

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOGRAFIE

Problematika globální klimatické změny
ve výuce na ZŠ: znalosti, postoje
a pro-environmentální chování žáků

RIGORÓZNÍ PRÁCE

Autor práce: Mgr. David Ranoš
Konzultant: Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.

2021

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval zejména panu Mgr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za jeho odborné konzultace, cenné rady a vždy kritický ale zároveň věcný přístup. Dále děkuji paní doc. RNDr. Ireně Smolové, Ph.D. za vstřícné jednání a odbornou konzultaci didaktické části práce. Poděkování patří také panu Mgr. Radku Tichavskému, Ph.D. za odbornou konzultaci statistického zpracování dat.

Za tolerantní přístup při psaní této práce, pevné nervy a kontrolu z hlediska pravidel českého pravopisu děkuji také své ženě Markétě.

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval/a samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal/a, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Dolním Benešově dne 12.11.2021

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

(podpis)

ANOTACE

Tato rigorózní práce se zaměřuje na problematiku globální klimatické změny ve vzdělávacím systému základních škol v České republice. Práce ověřuje na příkladu případové studie, jakým způsobem různé metody a formy výuky ovlivňují znalosti, postoje a pro-environmentální chování žáků 8. a 9. ročníku základních škol v této problematice. Součástí práce je vlastní tvorba výukových materiálů pro frontální a terénní metodu výuky této problematiky a jejich aplikace v praxi na vybraném vzorku žáků 8. a 9. ročníků základních škol v České republice.

Práce rovněž shrnuje dosavadní vědecké poznatky ve vztahu k příčinám, projevům a důsledkům globální klimatické změny a dále popisuje pozorované a očekávané projevy klimatické změny v ČR, objasňuje specifika vztahu české veřejnosti k životnímu prostředí a klimatické změně, a taktéž hodnotí postavení globální klimatické změny ve vzdělávacím systému ČR včetně analýzy dosavadních výzkumů zaměřených na znalosti a postoje českých žáků a studentů v této problematice.

ANNOTATION

This rigorous thesis focuses on the issue of global climate change in the education system of upper primary schools in the Czech Republic. The work verifies on the example of a case study how different methods and forms of teaching affect knowledge, attitudes and pro-environmental behavior of 8th and 9th grade upper primary school students in this issue. Part of the work is the creation of teaching materials for frontal and field method of teaching this issue and their application in practice on a selected sample of 8th and 9th grade upper primary school students in the Czech Republic.

The thesis also summarizes current scientific knowledge in relation to the causes, manifestations and consequences of global climate change and further describes the observed and expected manifestations of climate change in the Czech Republic, clarifies the specifics of the Czech public's relationship to the environment and climate change, and also evaluates the position of global climate change in education system of the Czech Republic, including an analysis of existing research focused on knowledge and attitudes of Czech pupils and students in this issue.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍLE PRÁCE	10
3	GLOBÁLNÍ KLIMATICKÁ ZMĚNA	11
3.1	Klima a klimatický systém.....	12
3.1.1	Počasí.....	12
3.1.2	Klima.....	13
3.1.3	Klimatický systém.....	13
3.1.4	Klimatické faktory.....	14
3.1.5	Klimatické zpětné vazby.....	15
3.1.6	Změna klimatu.....	15
3.2	Příčiny globální klimatické změny.....	22
3.2.1	Demografický vývoj.....	24
3.2.2	Růst spotřeby.....	25
3.2.3	Skleníkový efekt.....	26
3.2.4	Skleníkové plyny.....	27
3.2.5	Koloběh uhlíku.....	31
3.3	Projevy a důsledky globální klimatické změny.....	32
3.3.1	Globální oteplování.....	34
3.3.2	Tání pevninských ledovců, mořského ledu a permafrostu.....	35
3.3.3	Vzestup hladiny oceánů a růst acidifikace.....	38
3.3.4	Hydrologický režim a vodní zdroje.....	40
3.3.5	Atmosférická planetární cirkulace a mořské proudění.....	41
3.3.6	Extrémní meteorologické jevy.....	43
3.3.7	Biodiverzita - fauna a flóra.....	44
3.3.8	Zemědělství, potravinové zdroje a odlesňování.....	45
3.3.9	Lidské zdraví a šíření nemocí.....	49
3.3.10	Konflikty a zdroje napětí.....	50
3.4	Předpokládaný vývoj změny klimatu podle IPCC.....	51
3.5	Mitigace a adaptace na globální změnu klimatu.....	57
4	KLIMATICKÁ ZMĚNA V ČR	62
4.1	Pozorovaná a očekávaná změna klimatu v ČR.....	62
4.2	Mitigace a adaptace ČR na změnu klimatu.....	69

4.3	Specifika vztahu české veřejnosti k životnímu prostředí a klimatické změně	72
5	GLOBÁLNÍ KLIMATICKÁ ZMĚNA VE VZDĚLÁVACÍM SYSTÉMU ČR ..	84
5.1	Globální klimatická změna v RVP pro základní vzdělávání	86
5.2	Znalosti a postoje žáků a studentů ČR v problematice globální klimatické změny.....	92
6	METODY VÝZKUMU	102
6.1	Vlastní návrh frontální výuky globální klimatické změny.....	108
6.1.1	Co je to globální klimatická změna?.....	109
6.1.2	Jaký je rozdíl mezi počasím a podnebím?	110
6.1.3	Co je to klimatický systém?.....	110
6.1.4	Proč se klima mění?	111
6.1.5	Měnilo se klima i v minulosti?	112
6.1.6	Co všechno může hrát roli při změně klimatu?	112
6.1.7	Co je to skleníkový efekt a co jsou to skleníkové plyny?.....	113
6.1.8	Které plyny jsou skleníkové?.....	114
6.1.9	Které činnosti produkují skleníkové plyny?	116
6.1.10	Co je to uhlíkový cyklus Země?	117
6.1.11	Jaké jsou projevy a důsledky změny klimatu?.....	118
6.1.12	Jaké projevy změny klimatu očekáváme v ČR.....	122
6.1.13	Které státy se podílí na globálním oteplování nejvíce?	125
6.1.14	Proč je vliv člověka na globálním oteplování zpochybňován?.....	128
6.1.15	Proč je důležité chránit lesy na naší planetě?	128
6.1.16	Můžeme předpovídat, jak se bude klima měnit?	130
6.1.17	Jaké jsou scénáře klimatické změny?	131
6.1.18	Co jsou to body zlomu?	132
6.1.19	Co dělá lidstvo proti změně klimatu?	134
6.1.20	Jak je na tom v boji proti klimatické změně Evropská unie a ČR?	138
6.1.21	Je současné snižování emisí CO ₂ dostatečné?	139
6.1.22	Jak může uhlíkovou stopu snižovat každý z nás?.....	140
6.2	Vlastní návrh terénní výuky globální klimatické změny v místním regionu	145
6.2.1	Pracovní list č. 1 Monitoring stavu vodní hladiny blízkého toku.....	146
6.2.2	Pracovní list č. 2 Monitoring stavu místních jehličnatých lesů	154
6.2.3	Pracovní list č. 3 Monitoring půdního sucha v zemědělské krajině	164

7	VÝSLEDKY	173
7.1	Znalosti žáků	173
7.2	Názory žáků a ochota žáků jednat.....	178
7.2.1	Doprava.....	179
7.2.2	Výroba elektřiny	185
7.2.3	Domácí.....	190
7.2.4	Osobní.....	196
7.2.5	Komunální	203
7.2.6	Legislativní	209
7.2.7	Daně.....	213
7.2.8	Spolupráce	217
7.2.9	Vzdělání.....	221
7.2.10	Nevědecké (Irelevantní).....	225
8	DISKUZE A ZÁVĚR.....	232
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	241
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	251
11	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	256
12	SEZNAM TABULEK.....	259
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	260

1 ÚVOD

Globální klimatická změna patří v současné době mezi hlavní globální problémy lidstva. Přestože si tento problém většinová společnost nyní ještě nepřipouští nebo o něm dokonce neví, je velmi pravděpodobné, že s postupem času bude tato problematika nabírat na intenzitě v závislosti na rostoucí míře jejich negativních projevů a důsledků.

Přestože bylo toto téma v minulosti často považováno za kontroverzní, tak nyní o jejich příčinách, projevech a důsledcích panuje víceméně jasná shoda napříč širokou vědeckou komunitou. Globální klimatická změna je způsobena zvyšující se globální teplotou planety, kterou velmi pravděpodobně zapříčinila lidská činnost a nadměrné spalování fosilních paliv. Globální klimatická změna je v současné době nezpochybnitelná a jejím sílícím projevům a důsledkům čelí lidská společnost již dnes.

Přestože se na první pohled jeví toto téma jako čistě environmentální, není tomu tak, neboť šíře této problematiky přesahuje její rámec a silně se prolíná s problematikou politickou, sociální, hospodářskou ale i morální či etickou. Je velmi pravděpodobné, že globální klimatická změna bude představovat největší výzvu, které bude lidská společnost čelit nejen ve 21. století, ale také nepochybně dále za horizontem tohoto období.

Jestliže již nyní můžeme pozorovat první dopady této změny, tak je to jen špička ledovce toho, co můžeme očekávat v budoucnu. Je velmi pravděpodobné, či snad prakticky jisté, že naše neuvážené a přezíravé chování vůči naší planetě – našemu domovu, ovlivní životy našich dětí a vnoučat mnohem více než nás samotných. Je proto na místě převzít na sebe část odpovědnosti nejen vůči Zemi, ale také vůči budoucím generacím této planety.

Pokud má moderní školství připravovat mladého člověka na jeho život ve 21. století, je na místě zabývat se otázkou, zda by se tato problematika neměla stát učivem pevně zakotveným ve výuce geografie (zeměpisu) či jiných přírodovědných nebo sociálních vzdělávacích oborů. Vždyť který jiný problém na Zemi bude pro příští generace a jejich existenci na této planetě tak významný, jako již probíhající globální změna klimatu.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem rigorózní práce je pracovně ověřit na příkladu případové studie, jakým způsobem různé metody a formy výuky ovlivňují znalosti, postoje a pro-environmentální chování žáků 8. a 9. ročníků základních škol v problematice globální klimatické změny. Součástí hlavního cíle je také vlastní tvorba výukových materiálů pro frontální a terénní metodu výuky této problematiky a jejich aplikace v praxi na vybraném vzorku žáků 8. a 9. ročníků základních škol v České republice.

Za dílčí cíle práce lze považovat shrnutí dosavadních vědeckých poznatků ve vztahu k příčinám, projevům a důsledkům globální klimatické změny, popis pozorovaných a očekávaných projevů klimatické změny v ČR, objasnění specifika vztahu české veřejnosti k životnímu prostředí a klimatické změně a zhodnocení postavení učiva globální klimatické změny ve vzdělávacím systému ČR včetně analýzy dosavadních výzkumů zaměřených na znalosti a postoje českých žáků a studentů v této problematice.

3 GLOBÁLNÍ KLIMATICKÁ ZMĚNA

Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu (UNFCCC) považuje za globální změnu klimatu „*takovou změnu klimatu, která je vázána přímo nebo nepřímo na lidskou činnost měnící složení globální atmosféry, a která je vedle přirozené variability klimatu pozorována za srovnatelný časový úsek.*“ (Kavková, 2020)

Slovník České meteorologické společnosti definici „globální klimatické změny“ neuvádí, avšak nabízí pojem „antropogenní změna klimatu“, která je definována jako „*změna klimatu, která je podmíněna činností člověka, především v důsledku zesílení skleníkového efektu antropogenními emisemi skleníkových plynů*“, což asi nejlépe odpovídá definici globální klimatické změny podle UNFCCC. (ČMES, 2020)

Bez ohledu na použitou definici je podstatné, že současná změna klimatu je tak výrazná a rozsáhlá, že svým rozměrem dosahuje globálních rozměrů a její důsledky ponесou miliardy lidí po celém světě. Spalováním fosilních paliv a přeměnou zemského povrchu uvolnil člověk do atmosféry takové množství skleníkových plynů, že dokázal narušit přirozenou tepelnou rovnováhu země, která byla velmi stabilní minimálně posledních 10 000 let.

Globální klimatická změna je v současnosti považována za jeden z nejvýznamnějších globálních problémů lidstva. Obrovský růst počtu obyvatel naší planety a jejich materiálních nároků způsobil, že přirozené planetární systémy jsou vlivem člověka vážně narušeny. Člověk v posledních 200 letech svým působením změnil ráz planety tak jako nikdy v historii. (Moldan, 2015)

Díky prudkému technologickému rozvoji ovlivňuje lidstvo naši planetu v globálním měřítku a zásadním způsobem mění život na Zemi. Rostoucí emise skleníkových plynů jednoznačně přispívají k dosud nevídanému oteplování. Jelikož se míra objemů vypuštěných skleníkových plynů stále zvyšuje, je velmi pravděpodobné, že se míra růstu oteplení bude v následujících letech zvyšovat. (Barros, 2006)

Oxid uhličitý a další skleníkové plyny byly po dlouhou dobu uchovány v zemi ve formě fosilních paliv, které na Zemi vznikaly stovky miliónů let a které příroda již z atmosféry a z jiných přírodních procesů vyřadila a uložila pod zemský povrch. Fyzikální vlastnosti skleníkových plynů prokazatelně způsobují odraz tepelné energie k zemskému povrchu. (Jermář, 2011)

Růst průměrné teploty atmosféry vyvolal řadu závažných jevů prakticky ve všech složkách planetárních systémů, ať už jde o hydrosféru, kryosféru, biosféru či pedosféru. Jednotlivé části zemského systému jsou mezi sebou vzájemně pevně provázané, a proto i narušení pouze jednoho systému může vyvolat negativní důsledky na systémy jiné a celkově tak způsobit rozvrat celého tisíce let ustáleného systému.

Důsledky rostoucí teploty planety se totiž neprojevují pouze ve zvýšené teplotě atmosféry, ale také zvýšenou teplotou oceánů, jejich okyselením, táním ledovců a permafrostu, stoupající úrovni mořské hladiny, změnou vodního režimu, vymíráním rostlinných a živočišných druhů, zvýšením intenzity a četnosti extrémních meteorologických jevů počasí, negativními dopady na půdu, zemědělství a vodní zdroje a v neposlední řadě také na zdraví obyvatel země, zvýšení rizika válečných konfliktů či celkové snížení výkonu hospodářství.

Důsledky těchto klimatických změn ponese na svých bedrech současná generace lidstva, ale mnohem více generace budoucí. Díky současnému trendu konzumní společnosti, liknavosti a zavíráním očí před skutečnými problémy naší planety lze očekávat, že se současná změna klimatu, alarmující svou bezprecedentní rychlostí, bude i nadále zrychlovat a její dopady budou více závažné. (Moldan, 2015)

3.1 Klima a klimatický systém

Pro správné pochopení jednotlivých pojmů a procesů probíhajících v klimatickém systému je nezbytné vymežit přehled základní terminologie, která se ke klimatu a klimatickému systému jako takovému vztahuje. Definice a základní vymezení jednotlivých pojmů jako je počasí, klima, klimatické faktory, klimatické zpětné vazby či změna klimatu upřesňuje stávající kapitola.

