) a rychleji se ochlazuje. Tyto, zejména jarní, **vysoké rozdíly denních a nočních teplot** a jasná obloha jsou **typické pro suché vnitrozemské oblasti**. V další kapitole uvidíme, že příčinou je mj. nedostatek vody a trvalé vegetace v krajině.



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Rok 2020 přinesl více srážek v létě oproti rokům předchozím. Stoupla produkce píce, doplnila se zásoba vody v půdě, ovšem mnohé rybníky a nádrže zůstaly do srpna na nízké vodě a **jen málo se doplnily zásoby podzemní vody**, která je zdrojem pitné vody pro 50% obyvatel naší republiky. Podobně i první polovina roku 2021 byla chladná a bohatá na srážky. Nadějně se ujímají sazenice stromků na plochách, kde v minulých letech uhynuly smrky po napadení kůrovcem a díky chladnému a vlhkému jaru se opozdilo rojení kůrovce. Dešťovou vodu je nutno zadržovat v půdě, v nivách drobných potoků, aby byla k dispozici rostlinám za slunných dnů.

BOX - AKTUALITY Z VĚDY A VÝZKUMU

Letní zemědělské sucho v letech 2015 až 2018 bylo v souhrnu ve střední Evropě závažnější než kterákoli jiná suchá období za uplynulých 2110 let. Na základě analýz stabilních izotopů uhlíku a kyslíku v letokruzích dubů to zjistili vědci z Ústavu výzkumu globální změny Akademie věd ČR a Univerzity v Cambridge. Z 13.500 letokruhů dokázali rovněž pro každý rok určit míru nedostatku nebo nadbytku vláhy, uvedl v tiskové zprávě spoluautor odborné studie Miroslav Trnka z AV ČR, zdroj ČTK, 17.3.2021.

Shrnutí:

Klimatická změna na našem území, jak jí může pozorovat každý z nás, se projevuje úbytkem vody v krajině. Prší přibližně stejně (500-700mm/m².rok)), v létě se prodloužily periody bez srážek a objevují se silné přívalové deště, působící škody a místní povodně. Jsou teplejší zimy bez sněhu, roste počet teplých dní hlavně v létě a vysušuje se území. Zejména na jaře se projevují větší **rozdíly denních a nočních teplot**. Vzestup průměrné teploty ovšem nevylučuje výskyt ranních mrazů (za jasné oblohy) v jarním období, kdy kvetou stromy.

II. Slunce, voda, půda, rostliny, atmosféra – ovlivňují počasí a podnebí

Slunce ohřívá Zemi a dává do pohybu masy vody a vzduchu

Jaká by byla na Zemi teplota bez Slunce? Představte si, že Slunce přestalo svítit, nějakdo Slunce zasloučil. Byla by tma a teplota by postupně klesala na teplotu okolního Vesmíru. Astronomové odhadují, že bez sluneční energie by teplota na Zemi byla kolem 10 Kelvinů, tedy přibližně - **260 °C**. To je pro nás nepředstavitelně nízká teplota, téměř by se zastavil pohyb, atmosféra by ztuhla; tekutý dusík má teplotu – 196 °C a dusík tuhne při teplotě – 210 °C. **Slunce ohřívá naši planetu na průměrných 18 °C, tedy o nějakých +280 °C**. Slunce udržuje atmosféru v plynném stavu, oceány a vnitrozemské vody ve stavu tekutém, díky sluneční energii tečou řeky, protože se vypařuje voda z oceánů i z pevniny a vrací se zpět ve formě deště nebo sněhu. Díky sluneční energii vznikají velké rozdíly teplot a tlaků vody v oceánech, které se projevují **vodními a větrnými proudy**, které se



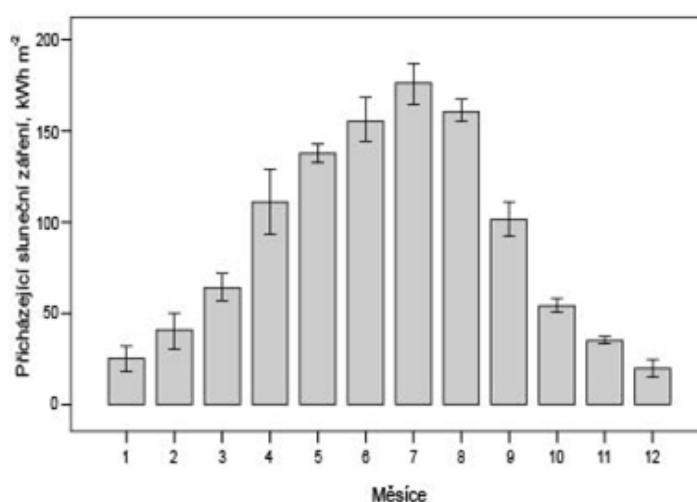
Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

potkávají s **kontinentálním prouděním (větry) různé intenzity. Zásadní roli pro život na souši je množství páry ve vzduchu vytvářející mraky a následné deště.**

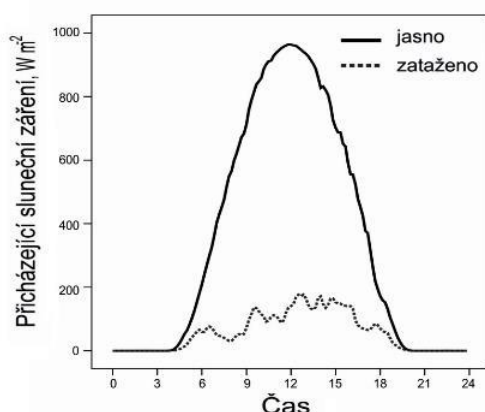
Po dopadu na Zem, energie slunečních fotonů zahřívá pevniny, vodstvo a vytváří vhodné prostředí pro život. Země své teplo vyzařuje jako infračervené záření zpět do kosmického prostoru. Slunce má vysokou teplotu (6000K) a vysílá krátkovlnné záření o vysoké energii, většina je ve formě světla. Země se od Slunce ohřívá na přibližně 290 Kelvinů (cca 17 °C) a vysílá do vesmíru dlouhovlnné záření (teplo). Energie slunečního záření přicházející na vnější vrstvu zemské atmosféry se měří pomocí satelitů a v průběhu roku kolísá mezi 1,412 – 1,321 kW.m⁻² podle vzdálenosti Země od Slunce na její eliptické dráze. Pro konstantní vzdálenost od Slunce se uvádí hodnota tzv. sluneční konstanty 1,366 kW.m⁻², která

v průběhu 11letého cyklu sluneční aktivity kolísá v rozsahu několika desetin %, tedy nejvýše několika W.m⁻². Za rok přijde v ČR na **jeden metr čtverečný 1000 – 1100kWh** sluneční energie (viz obr.4). Nejvíce sluneční energie přichází v rovníkové oblasti (sever Austrálie 2770 kWh m⁻², hodnoty kolem 2000 kWh m⁻² jsou běžné na jihu Řecka, v Egyptě atp.

Měsíční sumy slunečního záření (Třeboňsko)



Obr. 4Xx: Množství přicházející sluneční energie určuje roční období v mírném pásmu. Zatímco v lednu a prosinci, kdy je nejkratší den, přichází méně než 25kWh na m², od května do srpna přichází 140kWh.m² a více. (data ENKI, o.p.s.)



Obr. 5Xx: Za jasné oblohy přichází na 1m² vodorovné plochy až 1000W sluneční energie. Při zatažené obloze přichází několikrát méně. Za jasného dne přichází na korunu stromů a fasádu osluněného domu více energie nežli na vodorovnou plochu, protože paprsky dopadají pod menším úhlem (blíže kolmici). Proto jsou



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



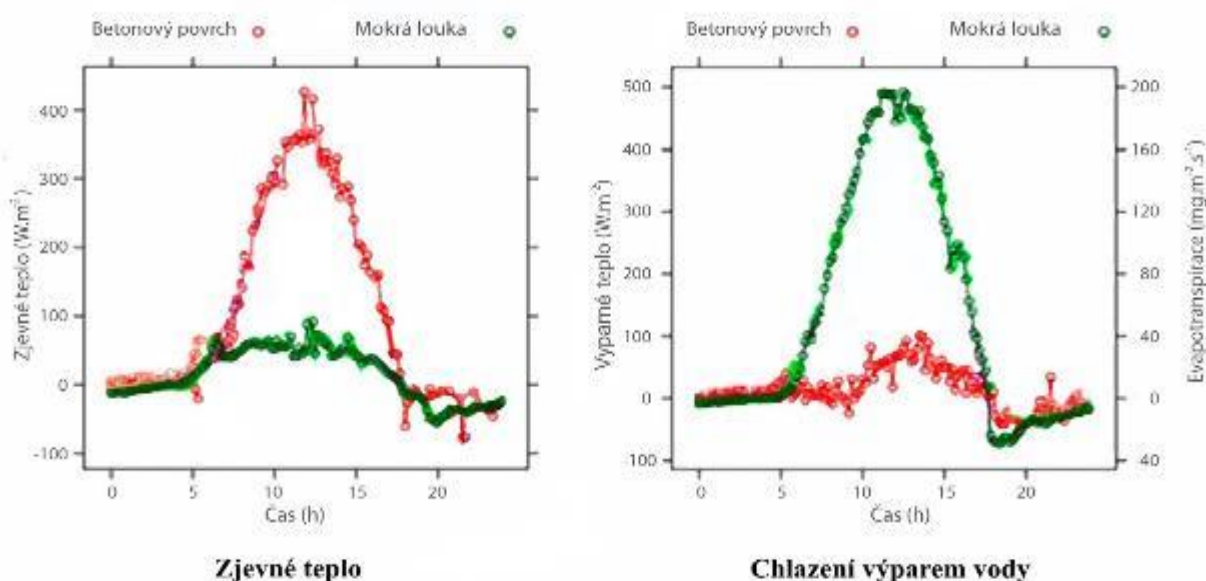
Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

sluneční kolektory fotovoltaických elektráren nakloněny, aby se dopad paprsků blížil úhlu 90°. (data ENKI, o.p.s.)

Ohřívání povrchu, akumulace tepla a výpar.

Zemský povrch je převážně vodní plocha, země s půdou či jinými povrchy přírodními jako je písek na pouštích, led na pólech a horách a dále technické povrchy jako asfalt, beton, kov, apod. Povrch může tepelné záření slunce vstřebat – akumulovat do určité kapacity – kdy se povrch ohřívá a pak je vyzařuje a povrch se ochlazuje. Pro naši planetu je ovšem zásadní existence života, vegetace spotřebovává část sluneční energie fotosyntézou na svůj růst (tvorba biomasy) a rostliny potom vypařují vodu (transpirace) a tak se chladí a vyrovnávají rozdíly teplot.

Akumulaci tepla různými povrchy se liší. Písek pouště, stejně jako beton či vyschlá půda akumuluje málo (viz box. Fyzika). Ze zkušenosti víme, že suchý písek se prohřívá pomalu, přesvědčíme se o tom, když uděláme několik decimetrů hlubokou díru v suchém písku. Prohřívání půdy závisí tedy na její vlhkosti. V 1m³ vlhké půdy se může akumulovat do 10kWh, protože zde neprobíhá promíchávání a ohřívá se jen horních cca 20cm. Nejvíce tepla se akumuluje ve vodě. V 1m³ vody rybníka se od jara (2°C) do léta (20 °C) postupně akumuluje 75,6 MJ (21kWh).



Obr. 6Xx: **Odvodněná plocha**, jako je například beton, se sluneční energií ohřívá a od ní se ohřívá vzduch, teplota stoupá a hovoříme o zjevném teple. Naopak vegetace zásobená vodou se chladí výparem vody (evapotranspirace) a sluneční energie je uložena ve vodní páře, teplota se nezvyšuje (Pokorný a kol. 2011).

