MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

LESNICKÉ ŠKOLY PÍSEK

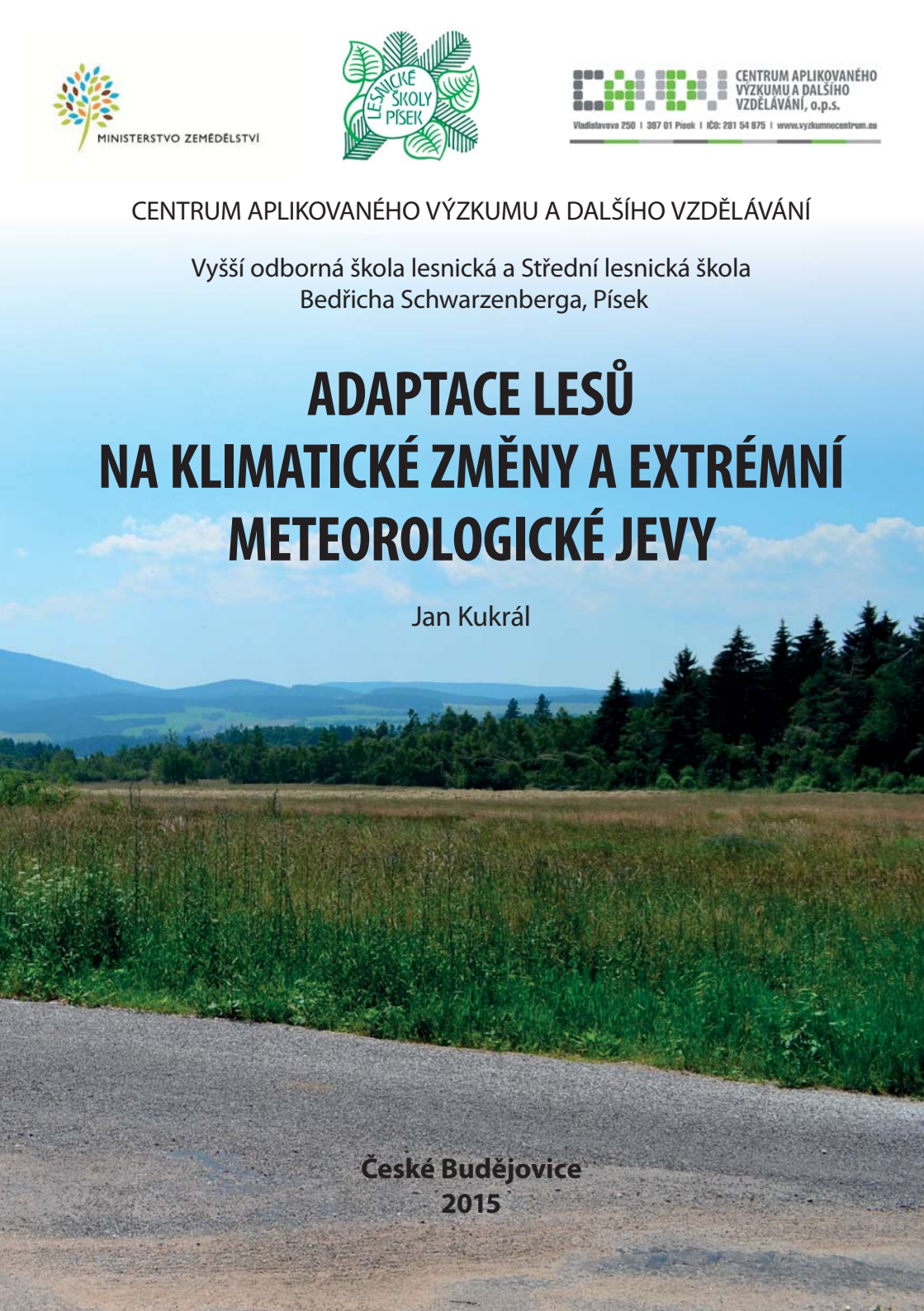
CENTRUM APLIKOVANÉHO VÝZKUMU A DALŠÍHO VZDĚLÁVÁNÍ, o.p.s.
Vladislavova 250 | 397 01 Písek | IČO: 281 54 875 | www.vyzkumnecentrum.eu

CENTRUM APLIKOVANÉHO VÝZKUMU A DALŠÍHO VZDĚLÁVÁNÍ

Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola
Bedřicha Schwarzenberga, Písek

ADAPTACE LESŮ NA KLIMATICKÉ ZMĚNY A EXTRÉMNÍ METEOROLOGICKÉ JEVY

Jan Kukrál



České Budějovice
2015

ADAPTACE LESŮ NA KLIMATICKÉ ZMĚNY A EXTRÉMNÍ METEOROLOGICKÉ JEVY

Jan Kukrál

České Budějovice
2015

Název: **ADAPTACE LESŮ NA KLIMATICKÉ ZMĚNY A EXTRÉMNÍ METEOROLOGICKÉ JEVY**

Autor: **Ing. Kukrál Jan**

Vydavatel: Centrum aplikovaného výzkumu a dalšího vzdělávání, o.p.s., Písek a nakladatelství JIH, České Budějovice

Odp.redaktor: dr. Berová Milena

Účel: monografie

Sazba: Kurent s.r.o., Vrbenská 197/23, 370 01 Č. Budějovice

Tisk: Kurent s.r.o., Vrbenská 197/23, 370 01 Č. Budějovice

ISBN 978-80-86266-10-7

Obsah

1 **Příspěvek první** - co znamená, když se vysloví termín „změna klimatu“; jsme připraveni? 4
1.1 Klimatická změna - příčiny a dopady změny klimatu 4
1.2 Globální oteplování - modelování 6

2 **Příspěvek druhý** - fyziologické procesy 7
2.1 Fotosyntéza - listy jako fotochemické „továrny“ 7
2.2 Klimatická pásma, rozšíření lesů 8

3 **Příspěvek třetí** - jaká je reakce lesů? 9
3.1 Klimatická změna a ochrana lesů 9
3.2 Globální změna klimatu a lesní půdy - přehled nejdůležitějších změn 15
3.3 Co se v ČR sleduje ve vztahu ke Kjótskému protokolu? - les a ochrana klimatu 16
3.4 Zajímavosti 18

4 **Příspěvek čtvrtý** - praktická část 22
4.1 Klimatické charakteristiky KŠH ŠP Hůrky 22
4.2 Vegetační poměry 23
4.2.1 Potenciální přirozená vegetace 23
4.3 Lesní typy a jejich soubory 24
4.3.1 Lesní vegetační stupně 24
4.4 Změny v dřevinné skladbě 25
4.5 Mapy zdravotního stavu lesů z družicových snímků 26

5 **Použitá a doporučená literatura** 30

6 **Přílohy – obrázky, grafy, schémata** 31

Seznam obrázků 46

1 PŘÍSPĚVEK PRVNÍ - CO ZNAMENÁ, KDYŽ SE VYSLOVÍ TERMÍN „ZMĚNA KLIMATU“; JSME PŘIPRAVENI?

MOTTO:

„Atmosféra je významným orgánem Gaii, je to nejen biologický produkt, ale mnohem pravděpodobněji biologická konstrukce, která je neživoucí, ale tak jako kočičí srst, ptačí peří či papírové vosí hnízdo je prodloužením živého systému vytvořeného k udržování zvoleného prostředí.“

(LOVELOCK, James. Gaia: *Živoucí planeta*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 1994, 221 s. Kolumbus. ISBN 80-85368-56-0.)

1.1 Klimatická změna - příčiny a dopady změny klimatu

1) Změny ve složení atmosféry a poškozování atmosféry
   - Snížení koncentrace ozonu ve stratosféře
   - Zvyšování koncentrace „skleníkových“ (radiačně aktivních) plynů v troposféře
   - Změny radiační a energetické bilance systému aktivní povrch – atmosféra
   - Globální oteplování - nárůsty teploty vzduchu
   - Změny podnebí (hodnot a chodu meteorologických prvků)

2) Astronomická teorie (Milankovič)
   - Změny postavení Země ke Slunci, změny sluneční aktivity (jedenáctiletý cyklus)

3) Změny v rozložení pevnin a oceánů (pohyby zemských litosférických desek

4) Změny propustnosti atmosféry pro sluneční záření způsobené vysokým znečištěním

5) Zesílení účinku „skleníkového efektu“
   - Atmosféra v globálním měřítku dostatečně dobře propouští k zemskému povrchu krátkovlnné sluneční záření, avšak dlouhovlnné vyzařování zemského povrchu výrazně pohlcuje a z části vyzařuje zpět k povrchu

RAP - radiačně aktivní plyny („skleníkové plyny“)

1) CO_2 - oxid uhličitý
2) CH_4 - metan - přímý efekt, nepřímý efekt prostřednictvím vodní páry (stratosférická H_2O)
3) N_2O - oxid dusný (a další oxidy dusíku NO_x)
4) CFC - freony (chlorofluorouhlovodíky)

RAP se vyskytují v malých (stopových) koncentracích, ale výrazně ovlivňují radiační bilanci systému atmosféra - zemský povrch. Jejich působením je nejvyšší teplota na povrchu Země a v nejnižších vrstvách atmosféry (dnes ovlivnění spodních 8 km).

Činnost člověka (antropogenní působení) se projevuje v ovlivnění bilance dlouhovlnné radiace neustálým zvyšováním koncentrace RAP. Vzduch se tak více ohřívá a méně ochlazuje zemský povrch - tak se zvyšuje teplota zemského povrchu. Souhrnně mluvíme o „globálním oteplování", které patří ke globálním problémům lidstva.

Změny klimatu v historii Země - kolísání (proměnlivost) klimatu

Ke změnám klimatu docházelo i v historii Země (střídání dob ledových a meziledových s teplejšími periodami).

Výchylky hodnot klimatických prvků od průměrné hodnoty se vyrovnávají (chod vyjadřuje sinusoida) - úhrny globálního záření, teploty vzduchu, úhrny srážek atd.

V pozorovací řadě Prahy - Klementina (od roku 1771) bylo vůbec nejteplejší desetiletí 1791–1800, naopak nejchladnější období 1851–1860, 1941–1950). Trend v poklesu srážek vyvolává zvýšení aridity prostředí - snížení vlhkosti vzduchu, půdy a množství disponibilní (přístupné) vody pro rostliny.

Mění se výskyt povětrnostních situací. Přenos teplého vzduchu z nižších zeměpisných šířek podmiňuje vyšší výskyt tlakových výší nad střední Evropou. Matematické modely počítají také se změnami atmosférické cirkulace. K tomu slouží vyhodnocování časových řad měření klimatických a meteorologických prvků.

Teorie změny klimatu - podstata

Změna klimatu (podnebí) je vyvolána zvýšenou koncentrací RAP (radiačně aktivních plynů) v ovzduší (atmosféře) následkem antropogenní činnosti - člověkem, ale také přírodními procesy.

Klimatologové zastávají názor, že reálné výsledky modelů (pro teplotu) pocházejí ze zesílení skleníkového jevu. Pro srážky model přináší neshody. Modely jsou komplexní - zahrnují cirkulaci atmosféry.

Scénář emisí **IPCC (Mezivládní panel pro změnu klimatu - Intergovernmental Panel on Climate Change)** vychází z odhadů průměrné produkce RAP (vyjádřeno především „ekvivalentní" koncentrací CO_2 - nejvýznamnějšího plynu). Roli hrají - odlesňování zejména v tropických oblastech, používání umělých hnojiv v zemědělství a vývoj podmínek demografických, ekonomických a technologických.

MODELOVÁNÍ

Modely klimatické změny jsou rovnovážné (CCC - Kanada, UKHI - Spojené království Anglie, **GISS**, NCAR, OSU - Amerika). Počítají s topografií zemského povrchu, cirkulačním modelem atmosféry a modelem směšovací vrstvy v oceánu, ale také s oblačností. Matematické

modely nedávají jednoznačné výsledky. Ctí princip předběžné opatrnosti (prevence) a dohody o snížení emisí RAP.

Uvedené se odráží v **plánování zásahů do krajiny**:
1) Zvýšení teplot - nárůst délky vegetačního období
2) Poklesy úhrnů srážek
3) Rozdíly mezi Čechami a Moravou (bioklimatologické charakteristiky)
4) Zásahy v krajině (vycházet vždy z přírodních podmínek) - adaptabilní, ekologické (bez odpadů a emisí), energeticky nenáročné (nezávislé na dodatkové energii), počítat s již výrazným ovlivněním ekosystémů

1.2 Globální oteplování - modelování

Dnes je vědecky dokázáno, že globální oteplování je skutečností. Do jaké míry zásluhou člověka, nebo jen jako součást změny klimatu (která v minulosti Země nesčetněkrát proběhla), o to se vedou rozsáhlé diskuze.

Zesílení „skleníkového" efektu

Jedná se o přirozený jev v atmosféře. Velmi podobnou funkci jako skleněné plochy skleníku mají i některé plyny v atmosféře - skleníkové plyny (především CO_2, N_2O a oxidy dusíku, CH_4, freony, vodní pára). Tyto plyny zadržují tepelnou energii - jsou „radiačně aktivní". Pokud by se tak nedělo, byla by průměrná teplota zemského povrchu přibližně o 35 °C nižší. Navyšování emisí plynů do atmosféry (zejména CO_2) z velké části způsobuje člověk - jedná se o „antropogenní" emise.

To způsobuje nejen oteplování systému Země - atmosféra (spodních 8 km), ale v některých oblastech se může projevit nedostatek srážek, jinde bude více bouří a povodní (častější klimatické extrémy). Do procesu vstupují i změny ve světovém oceánu, změny polárního a horského zalednění a vztahy mezi nimi.

Klima nebylo v historii Země vždy stejné - klimatická změna se Země nedotýká poprvé. To dokládají vědci zkoumané vrstvy hornin, mořské korály, led z ledovců a letokruhy stromů (metody dendrochronologie). V historii Země se střídaly doby ledové (chladná období) s teplejšími obdobími (periodami).

Oteplení je pouze součástí celkové změny klimatu. Změny se dotýkají také množství (úhrnů) srážek, množství oblačnosti a rozložení srážek během roku. Globální oteplení znamená zvýšení průměrné teploty na celé zeměkouli. V průměru tedy teplota vzroste. Na Zemi budou ale také oblasti, kde se trochu ochladí. Jinými slovy - někde budou podmínky více příznivé, někde méně příznivé. Těch chladnějších míst ale bude méně než těch, kde dojde v příštích desetiletích k oteplení.

I bez zásahů člověka se klima v historii Země podstatně změnilo. Měnil se rozsah polárního zalednění (období kdy dosahovalo až na 40. Rovnoběžku a období porostů jehličnanů na severním pólu). Zásadní otázkou zůstává to, je-li pozorované oteplování v posledních letech způsobené přirozeně (variabilitou) nebo ho způsobuje člověk?