3.1.1 Počasí

Počasí je „stav atmosféry charakterizovaný souhrnem hodnot všech meteorologických prvků a atmosférické jevy v určitém místě a čase.“ (ČMES, 2021)

Počasím se zpravidla rozumí okamžitý stav atmosféry, někdy též změny (průběh) meteorologických prvků a jevů v určitém krátkém časovém intervalu (řádově minuty nebo hodiny). Počasí je zároveň charakterizováno souborem okamžitých nebo krátkodobě

průměrovaných hodnot, zvláště teploty vzduchu, oblačnosti nebo slunečního svitu, směru a rychlosti větru a atmosférických srážek. (ČMES, 2021)

Počasí je předmětem odborného zájmu meteorologů, kteří ho studují a předpovídají. Typickou vlastností počasí je jeho proměnlivost. Meteorologové mají při své práci k dispozici výsledky měření na meteorologických stanicích, v atmosféře pomocí meteorologických balonových sondáží, z meteorologických radarů či meteorologických družic a také výsledky předpovědních modelů. Kombinace vstupních údajů dnes umožňuje předvídat počasí až na několik dní dopředu. (Metelka, a další, 2009)

3.1.2 Klima

Klima (podnebí) je „*dlouhodobý charakteristický režim počasí na Zemi nebo její části, daný variabilitou stavů klimatického systému.*“ (ČMES, 2021)

Pro řadu meteorologických prvků-teplota, atmosférické srážky, tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru, sněhová pokrývka apod. se vyhodnocují jejich statistické charakteristiky (průměry, extrémy, denní a roční chody, proměnlivost, počty dní apod.) za delší období, zpravidla nejméně za 30 let. Proměnlivost klimatu, tedy dlouhodobých charakteristik, je podstatně menší než proměnlivost počasí. (Metelka, a další, 2009)

Studiem klimatu se zabývá klimatologie. Geneze klimatu je podmíněna společným působením klimatických faktorů a klimatických zpětných vazeb. Klima se projevuje v hodnotách klimatických prvků a z nich odvozených klimatologických indexů, přičemž je jedinečným znakem Země jako celku i každého místa na Zemi. (ČMES, 2021)

3.1.3 Klimatický systém

Klimatický systém definujeme jako „*část geosféry, která se podílí na procesu geneze klimatu*“. (ČMES, 2021)

Klima je vytvářeno vzájemnou interakcí více faktorů. Jednotlivé složky jsou vzájemně intenzivně provázány, neboť zde v nejrůznějších časových a prostorových měřítkách neustále probíhají fyzikální, chemické a biologické procesy umožňující výměnu energie a látek. (ČMES, 2021) Tyto faktory mezi sebou vytváří složitý, vzájemně propojený systém. (Vysoudil, 1997)

Tento tzv. úplný klimatický systém je tvořen pěti subsystemy:

- atmosférou,
- hydrosférou,
- kryosférou,
- litosférou,
- biosférou.

3.1.4 Klimatické faktory

Klimatické faktory definujeme jako „*činitele podílející se na genezi klimatu*“.
(ČMES, 2021)

Klima je utvářeno vzájemnou interakcí mnoha klimatických faktorů. Mezi nejvýznamnější klimatické faktory patří:

- **astronomické** (mají svůj původ ve vlastnostech Země, jejím tvaru, sklonu zemské osy, složení atmosféry aj.),
- **cirkulační** (představují přenos a výměnu různých vzduchových hmot),
- **antropogenní** (představují jak úmyslné, tak neúmyslné zasahování a ovlivňování přirozeného stavu a rovnováhy atmosféry i zemského povrchu člověkem),
- **geografické** (jde o soubor vlivů vlastního geografického prostředí v celé jeho různorodosti).

Mezi tyto geografické vlivy patří zejména:

- *zeměpisná šířka,*
- *nadmořská výška,*
- *rozložení pevnin a oceánů,*
- *orografie,*
- *mořské proudy,*
- *rostlinná a sněhová pokrývka,*
- *antropogenní činnost.*

Výsledkem spolupůsobení všech uvedených faktorů je konkrétní podnebí (klima) daného území. (Vysoudil, 1997)

3.1.5 Klimatické zpětné vazby

Za klimatickou zpětnou vazbu považujeme „řetězec navzájem podmíněných reakcí různých složek klimatického systému na narušení rovnováhy tohoto systému během vývoje klimatu“. (ČMES, 2021)

Klimatické zpětné vazby jsou důležitou vlastností klimatického systému. V důsledku těchto vazeb se mohou anomálie, způsobené určitou počáteční poruchou, zesilovat (kladné zpětné vazby) nebo naopak zeslabovat (záporné zpětné vazby).

Klasickým příkladem kladné zpětné vazby je vazba mezi teplotou vzduchu a rozsahem polárního zalednění. Pokles teploty může znamenat zvětšení rozsahu sněhové či ledové pokrývky, tedy zvýšení odrazivosti zemského povrchu, který odráží více sluneční energie než povrch bez sněhu a ledu, což vede k dalšímu poklesu teploty v okolí.

Naopak příkladem záporné zpětné vazby může být vazba mezi teplotou a vývojem kupovité oblačnosti v létě. Sluneční záření dopadající na zemský povrch, působí ohřátí přízemních vrstev vzduchu a vznik stoupavého proudu (konvekce) s následnou tvorbou kupovité oblačnosti. Oblačnost ale po svém vzniku začne část dopadajícího slunečního záření odrážet, k povrchu proniká méně slunečního záření, klesne tedy i míra ohřívání přízemních vrstev vzduchu, tedy i konvekce a tvorba kupovité oblačnosti.

Obecně se dá konstatovat, že kladné (pozitivní) zpětné vazby podporují nestabilitu klimatického systému, zatímco záporné (negativní) zpětné vazby stabilitu zvyšují. Míra působení kladných i záporných zpětných vazeb se ale v klimatickém systému mění během dne, během roku i místo od místa. To vše vytváří z klimatu velmi složitý systém s prvky chaotického chování. (Metelka, a další, 2009) Pochopit fungování klimatického systému jako celku je velmi složité také z toho důvodu, že každá krajina vykazuje různou míru citlivosti na probíhající klimatickou změnu. (Cílek, 2019)

3.1.6 Změna klimatu

Změnu klimatu (klimatickou změnu) chápeme také jako „vývoj klimatu probíhající v uvažovaném časovém měřítku po dlouhou dobu jednostranně, např. směrem k oteplení nebo ochlazení“. (ČMES, 2021)

Týká se buď určitého regionu, nebo Země jako celku, i v tom případě se však může na různých místech projevit různě intenzivně. Příčinou změn klimatu bývá jednostranná změna působení některého z globálně působících klimatických faktorů. (ČMES, 2021) Faktory způsobující klimatické změny mohou působit hned po tom, co se objeví, nebo v delším časovém měřítku. (Kutílek, 2008)

Dlouhodobé změny klimatu mohou být při uvažování krátkých časových řad maskovány kolísáním klimatu, naopak s větším odstupem se mohou ukázat být projevem periodicity klimatu. V souvislosti s aktivitou člověka se k přirozeným změnám přidávají antropogenní změny klimatu, na které je někdy význam termínů změna klimatu či klimatická změna nevhodně zužován. (ČMES, 2021)

Podnebí se v minulosti vždy měnilo a přirozené změny klimatu probíhají i dnes a budou probíhat i v budoucnu. Od pleistocénu dochází k poměrně pravidelnému střídání dob ledových – glaciálů a meziledových – interglaciálů, kdy globální průměrné teploty dosahovaly amplitudy 10–15 °C. Glaciály bývají výrazně chladnější období a trvají zhruba 100 000 let. Interglaciály jsou pak teplejší epochy zpravidla trvající 10 000 let. V současnosti se nacházíme v době meziledové, která trvá již asi 15 000 let, přičemž i v rámci tohoto období, ve kterém nyní žijeme, docházelo k teplejším či chladnějším výkyvům klimatu. (Acot, 2005) (Barros, 2006)

Za zmínku stojí např. středověké teplé období v 10. – 13. století (Behringer, 2010), nebo chladnější klima v 16. – 19. století známé častěji pod názvem malá doba ledová. (Fagan, 2007) V dávné minulosti tedy docházelo ke změnám klimatu neustále. V průběhu celé geologické éry docházelo ke střídání období teplejších, chladnějších, sušších i vlhčích. Jelikož se ale tyto změny odehrávaly ve vzdálené geologické historii, je přesná rekonstrukce a srovnávání tehdejšího klimatu s dnešním stavem velmi problematická. Důvodem může být nedostatek kvalitních a spolehlivých dat a různé geologické podmínky v minulosti. (Metelka, a další, 2009)

Vědní obor, zabývající se rekonstrukcí a interpretací klimatu v geologické minulosti se nazývá paleoklimatologie. Změny klimatu v geologické minulosti se snaží vysvětlit pomocí teorií paleoklimatu. K jejich ověření využívá tzv. proxy dat, přičemž se opírá o poznatky dalších disciplín, např. sedimentologie, paleontologie a geochemie, při studiu klimatu kvartéru, a především holocénu se uplatňují i geomorfologie a archeologie.

Proxy data jsou považovány za nepřímé indikátory, které umožňují paleoklima rekonstruovat a určit přibližné vlastnosti klimatického systému v minulosti. Podmínkou jejich využití v paleoklimatologii je možnost alespoň přibližného datování a poznatky o jejich klimatické podmíněnosti. Základními druhy proxy dat jsou data geologická (analýza hlubokomořských, jezerních a navátých sedimentů, ledovcových jevů, fosilních půd), glaciologická (analýza vrtných jader ledovců) a biologická (analýza letokruhů, malakofauny, hmyzu a pylová analýza). (ČMES, 2021)

Za nejvýznamnější metodu paleoklimatologického datování je v současné době považována analýza vrtných jader ledovců, jinak zvaná též izotopová kyslíková metoda. Tento způsob datování je založen na analýze poměru izotopů kyslíku O^{16} a O^{18} v bublinkách vzduchu uloženého v ledovcovém ledu. Poměr izotopu kyslíku totiž nepřímo odráží teplotu vzduchu. Z ledovcových jader lze rovněž rozpoznat roční usazeniny podle střídání tmavších a světlejších vrstev. Kromě toho poskytují bublinky vzduchu pevně uzavřené v ledu přímé údaje o jeho složení. Pro tyto účely se mohou využívat pevninské i horské ledovce, čím jsou však starší, tím vzdálenější pohled do historie Země, mohou zaznamenat.

Nejstarší vzorky ledu nabízejí ledovcové příkrovy Grónska a Antarktidy. V 90. letech 20. století se podařilo evropským a americkým týmům vědců vytvořit hlubinné vrty v Grónském pevninském ledovci, které odhalily podrobný záznam klimatu Země až 125 000 let (NGRIP – Northern Greenland Ice Core Project) a 200 000 let (GISP – Greenland Ice Sheet Project 2) zpátky.

Ještě kvalitnější poznatky získali vědci v roce 2004, kdy v oblasti centrální Antarktidy provedli hlubinný vrt, jehož vzorky poskytly informace o historii klimatu Země až 800 000 let zpět (EPICA – European Project for Ice Coring in Antarctica).

Ledovcové vrty jsou proto v současné době nejstarším a nejlépe využitelným paleoklimatologickým ukazatelem, který nám poměrně přesně a do velké vzdálenosti v historii Země poskytuje informace o vývoji klimatu. (Flannery, 2007) (Behringer, 2010)

Paleoklimatologie je věda poměrně mladá, neboť myšlenka, že se klima země v minulosti měnilo, se prosadila teprve nedávno. Význam klimatologie pro vývoj a přežití lidského druhu považují někteří autoři za zcela zásadní, neboť klimatické změny sehrály velmi důležitou roli ve vývoji a diverzifikaci živých tvorů. Zároveň vznik, vývoj a činnost některých organismů, výrazně ovlivnila chemické složení zemské atmosféry.

Známa je rovněž skutečnost, že náhlé a rychlé změny klimatu měly velký vliv na vymírání živočišných druhů, ale také třeba na vznik lidského rodu homo a jeho předchůdce včetně způsobu života a geografického rozmístění na planetě. (Acot, 2005)

Změnou klimatu tedy obecně rozumíme dlouhodobou změnu průměrného stavu klimatu anebo jeho vlastností (tedy změnu, která přetrvává po desítky let či déle), příčinou těchto změn jsou přirozené faktory nebo antropogenní činnost. (Kopecký, a další, 2011) Klimatický systém je totiž kromě složitých interakcí mezi jeho jednotlivými složkami podmiňován též některými vnějšími vlivy, přírodními i způsobenými člověkem. (Barros, 2006)

Mezi přírodní vlivy patří:

- astronomické,
- složení atmosféry,
- geologické.

Astronomické vlivy

Astronomické vlivy souvisí s kolísáním slunečního záření dopadajícího na zemský povrch. Toto kolísání může být způsobeno procesy na Slunci nebo změnami v oběžné dráze Země. (Acot, 2005)

Na výkyvy slunečního záření mají vliv např. sluneční skvrny, které se projevují v 11 až 22letých cyklech, během kterých dochází k výrazným změnám v intenzitě záření. (Barros, 2006) S množstvím slunečních skvrn roste celková vyzařovaná energie Slunce a teploty na Zemi mohou stoupat až o 0,08 °C v rámci jednoho cyklu. Změnu sluneční radiace od roku 1750 odhaduje Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) mezi +0,06 až +0,30 W*m², což odpovídá nejvýše jedné osmině radiačního účinku skleníkových plynů.