Výpar



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



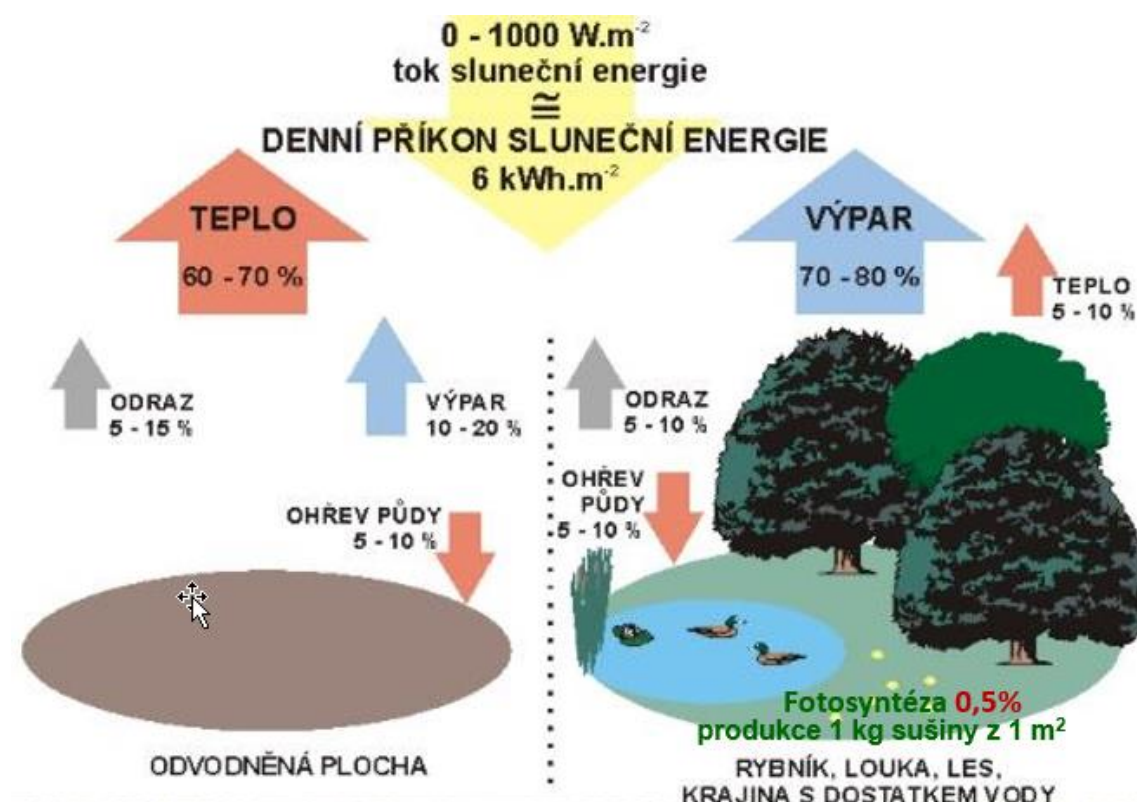
Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Voda na rozdíl od kamene, půdy či betonu, má ovšem další velmi důležitou vlastnost. Voda mění skupenství. V rozsahu běžných teplot se setkáváme s vodou tekutou, ledem a vodní párou. Největší přenosy energie se v přírodě dějí právě přechodem ze skupenství kapalného na vodní páru, tedy vypařováním vody a srážením (kondenzací) vodní páry zpět na vodu kapalnou.

Na odpaření jednoho litru vody je potřeba energie 0,68kWh a vznikne přes 1000 litrů vodní páry. Na výpar 1litru vody se spotřebuje 2,4MJ (0,68kWh). Z louky, lesa se v průběhu jednoho slunného dne vypaří z 1m² běžně 2 - 3 litry vody a spotřebuje se (naváže do vodní páry) 4, 8 až 7,2 MJ (1,3 až 2kWh) sluneční energie.

Na výpar se spotřebuje více energie nežli na ohřev vody.

Akumulace tepla 75 MJ v 1m³ rybníka za cca půl roku odpovídá výparnému teplu 31 litrů vody, což odpovídá výparu z 1m² zeleně (nebo z 1m² vodní plochy) za 10 – 15 slunných dní (blíže viz následující box pro biologii). Za vegetační sezónu se vypaří z 1m² vodní hladiny a stejně tak z vegetace stovky litrů vody. Na výpar se tedy spotřebuje násobně více energie, nežli se akumuluje do vody. Výpar vody je dynamickou složkou, akumulace tepla ve vodě/půdě je dlouhodobou (konzervativní) složkou přeměn sluneční energie. Proto můžeme vytvořit následující schématický obrázek pro běžný letní den v mírném pásmu:



Obr.7xx: Sluneční energie ohřívá suchou plochu bez vegetace (parkoviště, střecha, sklizené pole bez vegetace), ohřívá se vzduch a stoupá vzhůru (TEPLO)..Plochy pokryté vegetací zásobenou vodou se chladí výparem vody a vodní pára (VÝPAR) přenáší vázanou sluneční energii (skupenské



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

teplo) na chladná místa, kde se sráží zpět na vodu kapalnou a skupenské teplo se uvolňuje (Pokorný, 2001)

Box pro biologii, fyziku

Akumulace tepla se zjišťuje z měrného tepla (měrná tepelná kapacita, specifické teplo), což je množství tepla potřebné k ohřátí 1kg látky o 1 °C. Hodnoty měrného tepla najdeme běžně v tabulkách. Pro praktické účely nás ovšem zajímá měrné teplo jednotkového objemu látky, protože půda je několikrát těžší nežli voda. Pro srovnání vyjadřujeme akumulaci tepla jako energii potřebnou k ohřátí jednotkového objemu (dm³) o 1 °C. Na ohřátí 1litru (dm³) vody o 1 °C je potřeba 4,2kJ, na ohřátí 1 dm³ vlhké půdy o 1 °C je potřeba 3,6kJ a na ohřátí suché půdy, betonu, žuly je potřeba 2 – 2,8 kJ. Na ohřátí 1 dm³ železa je potřeba 3,6kJ, tedy méně nežli na ohřátí 1 dm³ vody. Na ohřátí 1kg vody o jeden stupeň (°C. K) je tedy potřeba přibližně 4,2kJ. Měrné teplo suché půdy se udává 0,8kJ/kg a půdy nasycené vodou 1,5kJ/kg. Měrná hmotnost půdy je okolo 2,6kg/dm³. Jeden dm³ mokré půdy má tedy nižší teplotní kapacitu (3,9kJ) nežli 1dm³ (kg) vody (4,2kJ).

Příklad: Voda v rybníku o průměrné hloubce 1m se ohřívá od března do července z průměrné teploty například 2 °C na průměrnou teplotu 20 °C. V jednom litru vody se akumulovalo 18 x 4,2 = 75,6 kJ. **V 1m³ (1000 l) vody se od jara do léta akumulovalo 75,6 MJ (21kWh).** Za slunného dne se ohřeje vodní sloupec o síle 1m maximálně o 1 °C, potom se akumuluje na 1m² 4,2MJ (1,2kWh) sluneční energie. Od konce léta voda postupně chladne.

Tedy 75MJ je skupenské (výparné) teplo cca 30 litrů vody. Rozlohou větší zeleň i vodní hladina vypaří průměrně v letním dnu (někdy je jasno, jindy oblačno) 2 - 3 litry vody z metru čtverečního za den. Zalévání trávník ve městě, strom s dostatkem vody a vystavený teplému vysušujícímu proudění ze suchého pole nebo ohřáté dlažby vypaří i násobně více pokud má vodu. **Při nedostatku vody zavírá průduchy a netranspiruje.** Větší plochy zeleně i vodní hladiny si vytvoří svoje mikroklima, je tam vyšší vlhkost vzduchu a nevypařují tolik (tedy jenom 2 - 3 litry). Ty hodnoty jsou opravdu ve velkém rozsahu. Můžeme tedy směle napsat:.....celoroční ohřev vody v rybníce (ze 2 na 20 °C) energeticky odpovídá výparu z 1m² 2zeleně nebo vodní hladiny za 7 až 15 slunných dnů. Jiné srovnání může být, že 75 MJ je množství **energie, která se spotřebuje za 1 den na výpar vody z 10 až 15 metrů čtverečních vodní hladiny.**

Podstata skleníkového efektu

Ve skleníku pěstujeme rostliny, protože je v něm na jaře tepleji nežli venku. Slunce má teplotu okolo 6000K a vyzařuje energii o střední vlnové délce 500nm. Sluneční záření (světlo) prochází sklem a ohřívá půdu, rostliny a další předměty ve skleníku, které vyzařují teplo (dlouhovlnné záření) a to sklem neprochází. Navíc neodchází volně ani vzduch, který se od předmětů ve skleníku ohřál.

Život na zemi může fungovat jen díky skleníkovému efektu. Bez skleníkového efektu by bylo na

-18 °C (tedy jako v mrazáku) by zhruba činila průměrná teplota na Zemi, pokud by nefungoval skleníkový jev v zemském ovzduší. Jeho současná úroveň totiž ohřívá atmosféru o +33 °C. Přesně toto zvýšení je pro život (současné ekosystémy) zásadní.



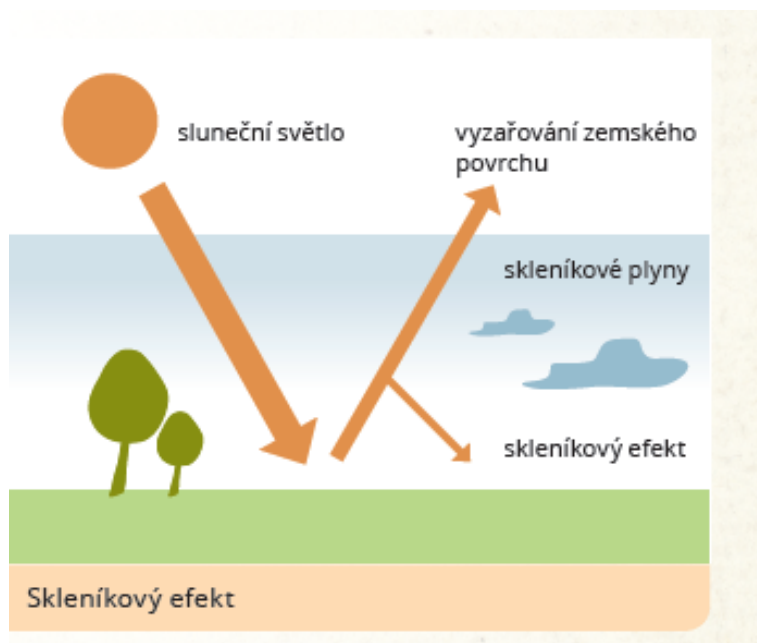
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Zemi průměrně **-18C** , teplota jakou máme v mrazáku. Jak to funguje? Zemská atmosféra propouští sluneční záření, které ohřívá povrch Země průměrně okolo 18 °C (cca 300K) a vysílá dlouhovlnné záření o vlnové délce cca 10um. Část tohoto záření se absorbuje (zachytává) v atmosféře, konkrétně ve vodní páře, oxidu uhličitém, metanu a N₂O. **Tyto plyny zachycují teplo vyzařované Zemí podobně, jako sklo skleníku**, proto se jim říká skleníkové plyny (viz obr. 8).

O skleníkovém efektu se lze přesvědčit místně pozorováním. Za jasného počasí se **teplota oblohy pohybuje okolo -20 °C** a povrch půdy a rostliny rychle chladnou. Kritické jsou jasné noci na jaře, když kvetou ovocné stromy. Naproti tomu mraky obsahují vodní páru a drobné kapky vody a mají teplotu okolo nuly i vyšší. **Mraky zachycují tepelné záření krajiny** a objektů, které mají pod sebou, brání vyzařování tepla do jasné (chladné) oblohy. Infračerveným teploměrem lze přibližně změřit i teplotu mraků. Přesněji se měří toky energie tzv. net radiometrem.



Obr. 8xx: zjednodušené schéma skleníkového efektu, Getz V., Prahofer G., 2019.

Změna klimatu vlivem člověka

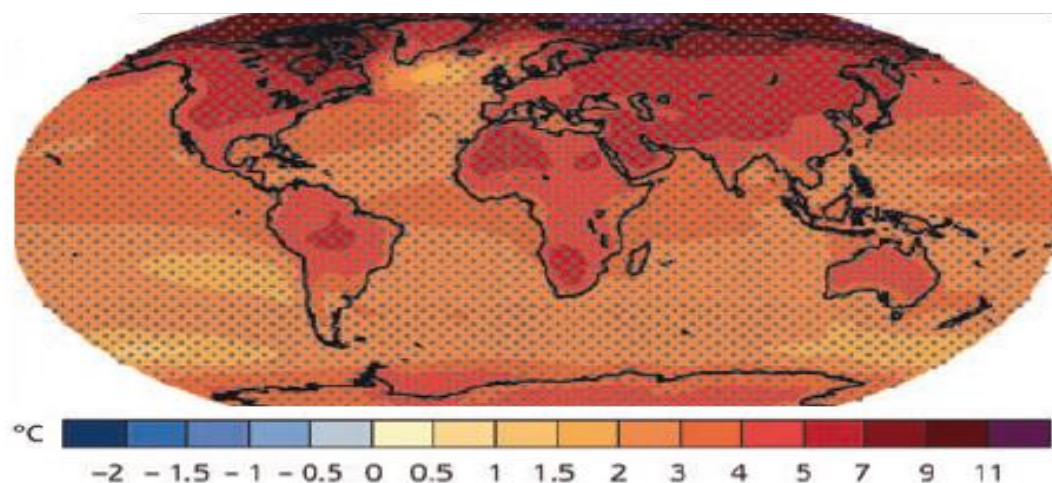
Dnes se ovšem klima mění a roste teplota na zemi díky nárůstu množství skleníkových plynů v atmosféře. Ve skleníku Země začíná být horko. **V současnosti civilizace člověka výrazně ovlivňuje 70% povrchu země** ničí přirozené autoregulační systémy klimatu – ekosystémy rostlin souše (kácení lesů, vysoušení mokřadů) a moří (znečištění). Ročně vypouští do atmosféry civilizace cca 10 Giga (=miliarda) tun uhlíku (ve formě CO₂) spalováním fosilních paliv. **Lidstvo ročně spálí přes 5 miliard tun uhlí, asi 4 miliardy tun ropy a asi 3 miliardy tun zemního plynu. Nárůst koncentrací CO₂ v atmosféře odpovídá těmto množství (po započtení pohlcení části CO₂ v oceánech).** Další cca 1 Giga tuna se uvolní z půdy (vysycháním půdy se uvolňuje CO₂) při odlesňování, vysoušení mokřadů a degradaci půd především přeměnou na zemědělské plochy. Oteplováním rozmrazí i věčně zmrzlé půdy – tzv. PERMAFROST ve kterých je kumulováno více je 1600 Giga tun CO₂ . V současnosti je v atmosféře cca 900 Gtun CO₂ . (National Geographic 3/020). Celkem se změnila koncentrace z cca 0,028%, která se držela cca 2000let na 0,040% za posledních 100 let. S oteplováním se zvyšuje i množství vody ve vzduchu. Vodní pára místně dosahuje koncentrace až 3 % (mraky), přičemž průměrně tvoří 0,25 % z celkové hmoty atmosféry. Nárůst CO₂ a koncentrace dalších skleníkových plynů ukazují další obrázky:



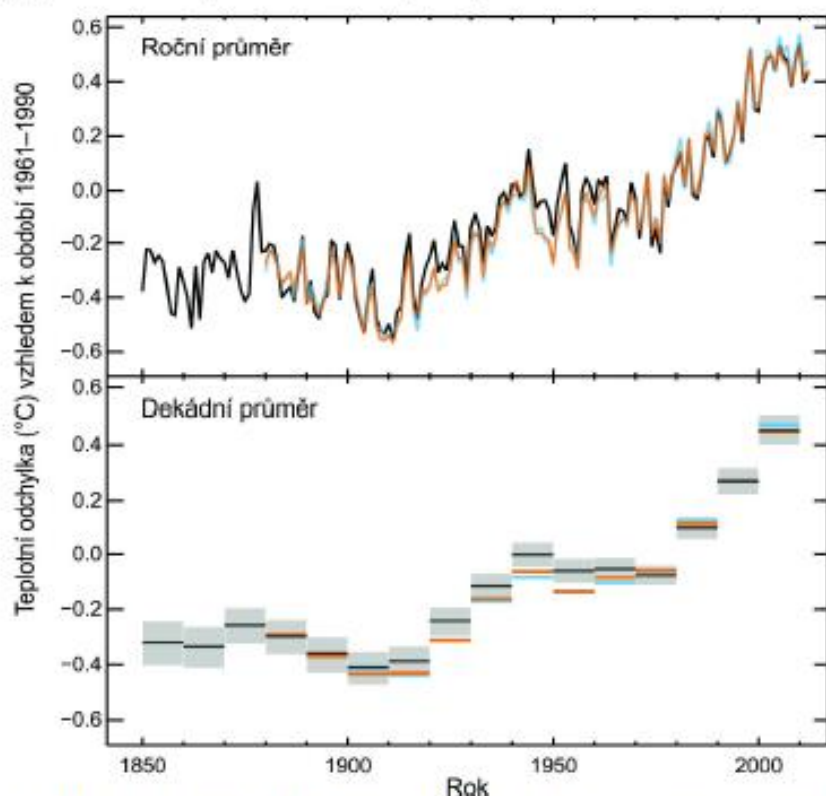
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

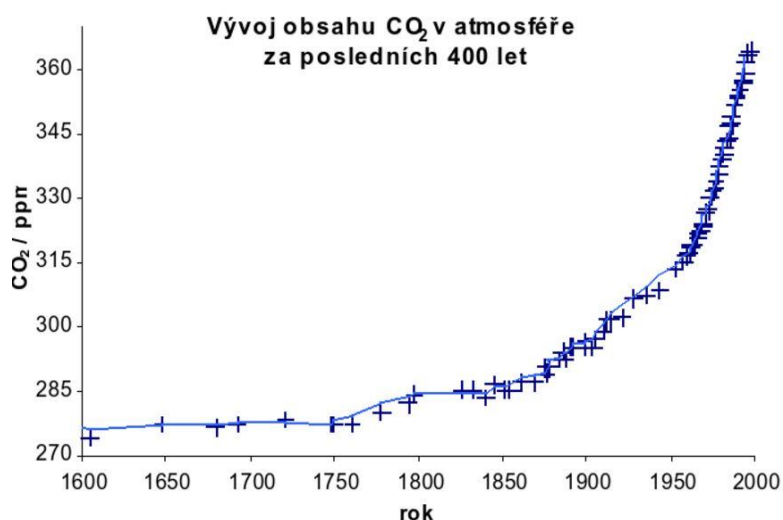


Obr. xx9 Projekce nárůstu průměrné povrchové teploty vzduchu 2080-2100 oproti období 1986 -2005 podle modelu scénáře RCP 8.5 (pokračování současného trendu růstu světových emisí a populace) (zdroj: IPCC 2014).



Obr. xx10 Změny teplot na planetě Zemi v období 1850 -2012 v porovnání s průměrem teplot v době 1961-1990 (bod 0.0), Horní graf ukazuje roční průměrné teploty a dolní dekádní průměr, různé barvy ukazují různá místa měření na Zemi. (Zdroj: Strategie MŽP 2015 s využitím klimatologických podkladů IPCC 2014)

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?



Skleníkový plyn	Podíl na antropogenních emisích (tuny)
Oxid uhličitý (CO ₂)	75 %
Metan (CH ₄)	16,5 %
Oxid dusný (N ₂ O)	6,5 %
Další skleníkové plyny (HFC, PFC, NF ₃ , SF ₆)	2 %

Obr. xx11 Vývoj obsahu CO₂ – hlavního skleníkového plynu - v atmosféře za posledních 400 let v ppb (miliontina procenta) a přehled skleníkových plynů a jejich podíl na antropogenních emisích. (zdroj: IPCC 2014)

Prognózy dalšího vývoje ukazují, že zvýšené emise skleníkových plynů mohou do konce 21. století zvýšit **globální teplotu o 3-5 C (viz obr. 9)**. Toto výrazné oteplení by mělo fatální vliv na ekosystémy i lidskou populaci a proto hovoříme o **klimatické krizi (Ripple a kol. 2019)**.

Vyšší teploty umožňují sice více sklizní, rychlejší růst rostlin (díky vyššímu obsahu CO₂ pro fotosyntézu), ale způsobují také **tání ledovců, velké teplotní a srážkové výkyvy - doby sucha a horka, bouře, požáry**. S každým stupněm průměrné roční teploty se předpokládá nárůst **odparu až o 30 procent**. A také **hladina oceánů stoupá**. Americká NASA měří mořskou hladinu, která momentálně stoupá tempem 3,3 milimetru za rok a od roku 1993 stoupla celkem o 9,5 centimetru s odchylkou plus/minus 4 milimetry. Děje se tak vlivem dvou faktorů spojených s oteplením: přibývající objem vody z tajícího ledu a rozpínání mořské vody jejím celkovým oteplením.

Historicky vidíme vývoj teplot za posledních cca 200 milionů let na Zemi. Vidíme mnoho výkyvů, které znamenaly hromadné vymírání druhů a úplné změny prostředí. Všichni známe, že před cca 10 000 lety skončila doba ledová, kdy u nás byly téměř bezlesé stepi, ledovce a mamuti. Poté nastala poměrně teplotně klidná doba, která trvá dodnes.

Obr. xx12: Vegetace vyrovnává teplotní rozdíly (Zdroj: vlastní)



Voda a rostliny vyrovnávají teploty

Na odpaření jednoho litru vody je potřeba energie 0,68kWh, což odpovídá kapacitě jedné autobaterie. Z jednoho 1 litru vody vznikne přes 1000litrů vodní páry. Při odpaření jednoho litru vody je tedy ve vodní páře uschováno (latentní teplo) množství energie, srovnatelné s kapacitou jedné autobaterie, například: 12V, 50Ah má kapacitu $12 \times 50 = 600\text{Wh} = 0,6\text{kWh}$.

Proč je ve stepi a na poušti přes den horko a v noci zima? Přes den se nechladí suchá půda výparem a suchý vzduch propouští více sluneční energie, v noci se hodně tepla vyzařuje do chladné oblohy bez mraků a vodní páry a v noci se neuvolňuje skupenské teplo kondenzující vodní páry vytvořené za dne sluneční energií výparem vody.

Jaký je osud většiny sluneční energie?

Suchý povrch se sluneční energií ohřívá na teplotu až 60 °C a od ohřátého povrchu se ohřívá vzduch, který stoupá rychle vzhůru do atmosféry. Letci znají tento silný stoupavý proud ohřátého vzduchu pod pojmem **termika** (jinak turbulentní vzestupné proudění, zjevné teplo). Ohřátý vzduch do sebe pojme velké množství vody. Vzduch o teplotě 40 °C a relativní vlhkosti 20% obsahuje 10gramů vody v jednom m³ a proudí vzhůru rychlostí i několik metrů za sekundu. **Takový vzduch vynáší vysoko do atmosféry velké množství vody, kterou nasává i z okolí přehřátého suchého místa. Ohřátý vzduch musí vystoupat velmi vysoko, aby teplota dosáhla rosného bodu a začaly se tvořit mraky.**

Jak to rostlina dělá, že chladí?

Rostlina vytváří své tělo fotosyntézou, za každou přijatou molekulu oxidu uhličitého vyloučí jednu molekulu kyslíku a přitom vyloučí/odpaří až několik stovek molekul vody. Tvorba rostlinné biomasy se nazývá fotosyntéza, do biomasy se fotosyntézou váže necelé jedno procento sluneční energie. **Podstatná část sluneční energie (desítky procent) se spotřebovává na výpar vody rostlinou, tento proces se nazývá transpirace.** Naopak respirace - dýchání je proces rostlin i živočichů, kdy je vstřebáván kyslík a vydechován oxid uhličitý. Respirace je opačný proces nežli fotosyntéza; lze ji přirovnat k pomalému spalování organických látek vytvořených fotosyntézou. Rostliny regulují množství vypařované vody průduchy, kterých je až několik set na jednom mm². Když rostlina pocítí nedostatek vody, zavírá průduchy, omezí tak výdej vody i fotosyntézu. Rostliny v mírném pásmu vytvoří fotosyntézou při dobrých podmínkách až 1kg biomasy (vyjádřeno v sušině) na jednom metru čtverečním za jeden rok. Jeden kg suché rostlinné biomasy obsahuje přibližně 5kWh energie. Takové množství energie se tedy uvolní spálením 1kg suché rostlinné biomasy obsahující zejména celulózu. Za rok přijde u nás na 1m² 1000 – 1100 kWh.m⁻², do rostlinné biomasy se tedy naváže pouze 0,5% sluneční energie

Co tedy ovlivňuje naše mikro-klima ?

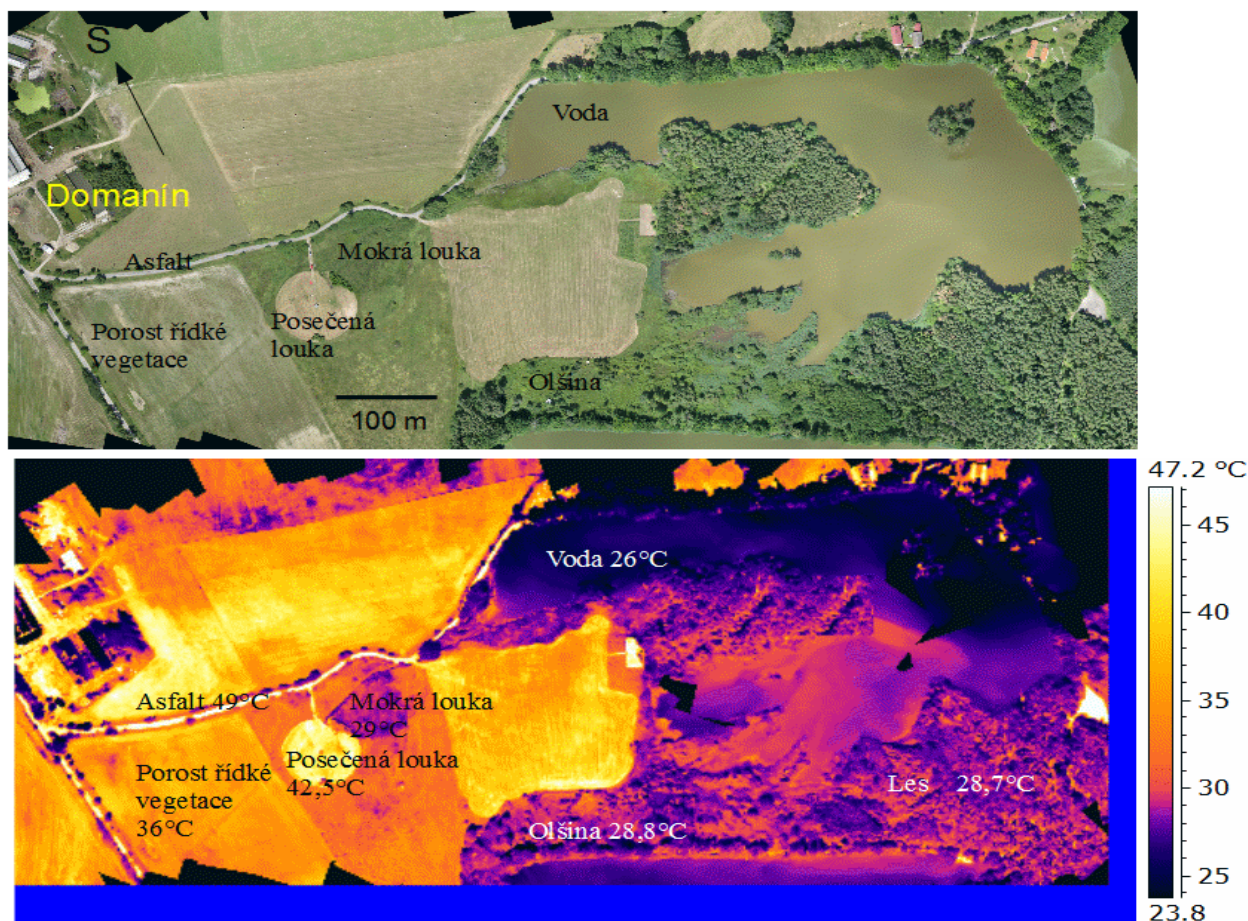
Podstatou změn mikroklimatu (a následně i klimatu) je množství přicházející sluneční energie a způsob její distribuce. Roční období v mírném pásmu jsou dána dobou slunečního svitu, v letních měsících přichází několikanásobně více sluneční energie, nežli v zimě. Teploty v letních jasných dnech, kdy přichází vysoké množství sluneční energie, jsou výrazně ovlivněny krajinným pokryvem: suché plochy se ohřívají slunečním zářením více nežli vodní plochy a vegetace zásobená vodou. **Na poušti je vedro přes den – slunce svítí a povrch se jen ohřívá, chybí akumulace v půdě, vodě, a rostlinách.** V noci naopak poušť rychle chladne,



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

protože se sluneční energie přes den nevázala do vodní páry (netvoří se rosa, která uvolňuje skupenské teplo zpět) a do oblohy se vyzařuje teplo, protože jasná obloha má velmi nízkou teplotu. Ve dne horko v noci mráz, v takovém pouštním prostředí máloco přežije a sporý život se odehrává spíše pod zemí a v noci.