Předpokládaná změna klimatu se počítá pomocí počítačových „globálních klimatických modelů". Například počítané změny na rok 2050, do konce století atd. Tyto modely globálně zahrnují všechny fyzikální procesy (Kalvová, 2007). Modely jsou dělené do následujících čtverců (rastrů):

1) Modely globální - rastr 300 × 300 km
2) Modely regionální - rastr 50 × 50 km (zkreslují situaci zejména v pohořích ČR)
3) Modely lokální - rastr 10 × 10 km (jsou budoucností)

Z uvedeného vyplývá, že postupně dochází k zahušťování sítě a zpřesnění předpovědí.

Průměrné teploty v ČR (třicetileté období okolo roku 2050) se zvýší o 1 °C až 3 °C. Například místo, které je dnes položeno v 700 metrech nadmořské výšky, bude potom stejně teplé, jako jsou v současnosti třeba místa v Polabské nížině, to je od 115 do 200 metrů nad mořem (posun o 1 až 2 lesní vegetační stupně).

Charakter počasí v příštích desetiletích se také změní. Očekávané jsou častější výkyvy počasí - povodně, vichřice, vlny veder a naopak silné mrazy (klimatické extrémy). Důsledky některých změn pociťujeme již v současnosti.

2 PŘÍSPĚVEK DRUHÝ - FYZIOLOGICKÉ PROCESY

2.1 Fotosyntéza - listy jako fotochemické „továrny"

Fotosyntéza je tvorbou látek za přítomnosti světla. Je to nezbytný proces pro tvorbu základních stavebních látek rostlin i látek ochranných. Také je nezbytný pro všechny další formy života - je základem života na Zemi. Probíhá v chloroplastech, specializovaných strukturách buněk listu. Ty obsahují tylakoidy s chlorofylem. Jde o schopnost autotrofních (výživově soběstačných) zelených rostlin vytvářet jednoduché organické sloučeniny (syntéza cukrů) z anorganických sloučenin (vody a CO_2) při pohlcování sluneční energie (světla). Energie slunečního záření se mění na energii chemických vazeb. Při fotosyntéze se jako odpadní produkt uvolňuje kyslík. Průduchy přijatý CO_2 je absorbován a rozložen; naopak průduchy vypouštějí kyslík a vodu.

V první fázi fotosyntézy se zachycuje energie ze slunečního záření. Ta je potom využita pro přenos elektronů z elektropozitivní soustavy voda - kyslík na elektronegativní soustavu koenzymu.

Ve druhé fázi dochází k fixaci CO_2 do organických sloučenin. Barvivo chlorofyl nacházející se v membránách tylakoidů uvnitř chloroplastů působí jako součást přenašečů. Ty využívají energii absorbovaného světla a zahajují tvorbu cukrů.

Sřetězením jednoduchých cukrů vzniká škrob - zásobní látka rostlin (důležitý například pro tvorbu a zrání semen). Cukry a škrob jsou „palivem" pro chemicky náročné procesy - biosyntézu bílkovin (potřeba fosforu a dusíku) a tvorbu genů.

Suroviny fotosyntézy jsou přeměňovány na rozmanité sloučeniny - celulózu (polovina produkce, tvoří buněčné stěny), lignin. Z přebytků fotosyntézy vznikají ochranné látky rostlin (mléko, kaučuk, třísloviny - dub, jedovaté fenoly, pryskyřice, chinin - chinovník). Některé látky jsou využívány v lékařství. Sítkovicemi jsou asimiláty listů transportovány do kmene a kořenů dřevin.

Při přebytku zásobních látek (asimilátů) list pracuje dále - přebytků se zbavuje. Při silném slunečním záření se přes průduchy listů odpařuje velké množství vody, to je ochrana listu před přehřátím (transpirace).

Lesy významně ovlivňují klima. Odpařují více vlhkosti než volná vodní plocha stejné velikosti. Ovlivňují také vzdušné proudění, zastiňují půdu a vsakují srážky. Mění významně životní podmínky - tlumí kolísání počasí, zmírňují a mění sluneční záření. Bez existence lesů by vývoj života na Zemi probíhal jinak.

Lesy každoročně vážou obrovské množství CO_2 (uhlíku) z atmosféry - celkové množství se odhaduje na více než 100 miliard tun ročně.

2.2 Klimatická pásma, rozšíření lesů

V severních zeměpisných šířkách jsou vodní srážky sice víceméně rovnoměrně rozloženy. Jejich část však zůstane pro rostliny téměř půl roku nevyužitelná - spadne v podobě sněhu. Dřeviny se sezónnímu nedostatku vody v zimním období brání tím, že omezují její spotřebu. Snižují fyziologické procesy - růst a dýchání a shazují listy.

Struktura jehlic stálezelených jehličnanů severní polokoule představuje znamenitou adaptaci na sezónní nedostatek vody. Jehlice mají malý povrch, tlustou pokožku s voskovými povlaky a především hluboce zapuštěné průduchy. Ty jehličnanům slouží jako dokonalá kontrola hospodaření s vodou (vodní provoz stromu).

Jinak je tomu v tropickém zeměpisném pásu, který se rozkládá po obou stranách rovníku. Rozložení srážek během roku je zde zcela vyrovnané - dostatek vody spolu se stálými vysokými teplotami vytváří vhodné prostředí pro vznik a utváření nejbohatšího lesního biomu planety Země - tropického deštného pralesa.

Na sever i na jih od pásma tropických deštných pralesů režim vodních srážek opět kolísá. Stromy v tropických lesích jsou částečně opadavé či opadavé.

Ve Středozemí se střídají mírné vlhké zimy a suchá horká léta s výrazným nedostatkem vody. Zde stromy změnily životní rytmus – v zimě a brzy na jaře rostou a kvetou, ale v létě mají období klidu.

Hlavní typy podnebí (klimatická pásma)

- A - Tropické (megatermální) podnebí
- B - Suché (aridní a semiaridní) podnebí
- C - Mírné (mezotermální) podnebí
- D - Kontinentální (mikrotermální) podnebí
- E - Polární a alpínské podnebí

Kolik uhlíku ukládá les?

Kategorie	Rok	Živá biomasa		Mrtvá biomasa		F + H horizont	Celkem
		nadzemní	podzemní	nadzemní	podzemní		
		(tun uhlíku / ha)					
Živý les	2000	101,5	36,7	9,4	9,6	48,1	205,1
Holina		1,0	3,6	18,6	32,2	23,7	79,2
Suchý les		7,2	8,3	83,5	43,5	42,4	184,9
NP Šumava		97,5	35,5	12,3	11,0	47,8	**204,1**
Živý les	2040	101,5	36,7	9,4	9,6	48,1	205,1
Holina		30,7	9,6	1,8	3,3	23,7	69,1
Suchý les		43,2	16,2	3,2	3,3	42,4	108,3
NP Šumava		99,0	35,8	9,1	9,3	47,8	**201,0**

Tabulka 1 - Zásoba uhlíku v jednotlivých složkách lesního ekosystému NP Šumava – stav v roce 2000 a prognóza na rok 2040. (Zdroj - ZATLOUKAL, Vladimír. Kvantifikace zásob uhlíku v lesních ekosystémech Národního parku Šumava. In: *Aktuality šumavského výzkumu III*. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava, 2007, s. 6–9.)

3 PŘÍSPĚVEK TŘETÍ – JAKÁ JE REAKCE LESŮ?

3.1 Klimatická změna a ochrana lesů

Změny patogenity a virulence hub

Jedná se o změnu fyziologických vlastností patogenních druhů hub (zejména těch druhů, kde trend šíření se zachovává).

Rod *Ophiostoma* (*O. ulmi, O. novo-ulmi, O. ulmoides*)

Jedná se o původce **grafiózy jilmů** a **tracheomykóz dubu**, případně o účast na hynutí dubu s tracheomykózními příznaky.

Grafióza (nebo též holandská nemoc) je onemocnění postihující jilmy, které je způsobeno houbou druhu *Ophiostoma novo-ulmi*. Houba zamezuje protékání mízy cévami, což způsobuje postupné odumírání nejdříve větví, později celého stromu. Strom jakoby uschnul nastojato, pak z něho opadala i veškerá kůra.

Obrázek 1 - Ophiostoma sp., autor – Petr Kapitola, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ophiostoma_sp._Syd._%26_P._Syd._2111031.jpg

Dříve vzácné druhy jsou dnes běžné

U borovice **rez sosnokrut (*Melampsora pinitorqua*)** a **rez jehlicová (*Coleosporium* sp.)** a houba ***Cenangium ferruginosum***.

Obrázek 2 - Melampsora populnea, autor – Petr Kapitola, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Melampsora_populnea_%28Pers.%29_P._Karst._4544074.jpg

Rez sosnokrut někdy jen sosnokrut je choroba způsobovaná houbou *Melampsora populnea* (synonymum *Melampsora pinitorqua*). Je významnou houbovou chorobou borovice, ale lze ji nalézt i u některých jiných dřevin. *Melampsora populnea* je rez dvoubytná. Ke svému životnímu cyklu potřebuje dva hostitele, borovici a osiku. Druhou hostitelskou dřevinou může být i topol bílý nebo topol šedý. Na listech osiky a topolu se tvoří ložiska letních a zimních výtrusů.

Rez jehlicová je houbová choroba rostlin způsobená houbami rodu puchýřnatka (*Coleosporium*). Vzhledem k morfologické nerozlišitelnosti jsou některými autory pokládány

jednotlivé druhy puchýřnatky jen za biologické rasy a jsou spojovány do kolektivního druhu *Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Lév.

Obrázek 3 - Rez jehlicová (autor Beentree), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coleosporium_tussilaginis_3_beentree.jpg

U tisu **sypavka tisová (*Sphaerulina taxi*)** se podílí nasnížení hodnoty tisů městské zeleně propadem jehlic.

Gradace hmyzích škůdců

Lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*) dnes napadá i silné dimenze. Kalamitní šíření se týká těchto druhů - lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), lýkožrout severský (*Ips duplicatus*), bekyně velkohlavá (*Lymantria dispar*), bekyně mniška (*Lymantria monacha*).

Obrázek 4 - Lýkožrout smrkový (autor James K. Lindsey), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ips.typographus.jpg

Důkazem oteplování je také šíření motýlů z jižních oblastí, například na jírovci maďalu klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*). Jedná se o druh v posledních letech hojně napadají-

cí ve městech široce rostoucí jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), jde o velice populární druh a známého škůdce.

Obrázek 5 - Cameraria ohridella larva (autor Beentree), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cameraria_ohridella_larva_beentree.jpg

Ochrana lesů a změna ekologických podmínek

Jedná se o odhad reakce lesů na změnu růstových podmínek a změnu společenských požadavků na les.

Změna v kvalitě ovzduší se projeví ve vitalitě a následně zdravotním stavu dřevin, také ve změně vztahů v lesním ekosystému (dřevin k činitelům - abiotickým, biotickým).

Rozšíření, intenzita a rozvoj škůdců a chorob závisejí na meteorologických podmínkách - jsou jimi často limitovány (teplo, vlhko). U řady druhů se projevuje zvyšování patogenity - prudkosti šíření, agresivity a virulence.

Častější je výskyt suchých období, snížení zásob půdní vláhy (trvá od roku 1982 - dlouhodobý deficit vláhy), častější vlny veder - horkých období, četná období mimořádného sucha, nerovnoměrné rozdělení srážek během roku. Na straně druhé výskyt mrazů, vysokých srážek a přívalových lijáků.

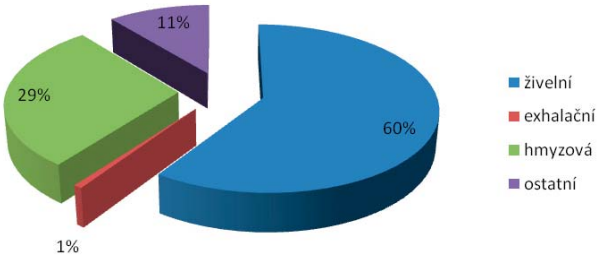
Sucho podporuje výskyt **václavky (*Armillaria mellea*)**, gradaci bekyně mnišky a velkohlavé a nástup kůrovců.

Obrázek 6 - Plodnice Armillaria mellea, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Armillaria_mellea_2014_G3.jpg

Existuje nebezpečí a možnost šíření **dřevních háďátek** (Skandinávie - borovice, Německo, Maďarsko - listnáče, Rakousko - jedle). Nejnebezpečnější druh ***Bursaphelenchus xylophilus*** (USA, Kanada, Japonsko, Čína, Tajvan - působí značné škody) - podléhá přísným karanténním opatřením.

Snížená ekologická stabilita lesních porostů je důsledkem zastoupení jehličnatých dřevin (smrku) na nevhodných stanovištích. To vede k výraznému zvýšení kalamit abiotického (vítr, sníh) i biotického původu (mniška, kůrovci, ploskohřbetka, tracheomykózy, kořenové a kmenové hniloby, bakteriální onemocnění).

U dřevin a lesních porostů dochází ke snížení odolnosti vůči přirozeným (sucho, mráz, škůdci) i antropogenním stresorům (znečištění ovzduší působí kyselé deště, okyselování prostředí lesních půd, fotochemický smog – zejména ozon, vyplavování živin z půdy, globální změna klimatu). Stabilita a odolnost porostů vůči abiotickým činitelům je v současnosti stále výrazně snižována v důsledku vysokých škod působených zvěří (vysoké stavy).



Graf 1 - Podíl druhů nahodilých těžeb v roce 2013 - autor Jan Kukrál. Zdroj: Zelená zpráva MZe 2013.

Nejvyšší škody větrem jsou působeny v rozsáhlých starších smrkových porostech, zejména na podmáčených lokalitách. V případě významných období sucha odumírá rovněž mykorrhiza a kořenové vlášení - tím je výrazně narušeno ukotvení smrků (destabilizace porostů).

Při zvýšení CO_2 může dojít k nárůstu kořenové hmoty dřevin, také poměru biomasy kořenů k biomase nadzemní části (lepší ukotvení - není ověřena dlouhodobost u dospělých porostů).

Obrana je následující:
1) Dokonalá pěstební péče o porostní zápoj
2) Využívání prvků prostorové úpravy lesa (mýtní článek, zpevňovací seče - odluka, rozluka)
3) Kvalitní a soustavná výchova porostů - udržování zápoje (v mladých porostech zvyšuje stabilitu - odolnost vůči sněhu, námraze)

Opatření ochrany lesů

Teplo a sucho ovlivňuje průběh hmyzích gradací (v krajním případě pandemie). Jako startující stresory konečného hynutí dřevin lze označit - podkorní hmyz (kůrovcovití), ale i dřevokazný hmyz.