Relativní počet slunečních skvrn dosáhl maxima 200 v roce 1959. Od roku 1980 maximální počet slunečních skvrn v jednotlivých cyklech klesá, což by mělo vést ke snižování teploty. (Jermář, 2011) Poslední maximum slunečních skvrn bylo zaznamenáno v roce 2014 v rámci 24. sledovaného cyklu. (SWPC, 2020) Minimum slunečních skvrn bylo naopak naposledy zaznamenáno v roce 2019, neboť bylo zaznamenáno 272 dnů bez jakékoliv sluneční skvrny. (Česká astronomická společnost, 2019)

Země se okolo Slunce pohybuje po mírně eliptické dráze, jejíž excentricita vykazuje periodickou fluktuaci zhruba 100 000 let. Odchylka excentricity se může pohybovat od 0 do 6 %. Díky této odchylce se mění vzdálenost Země od Slunce při jejím oběhu. Současná excentricita je asi 1,67 %. (Acot, 2005)

Periodicky se také mění úhel, který svírá zemská osa s plochou oběžné dráhy Země. Velikost úhlu kolísá mezi 21,9 ° a 24,5 °, což ovlivňuje úhel dopadu slunečních paprsků na Zemi. Tato perioda činí asi 41 000 let. V současné době činí úhel sklonu zemské osy 23 ° 27 ' a tento úhel je v průběhu roku stabilní. (Acot, 2005)

Zemská osa však vykonává ještě precesní pohyb, jehož důsledkem je postup rovnodennosti. To způsobuje, že roční období, v němž se Slunce nalézají nejbližší Zemi, se asi jednou za 21 000 let mění. (Acot, 2005)

Tyto výše zmíněné periody někdy označujeme jako tzv. Milankovičovy cykly, pojmenované po srbském astronomovi Milutinu Milankovičovi. Ten přišel s teorií, že tyto astronomické události vedly v minulosti ke střídání dob ledových a meziledových, neboť ovlivňují množství dopadajícího slunečního záření na Zemi a jejich cyklus víceméně odpovídá střídání těchto období. (Acot, 2005) (Barros, 2006)

Celkově tyto astronomické vlivy působí tak, že se snižováním excentricity a nakloněním zemské osy roste přísun energie, což může vyvolat příchod teplejšího období, naopak s rostoucí excentricitou a napřímením zemské osy klesá přísun energie v polárních oblastech, což může vyvolat období chladné. Celkové změny v přísunu tepla mohou dosáhnout hodnoty $1 \text{ W} \cdot \text{m}^2$, což je hodnota, která může zvýšit teplotu Země o nejvýše 0,5 °C. V současné době by se naše planeta měla podle těchto astronomických vlivů ochlazovat, neboť excentricita oběžné dráhy je malá, perihélium připadá na 2. ledna a sklon zemské osy je zhruba 23,5 °. (Jermář, 2011)

Přestože je Milankovičova teorie ve vědeckých kruzích spíše přijímána, tak některé obtíže teorie přetrvávají dodnes. Jde zejména o skutečnost, že samotné Milankovičovy cykly jsou z hlediska bilance rozdílů globálního tepla způsobeny astronomickými vlivy příliš malé na to, aby byly považovány za důvod tak velkých teplotních změn. Je však možné, že tyto astronomické příčiny fungují pouze jako podnět pro nastartování pozitivních zpětných vazeb klimatického systému a dominového efektu. (Acot, 2005) (Barros, 2006)

Složení atmosféry

Mezi přírodní vlivy na změnu klimatu patří také složení atmosféry. Změny v jejím chemickém složení mohou být vyvolány vulkanickou činností nebo jinými procesy souvisejícími s litosférou.

Sopečná činnost hraje rovněž důležitou roli při odrazu slunečního záření v atmosféře, neboť při sopečné aktivitě může být do vzduchu uvolněno velké množství přírodních aerosolů, které mají ochlazující účinek. Na globální úrovni ovlivňují klima především velké erupce, které mohou dopravit sopečný materiál až do stratosféry. Z důvodu stability této vrstvy atmosféry mohou sloučeniny, které zde vzniknou, vydržet i řadu let.

Protože sopečné plyny obsahují oxid siřičitý, který společně s vodou vytváří lesknoucí se aerosoly, mohou odrážet sluneční záření a přispět tak k ochlazení planety. Podobný účinek v atmosféře má také sopečný popel, vzhledem ke své hmotnosti však padá k zemi podstatně rychleji a nezůstává přítomen v atmosféře tak dlouho. (Barros, 2006)

Příkladem z minulosti může být výbuch sopky Laki roku 1783 nebo výbuch sopky Tambory v roce 1815, které snížily průměrnou teplotu atmosféry Země a výrazně ovlivnily klima celé planety na několik let. (Behringer, 2010)

Ochlazovací efekt sopek, však neplatí jednoznačně, neboť z dlouhodobého hlediska může velké množství sopečných plynů způsobovat také zvýšení množství skleníkových plynů v atmosféře, což může paradoxně vyvolat celkové oteplení planety. (Cílek, 2019)

Na složení atmosféry mohou mít vliv také přírodní organismy, protože biosféra je součástí klimatického systému. Od začátku existence života na Zemi ovlivňovaly klima Země jednoduché mikroorganismy výrazným způsobem, neboť svou činností ovlivňovaly množství kyslíku v oceánech i atmosféře, což umožnilo rozvoj života vývojově vyšším druhům rostlin a živočichů. (Jermář, 2011)

Geologické vlivy

Mezi nejvýznamnější geologické procesy ovlivňující zemské klima patří změny v rozložení oceánů a pevnin zapříčiněné tektonickými pohyby litosférických desek. Důležitá je rovněž pozice světadílů vůči pólům, a to z důvodu účinnosti pohlcování dopadajícího slunečního záření.

Geologický vývoj a pohyb kontinentů trval milióny let a je pravděpodobné, že současná poloha Antarktidy v blízkosti jižního pólu přispěla k ochlazení Země. Cirkulaci atmosféry

a oceánů také přímo či nepřímo ovlivňuje reliéf kontinentů, což mělo v minulosti například vliv na vlhčí klima v oblasti jihoamerické Patagonie, neboť průniku oceánského vzduchu nebránily vysoké horské masívy And. (Barros, 2006)

Protože lidstvo tvoří součást biosféry, může mít jeho činnost převratný dopad na klimatický systém. Největší vliv člověka se projevuje v důsledku přeměny zemského povrchu a změny chemického složení atmosféry, díky které se mění také její fyzikální vlastnosti. Mezi lidské vlivy tedy patří:

- přeměny zemského povrchu,
- změny v chemickém složení atmosféry a ve fyzikálních vlastnostech atmosféry.

Přeměny zemského povrchu

V důsledku výstavby měst, silnic a vodních přehrad, kvůli odlesňování a zásahům do vegetace se mění odraz světla a je nepříznivě ovlivňována vodní rovnováha. (Barros, 2006) Důležitou roli při odrazu světla hraje efekt albeda zemského povrchu, což je procentuální poměr mezi množstvím odraženého záření a celkově dopadajícího záření na Zemi. Každý povrch odráží sluneční záření různě. Například čistý sníh může mít albedo až 90 %, naproti tomu vodní povrch jen okolo 5 %. Celkové planetární albedo Země má hodnotu přibližně 30 %, v důsledku lidské činnosti na Zemi se však výrazně mění. (Vysoudil, 1997)

Změny v chemickém složení atmosféry a ve fyzikálních vlastnostech atmosféry

Koncentrace skleníkových plynů v atmosféře byla v posledních 10 000 let víceméně stabilní. Ještě koncem 19. století dosahovala koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře hodnoty 230 ppm. Od průmyslové revoluce však došlo v důsledku spalování fosilních paliv a změny využití zemského povrchu ke zvýšení oxidu uhličitého v atmosféře až na hodnotu 400 ppm, která byla dosažena v roce 2007 a stále se zvyšuje. (Barros, 2006) (Acot, 2005) (Cílek, 2019) V květnu roku 2020 dosáhla hodnota koncentrace CO₂ měřená na havajské stanici Mauna Loa již 417 ppm. (Fakta o klimatu, 2021) Růst globální průměrné koncentrace skleníkových plynů od roku 1850 potvrzuje také poslední hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu. (IPCC, 2014)

Zvýšená koncentrace antropogenních skleníkových plynů vede ke snižování vyzařovaného zemského tepla o 0,5–1 W na m², což pravděpodobně narušuje vyrovnanou energetickou bilanci Země. (Cílek, 2019) Změna chemického složení atmosféry, ale nemusí ovlivňovat

pouze funkci přírodního skleníkového efektu, neboť emise některých umělých plynů také narušují ozónovou vrstvu, což bylo v minulosti vědecky prokázáno. (Barros, 2006)

Na změnu fyzikálních vlastností atmosféry má kromě skleníkových plynů vliv také nárůst množství antropogenních aerosolů, jejichž množství v atmosféře se razantně zvýšilo zejména po 2. světové válce v souvislosti s rychlým průmyslovým rozvojem. Aerosoly snižují intenzitu dopadajícího slunečního záření na Zemi a tím zvyšují ochlazovací efekt atmosféry, který tak mírní celkové její oteplování. (Cílek, 2019) Emise aerosolů proto mohou vytvářet změny v energetické bilanci záření, ale také způsobovat změny v dynamice množství oblaků, neboť tvoří jejich kondenzační jádra. (Barros, 2006) (Cílek, 2019)

3.2 Příčiny globální klimatické změny

Změny koncentrací skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře, krajinného pokryvu a slunečního záření ovlivňují energetickou bilanci klimatického systému. Lidské aktivity na Zemi produkují energii, která převyšuje přísun sluneční energie. Ve druhé polovině 20. století vyprodukovala a spotřebovala lidská společnost více energie než od počátku své existence. (Jermář, 2011)

Vliv lidské činnosti se na globální energetickou bilanci Země projevil v těchto bodech:

- změna skleníkového efektu atmosféry,
- zastínění zemského povrchu oblaky a aerosoly,
- změna albeda (odrazivosti) zemského povrchu následkem změn charakteru povrchu-odlesněním, urbanizací, táním ledovců, věčného sněhu a permafrostu,
- produkcí tepla a vodních par. (Jermář, 2011)

Bez vlivu člověka by souhrn slunečních a vulkanických působení během posledních padesáti let pravděpodobně způsobil ochlazení planety, které však nenastalo. Výsledný efekt lidské činnosti, spočívající velmi pravděpodobně v celosvětovém nárůstu koncentrací skleníkových plynů vzniklých především v důsledku spalování fosilních paliv a v menší míře změnou ve využití půdy, způsobil od roku 1750 s velmi vysokou jistotou oteplování planety. (IPCC, 2007)

Podle poslední vydané zprávy Mezivládního klimatického panelu je vliv člověka na klimatický systém zřejmý a atmosférické koncentrace oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného jsou nyní bezprecedentně nejvyšší nejméně za posledních 800 000 let.

Antropogenní emise skleníkových plynů se od dob průmyslové revoluce zvýšily zejména vlivem ekonomického a populačního růstu, jejich účinky společně s ostatními antropogenními efekty, byly zjištěny v celém klimatickém systému a byly extrémně pravděpodobně hlavní příčinou pozorovaného oteplování od 2. poloviny 20. století.

Veškeré množství vypuštěných emisí skleníkových plynů po roce 1750 se odhaduje na více než 2000 Gt ekvivalentu CO₂. Asi 40 % z těchto emisí zůstává nadále v atmosféře, zbylá část byla pohlcena rostlinami a půdou, přičemž asi 30 % absorboval světový oceán. Přibližně polovina všech vyprodukovaných emisí CO₂ v tomto období vznikla v posledních 40 letech.

Navzdory rostoucímu počtu různých mitigačních opatření se celkové emise antropogenních skleníkových plynů v posledních desetiletích stále zvyšují. Téměř 80 % veškerých vyprodukovaných emisí CO₂ mělo na svědomí spalování fosilních paliv a průmyslová výroba. Ekonomický a populační růst zůstává i nadále nejdůležitější příčinou globálního růstu emisí CO₂.

Celkové množství důkazů o vlivu člověka na klimatický systém od poslední hodnotící zprávy IPCC v roce 2007 vzrostlo a předpokládá se, že více než polovina z pozorovaného nárůstu průměrné globální povrchové teploty v období 1951–2010 byla způsobena antropogenním nárůstem koncentrací skleníkových plynů společně s dalšími antropogenními příčinami. Antropogenní příčiny rovněž významně přispěly ke zvýšení teploty od poloviny 20. století na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy, pro kterou panují v současné době nejistoty v pozorování, neboť míra spolehlivosti o antropogenních příčinách pozorovaného oteplení je nízká a existují zde silné regionální rozdíly v rozsahu přírůstku nebo poklesu mořského ledu.

Antropogenní vlivy také pravděpodobně ovlivňují globální koloběh vody a od roku 1960 přispěly k ústupu horských ledovců a ke zvýšení povrchového tání grónského ledovcového příkrovu. Antropogenní vlivy rovněž přispěly k úbytku arktického mořského ledu od roku 1979 a významně přispěly ke zvýšení globálního obsahu tepla v horní vrstvě oceánu a ke globálnímu nárůstu střední hladiny oceánu. (IPCC, 2014)

3.2.1 Demografický vývoj

Za zásadní změnu v historii vztahů mezi přírodou a člověkem považujeme průmyslovou revoluci. Toto tvrzení dokládá pojem antropocén, který začali někteří vědci v této souvislosti používat. Vědci dokonce používají tento termín pro název geologické časové jednotky, čímž zdůrazňují obrovský význam vlivu lidské činnosti na Zemi.

Počátek antropocénu můžeme symbolicky datovat rokem 1784, kdy James Watt sestrojil parní stroj, což mělo vliv na vznik průmyslové revoluce a zásadní proměnu celé lidské společnosti. Nástup antropocénu doprovázely mnohé další nové technologie, které výrazně ovlivnily proměnu ekonomických odvětví včetně těch nejzákladnějších jako je zemědělství a umožnily hlubokou proměnu životního stylu lidí.

Jakým způsobem průmyslová revoluce ovlivnila zhruba posledních 200 let života, můžeme jasně vidět na demografickém růstu planety. V průběhu neolitické revoluce před 10 000 lety žilo na Zemi okolo 5 miliónů lidí. V důsledku této zemědělské revoluce a přechodu k usedlému způsobu života vystoupal počet obyvatel na přelomu letopočtu ke 250 miliónům. Růst pokračoval i nadále, ale nikoliv dramaticky. Na přelomu 18. a 19. století se počet obyvatel Země odhadoval na 800 miliónů.

Zrychlení, které však následovalo potom, nemělo v dějinách lidstva obdoby. V průběhu 19. století se počet lidí zdvojnásobil a na konci roku 2013 už žilo na Zemi více jak 7 miliard obyvatel. A to vše během pouhých dvou století. A kdybychom se detailněji podívali na rychlost růstu počtu obyvatel po 2. světové válce, dostaneme křivku téměř exponenciální.

Co však rostlo v posledních 200 letech ještě více než počet obyvatel, je hospodářský výkon. Ten měřený hrubým domácím produktem HDP vzrostl v absolutních hodnotách 120krát. A samozřejmě vzrostl také objem využívané energie, asi 100násobně. Na co však nesmíme zapomenout je, jakým způsobem ovlivnil tento vývoj podobu naší planety a také to, jak dlouho může naše planeta těmito hospodářským a demografickým tlakům odolávat. (Moldan, 2015)

Někteří autoři zastávají názor, že člověk začal planetu ovlivňovat dokonce mnohem dříve, než je počátek průmyslové revoluce. Tito autoři na základě analýzy metanu a oxidu uhličitého z ledovcových jader tvrdí, že rovnováhu skleníkových plynů lidé narušili zemědělskou činností, kácením a pálením lesů již před 8000 lety a během této doby vzrostla

koncentrace CO₂ v atmosféře ze 160 na 280 ppm, což tito autoři považují za jasný důkaz působení lidí na planetu. (Flannery, 2007)

3.2.2 Růst spotřeby

Materiální stránky lidského života označované jako tzv. vzorce spotřeby se za posledních 100 let zcela zásadně proměnily. Příčinou byl zejména hospodářský rozmach, závislý na využití levné energie z fosilních paliv, který doposud v lidských dějinách neměl obdoby. Vzrostlo množství a kvalita potravin. Lidé bydlí komfortněji, pohodlněji a častěji cestují. Neustále roste množství ekonomických prostředků věnovaných zábavě, kultuře a sportu.