I my se v letním horku v rozpáleném městě uchylujeme do klimatizovaných budov a chladíme se v supermarketech. Technologická klimatizace ovšem spotřebovává elektrickou energii a mění ji na teplo a město se tak ještě více ohřívá. Stromy a vegetace chladí a prostřednictvím vodní páry vyrovnávají teploty – vodní pára kondenzuje na chladných místech a v noci, a tak se přenáší nadbytečná sluneční energie ze dne do noci a na chladná místa. Bez trvalé vegetace se krajina postupně mění na step a poušť.



Obr xx13: Za slunného počasí v létě se povrchové teploty v krajině pohybují mezi 26 °C (vodní hladina) 29 °C (les) až k teplotám nad 40 °C (asfalt, posečená louka) Hesslerová a kol. 2013



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?



Obr.xx14 V letním slunném dnu dosahuje povrchová teplota odvodněného povrchu (silnice) 50 °C. Okolní vegetace se chladí výparem vody a má povrchovou teplotu podstatně nižší. Na louce ve stínu stromu je teplota kolem 30 °C. Je třeba mít na paměti, že krátce posečený trávník se výparem vody nechladí a proto se přehřívá, má malou listovou plochu.

Vegetace dobře zásobená vodou se chladí výparem vody. Výpar vody přes listy se nazývá transpirace, výpar vody z prostu včetně z půdy a dalších povrchů se nazývá evapotranspirace. Živá rostoucí vegetace se chladí na teplotu i nižší než 30 °C. V létě za slunného počasí je rozdíl v povrchové teplotě mezi lesem, vysokým trávníkem oproti parkovišti, střeše domu nebo sklizenému poli i **více než 20 °C**. Vzduch nad vegetací je chladný a má vysokou relativní vlhkost; stoupá zvolna vzhůru, ochlazuje se a vytváří mlhu a mraky. Navíc stromy vylučují organické látky (terpenoidy), které působí jako kondenzační jádra, sráží se na nich vodní pára a tvoří se mlha a mraky. Les je takovou mlhou částečně zastíněn a voda se vrací odpoledne zpět ve formě odpoledního deště. Proto horolezci vyrážejí ven na túru velmi brzo ráno, aby dosáhli vrcholu před odpolední bouřkou. **Vegetace, zdravé lesy na horách zejména, tak zajišťují tzv. krátký/uzavřený oběh vody.** Co se přes den v krajině vypaří, spadne odpoledne jako drobná dešťová srážka nebo se objeví místní bouřka.

Kolumbus si po příjezdu do Karibiku zapsal: odpoledne zde prší podobně, jako pršivalo na Kanárských ostrovech, Madeiře a Azorských ostrovech, než jsme je odlesnili

Důležité je si uvědomit, že s oběhem vody se roznáší i sluneční energie vázaná ve vodní páře a vyrovnávají se tak teplotní rozdíly v čase (noc/den) i mezi místy. Zde je na místě otázka, jaký je rozdíl mezi funkcí stromu a klimatizačního zařízení, které známe z hotelů, obchodů, kanceláří.

Strom chladí sebe a své okolí výparem vody, sluneční energie se ukládá do vodní páry ve formě tzv. skupenského tepla (latentní/skryté teplo). Naše technické klimatizační zařízení odebírá teplo z místnosti a vyfukuje ho do okolí. Takové klimatizační zařízení funguje podobně jako lednička, která ochlazuje svůj vnitřek a předává teplo roštem na zadní straně do okolí. **Lednička místnost ohřívá**, podobně jako klimatizační zařízení ohřívá své okolí. Tyto technologie využívají též změnu skupenství: ve výparníku se kapalina vypařuje a odebírá teplo, na druhé straně kondenzuje a teplo odevzdává, na cirkulaci chladicí kapaliny se spotřebovává elektřina, která se mění v teplo. Chladicí

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

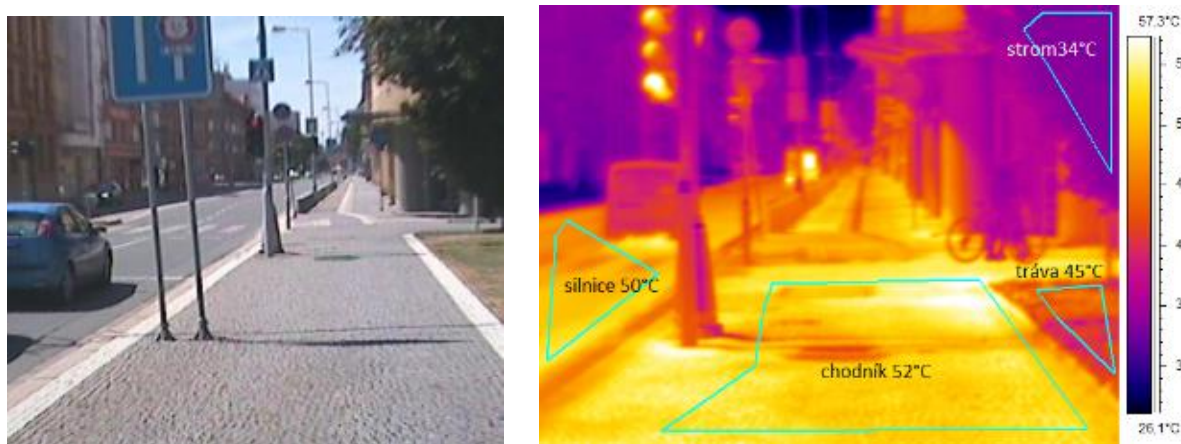
kapalinou je ovšem toxická látka. Kam odevzdává skupenské teplo strom, který se chladí výparem vody? Vodní pára se sráží v noci a ráno ve formě rosy a zmírňuje tak ranní chlad, nebo stoupá vzhůru, kde se ochlazuje, tvoří se mraky a místní srážky, suchý vzduch (vypršený) odchází směrem k moři „nabrat vodu“. Vegetace a voda vyrovnávají tepelné rozdíly, zatímco technologická klimatizace tepelný rozdíl zvyšuje, okolí budov, města se technologickou klimatizací ještě více ohřívají. Běžné klimatizace v hotelových pokojích, kancelářích mají příkon okolo 3,5kW, tato energie se při provozu mění v teplo. Vysoké „moderní“ prosklené budovy ve městech spotřebovávají na chlazení někdy více energie nežli v zimě na topení. Někdy elektrická síť v létě zkolabuje, protože je přetížena.

Tepelné ostrovy měst a velko-lánů

Města se za slunného počasí přehřívají zejména proto, že se odvodněné plochy (střechy, dlažba, betonové a asfaltové povrchy) nechladí výparem vody a jejich povrchová teplota dosahuje až 60 °C. Hovoříme o „tepelných ostrovech“ měst. V horkých letních dnech zapínáme technologické klimatizace, spotřebováváme elektrickou energii, chladíme své byty a provozovny, ohříváme okolí, zvyšujeme extrémní teploty. Řešením je pochopit funkci vody a vegetace a rozumně je využívat a omezovat rozlohy odvodněných ploch. **Proto je důležité zadržovat dešťovou vodu a využívat ji pro rozvoj vegetace – zelené klimatizace.**



Obr.15xx: Termovizní fotografie tepelného ostrova města Hradec Králové, osluněné střechy mají



povrchovou teplotu až 63 °C , ve stínu stromů aleje je 33

°C (. Pokorný a kol. 2018

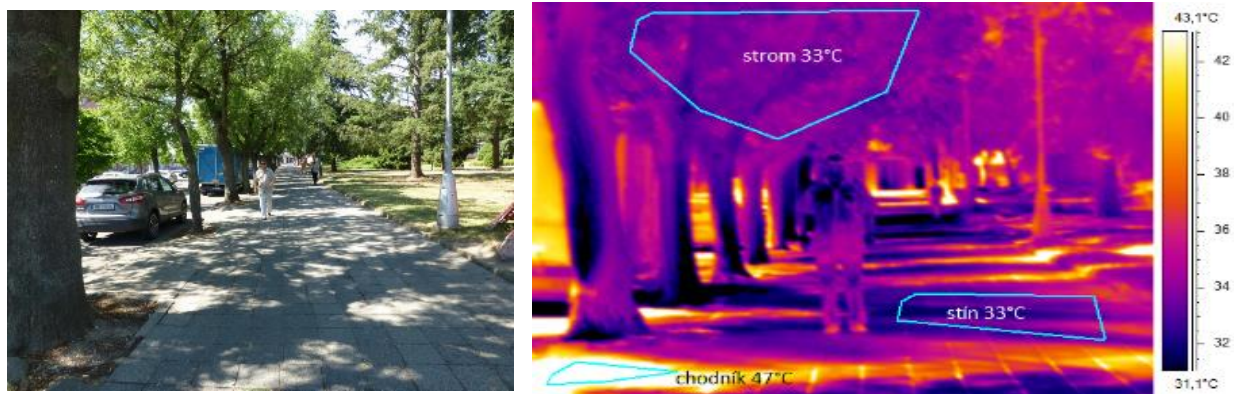


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Obr. xx16: Termovizní fotografie **tepelného ostrova** města Hradec Králové; Gočárova třída postrádá stromy a chodník má v letním slunném dni povrchovou teplotu přes 50 °C. (Pokorný a kol., 2018)



Obr. xx17 Termovizní fotografie **tepelného ostrova** města Hradec Králové Alej stromů na třídě Karla IV, snižuje teplotu povrchu chodníku téměř o 20 °C ve srovnání s Gočárovou třídou, která má stejnou expozici vůči slunci, ale nemá stromy. (Pokorný a kol. 2018)

Obr. xx19: Schéma: jak se mění mikroklima v tepelném ostrovu (pole) nebo v krajině se zelení



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Schéma: Zjednodušený proces vysušování krajiny tepelnými ostrovy a tlumení vysoušení vegetací:

- **Mokřady, lesy, stromy v krajině 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 nasycený vodní párou (100% vlhkost) obsahuje 50g vody v m³ (při 20% vlhkosti 10g). Při rychlosti 1,0ms⁻¹ se „z m²“ za 1hodinu transportuje vzhůru 36000g vody (36 litru) = **mechanismus vysychání krajiny, tedy až stovky litrů za den**



Obr.20 xx: Suché plochy se ohřívají sluncem a od nich se ohřívá vzduch, který stoupá rychle vzhůru a nasává se vlhký vzduch z okolí. Okolní les, vodní plochy, vegetace, mokřady ztrácejí vodu (Pokorný, Hesslerová 2019).

Ověřované zjištění (shrnutí) :

Podstatou stavu a změn mikroklimatu (a následně i klimatu) je míra slunečního záření a jeho využití: **Suché plochy se ohřívají slunečním zářením více** nežli vodní plochy a vegetace zásobená vodou, které chladí sebe a okolí výparem. Při hodnocení mikroklimatu (místní podnebí) je tak nutné brát v úvahu **změny krajinného pokryvu v místě, kde sledujeme** informace o počasí (meteorologické stanice). Jsou místa, kde lokálně prší více a je vlhčeji (nad lesy, mozaikovou krajinou) a je více teplo a sucho – v tepelných ostrovech velkých polí a měst.

K zapamatování:

Možnosti snížení výkyvů klimatu jsou v zásadě dvojí :

- **obnovovat STROMOVÉ ekosystémy** – především obnovou vegetace nejrůznějšího typu a druhu v sídle a krajině, stromy ve svých tělech vážou na delší dobu CO₂ ; za posledních **30 let ubylo až 30% STROMOVÉHO pokryvu planety** (NASA, 2019).

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

- **snížovat emise skleníkových plynů CO₂ a NO_x**, které mají, ač při malé koncentraci, celoplošný význam - **vytváří souvislou pokličku** - na zvyšování teploty na rozdíl od vodní páry mraků, které se pohybují proděním a vytváří nám lokální počasí a podnebí.