Zvýšení asimilace (zvýšení CO_2) vede ke zvýšení růstu biomasy, ale také ke zvýšení atraktivity pro herbivorní škůdce a houbové patogeny (proti - vede ke snížení obsahu dusíku v listech, ovlivnění výživové hodnoty, ovlivnění atraktivity a škod zvěří).

Teplo má také vazby na výběr přípravků používaných v ochraně lesa (pesticidy - síra působí fytotoxicky, ovlivňuje optimum použití u biologických přípravků).

SHRNUTÍ - nejdůležitější rizikové faktory ochrany lesů

1) Dochází ke snížení vitality a odolnosti stresovaných dřevin a lesních porostů, zároveň ke zvýšení náchylnosti ke škodlivým činitelům výše zmíněným

2) Vznikají příhodné podmínky pro škůdce (vývojový cyklus, počet generací, gradace – přemnožení, kalamity)

3) Dochází k migraci a šíření teplomilných druhů z jižních oblastí

4) Dochází ke změnám geografického rozšíření škůdců (rychlé změny jejich areálů)

5) Dochází ke změnám fytopatogenních vlastností houbových organismů (nové kmeny, mutace, agresivita, virulence)

6) Dochází ke změnám vztahů a vazeb uvnitř ekosystému lesa

7) Dochází ke změnám karanténních opatření

8) Dochází ke změnám v uplatnění praktických metod ochrany lesa (používání povolených přípravků na ochranu lesa – pesticidy, biopreparáty, nové přípravky)

3.2 Globální změna klimatu a lesní půdy – přehled nejdůležitějších změn

Významnými pro vývoj lesních porostů (týká se změn v následujících desetiletích) se stanou změny v koncentracích oxidu siřičitého (SO_2), oxidů dusíku (NO_x), čpavku (NH_3). Dále změny v depozici (ukládání) kyselých složek ze znečištěného ovzduší a stopových prvků - přímé dopady těchto změn.

Změny ovlivňují vývoj zejména v humusové vrstvě.

Zvýšení teploty povede k intenzivnějšímu rozkladu organické hmoty nadložního humusu pouze v polohách 7. lesního vegetačního stupně (7. LVS) a vyšších, nižší polohy limituje nedostatek srážek.

Uvolní se přibližně 70 t CO_2/ha (tj. 20–40 % ze zásob uhlíku v humusové vrstvě) a 400–800 kg dusíku (při vyplavování nedojde k ohrožení povrchových vod - jedná se o dlouhodobý proces.

Může se projevit zvýšení vlivu stopových rizikových prvků (Pb, Al - působí toxicky), které jsou obsažené v humusové vrstvě.

Zpomalení rozkladu (nižší polohy - nedostatek srážek) povede ke zpomalení koloběhu látek (biogeochemických cyklů), tím ke zhoršení výživy, snížení vitality, produkce a stability lesních porostů (ekosystémů).

Přeměny smrkových porostů na listnaté se dotýká změna humusové formy (MODER), přitom se uvolňují CO_2 a sloučeniny dusíku (množství přechází do koloběhu látek - je využité vegetací).

Snížením vlhkosti půd a zvýšením teplot dochází ke snížení biologické aktivity půd (pokles počtu mikroorganismů – především aerobních bakterií).

Očekávané změny druhového složení lesů přinesou i změny svrchních půdních horizontů (humusové formy). Kambizem dystrická se změní na podzolovanou nebo typickou. Pseudoglej podzolový se změní na typický (změna půdní variety).

3.3 Co se v ČR sleduje ve vztahu ke Kjótskému protokolu? - les a ochrana klimatu

Česká republika jako smluvní strana Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (UNFCCC) a jejího Kjótského protokolu každoročně připravuje emisní inventarizaci skleníkových plynů, jejíž součástí je rovněž bilance emisí a propadů z využívání území, změn ve využívání území a lesnictví (LULUCF).

Základem emisní inventarizace v souladu s UNFCCC je stanovení rozloh a změn šesti základních územních kategorií podle Mezivládního panelu pro změny klimatu (IPCC) - lesů se dotýkají kategorie 2 - Lesní půda, Mokřady a rašeliniště. Kvantifikace územních změn se provádí na úrovni jednotlivých katastrů.

Druhým krokem emisní inventarizace je vlastní kvantifikace emisí a propadů skleníkových plynů. Jedná se především o oxid uhličitý (CO_2), který se uvolňuje nebo váže v ekosystémech, respektive v jednotlivých zásobnících uhlíku. V rámci vykazování pro UNFCCC jsou těmito zásobníky biomasa, odumřelá organická hmota a půda, zatímco výkaznictví pro činnosti LULUCF v rámci Kjótského protokolu vyžaduje informace o změnách pěti zásobníků uhlíku (nadzemní a podzemní biomasa, tlející dřevo, opad, půda). Pro druhé kontrolní období Kjótského protokolu (2013–2020) bylo přijato rozhodnutí, na základě kterého bude nově rovněž vykazována zásoba uhlíku poutaného ve výrobcích ze dřeva.

Kromě emisí a propadů CO_2 v důsledku změn zásoby uhlíku se v sektoru LULUCF dále kvantifikují další skleníkové plyny, a to metan (CH_4) a oxid dusný (N_2O). Ty vznikají např. při spalování biomasy nebo důsledkem hnojení a odvodňováním zamokřených půd.

Zároveň musí ČR v souladu s čl. 3.3. Kjótského protokolu povinně vykazovat podrobnější emisní bilanci činností zalesňování / znovu-zalesňování a odlesňování. ČR si pro první kontrolní období Kjótského protokolu zvolila rovněž započítávání činnosti obhospodařování lesa podle čl. 3.4 Kjótského protokolu, jejíž příspěvek je v rámci celkové emisní bilance nejvýznamnější.

Článek 3. 3 - čisté změny emisí skleníkových plynů ze zdrojů a jejich snížení pomocí propadů v důsledku člověkem bezprostředně vyvolaných činností v kategorii změny využívání půdy a lesnictví, s omezením na zalesňování, obnovu lesů a odlesňování od roku 1990, měřené jako ověřitelné změny zásob uhlíku za každé kontrolní období, použijí smluvní strany

uvedené v příloze I ke splnění svých závazků podle tohoto článku. Emise skleníkových plynů ze zdrojů a jejich snížení pomocí propadů ve spojitosti s těmito činnostmi se oznamují transparentním a ověřitelným způsobem.

Článek 3. 4 - před prvním zasedáním konference smluvních stran jednající jako shromáždění smluvních stran tohoto protokolu poskytne každá smluvní strana uvedená v příloze I k posouzení pomocnému orgánu pro vědecké a technologické poradenství údaje pro stanovení své úrovně zásob uhlíku v roce 1990 a umožnění odhadu změn těchto zásob v následujících letech. Konference smluvních stran jednající jako shromáždění smluvních stran tohoto protokolu přijme na svém prvním zasedání nebo co nejdříve po něm podmínky, pravidla a pokyny ohledně toho, které další člověkem vyvolané činnosti vztahující se ke změnám emisí skleníkových plynů ze zdrojů či jejich snížení pomocí propadů v kategoriích zemědělská půda a změny využívání půdy a lesnictví budou připočteny k množství přidělenému smluvním stranám uvedeným v příloze I, nebo od něj budou odečteny, a jakým způsobem tak bude učiněno, přičemž vezme v úvahu faktor nejistoty, transparentnost a ověřitelnost předávaných údajů, metodickou práci Mezivládního panelu o změně klimatu, rady pomocného orgánu pro vědecké a technologické poradenství poskytnuté v souladu s článkem 5 a rozhodnutí konference smluvních stran. Takové rozhodnutí bude platit ve druhém kontrolním období a v dalších obdobích. Smluvní strana může uplatnit takové rozhodnutí o těchto dalších činnostech vyvolaných člověkem již v prvním kontrolním období za předpokladu, že k těmto činnostem došlo po roce 1990.

V souladu s pravidly Kjótského protokolu bude příspěvek LULUCF k plnění redukčního závazku ČR započítán až v rámci konečného zúčtování po uplynutí celého prvního kontrolního období Kjótského protokolu. Započitatelný příspěvek obhospodařování lesa bude navíc výrazně omezen stropem pro tuto činnost ve výši 0,32 Mt C / rok (tj. -1,173 Mt CO_2).

V roce 2012 snížily čisté propady LULUCF celkové emise skleníkových plynů ČR o 7,25 miliónů tun CO2ekv., což odpovídá přibližně 5,5 % vypuštěných emisí. V současné době příspěvek LULUCF k celkové emisní bilanci přibližně odpovídá emisím skleníkových plynů ze zemědělství. Sektor LULUCF vykazuje značnou meziroční variabilitu propadů.

Lze předpokládat, že propady v rámci lesního hospodářství se budou v nejbližších letech spíše snižovat. Důvodem je především věková struktura porostů v ČR. K dočasnému snížení propadů přispěje rovněž plánované zvýšení podílu listnatých dřevin. Toto opatření je však zároveň důležitým adaptačním opatřením, které by mělo zajistit dlouhodobou stabilitu lesních porostů a tedy i ukládání uhlíku v dlouhodobém horizontu. Do budoucna lze rovněž přepokládat vyšší využití biomasy pro energetické účely a větší podíl uhlíku uloženého ve výrobcích ze dřeva.

3.4 Zajímavosti

Můžeme opomíjet globální oteplení? - důkazy skutečného oteplování

Podle závěrů většiny publikovaných pozorování informuje **Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)** o tom, že planeta Země a její atmosféra skutečně otepluje. Důkazy jsou následující - za posledních 40 let se prokazatelně zvýšila teplota spodních 8 km atmosféry, zvýšila se hladina vod světového oceánu, tají kontinentální ledovce (Grónsko aj.) a horské ledovce (zmenšuje se rozsah zalednění), zmenšuje se také sněhová pokrývka.

Antropogenní činností (zejména spalování fosilních paliv) se zvyšuje v atmosféře obsah (koncentrace) radiačně aktivních „skleníkových" plynů (oxid uhličitý, oxidy dusíku, metan, freony aj.). To vede k zesílení skleníkového jevu. Podle různých scénářů se globální teplota může zvýšit v období 1990–2100 o 1,4 až 5,6 °C.

Příklad: Co pro mne bude přijatelné, pokud bych byl v roli politika?

1) Prosazovat, aby celonárodně významné podniky změnily své chování a zabránily tak pohromě, která může a nemusí přijít?
2) Prosazovat názor okamžitého počátku minimalizace nebezpečí možné pohromy, která není jistá?
3) Nebo budu shromažďovat další podklady o nastupující pohromě? Kvalitnější data mohu obstarat za nějakou dobu. Možná už bude příliš pozdě problém řešit? Jaká bude rychlost změny? Předpokládá se, že globální oteplování bude asi 100 násobně rychlejší, než oteplování po konci poslední doby ledové.

Prospívá vyšší koncentrace CO_2 rostlinám?

Odpověď zní ano, ale také ne. **ANO** - přírůstek CO_2 se projeví zejména u C3 rostlin (to je většina - příklady: pšenice, rýže, sója - úvodní zabudování uhlíku probíhá pod vlivem enzymu Calvinova cyklu, první organický produkt zabudování uhlíku je sloučenina se 3 atomy uhlíku). Tato podpora fotosyntézy se projeví ve vyšších výnosech, projeví se nárůst produkce. **NE** - avšak při zvyšování nabídky CO_2 se snižuje obsah dusíku v nadzemních tkáních rostlin (Cotrufo et al., 1998), to povede býložravce k většímu spásání (o 20 až 80%) rostlinné biomasy, kompenzace nedostatku dusíku (navazující potravní řetězce).

Znečištění ovzduší ze spalování fosilních paliv a mýcení lesů

Mýcení a pálení tropického lesa za účelem zisku nové zemědělské půdy nebo stavebního dřeva a následný rozklad jeho zbytků také přispívají ke zvýšení koncentrace CO_2 v ovzduší (Kicklighter et al., 1999). **V celkovém součtu může být změnám v tropických lesích připočteno 10^9 tun CO_2 za rok** (Detwiler & Hall, 1988). Současný stav pro tropické lesy je však ještě vyšší - důsledek nekontrolovatelného šíření lesních požárů v období sucha po fenoménu El Niño (1997–1998, Indonésie, jižní Afrika).

„Skleníkový“ efekt

Přirozený děj v atmosféře, který umožňuje život na Zemi. CO_2 a další tzv. „skleníkové“ plyny (metan, CFC - chlorofluorouhlovodíky, N_2O a oxidy dusíku, vodní pára) obsažené v atmosféře jsou prostupné pro sluneční záření, ale (podobně jako skla u „skleníků“) pohlcují infračervené záření zpětně vyzařované ze zemského povrchu, to je zabraňují jeho unikání z atmosféry do vesmíru. **Zvýšené** koncentrace těchto plynů v ovzduší vlivem emisí (exhalací) pravděpodobně povedou (podle IPCC) k celkovému zvyšování teploty atmosféry a dalším jevům označovaným souborně - **globální klimatická změna**.

Globální klimatické změny a území ochrany přírody

Předpovídané globální klimatické změny - teplot, srážkových úhrnů - budou mít své dopady i v biologii ochrany přírody. Tyto nové podmínky vyvolají změnu areálů - velikost, umístění - jednotlivých druhů, které jsou mnohdy i vzácné. Současné přírodní rezervace mohou ztratit předmět ochrany, pro který byly vymezeny - ztratí smysl. Modely globální změny klimatu je vhodné proto používat při navrhování sítí rezervací. Mají být také součástí při plánování ochrany jednotlivých druhů i jejich společenstev.

„Mlčení ledních medvědů“

Nebude jistě pro nikoho žádným překvapením, že prvními druhy ovlivněnými klimatickou změnou jsou druhy arktické. Titulek je nadpisem smutného článku zveřejněného 2. ledna 2007 (Globe Newspaper Company). Lední medvěd se tak připojil na seznam ohrožených druhů. Zvyšující se teplota v Arktidě ho připravuje o ledové kry, ze kterých je schopen lovit svou hlavní kořist - tuleně.

Jaké bude rozšíření hlavních biomů v budoucnosti?

Odpověď přesně neznáme. V minulosti se hranice biomů posouvaly v důsledku změn klimatu, které byly spojené s oscilacemi dob ledových. Také v nejbližší budoucnosti se očekávají dramatické změny jejich rozšíření, tentokrát v důsledku předvídané globální změny klimatu. Dosud nelze přesně určit, jak budou tyto změny vypadat - jde pouze o simulované změny podle scénářů.