Společně se vzorci spotřeby souvisí i demografický trend zaznamenávaný ve vyspělých zemích, kde počet obyvatel víceméně stagnuje, za to však klesá průměrné množství osob v domácnosti. Je zcela pochopitelné, že tyto domácnosti, někdy dokonce o jednom člověku, jsou nákladově velmi neefektivní. Každá domácnost ve vyspělých zemích je dnes vybavena nejrůznějšími spotřebiči, vytápěna a často i klimatizována. Spotřeba energií je proto často do velké míry vázaná na spotřebu domácnosti, a protože počet domácností roste, roste i jejich materiální a energetická náročnost.

Spotřebu a provoz domácnosti v dnešní době zabezpečuje velké množství průmyslových produktů a technologií. Jedná se především o jídlo, nápoje, spotřební předměty, ale také o konstrukci domu, vytápění, osvětlení, používání nejrůznějších chemických prostředků, využívání komunikačních prostředků jako je televize, telefon, internet a další. Všechny tyto prostředky ve svém konečném důsledku přináší nemalou zátěž životnímu prostředí a spotřebu energie. Opomenout nelze ani množství odpadů, které domácnosti ročně vyprodukují.

Spotřeba domácností bohužel vždy byla hnacím motorem ekonomického růstu a nelze očekávat, že se tato situace v blízké budoucnosti změní. Poptávka po zboží a službách spotřebovávaných a využívaných domácnostmi je klíčovým rysem hospodářského a civilizačního rozvoje antropocénu. Samotný růst ekonomiky a s ním spojené vzorce spotřeby jsou bezpochyby jednou z klíčových hnacích sil zátěže životního prostředí. (Moldan, 2015)

Samotný růst spotřeby je s růstem skleníkových plynů velmi těsně spjatý, neboť tento, v posledních dvou stoletích, exponenciální růst má na množství skleníkových plynů rozhodující vliv. (Cílek, 2019)

Na problematiku konzumní společnosti, neudržitelnosti trvale vysokého globálního růstu HDP upozorňovala již řada autorů. Zrychlení tohoto růstu po 2. světové válce je navíc tak vysoké, že někteří autoři hovoří dokonce o druhém stádiu antropocénu, o tzv. velkém zrychlení („*Great Acceleration*“) - Hibbard (et al., 2006). Obavou z přelidnění planety se zase ve svém díle *The Population Bomb* zabýval autor P. Ehrlich (1968) a autorka D. Meadowsová projevila v díle *Meze růstu* (1972) obavy o vyčerpání surovinových zdrojů planety. (Moldan, 2015) Přestože černé scénáře těchto autorů zatím nebyly naplněny, tak jistotou zůstává, že žádný exponenciální růst nemůže trvat věčně. (Cílek, 2019)

3.2.3 Skleníkový efekt

Atmosféra je tvořena směsí plynů, jejíž relativní podíly se až do výšky 100 km téměř nemění. Výjimkou je vodní pára, ozón a některé plyny antropogenního původu, jejichž relativní zastoupení ve vzduchu může být naopak prostorově velmi proměnlivé. Většina vodní páry se nachází v troposféře, většina ozónu ve stratosféře ve výšce okolo 25 km, plyny antropogenního původu zejména v blízkosti zdrojů. Mezi čtyři nejvíce zastoupené plyny v zemské atmosféře patří:

- dusík (N_2) - 78,0840 %,
- kyslík (O_2) - 20,9480 %,
- argon (Ar) - 0,9340 %,
- oxid uhličitý (CO_2) - 0,0379 %. (Netopil, 1984)

Některé plyny obsažené ve vzduchu mají významný vliv na energetickou bilanci atmosféry. Tyto plyny nazýváme skleníkové, neboť fungují na podobném principu, jako je zahradní skleník. Princip skleníkového efektu působí následovně. Zhruba 30 % slunečního záření pronikající do zemské atmosféry se odráží zpět do vesmíru. Část tohoto záření se odrazí od oblaků, zemského povrchu nebo se rozptýlí na molekulách vzduchu. Zbývajících 70 % je pohlceno zemským povrchem a částí atmosféry. Protože má ale zemský povrch určitou teplotu, musí část tohoto tepla vyzařovat tepelným zářením zpět. Vlnová délka vyzařovaná ze Země je však oproti vlnové délce přijímaného

slunečního záření odlišná. Zatímco sluneční paprsky dopadají na Zemi ve formě krátkovlnného záření, tak zemský povrch vyzařuje část tohoto tepla zpět dlouhovlnným zářením. Pokud by v atmosféře neexistovaly žádné skleníkové plyny, odcházelo by toto záření do kosmu. Skleníkové plyny v atmosféře však mají tu vlastnost, že dokáží toto dlouhovlnné záření Země velmi efektivně zachytit. Výsledkem je zvýšení teploty zemského povrchu a spodní části atmosféry. (Metelka, a další, 2009)

Co určuje průměrnou teplotu zemského povrchu, se snažil zjistit již francouzský matematik Jean Baptiste Fourier. Když se snažil vypočítat rovnovážný stav mezi přijatou a vyzářenou energií Země, došel k výsledku, že Země by měla mít průměrnou teplotu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Předpokládal tedy, že nějaká energie zůstává na Zemi zadržena. Jeho hypotéza, jak se později ukázalo, byla správná. (Flannery, 2007)

Dnes již víme, že přítomnost skleníkových plynů v atmosféře působí oteplení planety podle nejnovějších výpočtů zhruba o $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bez přítomnosti skleníkových plynů by teplota zemského povrchu byla jen $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, v průměru je však aktuálně $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zdá se, že přítomnost skleníkových plynů v atmosféře je tedy nutnou podmínkou k životu na naší planetě. (Moldan, 2015)

Činnost lidí na planetě a míra jejího vlivu na ni je však v posledních 200 letech tak rozsáhlá, že lidé přirozenou energetickou rovnováhu Země narušili. Množství skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého je tak obrovské, že zachycuje velkou část dlouhovlnného záření Země, což v důsledku vede ke zvyšující se teplotě zemské atmosféry i oceánů. (Gore, 2007)

3.2.4 Skleníkové plyny

V polovině 90. let 19. století se švédský fyzik Svante Arrhenius zabýval otázkou, co způsobilo dobu ledovou. Arrhenius stanovil hypotézu, že dobu ledovou mohlo způsobit snížení koncentrace CO_2 v atmosféře. Nakonec došel k závěru, že změna množství CO_2 v atmosféře by v budoucnu mohla ovlivnit klima planety, čímž jako první v historii upozornil na tuto skutečnost. Jelikož v té době nebylo téma skleníkových plynů a oteplování planety aktuální, většina klimatologů tuto informaci jednoduše přešla. (Flannery, 2007)

V 60. letech 20. století se americký vědec Roger Revelle rozhodl, jako první na Zemi, měřit množství CO_2 v zemské atmosféře. Společně s Charlesem Davidem Keelingem zahájil v roce 1958 každodenní měření uprostřed Tichého oceánu

na Havajských ostrovech. Když po několika letech získali dostatek údajů, sestavili graf, dnes známý jako Revelleova-Keelingova křivka, který názorně ukázal vzrůstající míru oxidu uhličitého v atmosféře z 280 ppm před rozvojem průmyslu na 381 ppm v roce 2005. Tento trend růstu pokračuje dodnes. Roger Revelle taktéž předpokládal, že se vzrůstajícím množstvím CO₂ v atmosféře, ponese část této zátěže i světového oceánu. Nynější studie týkající se teploty a kyselosti oceánů dávají tomuto vědci za pravdu. (Gore, 2007)

Za skleníkové plyny označujeme takové plyny, které mají schopnost pohlcovat tepelné – infračervené neboli dlouhovlnné záření a přispívají tak k ohřevu atmosféry. Mezi tyto plyny patří vodní pára, oxid uhličitý, metan, oxid dusný, přízemní (troposférický) ozon a nové uměle vytvořené plyny – perfluorované (PFC), hydrogen fluorované (HFC) a chlorfluorované uhlovodíky (CFC), které se však v atmosféře vyskytují jen ve velmi malém množství a jejich podíl v rámci všech skleníkových plynů je relativně nízký. Někdy pro tyto nové umělé plyny používáme zjednodušený název halogenované uhlovodíky.

Životnost jednotlivých skleníkových plynů v atmosféře je různá a pohybuje se od několika dnů až po tisíce let. Jednotlivé plyny mají také různý radiační vliv, jinými slovy, ovlivňují energetickou bilanci atmosféry různě. Určit přesný procentuální vliv skleníkových plynů je velmi těžké, neboť části spektra tepelného záření, které plyny pohlcují, se často překrývají. Protože je v současné době lidmi nejvíce produkován oxid uhličitý, přepočítává se množství jednotlivých skleníkových plynů na jeho ekvivalent – tzv. ekvivalent oxidu uhličitého. Jedná se o jednotku, která vyjadřuje, kolik tun oxidu uhličitého by mělo stejný vliv na skleníkový efekt jako jedna tuna jiného skleníkového plynu. (Kopecký, a další, 2011)

Skleníkové plyny vznikají zejména při výrobě energie z fosilních paliv, při průmyslové a zemědělské produkci, v dopravě a při odlesňování. Množství vypuštěných emisí od průmyslové revoluce se odhaduje na více než 2000 Gt CO₂, přičemž jen za posledních 40 let jich bylo do atmosféry vypuštěno více než polovina veškerého vyprodukovaného množství. Pokud hodnota skleníkových plynů v atmosféře stoupá, tak se tepelné záření Země uvolňující do vesmíru snižuje, což má za následek růst globální teploty. Skleníkové plyny tak jednoznačně přispěly k oteplení atmosféry a k proměně zemského klimatu. (Barros, 2006) (Jermář, 2011) (IPCC, 2014)

Za důkaz zesilujícího skleníkového efektu můžeme považovat také snižující se teplotu stratosféry, jejíž teplota od roku 1979 klesla o 0,5 °C nebo rychleji zvyšující se noční teploty oproti teplotám denním. (Barros, 2006) (IPCC, 2007)

Vodní pára

Vodní pára je skleníkový plyn, který se v atmosféře vyskytuje nejvíce. Tento plyn se v atmosféře vyskytuje zcela přirozeně, a přestože má nejvyšší míru vlivu na skleníkovém efektu (36–72 %), její setrvání v atmosféře trvá jen několik dní. Množství páry v atmosféře navíc není na Zemi všude stejné a liší se místo od místa. Míra jejího vlivu na klima, však může být umocněna pozitivní či negativní zpětnou vazbou. Vzrůst teploty vzduchu totiž vede k většímu vypařování vody ze zemského povrchu a více vody v atmosféře pak umocňuje skleníkový efekt. Na druhou stranu ale zvýšený výpar vede ke tvorbě oblačnosti, která zvyšuje míru odrazu slunečních paprsků. Podíl vlivu člověka na jejím množství v atmosféře není mezi vědci jednoznačný. (Kopecký, a další, 2011)

Oxid uhličitý

Oxid uhličitý se v současnosti podílí na skleníkovém efektu z 9–26 %. Pokud však odmyslíme vliv vodní páry, která se v atmosféře vyskytuje zcela přirozeně a vliv lidské činnosti na její množství není zcela jasný, vzrůstá jeho celkový podíl vůči ostatním skleníkovým plynům až na 80 %.

Zvyšující se nárůst oxidu uhličitého je jednoznačně spojený se zvyšujícím se množstvím spalování fosilních paliv, které začalo před zhruba 200 lety. Atmosférické koncentrace skleníkových plynů zůstávaly do té doby, zejména v posledních 10 000 let poměrně stabilní a jejich nárůst byl spjatý s průmyslovou revolucí.

Množství vypuštěných emisí se dá poměrně dobře vypočítat podle zaznamenaného množství spotřeby uhlí, ropy a zemního plynu. Nárůst emisí v atmosféře od průmyslové revoluce byl téměř exponenciální. Důkazem zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého na celé planetě je jeho měření na izolovaných místech z důvodu odstranění vlivu lokálního znečištění místními emisemi. Jedno z takových měření probíhá od 50. let 20. století na Havajských ostrovech nebo na Antarktidě.

Díky složitému uhlíkovému cyklu je část, lidmi vyprodukovaného oxidu uhličitého, zachycována oceány, biosférou a půdou, zhruba polovina zůstává v atmosféře.

To způsobuje zvyšování jeho koncentrace v atmosféře a v průběhu pouhých 150 let se tato koncentrace zvýšila z 280 ppm na více než 400 ppm, tj. o více než 40 %. (Barros, 2006)

Nárůst emisí oxidu uhličitého je asi z 80 % způsoben spalováním fosilních paliv. Zbýlých 20 % souvisí se změnou v hospodaření s půdou. Jedná se zejména o odlesňování, které v posledních staletích přispívá podstatnou měrou. (Kopecký, a další, 2011)

Metan

Tento plyn se na skleníkovém efektu podílí ze 4-9 %. Přestože je metan z hlediska radiační účinnosti přibližně 23krát silnější než oxid uhličitý, jeho celkový dopad na skleníkovém efektu je výrazně menší. Důvodem je jeho poměrně krátká životnost, která činí asi 12 let. Přírodní emise metanu pocházejí z rozkladu organické hmoty a z rozkladu celulózy v žaludcích přežvýkavců. Tyto přírodní emise jsou však asi dvojnásobně převáženy emisemi lidskými. Emise metanu produkované lidmi mohou být různorodé, avšak hlavní zdroj představuje zemědělství. Nejvyšším zdrojem jeho produkce je chov skotu a pěstování rýže. Menší mírou pak k uvolňování metanu do atmosféry přispívá rozklad organické hmoty domácích odpadů, únik zemního plynu během jeho těžby, dopravy či únik z ropných nádrží nebo při těžbě, dopravě a skladování uhlí. (Kopecký, a další, 2011) (Barros, 2006)

Oxid dusný

Přestože se oxid dusný v atmosféře vyskytuje jen ve velmi malé koncentraci, je jeho životnost odhadována na přibližně 120 let. Tento plyn má velmi vysokou radiační účinnost, jeho celkový podíl na zvyšování skleníkového efektu je ale nižší než u metanu nebo oxidu uhličitého. Přírodními zdroji oxidu dusného jsou požáry a interakce atmosféry s půdou. Lidské zdroje pak nejvíce souvisí se zemědělstvím, zejména s nadměrným využíváním dusíkatých hnojiv. Opomenout však nelze ani vliv spalování fosilních paliv, biomasy nebo vliv silniční dopravy. (Kopecký, a další, 2011) (Barros, 2006)

Halogenované uhlovodíky (HFC, PFC, CFC)

Tyto uměle vyrobené látky, častěji známé pod obchodním označením freony, se v zemské atmosféře přirozeně nevyskytují. Velká část těchto látek byla v minulosti zakázána, neboť byl vědecky prokázán jejich destrukční vliv na ozónovou vrstvu. Tyto látky se vyskytovaly zejména v chladicích a hasicích zařízeních, a ve sprejích. Úmluva o regulaci těchto látek, známá jako Montrealský protokol, byla od roku 1987 již několikrát zpřísněna.