Box: **Průzkum znalostí začínajících studentů učitelství přírodopisu** (Ryplová a kol. 2021)

Sonda dosavadních znalostí k tématu role vegetace v distribuci sluneční energie a koloběhu vody v krajině byla provedena v roce 2018 mezi 100 nastupujícími studenty prvního ročníku oboru přírodopis se zaměřením na vzdělání na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Odráží tedy znalosti, se kterými studenti nastupují na pedagogickou fakultu po absolutoriu středních škol. Konkrétní výsledky sondy jsou dostupné v publikaci Ryplová & Pokorný (2019). Povědomí o tomto tématu bylo zjišťováno i mezi pedagogy spolupracujících škol.

Z výsledků sondy vyplývá, že úroveň znalostí o roli vegetace v distribuci solární energie a koloběhu vody v krajině je u začínajících studentů učitelství přírodopisu značně limitovaná. Byly odhaleny i některé desinformace.

Ačkoliv studenti mají po absolutoriu střední školy reálnou představu o množství slunečního záření dopadajícího na povrch krajiny, jejich představy o dalším využití této energie jsou nejasné nebo mylné. Převládá názor, že většina dopadající sluneční energie je rostlinami využita pro fotosyntézu, ačkoliv reálně se jedná pouze o cca 1 % dopadající energie. Naopak spotřebu sluneční energie pro výpar vody evapotranspirací v naprosté většině neuvažují a není jim známa ani termoregulační funkce vody pro rostlinu a její okolí. Z celkové analýzy výsledků vyplývá podcenění či neznalost ekologického významu transpirace rostlin. Fotosyntézu respondenti považují za dominantní fyziologický děj pro distribuci solární energie v krajině. Studenti si dostatečně neuvědomují souvislosti mezi znalostmi získanými ve fyzice již na úrovni základní školy (tepelné změny související se změnou skupenství - spotřeba tepelné energie pro výpar, uvolnění tepelné energie při kondenzaci) a znalostmi o transpiraci získanými ve výuce přírodopisu na středních školách. Mají problémy aplikovat poznatky z obou dvou těchto disciplín pro vysvětlení jevů, s nimiž se setkávají v reálném světě. Uvědomují si, že v městském parku je chladněji než na dlážděném náměstí, avšak neumí správně vysvětlit fyzikální principy vázané na přeměny energie zprostředkované rostlinami, které to způsobují (transpirace, evapotranspirace). Ačkoliv transpirace je součástí středoškolské výuky, **řada studentů zaměňuje proces transpirace s respirací a domnívá se, že výpar z listů je jen projevem rostlinného „dýchání“.** Za alarmující lze považovat i zjištění, že **nadpoloviční většina začínajících studentů učitelství přírodopisu neví, že rostliny do svého okolí uvolňují vodu v podobě páry.** Předpokládají, že rostliny pro svůj metabolismus využívají veškerou vodu, kterou kořeny nasají, aniž by nějakou její část opět do svého okolí uvolňovaly.

Sondou provedenou mezi učiteli z praxe bylo zjištěno, že nikdo z nich se s touto problematikou v rámci své vysokoškolské přípravy nesetkal, dva respondenti absolvovali jednu z popularizačních přednášek uspořádaných na toto téma ENKI, o.p.s. **Doposud nikdo z oslovených učitelů také však téma nezařadil do své výukové praxe na základní škole či víceletém gymnáziu.** Tyto mezery ve vzdělání jsou alarmující v souvislosti s úsilím o zmírňování klimatických extrémů a adaptací na klimatickou změnu.



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Příloha:

Motivační sledování pro případné investice obce, školy do veřejných prostranství



Obr. xx21: Je toto vhodná revitalizace veřejného prostranství z hlediska klimatu? Z termovizního snímku je zřejmé, že lidské postavy mají nižší teplotu nežli přehřáté okolí (zdroj ENKI, o.p.s.)

Vysoké stromy byly poraženy, trávník z velké části přeměněn na dlažbu, byly zhotoveny nákladné vodotrysky a zasazeny stromy „uvězněné“ v železných roštích, které se na **slunci ohřívají na 50 – 60 °C**. Lidské postavy jsou za slunného letního dne chladnější nežli dlažba. Za 10 milionů Kč se tak rozšířil tepelný ostrov města a poškodilo životní prostředí. Na dalším obrázku je patrné, jak **vysoké stromy** poskytují stín. Lidské postavy mají vyšší teplotu nežli okolí, vyzařují teplo a ochlazují se v horkém letním dnu. I tyto stromy byly určeny k pokácení v rámci „revitalizace“.



Obr. xx22: Vysoké stromy poskytují v létě stín. Z termovizního snímku je zřejmé, že lidské postavy mají vyšší teplotu nežli okolí.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



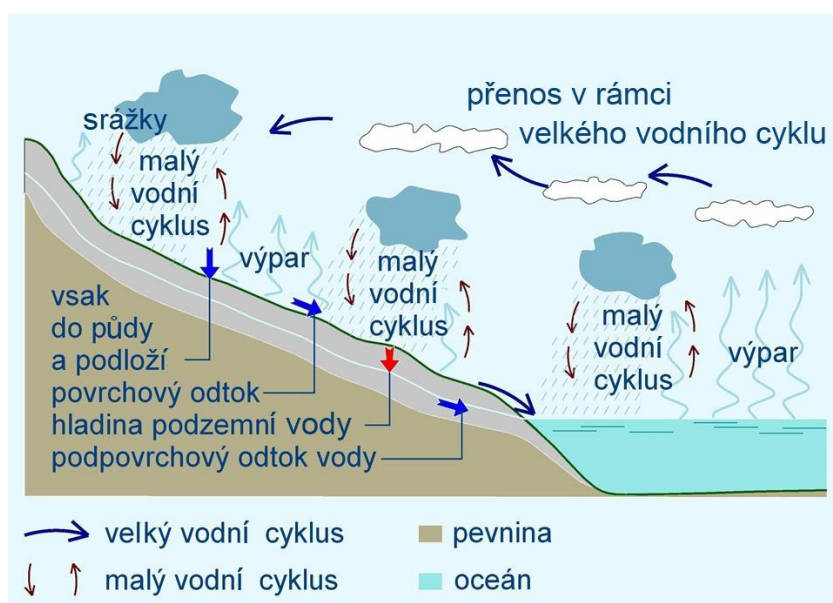
Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

• III. Vodní cykly - vzájemný vztah malého vodního a velkého cyklu

Jak to, že řeky tečou?

de se bere voda v prameništi, jak to, že řeky po staletí tečou? Voda se vypařuje sluneční energií. Rostliny se chladí výparem vody. Nad lesem, nad vlhkou loukou i nad rybníkem pozorujeme často mlhu, zejména ráno a večer, kdy je chladněji. Vzduch nad vegetací má totiž vysokou vlhkost, stoupá **zvolna vzhůru, ochlazuje se (na každých 100 metrů výšky se ochladí o cca 0,6 °C)**, dosahuje rosného bodu, vodní pára se sráží, vytvářejí se mraky a přichází odpolední déšť nebo i bouřka. Vypařená voda se vrací zpět do krajiny, takový oběh se nazývá krátký/uzavřený/ **malý vodní cyklus**.

Česko je vnitrozemský stát a více jak polovina srážek (deště) u nás nad pevninou (50-65%) pochází z malého vodního cyklu. Pro **malý vodní cyklus** je stěžejní **převaha výparu nad odtokem** a chlazení povrchu. Malý vodní cyklus je tedy zásadně ovlivněn vegetačním pokryvem.



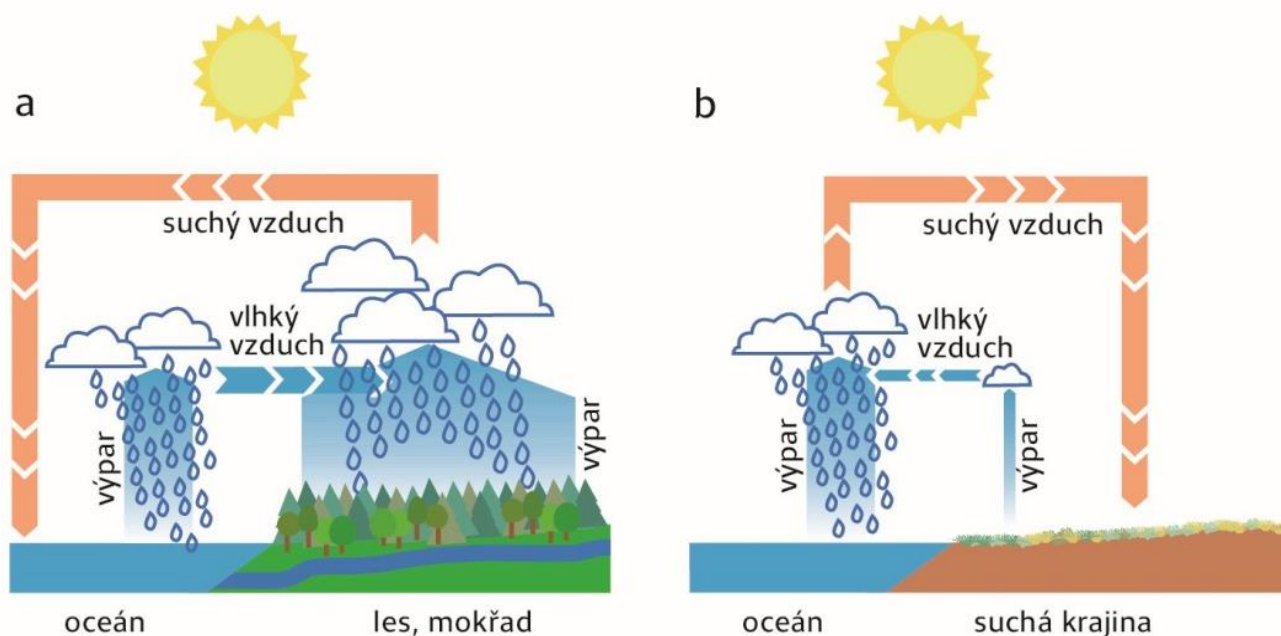
Obr.xx23: Vypařená voda se částečně vrací zpět v tzv malém vodním cyklu. Velký vodní cyklus přináší vodu z oceánu na pevninu. (Kravčík a kol. 2007, www.waterparadigm.org)

Je pozoruhodné, že na kontinentech, kde převažuje **les hluboko do vnitrozemí, jsou vysoké dešťové srážky i daleko od mořského pobřeží** (několik tisíc km) ve vnitrozemí. Děje se tak v Amazonii, Kongu, na Sibiři. Současná věda vysvětluje tento jev **teorií biotické pumpy**: lesy vypařují vodu, tím se ochlazují, vodní pára stoupá vzhůru a sráží se (kondenzuje), což je provázeno poklesem tlaku vzduchu (z 1200 litrů vodní páry vznikne 1litr vody tekuté) a uvolněním skupenského tepla vody. **Nad lesy při dešti vzniká podtlak a další vzduch je nasáván horizontálně.** Pokud převažuje lesní porost bez rozsáhlých suchých přehřátých ploch, potom je nasáván vzduch od moře, který má hodně vody. **Evapotranspirace lesa (malý vodní oběh) tak přitahuje vodu z moře, pohání tak velký oběh mezi mořem a pevninou, vlhký vzduch od oceánu přináší vodu, proto tečou řeky.** Pokud krajinu vysušíme, nemůže se chladit výparem vody, přehřívá se, ohřátý vzduch stoupá rychle vzhůru, odnáší vodu příliš vysoko a blokuje přísun vlhkého vzduchu z oceánu. Zdravá krajina bohatá na vodu a vegetaci tedy přitahuje vodu od oceánu tzv. **atmosférickou (létající) řekou** a vrací



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

vodu do oceánu řekami. Tak to funguje po staletí, nesmíme ovšem krajinu vysušit, aby se nepřehřívala a nepřerušila nebeskou létající řeku. Tok atmosférické řeky i řeky pozemské je poháněn tzv. biotickou pumpou. Pokud se krajina odlesní a odvodní, převezme úlohu lesa oceán a tzv. **reversní biotická pumpa** přitahuje vzduch s vlhkostí z kontinentu do oceánu, kontinent se vysušuje.