Globální změny vyvolané zemědělstvím - ohrožení biodiverzity tropických oblastí

Růst lidské populace a s tím související rozvoj zemědělství představuje významnou hrozbu pro ekosystémy na celém světě. Zvláště ničivé účinky a dopady to bude mít na biodiverzitu (zachování druhového bohatství v tropických oblastech). Je zřejmé, že největší nárůst zemědělské produkce se v budoucnu odehraje v druhově velmi bohatých tropech (vymírání druhů).

Fenologická pozorování - Japonsko

V Japonsku je dnes 1500 fenologických pozorovacích stanic. Údaje jejich pozorování mají velký význam v souvislosti s poptávkou po předpovědi změn způsobených globálním oteplováním. **Fenologie u rostlin** studuje časový průběh vývojových fází rostlin (tzv. feno--fází) během jednoho vegetačního období (rašení, rozkvétání, zrání plodů atd.). To vše závisí na průběhu počasí v daném roce - závisí na teplotě, vlhkosti vzduchu, vlhkosti půdy, délce dne, délce slunečního svitu atd.

Posílení významu klimatické funkce lesů

Rozsáhlé plochy lesa významně ovlivňují podnebí (klima). Děje se tak přenosem tepla prostřednictvím vody. Ovlivňuje také bilanci slunečního záření - mírou odrazivosti povrchu (albedem), vázáním energie v primární produkci (fotosyntéza) a jejím uvolňování při dýchání (respirace). Les také ovlivňuje dynamiku vzdušných mas (vzdušné proudění), to je způsobené teplotními rozdíly mezi plochami bez lesa a plochami s lesními porosty.

Klimatické extrémy lesy zmírňují, děje se tak na úrovni mezoklimatu. Les „čistí" vzduch, to pociťujeme zejména v průmyslové krajině. Jeden hektar lesa za rok zachytí 20 až 60 t prachových částic ze znečištěného ovzduší.

Produkce kyslíku v procesu fotosyntézy je obecně známá. Na 1 gram vyprodukované sušiny biomasy je to 1,07 g uvolněného kyslíku. U dospělého buku je to přibližně 1,7 kg uvolněného kyslíku za hodinu.

Antropogenní činností vzrůstá neustále obsah (koncentrace) CO_2 v atmosféře. CO_2 je významný radiačně aktivní „skleníkový" plyn. To přispívá k zesilování skleníkového efektu (jevu) a je rozhodujícím činitelem nastupující klimatické změny. Z tohoto pohledu je nedocenitelná schopnost lesa vázat atmosférický CO_2. Lesy Země tak tvoří významné úložiště uhlíku, hovoří se o „uhlíkovém lesnictví". Jaké množství uhlíku tedy les váže? V podmínkách ČR je to průměrně **170 t C.ha^{-1}**, v podmínkách PLO Šumava je to přes **200 t C.ha^{-1}** (z toho 65% v biomase stromů a ostatní vegetace, 11% v mrtvé dendromase, 24% v organických půdních horizontech - drť, měl).

Národní inventarizace lesů prokázala vysoké zásoby dřevní hmoty v ČR. Avšak labilitu zásob uhlíku v tak vysokých dřevních zásobách způsobuje jejich snížená rozrůzněnost - věková, druhová, prostorová (metody a soustavy HÚL).

V souvislosti se schopností lesů vázat vzdušný CO_2 vyvstává do popředí také poptávka po nových funkcích lesa - místa ukládání uhlíku - „uhlíkové banky". To povede k obchodování s emisemi uhlíku, motivaci vlastníků lesů k zalesňování (ekonomický efekt) a změnám ve způsobech hospodaření.

Ochrana lesa a ochrana klimatu

Znečištěné ovzduší působí zhoršování zdravotního stavu lesů a nárůst úhynu dřevin. Kyselé deště rovněž přispívají k chřadnutí dřevin, vážnější jsou však depozice v půdě (acidifikace, okyselování). Sucho se stává problémem posledních dvou desetiletí.

Lesy se dlouhodobě adaptují na nastávající klimatickou změnu, i z tohoto pohledu je důležitá jejich ochrana. Nemění se jenom teplota, ale také zásoby podzemní vody a režim půdní vlhkosti. Stres suchem způsobuje u stromů a lesních porostů snížení jejich vitality a také odolnosti vůči biotickým činitelům - škůdcům a chorobám. Z tohoto pohledu je nutné usilovat o biodiverzitu (rozmanitost - a to i ve skladbě lesa). Lesy jsou proto častým námětem diskuzí o nastávající klimatické změně.

Očekávaná změna klimatu přinese:

1) změny koncentrace (navyšování) CO_2 v atmosféře
2) změny klimatických faktorů
3) změny půdního a vegetačního potenciálu stanoviště
4) změny stanovištních nároků (ekologická valence, tolerance) dřevin
5) změny ohrožení dřevin biotickými činiteli (rozvoj nových škůdců)
6) změny produkčních schopností dřevin

Ochrana lesa (na úrovni přijetí nového lesního zákona) musí být prvořadá nejenom pro lesníky, ale musí také zajímat vlády, politiky, místní a státní správy a další zainteresované strany. Častější extrémy počasí (povodně, sucha) nás přinutí opět si více všímat krajiny a respektovat přírodní zákonitosti. Také ohleduplné a šetrné chování všech návštěvníků lesa může těmto cílům přispět. Při vycházkách do lesa pod vedením lesníků - pedagogů se toho mohou účastnit i děti - naše budoucnost (případně také rodiče dětí). Povinnost zachovat zdravé lesy pro budoucí generace (těmito otázkami se zabývá také Národní lesnický program).

Větší používání dřeva jako materiálu a výrobků ze dřeva

Dřevo je krásný a ekologický materiál. V této oblasti má jeho využití mnoho předností - je obnovitelným zdrojem, je možné ho zpracovávat bezodpadově. Při růstových procesech a procesech fotosyntézy se produkuje kyslík, naopak uhlík se ukládá v dřevní biomase. Dřevo splňuje přísná ekologická hlediska. Je také energeticky úsporné - těžba a zpracování nevyžaduje tolik energie v porovnání s jinými materiály (cihly, beton, ocel aj.). Domy montované na bázi dřeva jsou šetrné k životnímu prostředí.

4 PŘÍSPĚVEK ČTVRTÝ - PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Klimatické charakteristiky KŠH ŠP Hůrky

Klimaticky náleží Hůrky k teplé oblasti - podoblasti mírně vlhké. Jižní a jihozápadní svahy až do nadmořské výšky cca 440 m. n. m. mají klima mírně teplé, mírně vlhké, s teplou zimou, průměrnou teplotou do 7,7 °C a ročním úhrnem srážek do 550 mm, zvlněná pahorkatina pak se liší nižší průměrnou teplotou 7,3–7,5 °C a vyšším ročním úhrnem srážek 550–575 mm, což souvisí s převládajícími směry větrů, které v nižších polohách vanou od Z - JZ, ve vyšších od Z - SZ.

Naměřené hodnoty z blízkých meteorologických stanic jsou uvedené v následující tabulce:

Stanice	Nadmořská výška (m)	Průměrná teplota (°C)	Průměrné srážky (mm)		Vegetační období (dní)	Langův dešťový faktor
			roční	duben až září		
Paseky	494		582	390		
Písek	373	7,5	539	363	155	72
Protivín	388		596	396		
St. Kestřany	372		530	358		
Vodňany	395	7,3				

Podle Quittovy klimatické regionalizace leží celek v mírně teplé oblasti MT11, která je charakteristická dlouhým, teplým a suchým létem, přechodné období je krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Základní charakteristiky klimatické oblasti jsou uvedeny v následující tabulce:

Charakteristika	Oblast
	MT 11
Počet letních dnů	40–50 dnů
Délka vegetačního období	140–160 dnů
Počet mrazivých dnů	110–130 dnů
Počet ledových dnů	30–40 dnů
Průměrná teplota v lednu	-2 °C až -3 °C
Průměrná teplota v červenci	17 °C až 18 °C
Průměrná teplota v dubnu	7 °C až 8 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 °C až 8 °C
Průměrný počet dnů se srážkami nad 1 mm	90–100 dnů
Úhrn srážek ve vegetačním období	350–400 mm
Úhrn srážek v zimním období	200–250 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50–60 dnů
Počet zamračených dnů	120–150 dnů
Počet jasných dnů	40–50 dnů

4.2 Vegetační poměry

4.2.1 Potenciální přirozená vegetace

Potenciální přirozená vegetace popisuje rostlinná společenstva, která by se s největší pravděpodobností vyvinula na konkrétních stanovištích bez zásahu člověka. Její struktura a druhové složení je podmíněno vlastnostmi geologického podloží, typem půdy a klimatickými podmínkami oblasti.

Na Hůrkách jsou podle mapy potenciální přirozené vegetace vylišeny dvě základní společenstva. Severně od hřebene Skalský vrch - Hůrky jsou to bikové a/nebo jedlové doubravy. **Biková doubrava** (*Luzulo albidae-Quercetum petraeae*) s dominantním dubem zimním se vyznačuje slabší příměsí až absencí dalších listnáčů břízy, buku, habru, jeřábu a lípy srdčité. Na sušších stanovištích se jako příměs objevuje borovice. Dub letní se objevuje na relativně vlhčích místech. Zmlazené dřeviny stromového patra jsou nejdůležitější složkou patra keřového, kde se též častěji objevuje krušina olšová a jalovec obecný. Charakter bylinného patra určují (sub)acidofilní a mezofilní lesní druhy lipnice hajní (*Poa nemoralis*), bika hajní (*Luzula luzuloides*), borůvka (*Vaccinium myrtillus*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), metlice křivolaká (*Deschampsia flexuosa*), třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*), černýš luční (*Melampyrum pratense*) aj. Mechové patro bývá druhově pestré. Často se v něm objevuje ploník ztenčený (*Polytrichum formosum*), travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*), dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*), bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*) aj.

Podobná druhová garnitura je typická i pro **jedlové doubravy** (*Abieti-Quercetum*), indikované kromě výskytů dubů i přítomností jedle ve stromovém i keřovém patru. V bylinném patře se objevuje svízel okrouhlolistý (*Galium rotundifolium*), bika chlupatá (*Luzula pilosa*), ostřice prstnatá (*Carex digitata*), kruštík širolistý (*Epipactis helleborine*), šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*), starček Fuchsův (*Senecio fuchsii*) a semenáčky jedle. Častý bývá výskyt bezu hroznatého v keřovém i bylinném patru.

Obě asociace představují edafický klimax na chudých substrátech v pahorkatinách se subkontinentálním klimatem. Půdy odpovídají zpravidla mezooligotrofním až oligotrofním kambizemím nebo luvizemím, pod jedlovými doubravami místy pseudooglejeným. Biková doubrava osidluje i půdy občas vysýchavé, jedlová doubrava vlhké až čerstvě vlhké substráty. Pěstování borovice s příměsí melioračních dřevin je vhodné. Naopak pěstování smrku není rentabilní, i když jeho přírůst bývá na vlhčích půdách dobrý, často trpí houbovými chorobami.

Jižně od zmíněného hřebenu jsou mapovány **střemchové doubravy a olšiny** (*Quercus robur-Padus avium*). Dominantou tohoto společenstva je dub letní, přimíšena bývá střemcha a lípa srdčitá, ve vlhčích polohách je typický výskyt olše lepkavé s příměsí vrby křehké. V keřovém patru se vedle střemchy víceméně pravidelně objevuje bez černý, popř. líska, řídčeji ostružiníky nebo kalina tušalaj. Dominantou bylinného patra bývá ostřice třeslicovitá (*Carex*

brizoides), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), hojné jsou též další hygrofylní a mezofilní druhy jako bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), kerblík lesní (*Anthriscus sylvestris*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), kostřava obrovská (*Festuca gigantea*), kuklík městský (*Geum urbanum*), mateřka trojžilná (*Moehringia trinervia*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangere*), hluchavka skvrnitá (*Lamium maculatum*), krtičník hlíznatý (*Scrophularia nodosa*), chmel otáčivý (*Humulus lupulus*). Porosty této jednotky se nacházejí v plochém reliéfu pánví v nadmořské výšce převážně 375–460 metrů. Osidlují fluvizemě i glejové půdy různého zrnitostního složení od lehčích štěrkopísčitých po těžké jílovité půdy.

Okolo vrcholu Skalského vrchu jsou původním společenstvem **bikové bučiny** (*Luzulo fagetum*). Fytocenózy této asociace se vyznačují jednoduchou vertikální strukturou - jsou tvořeny většinou jen stromovým a bylinným patrem. Keřové patro vzniká jen zmlazením buku. Stromové patro bývá často tvořeno pouze bukem. Jako příměs se vyskytuje jedle a smrk. V bylinném patře jsou dominantní druhy bika hajní, metlička křivolaká, řidčeji třtina rákosovitá, brusnice borůvka nebo lipnice hajní. *Luzulo - Fagetum* představuje klimax v submontánním až montánním stupni, podmíněný minerálně chudými horninami, na nichž střídá klimatický klimax květnatých bučin např. *Dentario enneaphylli - Fagetum*. Na minerálně bohatších horninách se lze s touto asociací setkat na půdách, u nichž vlivem pěstování nepůvodních smrkových monokultur dochází k degradaci.

4.3 Lesní typy a jejich soubory

Růstové poměry daného území jsou vyjádřeny v rámci jednotného typologického systému ÚHÚL používaného v lesích ČR.

V ekologické síti typologického systému tvoří vertikální členění na základě vztahu mezi klimatem a biocenózou lesní vegetační stupně. V horizontálním členění ekologické sítě se diferencují růstové podmínky především podle trvalých půdních vlastností na edafické kategorie. Jejich kombinací jsou v ekologické síti definovány lesní typy a jejich soubory jako základní jednotky charakterizující růstové prostředí lesa.

4.3.1 Lesní vegetační stupně

Vegetační stupňovitost je podmíněna změnou druhové skladby přírodních fytocenóz včetně edifikátorů vlivem mezo a makroklimatu ve vertikálním směru v daném území. Lesním vegetačním stupněm (LVS) je pak plošně převažující klimaxová geobiocenóza (PLÍVA 1971).

Normálním sledem vegetačních stupňů se rozumí posloupnost lesních vegetačních stupňů, které vznikly pod vlivem mikroklimatu, měnícího se vlivem přibývající nadmořské výšky, a to v území, které se pozvolně zvyšuje od nížin do hor. Vlivem expozičního a inverzního klimatu dochází ke zvyšování hranic vegetačních stupňů na slunných svazích a hře-

benech, naopak na výrazných stinných svazích k jejich snížení. V malých plochách mohou vzniknout ostrovy extrazonální vegetace, patřící k nižšímu nebo vyššímu vegetačnímu stupni, než je stupeň v okolí převládající. Dochází tak ke zvratu vegetačních stupňů. Častý je zvrat vegetačních stupňů v inverzních polohách v plochých údolích, roklích a plochých terénních sníženinách. Vlivem zvýšené půdní vlhkosti, způsobené vodou přitékající z okolí, tu vznikají specifické podmínky edafické a hydrologické. Častými půdními typy tu jsou pseudogleje, gleje a organozemě (rašelinné půdy). Tyto faktory podmiňují vznik *intrazonální* vegetace, která většinou patří vegetačnímu stupni chladnějšímu, než je okolí.