Přijetí těchto závazků většinou států vedlo k razantnímu snížení těchto látek v ovzduší a ke stabilizaci ozónové vrstvy. Životnost těchto látek v atmosféře se odhaduje až na tisíce let, naštěstí se jejich koncentrace v ovzduší vyskytuje jen ve stopovém množství. (Moldan, 2015) (Kopecký, a další, 2011)

Díky skutečnosti, že některé skleníkové plyny mohou teplotu atmosféry ovlivňovat i více jak sto let, je zřejmé, že i kdyby se teoreticky lidské emise snížily na nulu, bude atmosféra udržovat stávající hodnoty skleníkových plynů minimálně další desítky či stovky let. Dlouhodobá přítomnost skleníkových plynů v atmosféře způsobuje, že emise mají kumulativní charakter, což způsobí, že teploty klimatického systému se podle nových koncentrací upraví vždy se zpožděním a emise skleníkových plynů se výrazněji projeví až po několika desetiletích. (Barros, 2006)

Jelikož tvoří fosilní paliva hlavní zdroj energie z více než 80 %, je jakákoliv seriózní snaha ke zmírnění klimatických změn velmi problematická a některé dosud přijaté mezinárodní smlouvy a závazky se jeví jako značně nedostatečné. (Barros, 2006)

3.2.5 Koloběh uhlíku

Globální uhlíkový cyklus představuje zjednodušeně hlavní zásobníky a toky uhlíku na Zemi. Jedná se o nejdůležitější biogeochemický cyklus na planetě, neboť uhlík patří mezi čtyři základní prvky sluneční soustavy. Na Zemi se uhlík vyskytuje vázaný v sedimentech, např. ve fosilních palivech. V ovzduší se uhlík vyskytuje zejména ve formě oxidu uhličitého a metanu. (Moldan, 2015)

Základní součástí biogeochemického cyklu uhlíku je poměrně rychlý cyklus biologický, který je určován rovnováhou mezi fotosyntézou a dýcháním. Mezi nejdůležitější fotosyntetizující organismy patří na pevnině zelené rostliny a v oceánech fytoplankton. Při fotosyntéze je vázán oxid uhličitý z atmosféry a působením slunečního záření vznikají organické látky. Dýchání je proces, při kterém živé organismy získávají energii pro veškeré životní funkce. Jinak řečeno, při fotosyntéze rostliny odstraňují oxid uhličitý z atmosféry a ukládají ho do vegetace. Při dýchání živočichů se oxid uhličitý uvolňuje zpět do vzduchu. V globálním měřítku je tok uhlíku daný fotosyntézou víceméně vyrovnán tokem způsobeným dýcháním. (Moldan, 2015) (Metelka, a další, 2009)

Atmosféra, svrchní vrstvy oceánu, biosféra a půda jsou velice úzce propojeny a vzájemně si vyměňují obrovské množství uhlíku. Přestože jsou toky uhlíku v planetárním měřítku

mnohem větší než emise z průmyslu nebo dopravy, může jejich stále se zvyšující množství vést ke zvyšování skleníkových plynů v atmosféře, což může v konečném důsledku vést k narušení tohoto přírodou vyrovnaného cyklu. (Metelka, a další, 2009)

Po dobu nejméně půl miliónu let byla koncentrace CO₂ v atmosféře poměrně stabilní a pohybovala se v rozmezí od 180–300 ppm. Lidská činnost však v současné době výrazně ovlivňuje tento přirozený uhlíkový cyklus. V důsledku spalování fosilních paliv dochází k neustálému navyšování koncentrace CO₂ v atmosféře. V roce 2013 dosáhla tato hodnota míry již 400 ppm. Důvodem je, že při spalování uhlí, ropy nebo zemního plynu dochází k oxidaci takto vázaného uhlíku a do ovzduší uniká velké množství oxidu uhličitého. Rychlost růstu koncentrace CO₂ v atmosféře nestoupá takovou rychlostí jako emise oxidu uhličitého, neboť velká část CO₂ se z atmosféry ukládá do oceánu, růstu biomasy nebo zvýšené fotosyntézy. Jedná se o tzv. propady uhlíku. I přes tyto propady je však současná míra růstu CO₂ v atmosféře v lidských dějinách nebyvalá. Navíc dlouhodobé ukládání CO₂ v oceánech se může jevit jako velmi závažný problém, neboť díky tomu stoupá kyselost oceánů, což má následně negativní dopad na oceánský život. Taktéž stoupá povrchová teplota oceánské vody, což kapacitu ukládání CO₂ dále snižuje.

Protože je globální uhlíkový cyklus velmi složitý a vědecký výzkum doposud neodhalil všechny jeho vazby a zákonitosti mezi jednotlivými procesy, je opatrnost v lidském počínání na místě. Velkou roli zde totiž mohou také sehrát zpětnovazebné efekty. Mezinárodní snaha o zpomalení růstu koncentrace CO₂ a dalších skleníkových plynů v atmosféře se zaměřuje na hledání vhodných možností účinně zvyšovat tyto tzv. uhlíkové propady, které by růst skleníkových plynů v atmosféře alespoň mírnily. (Moldan, 2015)

3.3 Projevy a důsledky globální klimatické změny

Vliv člověka na klimatický systém je zřejmý, což potvrzuje fakt, že současné antropogenní emise skleníkových plynů jsou nejvyšší v historii. Oteplování klimatického systému Země od 2. poloviny 20. století je v současné době již nepochybnitelné. K oteplení došlo nejen v zemské atmosféře, ale také v oceánech, ve kterých zároveň stoupla hladina a taktéž kleslo množství sněhu a ledu na Zemi.

Každé z posledních tří desetiletí bylo teplejší než kterékoliv předchozích desetiletí od roku 1850. Kombinovaná teplota povrchu souše a oceánů vykazují míru oteplení o 0,85 °C za období 1880–2012.

Oteplování oceánů probíhá nejvíce při jeho povrchu rychlostí 0,11 °C za jedno desetiletí a průměrná globální hladina oceánu se zvýšila o 0,19 m v období let 1901–2010. Taktéž byl u oceánů zaznamenán růst hodnoty povrchové salinity v teplých oblastech, kde dominuje výpar, zatímco chladné oblasti, kde dominují srážky, vykazaly salinitu nižší. Absorpce oxidu uhličitého oceánem vedlo k nárůstu jeho kyselosti o hodnotu pH 0,1, což odpovídá 26 % zvýšení.

Objem grónského a antarktického ledovcového příkrovu se v letech 1992–2011 snížil. Ledovce ustupují po celém světě a snižuje se také rozsah arktického mořského ledu rychlostí až 4,1 % za dekádu v letech 1979–2012. (IPCC, 2014)

Srážková činnost se od roku 1901 zvýšila zejména v pevninských oblastech středních šířek severní polokoule. Množství srážek významně narostlo ve východních oblastech Severní a Jižní Ameriky, v oblastech severní Evropy a Asie, zatímco na mnoha místech, jako např. v oblasti Sahelu, Středozemního moře, jižní Afriky a v částech jižní Asie, výrazně pokleslo. (IPCC, 2014) (IPCC, 2007)

V posledních desetiletích měly klimatické změny dopad na přírodní a lidské systémy na všech kontinentech a ve všech oceánech. Tyto dopady byly způsobeny pozorovanou změnou klimatu bez ohledu na jejich příčinu, což potvrzuje citlivost přírodních a lidských systémů na měnící se klima.

Pozorované dopady změny klimatu jsou nejsilnější a nejkompexnější u přírodních systémů. Mění se srážky nebo tání sněhu a ledu mění hydrologické systémy v mnoha oblastech a ovlivňují množství a kvalitu vodních zdrojů. Mnoho suchozemských, sladkovodních a mořských druhů změnilo zeměpisné oblasti rozšíření, sezónní aktivity, migrační cesty, četnost výskytu a změnilo se také vzájemné působení druhů, a to v reakci na probíhající změnu klimatu. Vyhodnocení mnoha studií ukázalo, že negativní dopady změny klimatu na výnosy zemědělských plodin budou častější než dopady pozitivní. Některé dopady na lidské systémy jsou připisovány taktéž změně klimatu ať už s menším či větším podílem.

Přibližně od 50. let 20. století byly pozorovány změny u mnoha extrémních povětrnostních a klimatických jevů. Některé z těchto změn byly přisuzovány působení člověka, včetně snížení počtu chladných teplotních extrémů, zvýšení počtu teplých teplotních extrémů,

nárůstu extrémně vysokých stavů hladiny oceánu a zvýšení četnosti výskytu silných srážek v řadě oblastí.

Počet chladných dnů a nocí se v celosvětovém měřítku velmi pravděpodobně snižuje a počet teplých dnů a nocí zvyšuje. Je pravděpodobné, že se četnost vln veder zvyšuje ve velké části Evropy, Asie a Austrálie. Je také velmi pravděpodobné, že vliv člověka přispěl v celosvětovém měřítku k četnosti a intenzitě denních teplotních extrémů od poloviny 20. století. Vliv člověka pravděpodobně více než zdvojnásobil pravděpodobnost výskytu vln veder v některých lokalitách. Pozorované oteplení v některých oblastech zvyšuje lidskou úmrtnost spojenou s vysokými teplotami a snižuje lidskou úmrtnost spojenou s nízkými teplotami.

Na pevnině se pravděpodobně nachází více oblastí, ve kterých se četnost silných srážek zvyšuje než takových, kde se snižuje. Lze konstatovat, že rostoucí tendence extrémních srážek a průtoků v některých povodích poukazuje na větší riziko povodní regionální úrovně. Je pravděpodobné, že extrémní stavy hladiny oceánu se zvýšily od roku 1970, a to především v důsledku rostoucí střední hladiny oceánu.

Dopady nedávných extrémních událostí související se změnou klimatu, jako jsou vlny veder, sucha, povodně, cyklóny a požáry, odhalují s velmi vysokou spolehlivostí značnou zranitelnost a expozici některých ekosystémů a mnoha lidských systémů vůči stávající klimatické variabilitě. (IPCC, 2014)

Jak je z výše uvedených závěrů IPCC patrné, tak je současné oteplení klimatického systému jednoznačné. Na tomto závěru dnes panuje shoda napříč vědeckou komunitou. Jak poznamenal Donald Kennedy, šéfredaktor časopisu Science: „*Konsensus tak výrazný jako ten, který se vyvinul kolem tohoto tématu, je ve vědě vzácný*“. Tato slova potvrdil také výrok Jima Bakera, který stál v čele Národního úřadu pro oceán a atmosféru v USA a prohlásil: „*V této záležitosti existuje lepší vědecká shoda než v kterékoli jiné... snad jen s jedinou výjimkou – a tou jsou Newtonovy zákony dynamiky.*“ (Gore, 2007)

3.3.1 Globální oteplování

Průměrná globální teplota zemského povrchu se v posledních sto padesáti letech výrazně zvýšila. Tato teplotní tendence byla pozorována na obou polokoulích, přičemž ve vyšších severních šířkách je tento nárůst výraznější a rychlost oteplování pevnin je vyšší než rychlost oteplování oceánů. Velmi pravděpodobně klesá počet chladných dnů, nocí

a mrazů ve většině pevninských oblastí a počet horkých dnů a nocí se zvyšuje. Zároveň můžeme pozorovat celou řadu klimatických jevů, které s touto tendencí souvisí. Jedná se například o rozsáhlé tání ledovců, zvýšení teploty mořské hladiny, zvýšení průměrné hladiny světového oceánu, zrychlující se hydrologický cyklus. (Barros, 2006)

Podle poslední zprávy IPCC z roku 2014, bylo každé z posledních tří desetiletí teplejší než kterékoliv z předchozích, a to od roku 1850 a poslední třicetiletí (1983–2012) pravděpodobně nejteplejší za posledních 1400 let. (IPCC, 2014)

Růst teploty planety potvrzuje i výskyt extrémních teplotních jevů v posledních letech. Od roku 1980 vzrostly nebezpečné vlny veder pětinasobně. (Gore, 2007) (Wallace-Wells, 2020) Příkladem může být rok 2003, kdy vlna veder v Evropě měla na svědomí 35 000 lidských životů. V létě roku 2005 zase padaly rekordy napříč mnoha státy USA, které atakovaly nebo překonávaly po dobu několika dnů a týdnů teplotu 40 °C. (Gore, 2007)

Vlna veder v roce 2010 bývá spojována až s počtem 55 000 obětí v Rusku a východní Evropě. (Ekolist.cz, 2018) V roce 2016 byla uprostřed vlny veder na Blízkém východě zaznamenána v Iráku teplota 48 °C. Teplotní extrémy však byly zaznamenány i na jiných místech Země. (Wallace-Wells, 2020) V roce 2021 byl zaznamenán nový evropský teplotní rekord 48,8 °C, který byl naměřen na ostrově Sicílii. (Novinky.cz, 2021) V téže roce naměřili kanadští meteorologové v obci Lytton dokonce teplotu 49,5 °C. (iRozhlas, 2021)

Již dnes se odhaduje, že je celosvětově tepelným stresem ohroženo více než miliarda obyvatel a jedna třetina světové populace čelí smrtícím vlnám veder nejméně 20 dní ročně. Se zvyšující se teplotou planety se dá očekávat, že se toto číslo bude i nadále zvyšovat. (Nature Asia, 2017)

3.3.2 Tání pevninských ledovců, mořského ledu a permafrostu

Jednou z nejlépe pozorovatelné změny globálního oteplování je ubývání rozsahu sněhu a ledu na Zemi. Ledovce ustupují prakticky po celém světě, což jednoznačně dokazují jejich družicové záznamy. Úbytek horských a pevninských ledovců byl zaznamenán na obou polokoulích. (IPCC, 2007)

Největší množství ledovců se nachází v blízkosti zemských pólů. Oblast okolo severního pólu se nazývá Arktida a je tvořena Severním ledovým oceánem, menšími ostrovy

a přilehlou pevninou Severní Ameriky, Eurasie a Grónska. Její poloha se dá jednoduše vymezit také severním polárním kruhem. Většina tohoto území je tvořena oceánem, který po velkou část roku zamrzá a vytváří ledovcovou pokrývku o tloušťce několika metrů. Vysoká teplotní kapacita oceánu způsobuje, že je tato oblast ve srovnání s oblastí jižního zeměpisného pólu teplejší, ale také citlivější na zvyšující se teploty.

Množství ledu v Arktidě a jeho rozsah závisí na ročním období, nicméně od 70. let 20. století se rozsah a tloušťka arktického ledu výrazně zmenšuje, což potvrzují také závěry IPCC. Rychlost zmenšování je asi 4 % za desetiletí a předpokládá se, že do roku 2100 bude celá oblast Arktidy v pozdním letním období zcela bez mořského ledu.

Tato předpověď je velmi závažná, neboť plocha arktického ledu má velmi vysoké albedo, které způsobuje silný odraz slunečního záření. Při tání arktického ledu se však albedo mění, neboť tmavá mořská hladina většinu slunečního záření pohltí, což následně vyvolává další oteplování klimatu pomocí tzv. pozitivní zpětné vazby.