Obr. 24: Jednoduché schéma biotické a reversní biotické pumpy (Brom, Pokorný 2017),

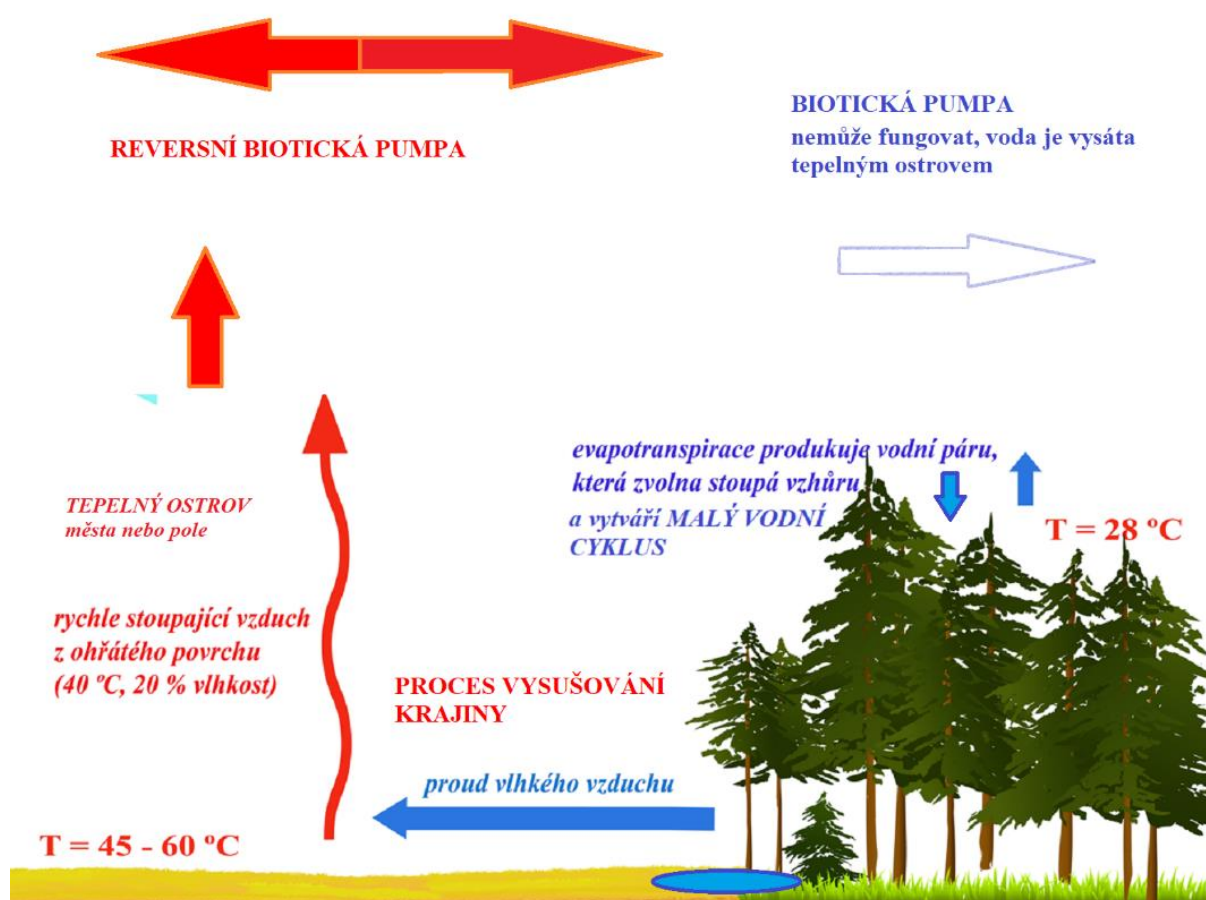
a) Intenzivní výpar nad lesními porosty → zvýšená kondenzace → snížení tlaku → pokles vertikálního tlakového gradientu → pohyb vzduchu mimo lesy → nasátí vzduchu od oceánů

• Vzduch od oceánů je vlhký → podpora procesů biotické pumpy

• Po vypadnutí srážky → suchý vzduch se vrací zpět nad oceány

b) Pokud krajinu odlesníme a odvodníme, probíhá kondenzace vodní páry převážně nad oceánem. Oceán tak odebírá („krade“) vodu kontinentu. To je mechanismus dlouhodobého vysychání oblastí, které člověk zbavil vegetace a vody
názorné video: <https://www.youtube.com/watch?v=Q8B4tST8ti8&feature=youtu.be>

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?



Obr. 25: suché přehřáté plochy mění blokují přísun vlhkého vzduchu a ohřátý vzduch odnáší vlhkost vysoko do atmosféry. Obrací se směr proudění vzduchu, tzv. reverzní biotická pumpa

K ZAMYŠLENÍ:

Někdy slýcháme, že rybníky/mokřady a lesy vypařují mnoho vody a proto se krajina vysouší. Ve skutečnosti se krajina vysušuje proudem vzduchu, který se ohřívá od suchých přehřátých ploch, které se na slunci nechladí výparem vody. Parkoviště, velké haly, sklizená pole bez meziplodin se na slunci ohřívají v létě na teplotu okolo 50 °C, od těchto ploch se ohřívá vzduch, který stoupá rychle vzhůru a nasává vlhkost z okolí. Ohřátý vzduch pojme hodně vody a odnáší ji ve formě vodní páry vysoko do atmosféry a vrací ho do oceánu, voda se nevrací ve formě mlhy nebo drobného deště.

Box pro Zeměpis

V rámci studie se ukázalo, že cca 40% deště ve vnitrozemí Evropy a 60% dešťů Euroasie je z výparu stromů převážně z lesů, shrnul Pearce (2020). Obdobně David Ellison (University Bern), dokazuje že 40 % celkových srážek v pramenné oblasti Nilu v Etiopii pochází z recyklované vody lesů v Kongu. Egypt, Súdán a Etiopie se dlouhodobě snaží dosáhnout nové dohody o rozdělování vody z Nilu. Taková dohoda bude však bezcenná, pokud bude pokračovat odlesnění povodí řeky Kongo.

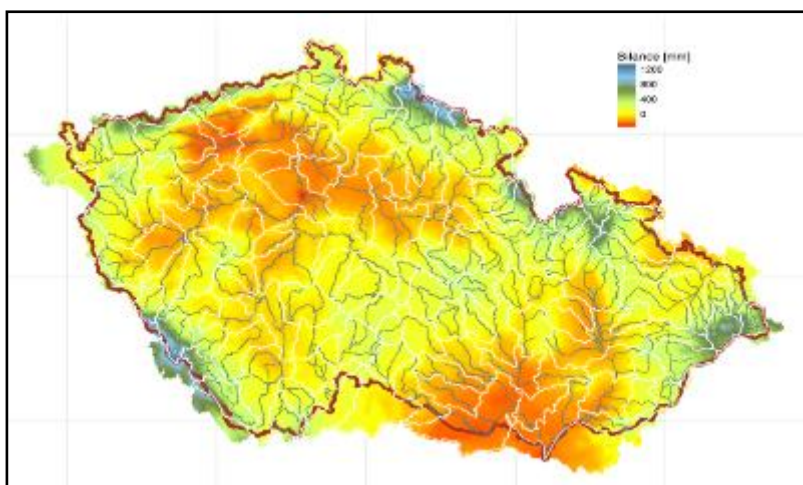


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



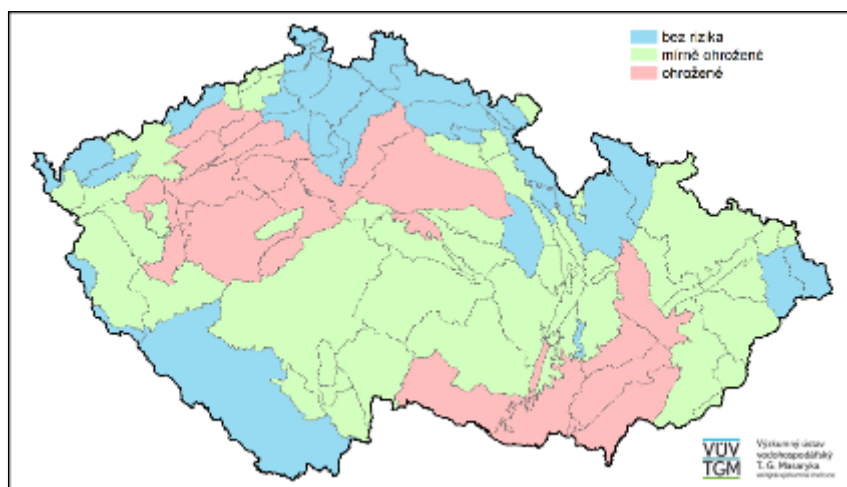
Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Les užíví nejvýše několik osob na 1km², proto rostoucí populace kácí lesy, vysušuje mokřady a zakládá pole k produkci zemědělských plodin a pastviny pro hospodářská zvířata. Za posledních sto let se města rozrostla do zemědělské krajiny a rozšířily se nepropustné plochy betonu místo lesů. **Nelze podstatně zvyšovat plochu lesů. Je ovšem možné snižovat teplotu zemědělské půdy** meziplodinami, tedy vegetací, která pokrývá sklizené pole. **Sady a agrolesnické prvky chladí významně krajinu**, zejména pokud mají bylinný podrost. Na parkovištích je nutné vsakovat vodu a podporovat růst velkých stromů. V kulturní krajině, bychom se měli snažit napodobovat funkci vzrostlého lesa, tj. chladit výparem rostlin, podporovat růst biomasy a **tím vázat živiny, oxid uhličitý a vytvářet podmínky pro rozvoj biodiverzity.** (viz další kapitoly metodiky). V době oteplování s každým stupněm průměrné roční teploty se předpokládá nárůst zvýšeného výparu z plochy až o 30 procent.



Obr. xx 26:

Mapa vodní bilance na území České republiky - přechod od žluté do červené barvy vyznačuje regiony, kde evapotranspirace je neuzavřená do malého vodního cyklu a nastoupí **vysychání především z tepelných ostrovů polí a měst**, které může přesahovat roční srážkové úhrny a bude příčinou výrazného sucha. Zdroj: VÚV TGM v.v.i.



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Obr.xx27: Zranitelnost hydrogeologických rajonů vůči suchu stanovená podle velikosti průměrného základního odtoku za období 1981–2010. SILNĚ ZEMĚDĚLSKÉ OBLASTI – S BEZLESÍM budou trpět více suchem a toky nebudou mít dostatek vody. Zdroj: VÚV.

Shrnutí:

Rostliny využívají pro stavbu svého těla, odborně řečeno váží do biomasy, jen velmi malou část přicházející sluneční energie. V průběhu roku přijde v našich podmínkách na jeden metr čtverečný 1100 – 1200 kWh sluneční energie, do biomasy se jí však naváže okolo 5 kWh, přibližně 0,5%. Rostliny a lesy zejména, spotřebují řádově vyšší množství sluneční energie (40-60%) na výpar vody. Za slunného počasí se do vodní páry váží až stovky wattů sluneční energie na jednom metru čtverečním. Rostlina se tak ochlazuje a je tak umožněna existence dalších procesů v rostlině, které by se při vysoké teplotě zastavily. Vypařování vody vegetací je často nazýváno ztráta vody výparem (evapotranspirací), jako „chyba přírody“, jako daň za to, že list musí otevřít průduchy, aby přijal oxid uhličitý pro fotosyntézu a „přitom nedopatřením ztrácí vodu“. Ukazuje se ovšem, že evapotranspirace je zásadní proces přeměny sluneční energie, který kromě ochranné fyziologické funkce má i významnou funkci mikroklimatickou a z hlediska ekosystémů i klimatickou - podmiňuje existence dešťových srážek hluboko v kontinentech. Podle shrnujícího článku v časopisu *Science Pearce (2020)*, je prokázáno, že čím hlouběji postupujeme do kontinentu, tím vyšší podíl dešťových srážek je tvořen vodou recyklovanou v malém oběhu vody (tzv. malý vodní cyklus); je to voda, která se vypaří (evapotranspirací) a opět padá zpět ve formě deště. **Je prokázáno, že dešťové srážky na Sibíři a na severu Číny pocházejí až z Atlantického oceánu**, je to tedy voda, která přešla přes Evropu. Teorie biotické pumpy (*Makarjeva, Gorškov 2007*) vysvětluje, jak vodní pára vypařená z rostlin - lesů stoupá vzhůru, ochlazuje se, vytvářejí se oblaka, vodní pára se sráží do drobných kapének na tzv. kondenzačních jádrech vytvářených z organických látek, které stromy vylučují (terpenoidy aj.). Voda kondenzovaná v mracích padá ve formě deště, při kondenzaci se sníží tlak vzduchu, protože vodní pára zaujímá 1000x větší objem nežli voda kapalná – a tak umožní proudění vlhkého vzduchu dále na kontinent.

Život vznikl v moři a z moře vystoupily rostliny na pevninu, voda je pro život nezbytná. Ukazuje se, že rostliny vyvinuly způsob, jak udržet a dále posílat respektive pumpovat vodu odpařovanou z oceánů hluboko do kontinentů. Podstatou je právě výpar vody z porostů za využití velkého množství sluneční energie. Evapotranspirace, která spotřebovává největší podíl přicházející sluneční energie, není tedy ztrátou vody, ale podmiňuje dešťové srážky. Historie již opakovaně prokázala, že odlesnění a odvodnění vede poklesu dešťových srážek v území, které je (dále po větru) směrem do kontinentu.

Použitá literatura a zdroje:

Literatura

Getz V., Prahofer G., 2019. Klimatický strom, Natur im Garten

Hesslerová, P., Pokorný, J., Brom, J., Rejšková – Procházková, A. 2013, Daily dynamics of radiation surfaře temperature of different land cover types in a temperate cultural Landscape: consequences for the local climate. *Ecological Engineering* 54, str. 145 – 154



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E., 2007, Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Municipalia, 92 stran

Makarjeva, A.M., Gorškov, V.G., 2007, Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. Hydrology and Earth System Sciences, Vol. 11, No. 2, 119 – 128

Kolektiv, 2015, Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, s využitím klimatologických podkladů Českého hydrometeorologického ústavu, MŽP - Ministerstvo Životního Prostředí, dostupné na:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D.

Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32. dostupné na :

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5-wg2-spm-1.pdf>

National Geographic **3/020**; Vltava-Labe přes, Praha

Pearce, F. 2020, Weather Makers. Forests supply the world with rain. A contraversion Russian theory claims they also make wind. Science 368 (6497) 1302 - 1305

Pokorný, J. 2001, Dissipation of solar energy in landscape controlled by management of water and vegetation Renewable Energy, 24, 641 – 645, Elsevier

Brom, J. and Pokorný, J., 2017, Hydrologie mokřadů, vodní cyklus a klima. In: Čížková, H., Vlasáková, L. and Květ, J. (eds), 2017. Mokřady: Ekologie, ochrana a udržitelné využívání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, str. 313-332,

Pokorný, J., Hesslerová, P., Jirka, V., Huryna, H. and Seják, J. 2018 Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. Urbanismus a územní rozvoj 1/21, str. 26-37.

Pokorný, J., Hesslerová, P., 2019. Jak vysycháme - aneb, opravdu „kazí rybníky hydrologickou bilancí“ Sborník referátů 5. Ročníku Odborné konference konané v Českých Budějovicích 14. a 15. února 2019, Rybářské sdružení ČR, FROV Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, str. 37 - 43

Ripple **a kol.** 2019

Ryplová, R., Pokorný, J., Hesslerová, P., Jirka, V., Vácha, Z. 2021, Metodika výuky k tématu Sluneční energie – voda v krajině – vegetace pro VŠ studenty učitelství přírodopisu pro ZŠ a učitele z praxe. ENKI, o.p.s. 51 stran

Názorné mapy možné stáhnout na : <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/schema-klimaticke-zmeny>



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



B/ Návrhy výukových aktivit

Návrhy výukových aktivit ke kapitole I.

I. stupeň 3-5 tř.

Název: Kolik naprší - tolik vyroste!

PŘEDMĚTY: matematika, pracovní výchova

Téma: obecně viz shrnutí I. téma , prakticky – zadržíme, spočítáme a využijeme dešťovou vodu

Cíl : Žáci na základě své zkušenosti chápou, jak moc je dostatek vody důležitý pro růst rostlin a tím i naši obživu. Žáci dokáží popsat v čem je pro nás výhodné zachytávat dešťovou vodu.

Pomůcky: využíváme výstupy projektu : **Školní zahrada – přírodní učebna; vyvýšený záhon (z projektu), barel 1000 l (z projektu) a voda z okapu , srážkoměr (u krmítka) na zahradě – 100 Kč**

Postup:

- **Pracovní výchova:** Do vyvýšeného záhonu vysejeme **dva oddělené řádky** zeleniny podle výběru dětí (lze pracovat i ve skupinách) : ředkviček, hrášku, slunečnice, mrkví, kedluben, rukoly (důležité vybrat takové rostliny, které uzrají do letních prázdnin a začít s výsadbou včas) - jeden řádek skupina **zalévá v režimu (stačí 1x týdně, když vyjde tak 2x týdně) x druhý řádek nezalévá**, necháme jej pouze na dešťových srážkách. Žáci průběžně hodnotí/pravidelně si zaznamenávají – např. formou fotografií, obrázků, textů

Den/ datum	Pozorování 1. řádek – ZALÉVANÝ 50 semen ředkviček	Pozorování 2. řádek – NEZALÉVANÝ 50 semen ředkviček	Počasí
1. / 1.4.2021	vyseté semena - zalitá	vyseté semena - nezalitá	slunečno
7. / 8.4.2021	semena klíčí všechna -50 ks	semena klíčí – cca polovina 22	zataženo, v týdnu přšelo (když víme zapíšeme i mm)
14./ 15.4.2021	rostliny vysoké 5-10 cm	rostliny vysoké 3 -5 cm	slunečno, fouká

Matematika: Počítáme kolik nám napršelo do barelu (máme tam měřítka) – za týden, měsíc, rok ... třídní projekt .. a tak víme o kolik méně vody dostaly nezalévané rostliny také měříme výšku rostlinek po týdnu v řádku 1 a 2 – a vypočítáváme rozdíly v růstu zalévaného a nezalévaného řádku, nakonec společně vyhodnotí rozdíl ve sklizni/úrodě. Můžeme vážit plody naší úrody. Zapisujeme do rozšířené tabulky a žáci vypočítávají u tabule, nebo vytváříme slovní úlohy k tématu a žáci řeší.



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Den/ datum	Pozorování 1. řádek – ZALÉVANÝ 50 semen ředkviček	Pozorování 2. řádek – NEZALÉVANÝ 50 semen ředkviček	Měřený rozdíl
14./ 15.4.2021	rostliny vysoké 5-10 cm	rostliny vysoké 3 -5 cm	výpočet: $10-5=5$ $5-3=2$ výsledek: rozdíl v délce růstu je 2- 5cm
28./	posbírali jsme 30 ředkviček vážily: 10 g nejmenší 35g a největší, spolu všechny 600 g.	posbírali jsme 10 vážily: 10 g nejmenší 30g a největší, spolu všechny 200 g.	výpočet celkový: $600 - 200 = 400$ g. zalévaných ředkviček bylo o 20 ks více a celkově o 400g těžší. $30:10=3$ a celkově bylo 3x větší úroda-na počet ks.
28.	celkem jsme 4x zalévali (5l konev) – 20l vody, 10l. vody napršelo	nezalévali – napršelo 10 mm, což je 10l. na m2	$30l - 10l$.. rozdíl je 20l vody pro 3x větší úrodu, ...a kdybychom byli zelináři, tak zaléváme! a které plody jsou chutnější – zalévané ?!
28.	1000l barel sbírá vodu ze 100m2 střechy a za měsíc tam napršelo 1000 l vody (100 cm výška sloupce vody v barelu (viz pozn.).	napršelo 1000l vody na 100 m2 střechy .. tedy 10 mm/ 1m2, ověříme na srážkoměru	úkol: vyzalévali jsme jen 20l. mohli jsme mít 50x větší záhonek na zalévání .. to by bylo ředkviček!
pozn: barel má plochu 1m2, čili měříme v barelu přírůstek deště na 1m2 – 1dcm3 je 1l vody.			

Diskuse pro motivaci (malé děti – pozitivní motivace): společné vyhodnocení pokusu (dle průběhu) – Kolik vody celkem za dobu pozorování napršelo? Kolik jsme dodali rostlinkám? Jak moc bychom se najedli, kdybychom neměli nádobu na zadržení vody? Je pro nás důležité vodu zachytávat, mít barel? Co se s ní stane, když jí nezachytíme? Rostlinky potřebují vodu k životu stejně jako my a my potřebujeme rostlinky. **zadržíme a využijeme dešťovou vodu, která nám dává potravu!**



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Návrh výukových aktivit II. Stupeň

Název: Kolik naprší - tolik vyroste!

PŘEDMĚTY: matematika, přírodopis;

Téma: obečně viz shrnutí I. téma, prakticky – zadržíme, spočítáme a využijeme dešťovou vodu

Cíl : Žáci si dokáží představit, jak velké objemy vody průměrně naprší za rok na různě velké plochy v místě, kde žijí (katastr jejich obce, školní zahrada, plocha střechy školy, atp.). (?)

Žáci vědí, jaký objem vody by mohli získat zachytáváním vody ze střechy jejich vlastního domu (?) Žáci dokáží popsat význam zachytávání dešťové vody pro člověka a krajinu.

Pomůcky: využíváme výstupy projektu : **Školní zahrada – přírodní učebna**; 1000 l barel (z projektu), údaje o rozloze různých zájmových ploch - z naší obce, od rodičů

Postup matematika: vytváříme příklady pro žáky, případně dáme za domácí úkol, aby s rodiči zjistily rozlohu katastru obce,

- Jaký objem vody průměrně spadne ročně na naší zahradu, obec, střechu?: U nás naprší 500 mm vody na 1m² /rok, Kolik naprší na území naší školní zahrady která má x m²– kolikrát by to naplnilo náš rybník, kolik naprší ročně na území našeho katastru obce který má x ha - jak velkou nádrž by to naplnilo ?
- Jaký objem vody dokážeme zachytit z plochy naší střechy při různé vydatnosti deště? Když sbíráme vodu ze střechy (výpočet plochy) a naprší 10mm na plochu – a ověříme v barelu 1000l , který instalujeme u okapu budovy. Modifikujeme na střechy domů žáků, střechy v obci (práce s průměrem, ideální plochou ...Závěrem diskutujeme, kdo co doma zavlažuje a z jakého zdroje. Kdo řešil problém nedostatku vody? Bylo by řešení pořízení nádoby na zachytávání vody? Jako domácí práce může být zadáno zpracování „projektu“ pořízení nádoby na zachytávání vody – tj. velikost, umístění, cena, odhad množství zachycené vody z plochy, předpokládané využití vody. Výhody pro nás/ přírodu. Můžeme zpracovávat do tabulky, obdobně jako první stupeň.

Počasi - dešť	plocha střechy školy pro 1000l barel	plocha střech v obci	plocha katastru obce
	100 m ²	300 střech (v obci je 300 domů) á 100m ² = 30 000m ²	1000 ha 1 ha = 100x100m
za měsíc duben napršelo 10 mm.	Kolik je to litrů ze střechy? Bude plný barel 1000 l vody.	obdobný výpočet	obdobný výpočet

pozn: barel má plochu 1m², čili měříme v barelu přírůstek deště na 1m² – 1dcm³ je 1l vody. napršelo 1000l vody na 100 m² střechy .. tedy 10 mm/ 1m², ověříme na srážkoměru



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Diskuse pro motivaci: klima se mění – a vznikají extrémy – sucha, vichřice, povodně, které nás ohrožují, ale můžeme jim předcházet či se přizpůsobit – **zadržíme a využijeme dešťovou vodu, která nám dává potravu!**

Návrhy výukových aktivit ke kapitole II.

Název: Skleníkový jev , tepelný ostrov a klimatizace

Cílová skupina: II.stupeň;

PŘEDMĚTY: fyzika, chemie

Ověřujeme: co je tepelný ostrov a proč je potřeba stromy, aby bylo lépe?

Cíl: Žáci rozumí pojmu **tepelný ostrov**. Žáci **chápu**, že **stromy dokáží ochlazovat své okolí**.

Pomůcky: Infračervený teploměr s laser zaměřovačem (od 400 Kč) – měří do 10 m, sondový teplo a vlhkoměr (cca 200 Kč) – měří kontaktně, použijeme pro ověření hodnot



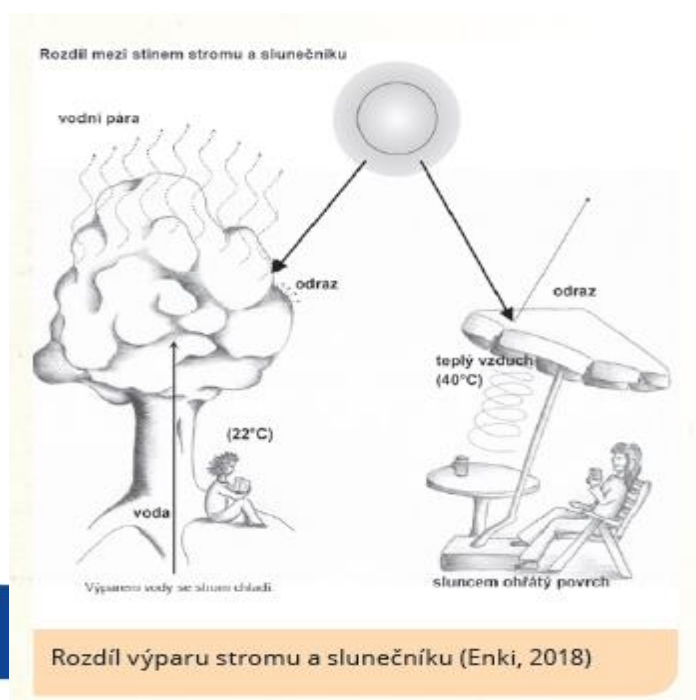
Obr: Infračervený teploměr

Popis:

Za slunného dne sledujeme rozdíl distribuce energie (pomocí měření teplot a vlhkosti) v místech s a bez vegetace.