Lesní vegetační stupeň (LVS)	Nadmořská výška (m n. m.)	Průměrná teplota (°C)	Roční srážky (mm)	Vegetační doba (dny, >10 °C)	Langův dešťový faktor
2 - bukodubový	200–400	7,5–8,0	600–650	160–165	80 - semihumidní
3 - dubobukový	250–500	6,5–7,5	650–700	150–160	100 - humidní

2. LVS - bukodubový (5,4%) - vyskytuje se na osluněných vysýchavých svazích jižní expozice v jižní části Hůrek, tzv. Heřmaňské stráně. V dřevinné skladbě převažoval dub zimní s příměsí buku a lípy malolisté, která zde nahrazuje habr. Hlavní hospodářskou dřevinou je borovice s příměsí dubu, smrkové porosty jsou zde velmi nepřirůstavé a bývají poškozovány suchem a následně dalšími patogeny (podkorním hmyzem, atd.).

3. LVS - dubobukový (94,6%) je převažujícím vegetačním stupněm. V přirozených lesích převažoval buk, přimíšen byl dub zimní, většinou i habr, případně lípa, byla zde zastoupena i jedle, a to i na neoglejených půdách. V kulturních lesích je na úrodnějších stanovištích hlavní dřevinou smrk, na sušších, kamenitějších a celkově chudších (případně ochuzených) stanovištích borovice.

4.4 Změny v dřevinné skladbě

Hlavními hospodářskými dřevinami v Hůrkách byly v historických dobách borovice a jedle, podstatné zastoupení měly dub, smrk a buk. Na porostní skladbě měly účast i další dřeviny - listnáče: bříza, osika, olše, případně lípa.

Od 30. let se započalo s introdukcí douglasky a později i jedle obrovské, které zaznamenaly velké rozšíření. Při zalesnění se od 70. let využívá odrostků DB a BK pro zajištění podílu melioračních a zpevňujících dřevin.

Za původní („autochtonní“) dřeviny lze z jehličnanů pokládat jedli a smrk, z listnáčů buk (ve vyšších polohách a na svazích) a dub (ve vlhkých úžlabinách a padlinách), jako dřeviny porostotvorné. V menším rozsahu se vyskytovaly bříza (na suchých místech), olše (na mokřinách), lípa (na svěžích svazích a úpatích svahů), javor (na svazích a hřbetech) a habr. Borovice byla asi až do počátku 18. století jen málo zastoupena. Zvláštním jevem je hojný výskyt dubu v borových porostech v jižní části polesí, a to i na suchých jižních svazích.

Z jehličnanů prospívají jedle a smrk dobře, přiměřeně stanovišti. V období 1950–86 došlo k výraznému zhoršení zdravotního stavu jedle. Borovice ve smíšených porostech se smrkem předrůstá, ale na půdách svěžích smrk vytlačuje borovici. Přirozeně vzniklé smíšené porosty (jedle, smrk, borovice) vykazují velmi malé procento zastoupení borovice.

Dub na svěžích, vlhkých a mokrých půdách roste dobře. Staršího buku se zachovalo velmi málo, v porostech středního věku roste velmi dobře. Lípa se vyskytuje v přimíšení ke starším porostům borovice nebo smrku.

Uměle zavedený modřín se osvědčuje, má velmi dobrý vzrůst, netrpí škůdci. V porostech, založených po r. 1900, se vyskytuje douglaska v přimíšení smrkových kultur, v dalších letech pokračovalo její rozšiřování až do nynějšího zastoupení 12 %. V r. 1947 douglaska překvapila svou odolností vůči katastrofálnímu suchu!

4.5 Mapy zdravotního stavu lesů z družicových snímků

Mapy zdravotního stavu lesů jsou vytvářeny vyhodnocením družicových snímků ve viditelné a infračervené spektrální oblasti slunečního záření odraženého od zemského povrchu (radiance a reflektance). Pro tyto účely se používají zejména snímky ze skenerů na družicích LANDSAT, SPOT, IRS a dalších. Např. snímek z družice Landsat 8 zachycuje území přibližně 190 × 200 km v 11 pásmech v oblasti viditelného, infračerveného a tepelného záření s rozlišením 15, 30 a 60 m podle příslušného spektrálního pásma. Interval snímkování je 16 dní.

Mapy zdravotního stavu lesů se využívají pro monitoring lesních porostů jako jeden ze zdrojů informací o stavu lesů a jejich vývoji. Předností této metody je získání informací z rozsáhlého území k jednomu datu, plošně jednotné vyhodnocení a zachycení komplexního výsledného obrazu zdravotního stavu lesů. Družicové snímkování umožňuje reálně provádět roční monitoring na přibližně 70–90% plochy ČR s rozlišením 30 m v území. Metoda má své podmínky použitelnosti a omezení.

Metoda vyhodnocení zdravotního stavu lesů z družicových snímků

Radiance a reflektance lesního porostu ve viditelné a zejména infračervené spektrální oblasti obsahují informace, které umožňují posuzovat stav asimilačního aparátu porostů:

- Hodnoty radiancí ve spektrálních pásmech závisí na objemu asimilačního aparátu v horních částech korun porostu.
- Reflektance v blízkém infračerveném pásmu záření (NIR) je ovlivněna stavem buněčné struktury asimilačního aparátu porostu. Vyšší hodnota reflektance indikuje lepší stav buněčné struktury.
- Reflektance ve středním infračerveném pásmu záření (SWIR) je ovlivněna obsahem vody v asimilačním aparátu porostu. Nižší hodnota reflektance indikuje vyšší obsah vody.

Jako základní indikátor zdravotního stavu lesů byl zaveden Infračervený index lesa FII (Forest Infrared Index). Je definován jako normalizovaný poměr reflektancí v pásmech SWIR a NIR (poměr obsahu vody ke stavu buněčné struktury asimilačního aparátu).

Základní vlastnosti FII jsou tyto:

- FII je v principu zdokonalený NDMI (Normalized Difference Moisture Index) aplikovaný na vyhodnocení lesních porostů.
- FII koriguje závislost reflektance na úhlech osvitu, snímání a expozici terénu.
- FII koriguje do určité míry zkreslení při průchodu záření atmosférou.
- Nižší hodnota FII indikuje lepší stav buněčné struktury a vyšší obsah vody v asimilačním aparátu lesního porostu.
- Vyšší hodnota FII indikuje horší stav buněčné struktury a nižší obsah vody v asimilačním aparátu lesního porostu.
- Při rozpoznání oblačnosti a mlhy se vyhodnocení FII neprovádí.

Klasifikační stupnice zdravotního stavu lesů

Pro hodnocení zdravotního stavu lesů z družicových snímků se v současnosti používají dvě klasifikační stupnice:

- Stupeň poškození a mortalita lesních porostů. Stupnice vychází z klasifikace poškození jehličnatých porostů imisemi, zavedené v lesním hospodářství České republiky (stupně poškození porostu: O, O/I, I, II, IIIa, IIIb, IVa, IVb). Stupnice je založena na hodnocení procentuálního výskytu silně poškozených stromů v porostu. Jednotlivé stromy se hodnotí podle úbytku asimilačního aparátu a jako pomocný faktor je posuzován jeho stav.
- Defoliace a mortalita jehličnatých porostů. Tato klasifikační stupnice byla zvolena desetistupňová s dělením: 0%, 1–10%, 11–20%, 21–30%, 31–40%, 41–50%, 51–60%, 61–70%, 71–80%, 81–100 % a hodnotí průměrný úbytek a mortalitu asimilačního aparátu v korunách porostu.

Klasifikace zdravotního stavu lesních porostů z družicových snímků v obou stupnicích je odvozena z vyhodnoceného infračerveného indexu lesa transpozicemi stupnice FII na stupnici Poškození a mortality a stupnici Defoliace a mortality.

Z výše uvedených typů družicových snímků lze rozlišit jehličnaté a listnaté porosty a vymezit třídu smíšených porostů. Identifikace dřevinné skladby jehličnatých nebo listnatých porostů v rozsahu celého snímku není možná.

Z tohoto důvodu je klasifikační stupnice zdravotního stavu jehličnanů společná pro všechny jehličnaté dřeviny a je nastavena na převažující dřevinu - smrkové porosty. Klasifikační stupnice zdravotního stavu listnatých porostů je rovněž společná pro všechny listnaté dřeviny a je nastavena na průměr tříd bukových a dubových porostů. K detailní interpretaci map zdravotního stavu lesů z družicových snímků je nutná znalost dřevinné skladby porostů.

Podmínky použití klasifikace zdravotního stavu lesů z družicových snímků

Metoda klasifikace zdravotního stavu lesů z družicových snímků má své podmínky aplikace a omezení. Mezi nejdůležitější podmínky korektní klasifikace patří dostatečná hustota korunového zápoje porostu, homogenita zastoupení dřeviny a stáří porostu. Korunový zápoj porostu by měl být větší než 70%, zastoupení dřeviny v porostu větší než 70% a stáří porostu větší než 20 let. Při těchto podmínkách je dosahována střední kvadratická chyba mezi pozemním hodnocením a klasifikací z družicového snímku přibližně 0,6 stupně u stupnice poškození a mortality jehličnatých porostů a 10% u stupnice defoliace a mortality jehličnatých porostů.

Při nízké hustotě zápoje je spektrální charakteristika lesního porostu ovlivňována podrostem. Při klasifikaci porostu s větším procentem příměsi jiných dřevin než dřeviny klasifikované vzniká obvykle zkreslení, neboť každá dřevina má vlastní spektrální charakteristiku a rozsah hodnot. Porosty mladší než 20 let mají odlišnou spektrální charakteristiku, která se mění se stářím porostu a stabilizuje se přibližně kolem 20 let věku porostu.

Obrazový bod současného družicového snímku LANDSAT zachycuje plochu 30 x 30 m v území. Na okrajích a u úzkých pruhů porostů proto může dojít k nesprávnému vyhodnocení (ke smíšení obrazu lesa s okolím). Vlivem expozice svahů může dojít k místním nepřesnostem v rozlišení listnatých a jehličnatých dřevin. Mapa může v určitém procentu plochy zachycovat vegetaci mimo les (keřové, travnaté porosty a zemědělské plodiny), případně i abiotické prvky, které nelze při klasifikaci vždy zcela vyloučit. Klasifikace některých míst snímku může být záměrně potlačena z důvodů výskytu zkreslujících faktorů - oblačnosti, stínů od mraků, silnějšího oblačného oparu, mlhy a smogu.

Mapy zdravotního stavu lesů prezentované na těchto stránkách byly zpracovány firmou STOKLASA Tech. ve spolupráci s ÚHÚL Brandýs n. Labem.

V současné době obsahuje databáze Informačního systému zdravotního stavu lesů tyto druhy map

• A Poškození a mortalita lesních porostů

Zdravotní stav lesních porostů ve stupnici poškození a mortality. Mapa je odvozena z mapy Infračerveného indexu lesa transpozicí stupnice FII na stupnici poškození a mortality. Stupnice jehličnatých porostů je nastavena pro smrkové porosty. Stupnice listnatých porostů je nastavena jako průměr bukových a dubových porostů. Střední kvadratická chyba klasifikace je přibližně 0,6 stupně. Korunový zápoj a zastoupení dřeviny v porostu by měly být větší než 70%, stáří porostu vyšší než 20 let.

• B Defoliace a mortalita jehličnatých porostů

Zdravotní stav jehličnatých porostů ve stupnici defoliace a mortality. Mapa je odvozena z mapy Infračerveného indexu lesa transpozicí stupnice FII na stupnici defoliace a mortality. Stupnice je nastavena pro smrkové porosty. Střední kvadratická chyba klasifikace je přibližně

10%. Korunový zápoj a zastoupení dřeviny v porostu by měly být větší než 70%, stáří porostu vyšší než 20 let.

• C Vývoj poškození a mortality jehličnatých porostů

Pásma A, B, C, D, E, F vývoje poškození a mortality jehličnatých porostů podle rychlosti změny stavu o jeden stupeň za určité období. Vypočteno z časové řady map poškození a mortality lesních porostů.

• D Ohrožení jehličnatých porostů

Signalizace jehličnatých porostů, které se k aktuálnímu roku vyhodnocení nachází ve stupni poškození II a vyšším, přičemž pásmo aktuálního vývoje zdravotního stavu z posledních čtyř let je minimálně C a vyšší.

• E Trend vývoje poškození a mortality jehličnatých porostů

Rozdíl mezi aktuálním a dlouhodobým vývojem poškození a mortality v těch místech, kde dochází v aktuálním vývoji ke zhoršování zdravotního stavu, tj. výskytu aktuálního pásma D, C, B, A. Mapa zobrazuje v počtu pásem, o kolik zhoršování stavu v aktuálním vývoji předbíhá dlouhodobý vývoj.

• F Dynamika poškození a mortality lesních porostů

Součet střední hodnoty a směrodatné odchylky stupně poškození a mortality lesa z ročních map za určité období. Rozlišení vývoje v posledním 5letém období na zhoršení / zlepšení. Mapa zobrazuje potenciální ohrožení lesních porostů z hlediska jejich reakce na celkové vlivy prostředí ve zvoleném časovém období. Zohledňuje jak průměrný stupeň poškození a mortality porostů, tak kolísání stavu a tím i potenciální maximální ohrožení, které se v dané lokalitě reálně vyskytovalo. Zhoršení / zlepšení stavu určuje směrnice regresní přímky v posledním 5letém období.

• I Infračervený index lesa FII (Forest Infrared Index)

Infračervený index lesa FII je poměr obsahu vody ke stavu buněčné struktury v asimilačním aparátu lesního porostu, vypočtený z reflektancí v infračervených pásmech spektra. Vyšší hodnota FII indikuje horší stav buněčné struktury a nižší obsah vody. Nižší hodnota FII indikuje lepší stav buněčné struktury a vyšší obsah vody.

Poznámka

Do roku 2012 byly generovány mapy typu A, B přímo s interní transpozicí FII na stupnici Poškození a mortality a Defoliace a mortality a mapa Infračerveného indexu lesa FII se negenerovala.

Od roku 2013 je generována i mapa FII jako základ vyhodnocení. Usnadní to přechod na novou stupnici hodnocení zdravotního stavu lesa, která v budoucnu nahradí stávající stupnici hodnocení poškození lesa vlivem imisí. V textu jsou použity materiály ústavu pro hospodářskou úpravu lesů - Brandýs nad Labem.