Nejvíce ledu je v oblasti Arktidy vázáno v Grónském pevninském ledovci a rychlost jeho tání je podobně jako u mořského ledu velmi vysoká. V případě roztátí celého grónského ledovce by došlo ke zvýšení mořské hladiny až o 6 metrů, což by kromě jiného znamenalo potřebu překreslit mapu světa. V posledních letech se navíc tání ledu nebezpečně zrychlilo, což může být navíc umocněno vznikajícími jezírky roztátého sněhu a ledu, jejichž voda vytváří tzv. ledovcové mlýny, které mohou narušit stabilitu ledovcového příkrovu, a ještě více tak urychlit jeho tání. (Gore, 2007)

Tání Grónského ledovce potvrzuje také družicové měření geodetické mise GRACE, která však upozorňuje na různé regionální variability, neboť podle výsledků měření posledních let taje ledovec na různých místech jinou rychlostí. Zatímco pobřežní oblasti v posledních letech ubývaly opravdu rychle, tak v některých, zejména centrálních oblastech, hmotnost ledovce v důsledku vyšších sněhových srážek narostla. (Cílek, 2019)

Vysoké teploty také nebezpečně ohrožují permafrost severní polokoule. Zmrzlá zemská půda vlivem stoupajících teplot roztává a způsobuje problémy na budovách, dopravní infrastruktuře a také samotné přírodě, neboť roztátí pevné půdy poškozuje stabilitu stromů a uvolňuje značné množství metanu. Permafrost pokrývá značnou část rozlohy Ruska, Kanady a Aljašky. Podle zprávy IPCC může do konce 21. století roztát až 80 % veškerého permafrostu, což by mohlo uvolnit obrovské množství skleníkových plynů, zejména metanu

a metanových hydrátů. Tato skutečnost je velmi nebezpečná, neboť uvolnění těchto plynů by způsobilo další oteplování planety. (Gore, 2007) (Cílek, 2019)

Největší koncentrace ledovců na světě se ale nevyskytuje na severní, nýbrž na jižní polokouli. Oblast kolem jižního pólu je tvořena výhradně pevninou – Antarktidou, která je ještě obklopena přilehlým mořským ledem. Tato oblast je oproti Arktidě stabilnější, neboť vlivem pevniny zde panují mnohem nižší teploty a tloušťka pevninského ledovce dosahuje mocnosti až několika kilometrů.

Poslední souhrnná zpráva práva IPCC z roku 2014 hovoří, že se tloušťka a rozsah ledu v Antarktidě výrazně nemění a jeho bezprostřední tání nehrozí, neboť teploty v této oblasti jsou stále velmi nízké. Ve skutečnosti však tomu tak být nemusí, neboť množství měření úbytku ledu v této oblasti je spíše nedostatečné. Existuje mnoho vědců, kteří upozorňují na možnost tání ledu v této oblasti a tuto skutečnost opírají o řadu varovných důkazů. V posledních letech totiž došlo k rozpadu několika šelfových ledovců, známý byl např. Larsen B na antarktickém poloostrově, který vědce překvapil rychlostí rozpadu.

V oblasti Antarktidy je třeba totiž rozlišit 2 oblasti – Východní Antarktidu a Západoantarktický šelfový ledovec. Zatímco východní Antarktidu můžeme považovat za relativně stabilní, byt' některé novější studie ukazují, že tamní ledovce se zmenšují a ustupují směrem k moři větší rychlostí než dříve, tak západoantarktická část je vzhledem ke své geologicky odlišné stavbě mnohem náchylnější k rozpadu a tání. Protože je Západoantarktický šelfový ledovec přibližně stejně veliký jako Grónský, znamenalo by jeho úplné roztání zvýšení hladiny asi o dalších 6 metrů.

Úbytek horských ledovců je velmi dobře prokazatelný také z jednotlivých fotografií téže míst v průběhu posledních 50 let. Dobře pozorovatelný je tento jev snad u všech horských ledovců světa-Kilimandžáro v Africe, Columbia na Aljašce, Boulder v Montaně, Perito Moreno a Upsala v Argentině, Qori Kalis v Peru, Tschierva, Rhone, Roseg ve Švýcarsku, Adamello v Itálii. Velmi rychle však tají také ledovce v Himalájích a na mnoha dalších místech světa. (Gore, 2007)

Tání ledovců v horských oblastech má také negativní vliv na hydrologický režim, protože ledovce zabezpečují stabilní množství vody v letním období mnoha velkých asijských řek. Další nebezpečí představuje zvýšení nestability horských masívů a horského permafrostu, u kterých může vlivem tání docházet k častějším sesuvům. Taktéž se podstatně zvyšuje riziko protržení horských ledovcových jezer, jen v Himalájích je takto ohroženo

až 80 jezer. (Cílek, 2019) Tyto pozorované změny taktéž potvrzují závěry Mezivládního panelu pro změnu klimatu. (IPCC, 2007)

3.3.3 Vzestup hladiny oceánů a růst acidifikace

Zvyšující se teplotu planety Země potvrzuje také zvyšování průměrné výšky hladiny světového oceánu. Příčinou zvyšující se hladiny oceánu není pouze tání ledovců, ale také tepelná roztažnost vody. Tempo růstu střední hladiny světového oceánu je od roku 2003 2,4–3,8 mm za rok. (IPCC, 2007)

Zvýšená hladina oceánu ohrožuje zejména pobřežní oblasti a nízko položené ostrovy. Některé tyto ostrovní státy proto vytvářejí aliance v boji proti klimatické změně a největším znečišťovatelům-zejména bohatým průmyslovým státům, po kterých žádají prostřednictvím OSN pomoc.

Stoupající hladina oceánů také snáze proniká do ústí řek, kde zvyšuje koncentraci slané vody, která negativně ovlivňuje pobřežní půdy a některé ekosystémy. Problémy vzrůstající hladiny se navíc zvyšují s příchodem tropických cyklón, které v důsledku klimatické změny rovněž sílí a vyskytují se častěji. Podle zprávy IPCC může mořská hladina stoupnout do konce století až o 0,82 metrů, přičemž mnoho vědeckých studií je však v této oblasti předpovědi mnohem pesimističtější. Některé státy v důsledku této hrozby již vymýšlí různé strategie protipovodňové ochrany. (Jermář, 2011)

Podle některých studií může vodní hladina světového oceánu stoupat mnohem větší rychlostí, než uvádí IPCC. V případě tání Antarktidy uvádí tyto studie rozmezí 1,2–2,5 metru do konce 21. století, a to i navzdory radikálnímu snížení emisí. (Dennis, Mooney, 2016) Na možný růst hladiny moře v závislosti na nejistotách spojených se ztrátou ledovcového příkrovu a teplotou oceánu až do výšky 2 metrů upozorňuje ve své zprávě pro *National Climate Assessment* také Národní úřad pro oceán a atmosféru (NOAA). (NOAA RESEARCH NEWS, 2012)

Studie „*Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise*“ předpokládá, že jen při zvýšení hladiny světového oceánu do 1,2 metru bude v pobřežních oblastech zaplaveno až 4,6 % světové populace, což by vedlo k ekonomické ztrátě až 9,3 % světového průměrného HDP. (Hinkel et al., 2014)

Některé studie předpovídají podle emisního scénáře IPCC RC 8.5, při nepřijetí jakýchkoliv opatření týkající se snížení emisí, sice menší škody, i tak by ale dosahovaly hodnoty až 2,5 % světového průměru HDP za předpokladu zvýšení hladiny o 0,86 metrů. (Jevrejena et al., 2018)

Je velmi pravděpodobné, že i v případě omezení emisí skleníkových plynů, bude díky pomalé teplotní odezvě klimatického systému pokračovat zvyšování mořské hladiny i po roce 2100. Bez protipovodňových opatření se tak pravděpodobně některé oblasti světa neobejdou. (Wallace-Wells, 2020)

Dalším závažným důsledkem představuje zvyšující se kyselost oceánů, jejíž hodnota od průmyslové revoluce narostla o 26 %. Příčinou je pohlcování atmosférického oxidu uhličitého mořskou hladinou a následné promíchávání vodních vrstev oceánských vod. Ty takto zachycují až 30 % emitovaného oxidu uhličitého, který způsobuje okyselení.

Společně s růstem kyselosti také stoupá teplota oceánů a snižuje se množství kyslíku ve vodě. Kombinace těchto faktorů představuje zásadní problém pro řadu mořských živočichů a rostlin, které vykazují zvýšenou citlivost na tyto faktory. (IPCC, 2014)

Právě okyselení oceánů hrálo v minulých geologických dobách podstatnou roli při vymírání mořské fauny a flóry. Očekávaným důsledkem poklesu pH je snížená schopnost organismů tvořit vápenaté schránky. Mezi tyto organismy patří například koráli, krabi, mořské sasanky, mlži, plži, makroskopické řasy nebo křídlonožci, jež tvoří součást planktonu. (Cílek, 2019)

Poškození korálů důsledkem okyselení se předpokládalo až začátkem 2. poloviny 21. století, avšak v některých oblastech světa dochází k jejich degradaci již nyní. (Cílek, 2019) Kombinace vyšších teplot a kyselosti oceánských bude mít devastující účinky pro všechny korály světa. Podle Dr. Terryho Dona vyhyne 82 % korálových útesů jen při zvýšení teploty o 1 °C. (Flannery, 2007) Tento údaj je víceméně totožný se zprávou World Resources Institute, která počítá s tím, že v důsledku růstu teploty a kyselosti mořské vody bude již v roce 2030 ohroženo na 90 % korálů a v roce 2050 téměř všechny na světě. (Burke et al., 2011)

Vědci upozorňují také na riziko eutrofizace oceánských vod v důsledku změny chemického složení vody. Již dnes vznikají na řadě míst oceánů tzv. mrtvé zóny, ve kterých dochází vlivem přemnožení nebezpečných řas ke snížení množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. (Gore, 2007) Na problematiku rychlého rozšiřování mrtvých zón

upozorňuje také zpráva National Science Foundation, podle které již dnes na Zemi existuje takových to míst více než 400 a toto číslo se každých deset let zdvojnásobuje. (National Science Foundation, 2009)

3.3.4 Hydrologický režim a vodní zdroje

Voda pokrývá 71 % povrchu naší planety a představuje jednu ze základních podmínek života na Zemi. Pro člověka má však zásadní význam voda sladká, která z celkového množství vody na Zemi vyjádřená objemem, činí pouhých 2,5 %, neboť zbylých 97,5 % tvoří slaná mořská voda. Zhruba 2/3 sladké vody je vázáno v ledovcích, zbytek tvoří voda podzemní, povrchová, permafrost a voda v atmosféře.

Hydrosféra, tvořena veškerou vodou na Zemi, vznikla relativně krátce po vzniku planety a v průběhu geologické historie se měnila jen málo. Hydrologický cyklus je nejmohutnější látkový cyklus planety a je zodpovědný za transport vody prostřednictvím vodní páry všude na Zemi. Přestože tento poměrně ustálený cyklus považujeme za samozřejmý, může být klimatickou změnou značně narušen. (Moldan, 2015)

Vodní zdroje hrály důležitou roli při formování lidských civilizací, protože ty vznikaly vždy v jejich blízkosti. (Moldan, 2015) Přestože je voda základní podmínkou života, nemá dnes přístup k nezávadné pitné vodě až 2,1 miliardy lidí a toto číslo se bude v důsledku klimatické změny zvyšovat, stejně jako její celosvětová poptávka. (World Health Organisation, 2017) Panel mezinárodních zdrojů tvrdí, že v roce 2030 bude polovina světové populace čelit silnému vodnímu stresu. (International Resource Panel, 2016)

V důsledku zvyšující se globální teploty se však hydrologický cyklus mění. Podle závěrů IPCC došlo v průběhu 20. století ke zvýšení množství srážek ve východních částech Severní a Jižní Ameriky, v severní Evropě a v severní a střední Asii, zatímco na mnoha suchých místech jako je oblast afrického Sahelu, Středozemního moře, jižní Afriky a jižní Asie, množství srážek ubylo a celková plocha zasažená suchem se tak celkově zvětšila. (IPCC, 2007)

S problémem nedostatku vody se dnes potýká řada oblastí světa. Některé suché oblasti využívají podzemní zdroje vody, ve kterých se dešťové srážky akumulovaly milióny let, ty však ubývají rychlým tempem prakticky všude na Zemi. (Wallace-Wells, 2020) Organizace spojených národů upozorňuje, že v roce 2050 může mít omezený přístup k vodě 5 miliard obyvatel. Na zdrojích vody je navíc do značné míry závislé zemědělství,

neboť celosvětově spotřebovává 70 % veškerých zásob sladké vody a tato hodnota bude s rostoucím počtem obyvatel dále stoupat. (World Bank Blog, 2017)

Se změnou hydrologického cyklu je také spojeno urychlování hydrologického cyklu, protože ten je ovlivněn zvýšeným odtokem, dřívějším jarním kulminačním průtokem toků napájených ledovci. (Barros, 2006) V důsledku vyšších teplot dochází také ke snížení kvality vody. (IPCC, 2007)

Ledovce v Himalájích zásobují asi 40 % veškeré světové populace, protože jsou hlavním zdrojem hned sedmi asijských velkých řek – Chuang-che, Jang-c-t'iang, Mekong, Salwin, Brahmaputra, Ganga, Indus. Tyto řeky poskytují pitnou vodu pro více než polovinu tamní populace a v důsledku rychlého tání himalájských ledovců budou tyto zdroje vody zanedlouho značně omezené.

Přestože celkové množství srážek na světě vzrostlo oproti minulému století téměř o 20 %, nejsou účinky změn klimatu všude stejné. Zatímco na mnoha místech se celkové množství srážek zvýšilo, některé oblasti zaznamenaly naopak úbytek srážek, což může způsobit kritický nedostatek vody v některých již dnes suchých oblastech. (Wallace-Wells, 2020)

I když se celkové množství srážek zvyšuje, tak zároveň roste také výpar, což v konečném důsledku může situaci s vodou na mnoha místech zhoršit. Zvýšený výpar totiž přispívá k dezertifikaci a také zvyšuje riziko požárů. (Gore, 2007)

Varovná je také skutečnost, že v průběhu posledních sto let vyschlo v některých oblastech světa úplně nebo částečně mnoho jezer, ať už s menším či větším lidským přičiněním. Příkladem může být vyschlé jezero Poppo nebo téměř vyschlé Čadské a Aralské jezero. (Wallace-Wells, 2020) Podobný osud stihne ve velmi krátké době také pravděpodobně Urmijské jezero v Iránu. (AghaKouchak, 2014)

3.3.5 Atmosférická planetární cirkulace a mořské proudění

Všeobecná planetární cirkulace vzduchu spolu s mořským prouděním výrazně ovlivňují klima na Zemi. Mechanismus oběhu vody v oceánu je v mnoha ohledech podobný všeobecné cirkulaci atmosféry, neboť se snaží distribuovat teplo z rovníkových oblastí směrem k zemským pólům a zpět. (Acot, 2005)

Oceán pokrývá 71 % povrchu planety a funguje jako obrovský regulátor tepla na Zemi. Důmyslný systém mořských proudů vznikající působením slunečního záření, větrů

a Coriolisovy síly, rozvádí teplou rovníkovou vodu směrem k pólům, kde se ochladí a v důsledku vyšší salinity, klesá do hlubin, aby se jinou cestou vrátila zpět. Tato tzv. termohalinní cirkulace funguje jako obrovská pumpa, která udržuje systém oceánských proudů v pohybu. (Gore, 2007)

Někteří vědci se však obávají, že klimatická změna může tento tisíce let ustálený systém narušit, což by v důsledku mohlo vést k situaci, že teplé oblasti budou ještě teplejší a chladnější by se více ochladily. Varování představuje pro vědce 15 % zpomalení Golského proudu, který tvoří hlavní tepnu této oceánské pumpy. Další očekávané tání v oblasti Grónského ledovce by navíc mohlo Golský proud ještě více oslabit. (Rahmstorf, 2015) I když většina vědců nepředpokládá, že by v dohledné době mělo dojít k úplnému narušení této cirkulace, představuje i toto zpomalení důvodné obavy.