- a) osluněný povrch – chodníku, silnice
- b) prostý zastíněný povrch stavbou
- c) povrch ve stínu pod stromem

Motivační obrázek:



Záznamy píšeme do tabulky

měřená veličina	osluněný povrch – chodníku , silnice	prostý zastíněný povrch stavbou	povrch ve stínu pod stromem
Povrchová teplota v C			
Povrchová vlhkost v %			



Rozdíl výparu stromu a slunečniku (Enki, 2018)

STVÍ, OUV

Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

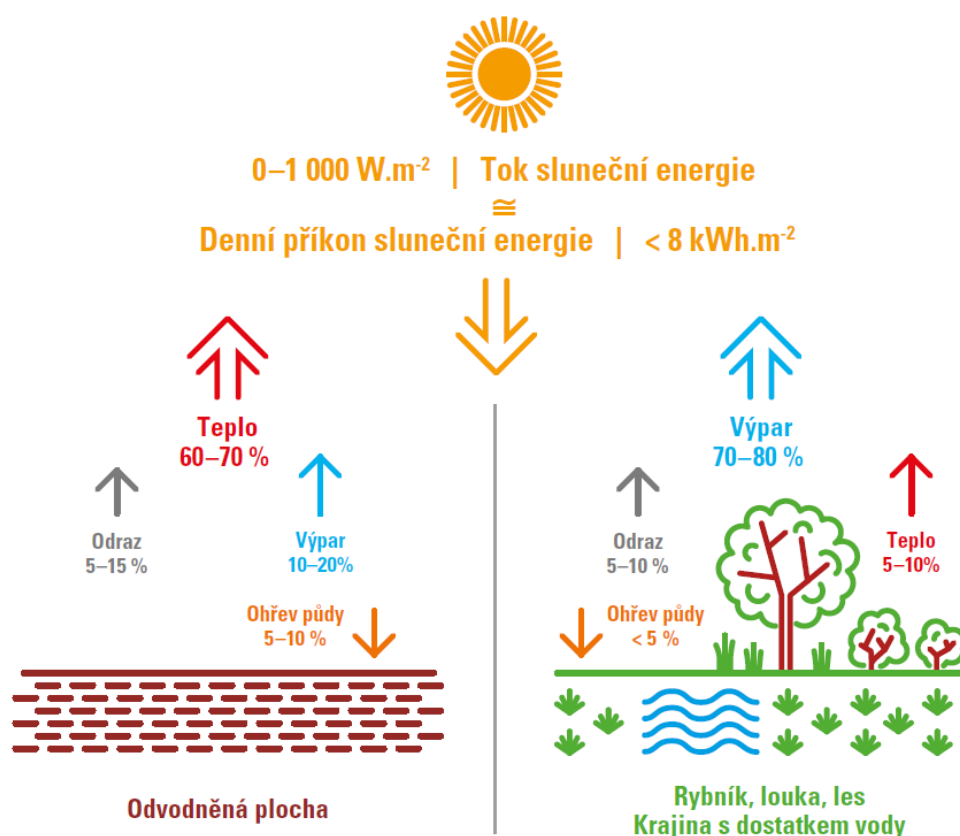
Pozn: Máme-li dostupnou technickou klimatizační jednotku měříme jak ohřívá ven a chladí dovnitř (princip lednice) a srovnáme se stromovou klimatizací, která chladí ven.

Výsledek: Na **oslněném chodníku** v létě je intenzita slunečního záření cca $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a povrchovou **teplotu 50°C a vlhkost 60%**. Ve stínu stromu je intenzita slunečního záření $80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a povrchová teplota 27°C a vlhkost 70%. Pod stromem je intenzita slunečního záření 10x nižší, **teplota o 23°C nižší, vlhkost o 10% vyšší nežli na oslněném chodníku, jak to vysvětlíme? Strom se chladí a zvlhčuje okolí!**

Vysvětlujeme rozdíl v ohřívání povrchu (chodník) a přeměny tepla na vodní páru (strom) - proces který chladí okolí. Když chybí vegetace povrch se přehřívá o 10 a více stupňů a mluvíme o tepelném ostrovu betonových měst či v létě oraných polí.

Pokládáme otázky co je tepelný ostrov? Kam strom ukládá teplo? Kam se poděje sluneční energie, kterou strom uschoval do vodní páry?

Vysvětlení: Strom chladí nejen prostým stínem, ale i postupným výparem vody. Naopak v noci je vegetace teplejší a výpar se sráží na rosu.



Obr. 3: Rozdíl v distribuci sluneční energie v krajině s vegetací a suché krajině bez vegetačního krytu a vodních nádrží. Odvodněná plocha s nedostkem vegetace se přehřívá, ohřátý vzduch stoupá vzhůru a nasává vlhkost i z okolí. Krajina s vegetací a dostatkem vody se chladí výparem vody, chladný vzduch stoupá zvolna vzhůru a brzo dosáhne rosného bodu, tvoří se mraky, mlha, voda se vrátí jako drobný déšť.



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Rozšířená úloha k procvičení a zamyšlení

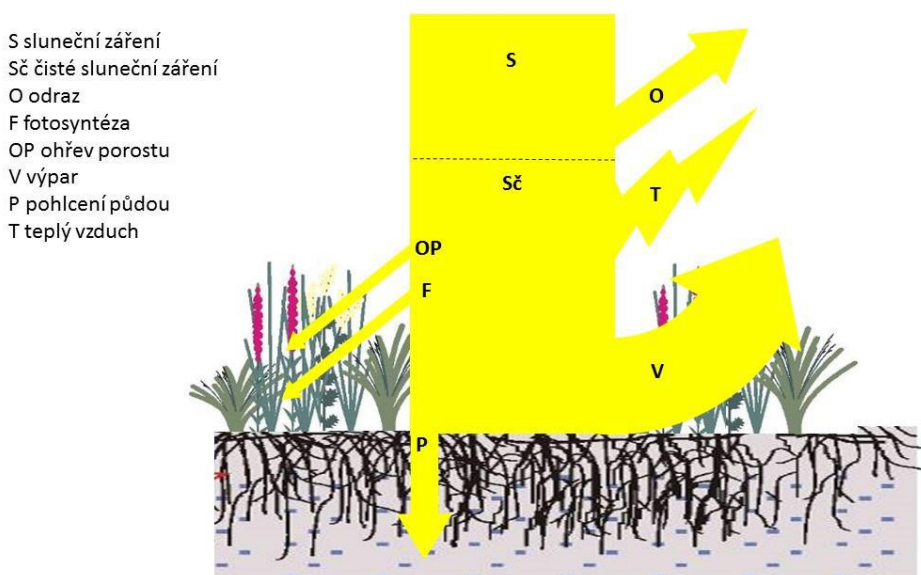
Pomocí IR teploměru nebo termokamery změřte povrchovou teplotu půdy a teplotu a vlhkost okolního vzduchu na asfaltové ploše, sklizeném poli, louce se vzrostlým nesekaným travním porostem a uvnitř lesního porostu. Srovnávejte osluněná místa o podobném příkonu sluneční energie. Pomocí tabulky č.1. v příloze zjistěte přibližné množství vodní páry ve vzduchu na jednotlivých lokalitách. Relativní vlhkost vzduchu je možno měřit IR teploměrem se zabudovaným čidlem pro měření vlhkosti vzduchu nebo samostatným přístrojem pro měření teploty a vlhkosti vzduchu. Porovnejte množství vodní páry pod stromem a vně. Z rozdílu teplot a vlhkosti můžeme vypočítat množství energie.

Měřená poloha	Povrchová teplota IC teploměr	Teplota vzduchu – prostý teploměr	Relativní vlhkost vzduchu -vlhkoměr	Přibližné množství vodní páry (výpočet z %)
asfaltová silnice	(49,1 °C)			
sklizeného pole	(48,1 °C),			

Pozn: Stanovíme intenzitu slunečního záření – např. 650W.m-2 - Globální sluneční záření [Wm-2]

Obr: Kontrolní obrázek o distribuci sluneční energie

Osud sluneční energie dopadající na povrch s vegetací...



Obr: motivační instalace zelené střechy – téma k diskusi *pro hospodaření škol.*

Rozdíl teplot mezi zelenou a klasickou střechou



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Návrh výukových aktivit y ke kapitole III.

Název: To je vedro! To je zima!

Výuka: I. stupeň Přírodověda-člověk a svět - IV a V. třída

Téma: sledování počasí a podnebí – jaký to vliv na přírodu a na nás, proč sledujeme teplotu a vlhkost

Cíl: Děti pochopí velký a malý vodní oběh s tím, jak moc důležité jsou v něm stromy

Vybavení: – školní meteostanice na chodbě – 600 Kč; plastový srážkoměr (u krmítka) na zahradě – 100 Kč

Diskuse motivační:- proč máme jaro-leto-podzim-zima ? (protože jsme v mírném pásu a sluníčko má různou sílu (úhel a doba osvitů slunce při náklonu země) v průběhu ročního oběhu kolem slunce, připomeneme, že na rovníku mají stále jedno počasí – tepleji a sezonně vlhčeji a na Jižní polokouli je podobně jako u nás- ale jen obráceně.(jaro x podzim, zima x léto)

– kde vznikají mraky (mrak je oblak vodní páry a drobných kapiček) – vznikají výparem vody v místě nad vlhkým povrchem – tedy nad oceány a dále nad jezery, a také lesy...

-kdy prší/sněží – u nás/ve světě – prší a sněží tam, kde vyšší nadmořská výška (hory) a v nižších místech | tam kde je vegetace (les) x **na pouštích neprší (ve dne moc horko, v noci chladno až mráz)!**

Postup: poznávací diskuse: probíráme s dětmi co se jim líbí v naší přírodě:

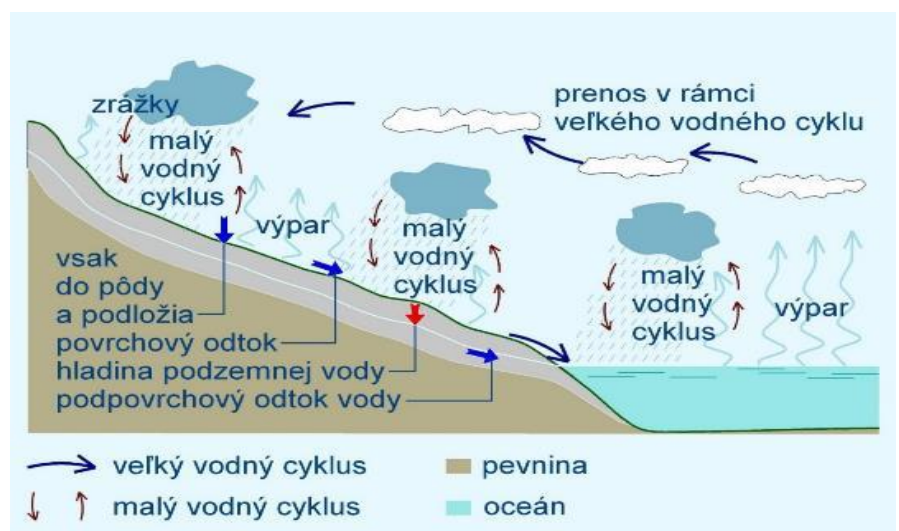
- na jaře – když rostou a kvetou rostliny – protože prší (viz pokus se zálivkou),

- na létě – všechno plodí – protože je dostatek vody a není příliš horko

- na podzimu – listy jsou barevné, rostou houby, kde je vlhko – v lese – a prší

- na zimě – je sníh (zmrzlá voda),- nejvíce na horách

Závěr: Je potřeba mnoho deště postupně za celý rok cca 600 -700 mm/m2 rok a mít lesy, aby zadržely napršenou vodu v půdě, chladili (v létě) a postupně je dávali do řek. Popisujeme obrázek.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Téma I: Klima - mikroklima a co my s tím?

Název: To je vedro! To je zima!

Výuka: Zeměpis II. **Stupeň** – podnebí, počasí; světové /evropské teplotní pásma

Cíl: umět vysvětlit změny počasí a podnebí na zemi a sledovat problémy spojené s klimatickou změnou

Postup: doma (ve skupinách) zjistit a zapsat aktuální počasí a případně klimatické změny ve Finsku /Kanadě (severněji), Syrii/ (jižněji) , u nás ve stř. Evropě – **a navrhnout co je ovlivňuje**. Společně vysvětlují rozdíly – podnebí, počasí odpovídá podnebí? Zdroj dat: acuweather.com

Postup:

I. Obecná diskuse k počasí a podnebí:- **proč máme jaro-leto-podzim-zima** ? (protože jsme v mírném pásu a slunce má různou sílu (úhel a doba osvitlu slunce při náklonu země) v průběhu ročního oběhu kolem slunce, připomeneme, že na rovníku mají stále jedno počasí – tepleji a sezonně vlhčeji a na jižní polokouli je podobně jako u nás - ale jen obráceně (jaro x podzim, zima x léto). Doplňkové otázky:

- kde vznikají mraky (mrak je oblak vodní páry a drobných kapiček) – vznikají výparem vody v místě nad vlhkým povrchem – tedy nad oceány a dále nad jezery, a také lesy...

- kdy prší/sněží – u nás/ve světě – prší a sněží tam, kde vyšší nadmořská výška (hory) a v nižších místech I tam kde je vegetace (les) x **na pouštích neprší (ve dne moc horko, v noci chladno až mráz)!**

II. motivační diskuse: klima se mění (změnili jsme obsah plynů ve vzduchu – vytváříme skleníkové efekty, vykáceli jsme lesy a vytvořili stepi – pole na pěstování obilnin– a v intenzivní zemědělské krajině s malým množstvím stromů vznikají extrémní sucha, vichřice, povodně, které nás ohrožují, ale můžeme jim předcházet či se přizpůsobit – sadit více stromů /zlepšuje I kvalitu půdy/ v otevřené krajině, nepřidávat skleníkové plyny do atmosféry.

Výsledek, ke kterému by měli dojít zjištěním:

- ČR - v klimatické změně (od roku 2000 zjevné) – už v zimě není sníh spíše sucha a v létě prší přívalem deště a nebo je příliš horko a sucha.
- Syrie – ještě více teplo-vedro, přívalem deště jaro – vzácné – vznikají polo -pouště, ... sociální napětí
- Kanada - velká jezera již téměř nezamrzají chybí sníh, jen déšť

Závěrem: Práce s mapou – kde na světě jsou pouště? Státy, které jsou dále od oceánu a chybí jim lesy mají méně srážek a jsou tam polopouště a pouště (střední Asie, severní Afrika, stř. Austrálie, střed USA).