5 POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

DUBESSET-CHATELAINOVÁ, Laure a Hughes PIOLET. CO_2 50 největších znečišťovatelů. GEO: *Objevovat a chápat svět*. 2015, (září 2015): 72–73.

HAVEL, Jiří a Jan ŠTURSA. *Zelené katedrály*. Vyd. 3. Praha: Aventinum, 2003, 176 s. Panoráma (Melantrich). ISBN 80-7151-220-6.

KARAS, Pavel, Alena ZÁRYBNICKÁ a Taťána MÍKOVÁ. *Skoro jasno: průvodce televizní předpovědí počasí*. Vyd. 1. Praha: Česká televize, 2007, 206 s. Edice České televize. ISBN 978-80-85005-78-3.

REICHHOLF, Josef. *Les: ekologie středoevropských lesů*. Praha: Ikar, c1999, 223 s. Průvodce přírodou (Ikar). ISBN 80-7202-494-9.

ROŽNOVSKÝ, Jaroslav a Vladimír HAVLÍČEK. *Bioklimatologie*. Dot. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999, 155 s. ISBN 80-7157-291-8.

ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.

TOWNSEND, Colin R, Michael BEGON a John L HARPER. *Základy ekologie*. 1. české vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2010, xii, 505 s. ISBN 978-80-244-2478-1.

VINŠ, Bohuslav. *Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice: územní studie změny klimatu pro Českou republiku, Element 2*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1996, 134 s. Národní klimatický program ČR. ISBN 80-85813-29-7.

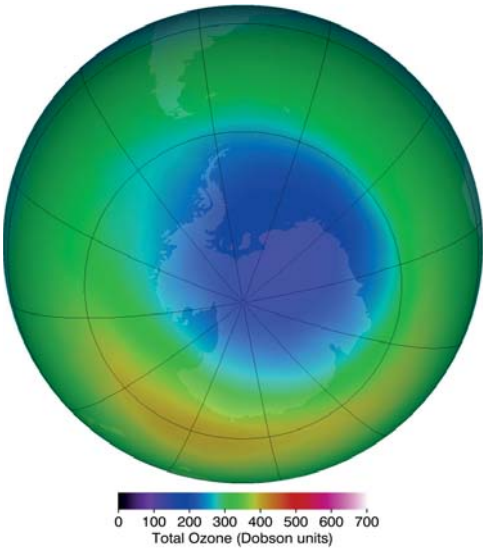
ZATLOUKAL, Vladimír. Kvantifikace zásob uhlíku v lesních ekosystémech Národního parku Šumava. In: *Aktuality šumavského výzkumu III*. Vimperk: Správa NP a CHKO Šumava, 2007, s. 6–9.

Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky 2013: zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2013, 1x ročně.

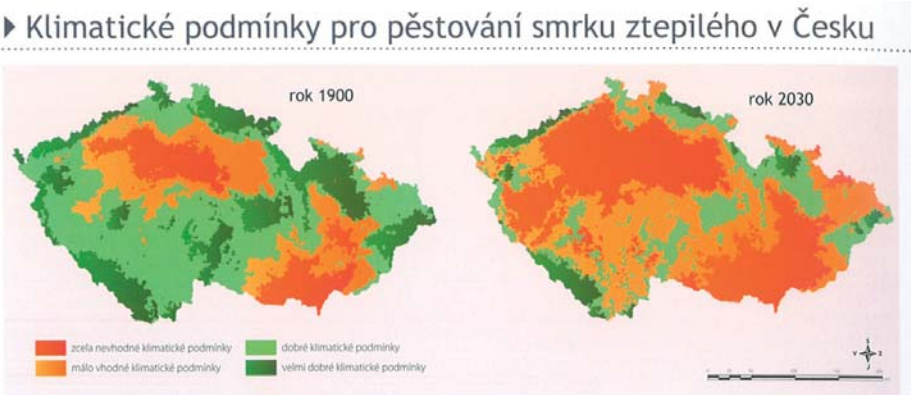
V textu byly použity údaje textové části LHP zpracované pro LHC ŠP Hůrky a materiály Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem.

6 PŘÍLOHY - OBRÁZKY, GRAFY, SCHÉMATA

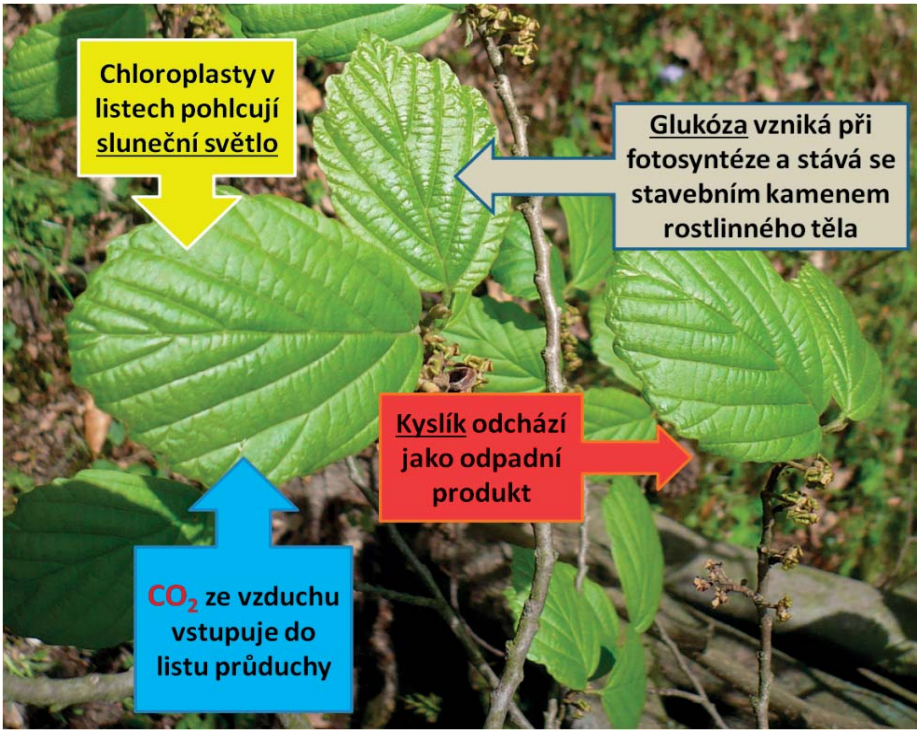
Obrázek 7 - Skleníkový efekt, zdroj: KARAS, Pavel, Alena ZÁRYBNICKÁ a Taťána MÍKOVÁ. *Skoro jasno: průvodce televizní předpovědí počasí.* Vyd. 1. Praha: Česká televize, 2007, 206 s. Edice České televize. ISBN 978-80-85005-78-3.



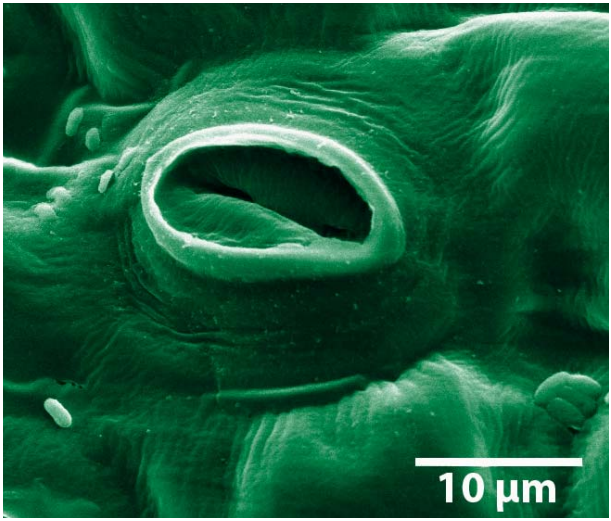
Obrázek 8 - „Ozonová díra" nad Antarktidou, 11 December 2013, 08:16:08, zdroj – https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Area_of_the_ozone_hole.jpg



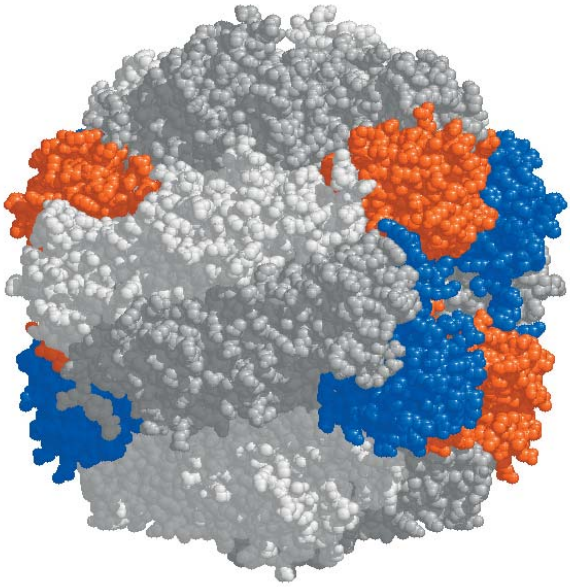
Obrázek 9 - Posun podmínek pro pěstování smrku v české republice (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.)



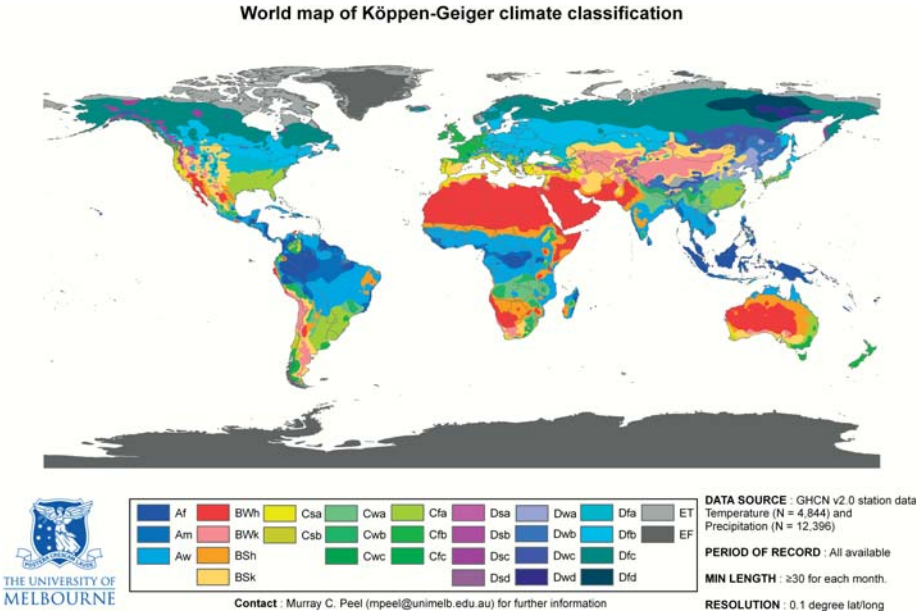
Obrázek 10 - Biologický proces - fotosyntéza - je základem života na Zemi. Bez schopnosti zelených autotrofních rostlin využívat energii slunečního světla a přeměňovat ji na energii chemických vazeb by rostliny ani živočichové nepřežili (autor Jan Kukrál).



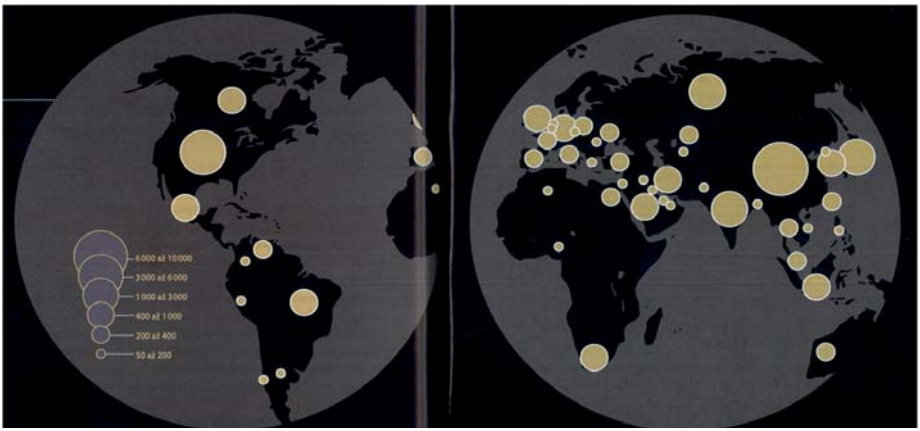
Obrázek 11 - Průduch na listu lilku rajčete (*Solanum lycopersicum*) - kolorovaná mikrofotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tomato_leaf_stomate_cropped_and_scaled.jpg



Obrázek 12 - 3D model enzymu RuBisCO, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rubisco.png



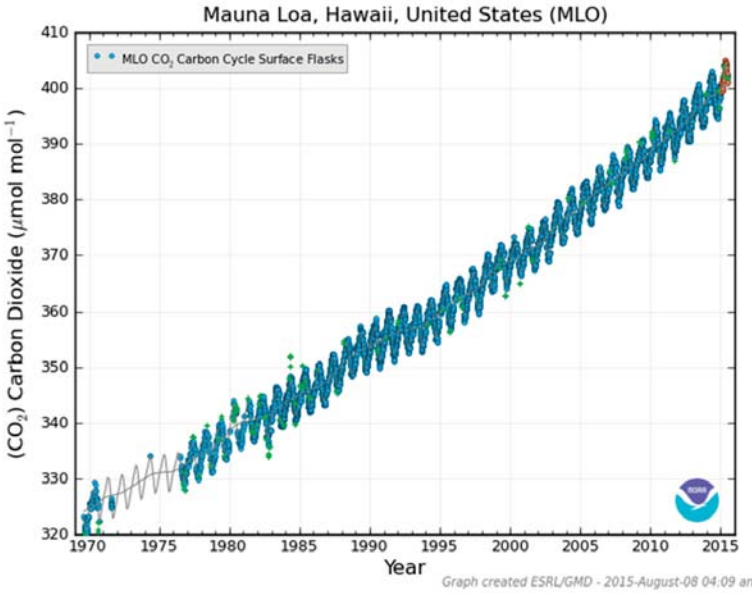
Obrázek 13 - Köppenova klimatická klasifikace (Autor - Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A., University of Melbourne, zdroj - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Koppen_Map.png)



Obrázek 14- Největší znečišťovatelé atmosféry CO_2 (údaje v mil. t), zdroj: DUBESSET-CHATELAINOVÁ, Laure a Hughes PIOLET. CO_2 50 největších znečišťovatelů. GEO: *Objevovat a chápat svět.* 2015, (září 2015): 72–73.