Význam mořských proudů, teploty vody a salinity si velmi dobře uvědomují jihoameričtí rybáři, kteří se musejí vyrovnávat se stále častějším jevem zvaným jako El Niño, který vzniká v důsledku Jižní oscilace. Při tomto jevu dochází k zeslabení pasátů a výstupné studené proudy jsou blokovány až o 10 °C teplejší vodou. Tato situace, kdy jsou blokovány výživné tzv. upwellingové proudy představuje pro jihoamerické rybáře a mořské ptáky katastrofu, neboť dochází ke značnému úbytku planktonu a mořských ryb v pobřežních oblastech. Řada klimatologů zároveň zastává názor, že v důsledku klimatické změny dochází k tomuto jevu stále častěji a jeho projevy jsou silnější. Jižní oscilace se však neprojevuje pouze jevem El Niño, ale může mít vážné dopady i v jiných částech světa, neboť se jedná o složitý systém vazeb mezi atmosférou a oceány. (Acot, 2005)

Změny v atmosférické cirkulaci můžou být spojeny také s častějším výskytem extrémních meteorologických jevů. Pro Evropu to může znamenat posun Islandské tlakové níže a Azorské tlakové výše, což jsou stacionární tlakové útvary ovlivňující počasí v Evropě. Právě tento posun je spojován s výskytem suchých období ve státech jižní Evropy a srážkově bohatých ve státech Severní Evropy. (Metelka, a další, 2009)

V této souvislosti někteří autoři upozorňují také na zpomalené tryskové proudění (jet stream), které může častěji blokovat tlakové útvary, což může vést k častějším výskytům vln veder, extrémního sucha nebo naopak dlouhotrvajících srážek či záplav. (Cílek, 2019)

Na změny v rozložení atmosférické cirkulace vzduchu upozorňuje také IPCC, neboť mohou ovlivňovat dráhy cyklón v oblastech mimo tropické pásmo a rozložení teplot na Zemi. (IPCC, 2007)

3.3.6 Extrémní meteorologické jevy

Prokázat přímou provázanost konkrétních extrémních meteorologických jevů se změnou klimatu je velmi problematické, neboť extrémní meteorologické jevy jsou jedním z charakteristických vlastností klimatu. Nicméně je evidentní, že četnost a intenzita těchto jevů se v posledních letech opravdu zvyšuje, což nepřímo potvrzují i pojistné události, které pojišťovny evidují.

Přestože jsou přesná data v případě klimatických extrémů globálně stěží získatelná, údaje o extrémních meteorologických jevech existují. Příkladem je výskyt krajně nízkých teplot, který se v posledních letech snížil, stejně jako počet mrazivých dní. Výskyt maximálních teplotních extrémů byl v posledních letech naopak vysoký. Řada vědců je přesvědčena, že v souvislosti s globálním oteplováním roste počet hurikánů a jejich intenzita, neboť se zvyšující se teplotou vzduchu roste množství odpařené vody, což následně zvyšuje sílu hurikánů a celkové množství spadlých srážek. (Gore, 2007)

Na tuto skutečnost upozorňuje také IPCC, neboť ve své zprávě potvrzuje, že vlny veder jsou u většiny pevninských oblastí pravděpodobně častější, četnost intenzivních srážkových jevů ve většině oblastí vzrostla a v důsledku lidské činnosti se pravděpodobně zvýšily teploty nejextrémnějších horkých a chladných nocí a také klesl počet chladných dnů. Od roku 1970 byla rovněž pozorována zvýšená aktivita intenzivních cyklón v severním Atlantiku. (IPCC, 2007)

Studie MIT z roku 2005 podpořila konsensus vědců, že velké bouře v Atlantském i Tichém oceánu ve srovnání se 70. léty 20. století trvají o polovinu déle a jejich intenzita vzrostla přibližně o 50 %. Jen v roce 2004 zasáhly Floridu čtyři neobvykle ničivé hurikány, přičemž ve stejném roce padnul v USA také rekord v počtu tornád. Ve stejném roce padl rekord v počtu tajfunů v Japonsku – bylo jich deset a poprvé byl hurikán zaznamenán také v jižním Atlantiku a zasáhl Brazílii. V roce 2005 a 2006 poškodily hurikány v oblasti Mexického zálivu třetinu tamních ropných plošin. V roce 2006 zasáhlo několik neobyčejně silných tropických cyklon také Austrálii, přičemž cyklon Monica svou silou překonala americkou Katrinu z roku 2005. (Gore, 2007) Podle některých vědců dojde při vzrůstu teploty o 1 °C až k 30 % nárůstu hurikánů kategorie 4 a 5. (Holland, Bruyére, 2013)

S rostoucí silou hurikánů často roste intenzita a množství srážek. V indickém Bombaji spadlo za 24 hodin 944 mm srážek, což bylo největší naměřené množství srážek

v jakémkoli indickém městě během jednoho dne. Při hurikánu Harvey v roce 2017 spadlo na území Houstonu takové množství srážek, že byly klasifikovány jako 500 000leté. (Wallace-Wells, 2020) Havajský ostrov Kauai zažil v roce 2018 srážky, jejichž intenzita byla odhadována na 1270 mm za 24 hodin. (Wallace-Wells, 2020) Varovné shrnutí událostí posledních let předložila také Světová meteorologická organizace. (Moldan, 2015)

Extrémní meteorologické události se objevují prakticky všude na světě. Mezi tyto události řadíme také povodně, které v roce 2005 nečekaně postihly několik států Evropy nebo nedávné záplavy v Číně. (iDnes.cz, 2020) Mezi další formy projevů patří vlny veder a vysoké teploty, které byly zmíněny již v kapitole Globální oteplování. (Gore, 2007)

3.3.7 Biodiverzita – fauna a flóra

Živočišné a rostlinné druhy čelily v minulosti často změnám klimatu. Některé změny byly tak závažné, že vymřelo až 90 % všech žijících organismů. Některé rostlinné a živočišné druhy přežily, protože se stačily těmto změnám přizpůsobit – adaptovat. Rozhodující pro úspěšnou míru adaptace byla zejména rychlost klimatických změn a možnost migrace. Právě toto je však zásadní problém současné klimatické změny, neboť hledat nové vhodnější podmínky pro život v dnešním pozměněném světě člověka není snadné. Většina přírodní biodiverzity se totiž dnes omezuje na národní parky a pralesy, které obklopuje rozlehlá, avšak lidskou činností pozměněná krajina. (Flannery, 2007)

Druhou podstatnou věcí je rychlost, s jakou se dnešní klima mění. Uvádí se, že dnešní rychlost redukce biologické rozmanitosti planety je 1000krát až 10 000krát vyšší než kdykoliv v minulosti a je důsledkem zejména rychlosti růstu teploty, která také nemá v geologických dějinách Země obdoby. (Flannery, 2007) Varováním může být zpráva Living Planet, podle které jen za posledních 40 let poklesl počet volně žijících zvířat na 52 %. (Living Planet Report, 2014)

Již dnes hovoří IPCC o tom, že oteplování atmosféry v posledních letech způsobilo posuny v rozsahu výskytu rostlinných a živočišných druhů do vyšších poloh a směrem k rovníku. Rostoucí teplota oceánské vody spolu se změnami ledovcového pokryvu, slanosti vody a obsahu kyslíku rovněž způsobuje změny a posuny v rozsahu výskytu a hojnosti řas, planktonu a mořských ryb. (IPCC, 2007)

Varováním nad ztrátou biologického bohatství země by měla být zejména nevratnost těchto změn, neboť při vyhynutí jakéhokoliv druhu na Zemi se již tento druh nedá nikdy obnovit.

Přestože člověk již v minulosti přispěl k vyhynutí některých živočišných druhů, je současná míra rizika a tlak na biodiverzitu mnohem vyšší než kdykoliv předtím. (Moldan, 2015)

Řada studií po celém světě potvrzuje již dnes rychlý úbytek biodiverzity na různých místech planety a napříč všemi kontinenty. Podle studie Chrise Thomase publikované v roce 2004 v časopise Nature vyhyne při pouhém oteplení planety o 0,8–1,7 °C 18 % v této studii zkoumaných druhů – 1103 reprezentativně vybraných druhů rostlin a živočichů. Při oteplení o 1,8–2,5 °C to již bude 25 % a při oteplení nad 2 °C vyhyne více než 33 % druhů. (Flannery, 2007)

Je však možné, že scénář vymírání bude podstatně horší, neboť černé scénáře IPCC počítající s oteplením o více než 4 °C hovoří o úbytku až 80 % všech živočišných a rostlinných druhů. Vypadá to tedy, že možná stojíme před dalším velkým vymíráním organismů na Zemi, tentokrát však oproti geologické minulosti, způsobené pánem tvorstva – člověkem. (IPCC, 2014) Je třeba zdůraznit, že se již dnes objevují zprávy z různých míst světa, které hovoří o konkrétních druzích vyhynutých v souvislosti se změnou klimatu a je jen otázkou času, kdy přibudou další. (Cílek, 2019)

3.3.8 Zemědělství, potravinové zdroje a odlesňování

Neolitická revoluce, která začala před zhruba 10 000 lety, představovala bezesporu velký pokrok lidstva, který výrazně ovlivnil nejen tradiční způsob života, ale také naši planetu. Důsledkem přechodu k zemědělskému způsobu života byly kromě demografického růstu, také výrazné zásahy v krajině. V důsledku potřeby zemědělské půdy docházelo ke kácení a vypalování lesů. Původní ekosystémy byly nahrazeny agrosystémy a změna ve využití půdy měla za následek kromě eroze, také zvýšené emise skleníkových plynů.

V současné době zemědělství přispívá ke zvyšování skleníkových emisí asi z 18 %, přičemž nejvyšší podíl z těchto plynů tvoří oxid dusný a metan. Oxid dusný vzniká v důsledku hnojení a podílí se asi 65 %. Metan vzniká hlavně při pěstování rýže a chovu skotu, jeho podíl představuje 37 %. Je zajímavé, že ač patří zemědělství mezi významné zdroje emisí skleníkových plynů a přispívá k antropogenní změně klimatu, je klimatickou změnou samo negativně postiženo a do budoucna se budou negativní stránky změny klimatu ještě zvyšovat.

Přestože bude snižování emisí skleníkových plynů také jeden ze zásadních cílů moderního zemědělství, nebude naplňování zvláště tohoto bodu jednoduché. Pokud lidská populace

v průběhu 21. století dále poroste, což demografové očekávají, bude plnění tohoto cíle v důsledku vyššího tlaku na množství produkce potravin o to složitější. (Moldan, 2015)

Každý stupeň oteplení nad hodnotu optimální teploty navíc snižuje míru výnosů o 10 %. Protože se většina současných obilnic světa nachází v oblastech, kde optimální teplota panuje již dnes, dá se očekávat, že se s rostoucím oteplováním planety, bude míra výnosů snižovat. Toto riziko může být ještě více umocněno suchem, které představuje na řadě míst světa snad ještě vážnější hrozbu. Již dnes se totiž některá orná půda mění ve vyprahlé pouště a tento problém se s rostoucí teplotou bude téměř jistě stupňovat. (Wallace-Wells, 2020) Některé studie počítají, že se do roku 2080, ztrojnásobí počet lidí ohrožených hladomorem. (Flannery, 2007)

Ještě v roce 1960 připadalo na jednoho obyvatele planety 0,44 ha orné půdy, v roce 1990 to bylo 0,27 ha a nyní je to již pouhých 0,17 ha. Toto číslo se zmenšuje nejen úbytkem orné půdy, ale zejména růstem počtu obyvatelstva a předpokládá se, že v roce 2050 bude dosaženo minimální hranice 0,07 ha pro obživu jednoho obyvatele Země. Vzhledem ke klimatické změně se však tento rok může změnit, stejně jako minimální hranice 0,7 ha pro 1 obyvatele, neboť se předpokládá, že v důsledku klimatické změny se zemědělské výnosy mohou snížit a již dnes se výnosy v zemědělství v řadě států světa dostávají na své maximální produkční kapacity, a to navzdory velkému množství podpůrných hnojiv a závlahových systémů. (Cílek, 2019)

Skutečnost, že nárůst globální teploty ovlivňuje zemědělské a lesní hospodářství již dnes potvrzují také závěry IPCC. Zatímco v zemědělství je pozorováno dřívější jarní sázení rostlin ve vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule, tak lesní hospodářství je vážně narušeno lesními požáry a škůdci. (IPCC, 2007)

Lesní požáry představují další z řady hrozeb, které sílí s rostoucí teplotou a nedostatkem vody. V posledních letech jsme byli svědky zvyšující se četnosti a intenzity lesních požárů nejen v očekávaných, tradičně suchých oblastech jako je např. Kalifornie, Austrálie nebo Středomoří, ale také v oblastech spíše nečekaných. Lesní požáry v oblastech severního polárního kruhu zasáhly v nedávné době území Grónska, Švédska, Finska nebo Ruska a staly se centrem obav řady klimatologů, nejen proto, že suché jehličnaté lesy mohou rychleji hořet, ale také proto, že se černé saze společně s popelem mohou usazovat na bílých ledovcích a zvyšovat tak rychlost jejich tání kvůli změně albeda efektu. (Wallace-Wells, 2020) Na nebezpečí požárů boreálních lesů, které jsou k požárům

v souvislosti se změnou klimatu čím dál náchylnější, upozorňuje také Cílek v knize *Věk nerovnováhy*. (Cílek, 2019)

Opomenout nelze ani množství oxidu uhličitého uvolněného ze stromů při jejich spálení, stejně jako nebezpečí požárů rašelinišť, které zadržují velké množství uhlíků. (Wallace-Wells, 2020) V centru pozornosti světových médií byl na přelomu roku 2019 a 2020 velký požár v Austrálii, při kterém zahynulo více než miliarda živočichů. (Cílek, 2020) Požáry se nevyhýbají ani tradičně vlhkým rovníkovým oblastem, byť jsou velmi často zakládány uměle lidmi za účelem zisku zemědělského prostoru. Jako příklad může sloužit Amazonský deštný les, který v roce 2010 trpěl druhým stoletým suchem během pouhých pěti let (Romm, 2011) a v roce 2019 zde vypuklo více než 80 000 požárů. (McCarthy, 2019)

Problémem však nejsou pouze samotné požáry, při kterých dochází k obrovskému úniku emisí oxidu uhličitého, ale také jejich kácení, které může podle studie van der Werfa způsobovat po spalování fosilních paliv druhý největší únik oxidu uhličitého do ovzduší. (van der Werf et al., 2009)