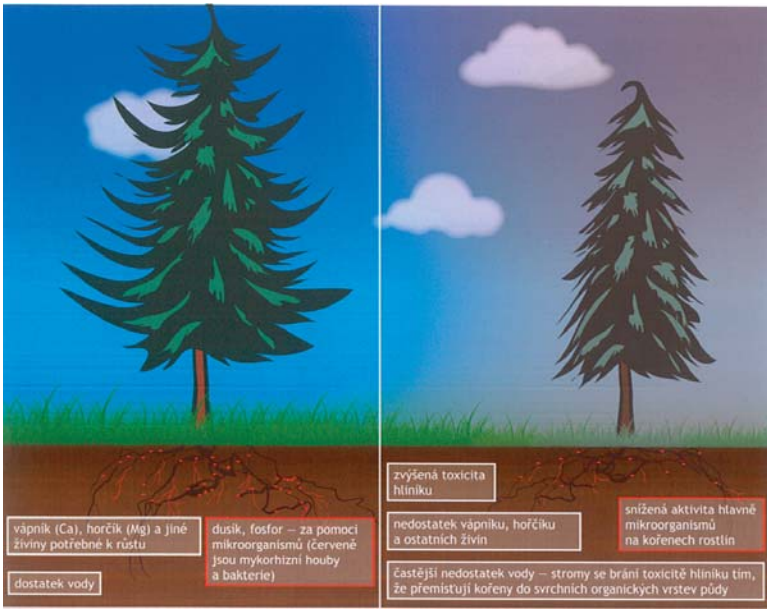
Obrázek 15 - Podzim v Kjótu, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KyotoAutumn.jpg

Obrázek 16 - Exploatace pralesů v USA, Oregon 1905, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Logging_oregon.jpg

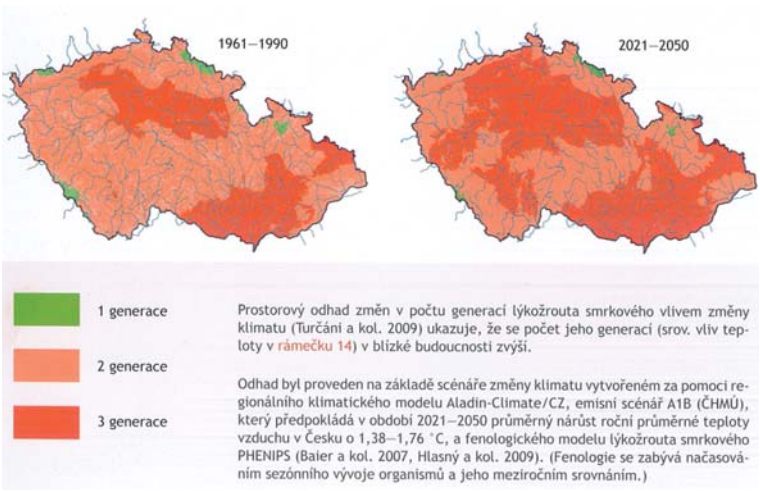


Obrázek 17 - Vzrůstající koncentrace CO_2, http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/graph.php?code=MLO&program=ccgg&type=ts

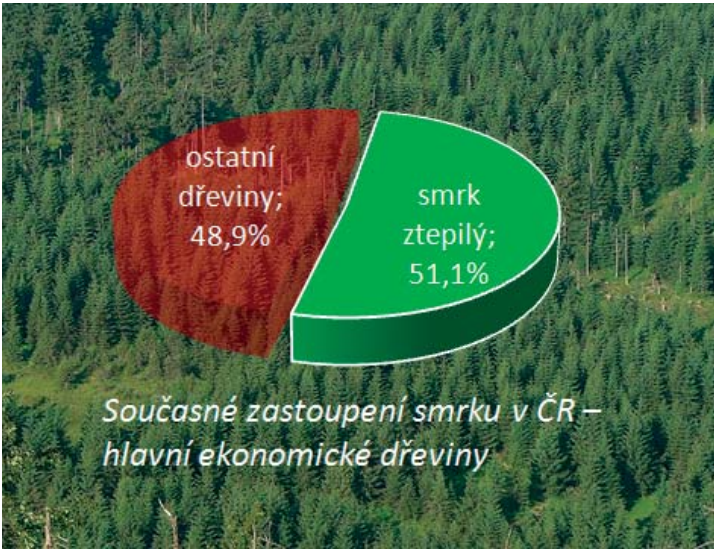
Obrázek 18 - Les poznamenaný kyselými dešti, Jizerské hory, 2006, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acid_rain_woods1.JPG



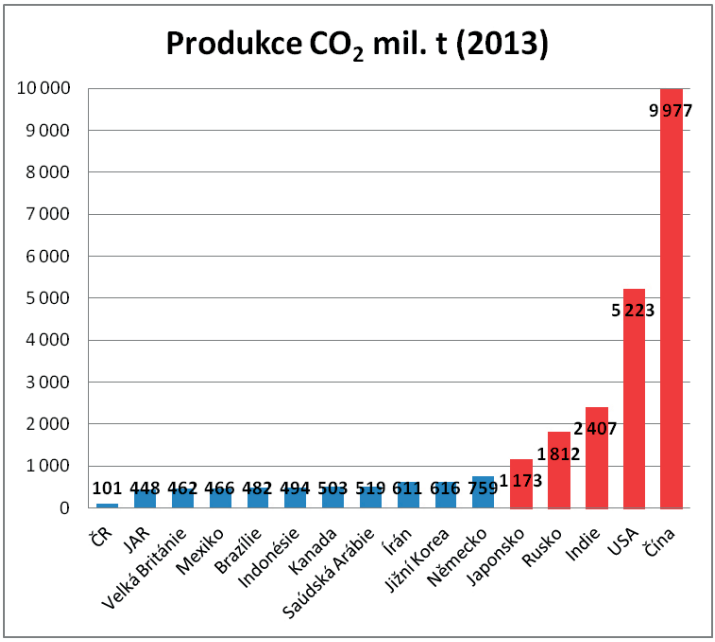
Obrázek 19 - Procesy v půdě (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy.* 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.)



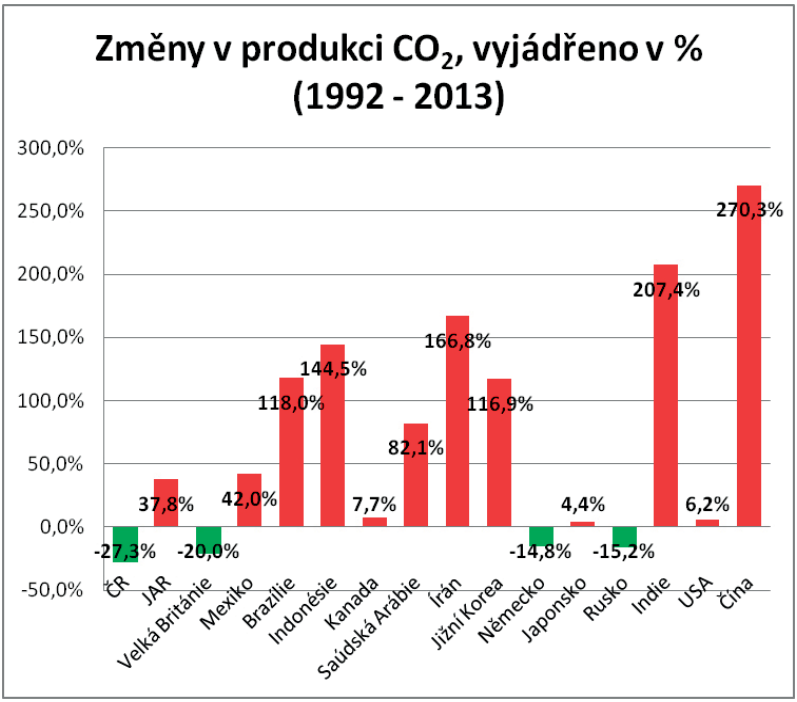
Obrázek 20 - Vliv oteplování na vývoj generací lýkožrouta smrkového (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy.* 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.)



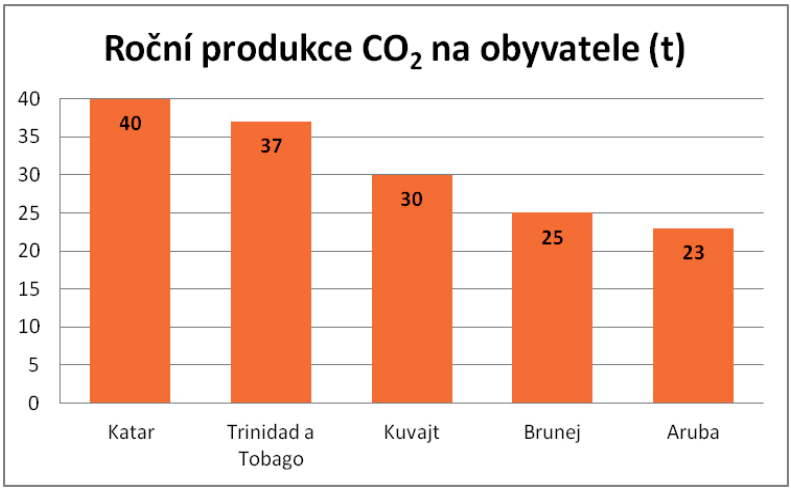
Obrázek 21 - Vysoké zastoupení smrku v České republice (sestavil Jan Kukrál, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wood_Jizera_Mountains.JPG)



GRAF 2 - Porovnání České Republiky a 15 největších znečišťovatelů atmosféry CO_2 (upraveno podle časopisu GEO září 2015 - autor Jan Kukrál)

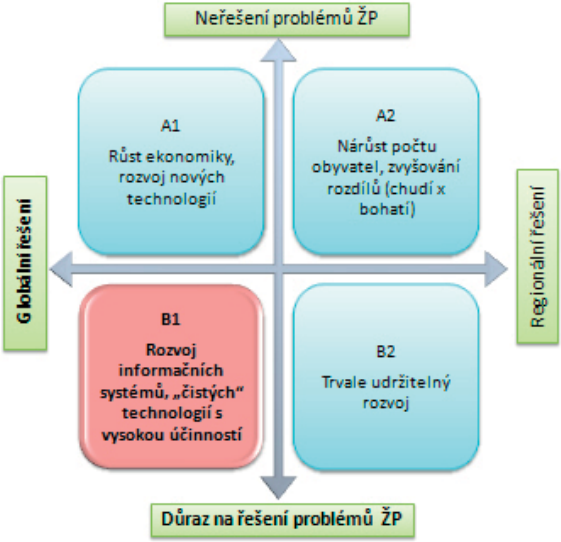


Obrázek 22 - Změny v produkci CO_2 v %, 1992 – 2013, (upraveno podle časopisu GEO září 2015 - autor Jan Kukrál)



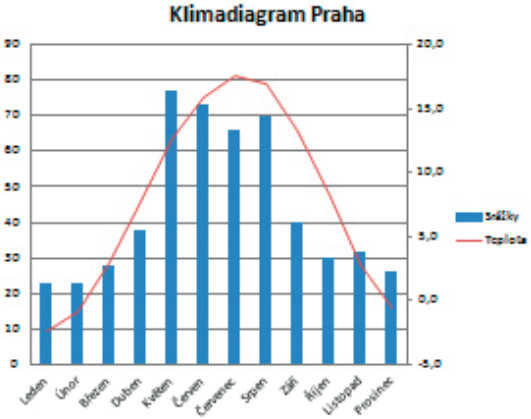
Obrázek 23 - Největší roční produkce CO_2 na obyvatele, (upraveno podle časopisu GEO září 2015 - autor Jan Kukrál)

Obrázek 24 - Extrémní sucha zvyšují nebezpečí vzniku lesních požárů, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forestfire2.jpg



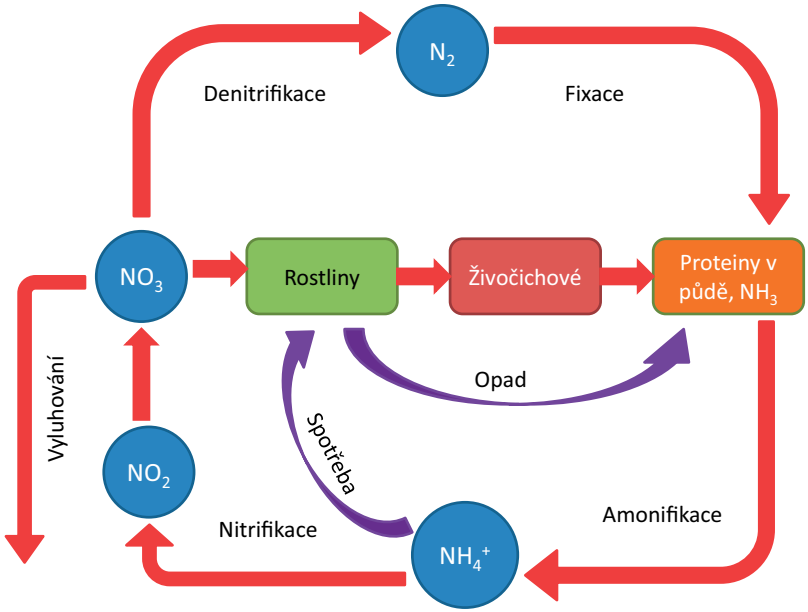
Obrázek 25 - Který scénář zvolit pro řešení globální změny klimatu? (autor Jan Kukrál)

Klimadiagram

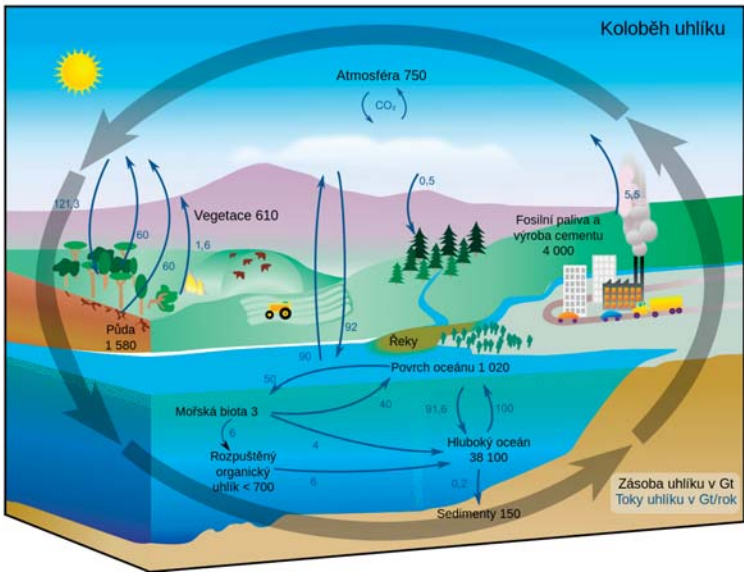


Měsíc	mm	°C
Leden	23	-2,4
Únor	23	-0,8
Březen	28	3,0
Duben	38	7,7
Květen	77	12,7
Červen	73	15,9
Červenec	66	17,5
Srpen	70	17,0
Září	40	13,3
Říjen	30	8,3
Listopad	32	2,8
Prosinec	26	-0,6
Rok	526	7,9

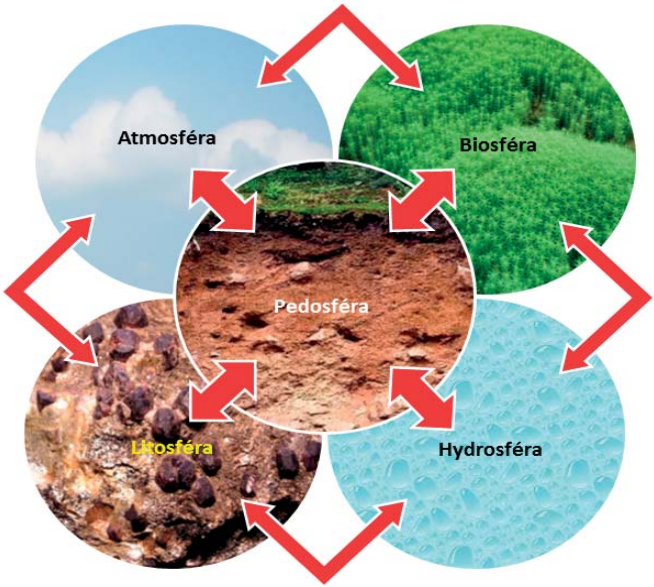
Obrázek 26 - Jak vypadá klimadiagram a jeho zdrojová data (autor Jan Kukrál)



Obrázek 27 - Koloběh dusíku v ekosystému lesa (důraz je kladen na půdní prostředí, především na aktivitu půdní bioty - KLIMO, 1992) - schéma sestavil autor



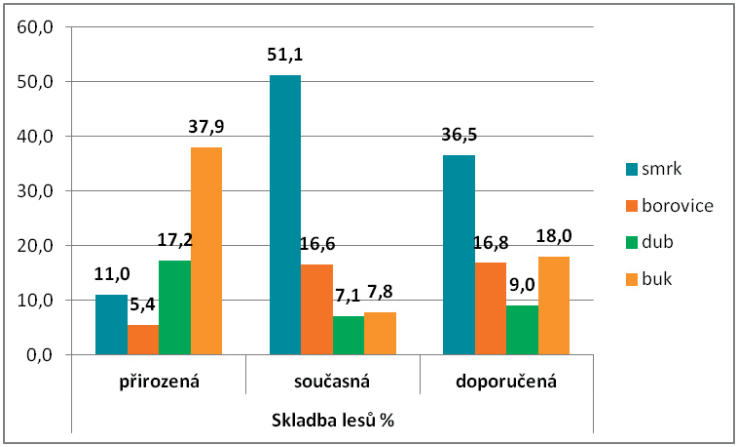
Obrázek 28 - Globální cyklus uhlíku, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koloběh_uhliku_cs.svg



Obrázek 29 - Vztahy mezi hlavními složkami ekosystému - neživé prostředí ovlivňuje biosféru a naopak biosféra ovlivňuje neživé prostředí (upraveno podle ŠANTRŮČKOVÉ, 2010)

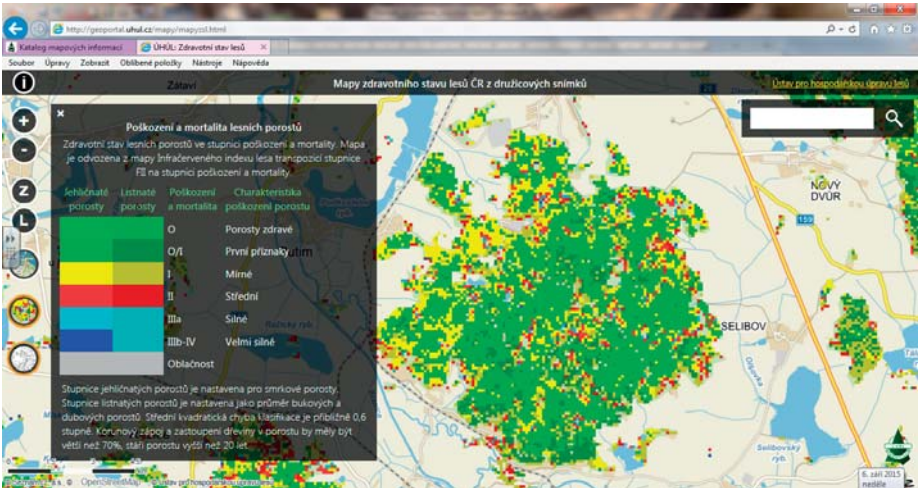
Dřevina	Skladba lesů %		
	přirozená	současná	doporučená
smrk	11,0	51,1	36,5
borovice	5,4	16,6	16,8
jedle	18,0	1,1	4,4
modřín	0,0	3,9	4,5
ostatní jehličnany	0,0	0,3	2,2
jehličnany celkem	**34,4**	**73,0**	**64,4**
dub	17,2	7,1	9,0
buk	37,9	7,8	18,0
habr	1,8	1,2	0,9
jasan	0,7	1,1	0,7
javor	1,5	0,9	1,5
jilm	0,5	0,0	0,3
bříza	1,1	2,8	0,8
lípa	3,8	0,9	3,2
olše	0,6	1,5	0,6
ostatní listnáče	0,5	2,5	0,6
listnáče celkem	**65,6**	**25,8**	**35,6**

Tabulka 2 - Jaká bude budoucí (očekávaná) skladba lesů (autor Jan Kukrál, upraveno podle UHLÍŘOVÁ, Hana a Petr KAPITOLA. Poškození lesních dřevin. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004, 288 s. ISBN 80-86386-56-2.)

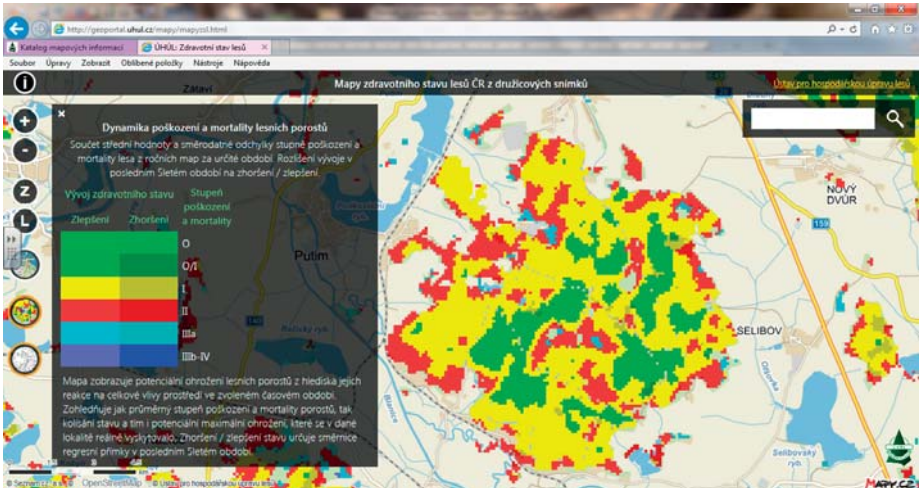


GRAF 3 - Jaká bude budoucí (očekávaná) skladba lesů (autor Jan Kukrál, upraveno podle UHLÍŘOVÁ, Hana a Petr KAPITOLA. Poškození lesních dřevin. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004, 288 s. ISBN 80-86386-56-2.)

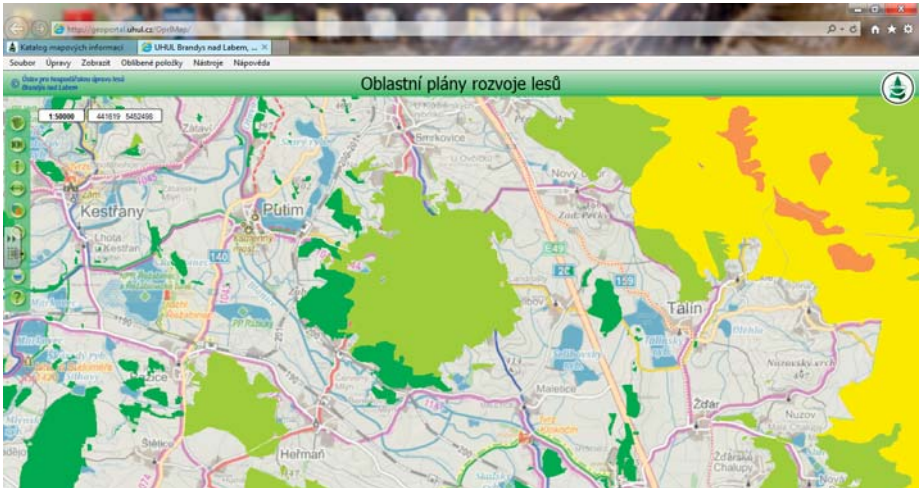
Obrázek 30 - Mapa DOOL (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál)



Obrázek 31 - Mapa zdravotního stavu lesů pro LHC ŠP Hůrky z družicových snímků (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál)



Obrázek 32 - Mapa zdravotního stavu lesů pro LHC ŠP Hůrky z družicových snímků (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál)



Obrázek 33 - Poměr lesních vegetačních stupňů na LHC ŠP Hůrky (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Ophiostoma sp., autor – Petr Kapitola, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ophiostoma_sp._Syd._%26_P._Syd._2111031.jpg 10

Obrázek 2 - Melampsora populnea, autor - Petr Kapitola, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Melampsora_populnea_%28Pers.%29_P._Karst._4544074.jpg 10

Obrázek 3 - Rez jehlicová (autor Beentree), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coleosporium_tussilaginis_3_beentree.jpg 11

Obrázek 4 - Lýkožrout smrkový (autor James K. Lindsey), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ips.typographus.jpg 11

Obrázek 5 - Cameraria ohridella larva (autor Beentree), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cameraria_ohridella_larva_beentree.jpg..... 12

Obrázek 6 - Plodnice Armillaria mellea, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Armillaria_mellea_2014_G3.jpg 13

Obrázek 7 - Skleníkový efekt, zdroj: KARAS, Pavel, Alena ZÁRYBNICKÁ a Taťána MÍKOVÁ. *Skoro jasno: průvodce televizní předpovědí počasí*. Vyd. 1. Praha: Česká televize, 2007, 206 s. Edice České televize. ISBN 978-80-85005-78-3..... 31

Obrázek 8 - „Ozonová díra" nad Antarktidou, 11 December 2013, 08:16:08, zdroj – https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Area_of_the_ozone_hole.jpg..... 31

Obrázek 9 - Posun podmínek pro pěstování smrku v české republice (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy*. 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.)..... 32

Obrázek 10 - Biologický proces - fotosyntéza - je základem života na Zemi. Bez schopnosti zelených autotrofních rostlin využívat energii slunečního světla a přeměňovat ji na energii chemických vazeb by rostliny ani živočichové nepřežili (autor Jan Kukrál)..... 32

Obrázek 11 - Průduch na listu lilku rajčete (*Solanum lycopersicum*) - kolorovaná mikrofotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tomato_leaf_stomate_cropped_and_scaled.jpg 33

Obrázek 12 - 3D model enzymu RuBisCO, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rubisco.png 33

Obrázek 13 - Köppenova klimatická klasifikace (Autor - Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A., University of Melbourne, zdroj - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Koppen_Map.png) 34

Obrázek 14 - Největší znečišťovatelé atmosféry CO_2 (údaje v mil. t), zdroj: DUBESSET-CHATELAINOVÁ, Laure a Hughes PIOLET. CO_2 50 největších znečišťovatelů. GEO: *Objevovat a chápat svět.* 2015, (září 2015): 72 - 73. 34

Obrázek 15 - Podzim v Kjótu, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KyotoAutumn.jpg. . 35

Obrázek 16 - Exploatace pralesů v USA, Oregon 1905, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Logging_oregon.jpg. 35

Obrázek 17 - Vzrůstající koncentrace CO_2, http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/graph.php?code=MLO&program=ccgg&type=ts. 36

Obrázek 18 - Les poznamenaný kyselými dešti, Jizerské hory, 2006, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acid_rain_woods1.JPG. 36

Obrázek 19 - Procesy v půdě (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy.* 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.) 37

Obrázek 20 - Vliv oteplování na vývoj generací lýkožrouta smrkového (převzato - ŠANTRŮČKOVÁ, Hana a Jaroslav VRBA. *Co vyprávějí šumavské smrčiny: průvodce lesními ekosystémy Šumavy.* 1. vyd. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, 2010, 153 s., [1] složený l. obr. příl. ISBN 978-80-87257-04-3.) 37

Obrázek 21 - Vysoké zastoupení smrku v České republice (sestavil Jan Kukrál, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wood_Jizera_Mountains.JPG) 38

Obrázek 22 - Změny v produkci CO_2 v %, 1992 – 2013, (upraveno podle časopisu GEO září 2015 - autor Jan Kukrál) 39

Obrázek 23 - Největší roční produkce CO_2 na obyvatele, (upraveno podle časopisu GEO září 2015 - autor Jan Kukrál) 39

Obrázek 24 - Extrémní sucha zvyšují nebezpečí vzniku lesních požárů, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forestfire2.jpg 40

Obrázek 25 - Který scénář zvolit pro řešení globální změny klimatu? (autor Jan Kukrál) . . . 40

Obrázek 26 - Jak vypadá klimadiagram a jeho zdrojová data (autor Jan Kukrál) 41

Obrázek 27 - Koloběh dusíku v ekosystému lesa (důraz je kladen na půdní prostředí, především na aktivitu půdní bioty - KLIMO, 1992) - schéma sestavil autor 41

Obrázek 28 - Globální cyklus uhlíku, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kolobeh_uhliku_cs.svg 42

Obrázek 29 - Vztahy mezi hlavními složkami ekosystému – neživé prostředí ovlivňuje biosféru a naopak biosféra ovlivňuje neživé prostředí (upraveno podle ŠANTRŮČKOVÉ, 2010) 42

Obrázek 30 - Mapa DOOL (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál) 44

Obrázek 31 - Mapa zdravotního stavu lesů pro LHC ŠP Hůrky z družicových snímků (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál) 44

Obrázek 32 - Mapa zdravotního stavu lesů pro LHC ŠP Hůrky z družicových snímků (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál) 45

Obrázek 33 - Poměr lesních vegetačních stupňů na LHC ŠP Hůrky (převzato z mapového serveru OPRL), http://geoportal.uhul.cz/OprlMap/ (sestavil Jan Kukrál) 45