Právě odlesňování má na produkci oxidu uhličitého výrazný podíl. Lesy slouží jako velké rezervoáry oxidu uhličitého, při jejich kácení se oxid uhličitý uvolňuje do atmosféry. Mezi hlavní důvody odlesňování patří zisk prostoru pro zemědělské využití. V minulosti probíhalo enormní kácení lesů ve středních zeměpisných šířkách. V současné době dochází k masivnímu kácení tropických deštných lesů v Amazonii a na Borneu, které tamní vlády i přes mezinárodní výzvy bezohledně podporují. Naopak jako příkladné chování státu můžeme uvést středoamerickou Kostariku a její vládní program na ochranu svých tropických lesů. (Barros, 2006)

Podle Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (FAO) dochází k úbytku rozlohy lesů na Zemi alarmující rychlostí. Dle odhadů organizace se rychlost odlesňování v posledních letech snižuje, přesto bylo od roku 1990 vykáceno či jinak znehodnoceno zhruba 420 mil. hektarů lesa. V letech 2015–2020 byla míra odlesňování odhadnuta na 10 miliónů hektarů ročně. (FAO, 2020)

Studie Amesova výzkumného centra při NASA však uvádí, že se planeta v posledních letech naopak „ozeleňuje“. Satelitní data naměřená v letech 2000–2017 ukazují rostoucí zelenou plochu vlivem přímých i nepřímých faktorů. Nejedná se však o pouhý nárůst lesů, ale také zemědělsky využívaných ploch. Nárůst nových zelených ploch je nejlépe patrný v Číně

a Indii, avšak je třeba poznamenat, že přírůstek zeleně v severních šířkách, nevyváží škody způsobené ztrátou přirozené tropické vegetace. (Chi Chen, et al., 2019)

V této souvislosti je třeba zdůraznit, že vzrostlé lesy jsou z hlediska emisí skleníkových plynů víceméně neutrální. V raném stádiu růstu oxid uhličitý spotřebovávají ke svému růstu a tvorbě biomasy, poté slouží jako jeho přirozeného rezervoáry. Problém však nastává při jejich odlesňování, neboť se do ovzduší uvolňuje v nich samotných a v půdě vázaný uhlík. Nejen z tohoto důvodu je tedy ochrana současných zalesněných oblastí tak důležitá. (Moldan, 2015)

Kácení lesů probíhalo již v paleolitu, v průběhu neolitické revoluce se toto množství razantně zvýšilo v důsledku potřeby zemědělských ploch a v menší či větší míře pokračovalo ve starověku, přes středověk až dodnes. Plocha lesů pokrývala v době neolitu více jak 50 %, dnes je to pouhých 30 %. V současné době čelí masivnímu odlesňování zejména tropické deště lesy v Amazonii a na Borneu. Úbytek lesů je tak jedním z nejviditelnějších důsledků vlivu člověka na přírodu.

Protože lesy zadržují značnou část oxidu uhličitého, je jejich kácení i ve vzdálených regionech globální problém, neboť uvolňují do atmosféry značné množství oxidu uhličitého. Odlesňování jen v letech 1970–2005 mělo za následek 17 % všech vypuštěných emisí oxidu uhličitého. Celkově je totiž v lesích vázáno asi 50 % zásob organického uhlíku a přibližně 80 % celkové hmotnosti suchozemské biomasy. (Moldan, 2015)

Role lesů v přírodě je přitom klíčová. Lesy mají podstatný vliv na biodiverzitu planety, přičemž největší roli hrají tropické deštné lesy, které jsou domovem více než poloviny všech biologických druhů na souši. (Moldan, 2015) Významnou úlohu mají lesy také v ochraně půdy před erozí, větrem a přívalovými srážky. Lesy navíc vytvářejí specifické klima, neboť uvolňování přírodních aerosolů napomáhá k tvorbě kondenzačních jader a tím lesy přispívají k tvorbě srážek. Při jejich výparu se pak spotřebovává velké množství energie, která má ochlazující efekt a proto les vytváří příjemný chlad a funguje jako přírodní klimatizace. Lesy fungují také jako přírodní „čističky“ vzduchu, neboť listy stromů a rostlin mají schopnost zachytávat prach a jiné škodliviny. (Cílek, 2019)

Velký problém, který můžeme pozorovat mimo jiné také v České republice, mohou představovat rychle se množící dřevokazní škůdci, kterým zvyšující se teploty bez větších deletrvajících mrazů evidentně svědčí a na suchem zasažených porostech potom páchají obrovské škody. (Moldan, 2015)

3.3.9 Lidské zdraví a šíření nemocí

Je velmi pravděpodobné, že v důsledku globálního oteplování se budou častěji projevovat déletrvající intenzivní horká období stejně jako dny s rekordně vysokými teplotami, které přímo povedou k vyšší úmrtnosti lidí. Potíže s horkem mohou být silnější v chudých, rozvojových státech, které jsou obecně na klimatickou změnu více zranitelné. Na druhou stranu se pravděpodobně sníží úmrtnost lidí v souvislosti s nízkými teplotami. Celkové účinky vyšších teplot však budou na lidské zdraví a celé zdravotnictví vesměs negativní. (Barros, 2006)

Skupina živých tvorů, která může mít z klimatické změny prospěch, jsou paraziti, kteří způsobují přenášení různých nemocí. V některých oblastech může dojít v důsledku růstu teploty k jejich rozšíření. Jedná se zejména o komáry rodu *Anopheles* přenášející malárii. Ti jsou dnes pozorováni i v daleko vyšší nadmořské výšce, kde kdysi nebývali. (Flannery, 2007) Tato nemoc již dnes zabíjí okolo milionů lidí ročně a toto číslo se může v průběhu let zvyšovat. (Wallace-Wells, 2020) Nebezpečně se také rozšířila západonilská horečka v USA, která se v roce 1999 během pouhých 5 let rozšířila do všech států. Nebezpečí rozšíření tropických chorob tak stoupá i v mírném pásu. (Moldan, 2015)

Kromě těchto nemocí dochází v posledních letech k velkému rozšiřování nebezpečné lymfské boreliózy a klíšťové encefalitidy, které přenášejí klíšťata. (Wallace-Wells, 2020) Před vyšším rizikem šíření nebezpečných chorob varuje také Mezivládní panel pro změnu klimatu. (IPCC, 2007)

Obecně totiž platí, že mikrobiální svět představuje pro lidi menší hrozbu, jsou-li zimy chladnější, noci studenější a klima stabilnější. Šíření nebezpečných nemocí rovněž zhoršuje kácení tropických deštných lesů, které jsou přirozeným domovem mnoha živočišných druhů. (Gore, 2007)

V arktickém ledu a permafrostu můžou být zakonzervovány milióny starých virů a bakterií z různých období, které by teoreticky mohly způsobit nové vážné epidemie. (Wallace-Wells, 2020) Globální oteplování narušuje současné ekosystémy a může přispět k rozšíření některých nemocí ze svých původních lokalit výskytu do nových oblastí. Již dnes se některé nebezpečné druhy komárů přenášející žlutou zimnici v jižní Americe rozšiřují mimo deštný prales, protože ten rychle mizí. (Gore, 2007)

Skutečnost, že má vzrůstající teplota negativní vliv na některé aspekty lidského zdraví, potvrdila ve své zprávě v roce 2007 také IPCC, který jako příklad uváděl vlnu veder v Evropě a s ní související smrtelnost. (IPCC, 2007)

3.3.10 Konflikty a zdroje napětí

Vojenské konflikty nemůžeme samy o sobě považovat za přímý důsledek klimatické změny, avšak společně s rostoucími negativními projevy se může zvyšovat riziko jejich vzniku. Důsledky klimatické změny jako neúroda nebo nedostatek vody mohou destabilizovat některé již dnes méně stabilní regiony světa.

Někteří klimatologové opatrně poukazují na příklad dnešní válkou zmítané Sýrie, kde klimatická změna, pravděpodobně nehrála hlavní roli rozvratu tamního režimu, ale dlouhotrvající sucho s neúrodou mohlo tento konflikt minimálně podpořit. (Wallace-Wells, 2020)

O tom, že změna klimatu může znamenat bezpečnostní riziko, svědčí také zpráva amerického Pentagonu z roku 2014, která upozorňuje, že změny klimatu mohou, kromě rizika nedostatku vody a růstu cen potravin, zvýšit také četnost, rozsah a složitost budoucích misí. Tlaky způsobené změnou klimatu ovlivní konkurenci zdrojů a zároveň zatíží ekonomiky, společnosti a správní instituce po celém světě. Tyto dopady fungují jako multiplikátory hrozeb, které zhoršují stresové faktory v zahraničí. Mezi tyto faktory řadí chudobu, zhoršování životního prostředí, politickou nestabilitu a sociální napětí, což jsou podmínky, které mohou umožnit teroristickou činnost a další formy násilí. (Pentagon, 2014)

Jen v období 1980-2010 předcházelo sucho nebo vlny veder 9 % ozbrojených konfliktů a až 23 % konfliktů ve společnostech etnicky různorodých. Tato čísla ukazují, že etnicky rozdrobené státy mohou v blízké budoucnosti být náchylnější k rozpadu v důsledku změny klimatu. (Cílek, 2019) Podle jednoho odhadu bude v příštích třiceti letech 23 zemí, které budou čelit mimořádnému riziku konfliktu a občanských nepokojů v důsledku změny klimatu. (Wallace-Wells, 2020)

Současná změna klimatu se na řadě míst světa začíná projevovat již dnes a kombinace klimatických důsledků společně s jinými společenskými problémy mohou přinášet do těchto oblastí sociální neklid, od kterého je riziko propuknutí jakéhokoliv formy konfliktu velmi vysoké. (Cílek, 2019)

Ztráta životně důležitých zdrojů vyvolána změnou klimatu může za určitých okolností fungovat jako ohnisko napětí, za níž bude obviňována bohatá západní společnost a nekončící růst spotřeby. Sociální nerovnosti a extremistické náboženské či politické hnutí můžou tuto situaci pouze vyostřit. Fórum odborníků svolaných Akademií věd Spojených států amerických v 70. letech 20. století dospěli k odhadu, že změna klimatu bude spíše důvodem válek než výzvou ke spolupráci. (Barros, 2006)

Se změnou klimatu může také souviset vysoký nárůst migrace obyvatel, neboť světová banka předpokládá podle studie z roku 2018, že při současném trendu oteplování přibude do roku 2050 více než 140 milionů obyvatel (The World Bank, 2018), což se v zásadě shoduje s odhadem OSN, která uvádí číslo 200 milionů. (Wallace-Wells, 2020)

3.4 Předpokládaný vývoj změny klimatu podle IPCC

Pokračující emise skleníkových plynů způsobí další oteplování a dlouhodobé změny ve všech složkách klimatického systému, čímž se zvyšuje pravděpodobnost závažných, všudypřítomných a nevratných dopadů na obyvatele a ekosystémy. Omezení změny klimatu by vyžadovalo podstatné a trvalé snížení emisí skleníkových plynů, které spolu s adaptací mohou omezit rizika ze změny klimatu.

Kumulativní emise CO₂ do značné míry určují průměrné globální oteplení povrchu do konce 21. století a v následujícím období. Předpokládaná úroveň skleníkových plynů se liší v širokém rozmezí v závislosti jak na sociálně-ekonomickém rozvoji, tak i na politice v oblasti klimatu.

Antropogenní emise skleníkových plynů ovlivňuje především velikost populace, ekonomická aktivita, životní styl, využívání energie, způsob využívání půdy, technologie a klimatická politika. Protože výše uvedené budoucí faktory neznáme, byly vytvořeny čtyři různé směry vývoje ve 21. století (Representative Concentration, Pathways). (IPCC, 2014)

Jedná se o tyto tzv. emisní scénáře:

- RCP 2.6 - scénář striktního omezení emisí,
- RCP 4.5 - přechodný scénář,
- RCP 6.0 - přechodný scénář,
- RCP 8.5 - scénář s velmi vysokými emisemi bez dalšího úsilí emise omezit.

Výsledky modelování ukazují, že omezení člověkem vyvolaného oteplení na méně než 2 °C ve srovnání s obdobím 1861–1880 s pravděpodobností větší než 66 % bude vyžadovat, aby kumulativní emise CO₂ ze všech antropogenních zdrojů od roku 1870 zůstaly pod přibližně 2900 Gt CO₂, přičemž do roku 2011 bylo již emitováno přibližně 1900 Gt CO₂.

Předpokládá se, že teplota povrchu bude i nadále stoupat ve 21. století, a to podle všech uvedených scénářů. Vlny veder se budou velmi pravděpodobně vyskytovat častěji a budou trvat déle. Extrémní srážky v mnoha oblastech světa budou častější a intenzivnější. Průměrná výška hladina světového oceánu se bude zvyšovat, stejně jako jeho teplota a kyselost.

Budoucí stav klimatu bude záviset na již probíhajícím oteplení způsobeném antropogenními emisemi, stejně jako na budoucích antropogenních emisích a přirozené proměnlivosti klimatu. Se střední spolehlivostí se predikuje, že změna průměrné globální povrchové teploty pro období 2016–2035 se zvýší oproti období 1986–2005 o 0,3–0,7 °C a to podle všech emisních scénářů. Od poloviny 21. století bude rozsah předpokládané změny výrazně ovlivněn volbou emisního scénáře.

Předpokládaná změna globální povrchové teploty na konci 21. bude pravděpodobně oproti roku 1850–1900 vyšší než 1,5 °C pro scénáře RCP 4.5, RCP 6.0 a RCP 8.5 s vysokou spolehlivostí. Oteplení také pravděpodobně přesáhne s vysokou spolehlivostí 2 °C pro scénáře RCP 6.0 a RCP 8.5 a se střední spolehlivostí spíše přesáhne 2 °C pro RCP 4.5, ale nepravděpodobně přesáhne 2 °C pro RCP 2.6.

Ve srovnání s obdobím 1986–2005 bude na konci 21. století nárůst globální povrchové teploty 0,3–1,7 °C podle RCP 2.6, 1,1–2,6 °C podle RCP 4.5, 1,4–3,1 °C podle RCP 6.0 a 2,6–4,8 °C podle RCP 8.5. Oblast Arktidy se bude i nadále oteplovat rychleji, než globální průměr.

Je prakticky jisté, že budou častější horké a méně časté studené extrémy nad většinou pevninských oblastí. Je velmi pravděpodobné, že se vlny veder budou vyskytovat s vyšší frekvencí a delším trváním, přesto bude i nadále docházet k občasným studeným zimním extrémům.

Změny srážek nebudou stejnoměrné, ve vysokých zeměpisných šířkách a rovníkových oblastech Tichého oceánu pravděpodobně dojde k nárůstu průměrných ročních srážek podle scénáře RCP 8.5. V mnoha oblastech středních zeměpisných šířek a v subtropických suchých oblastech se průměrné množství srážek pravděpodobně sníží, zatímco v mnoha

vlhkých oblastech středních zeměpisných šířek se průměrné množství srážek pravděpodobně zvýší podle scénáře RCP 8.5. Ve většině středních zeměpisných šířek pevnin a ve vlhkých tropických oblastech budou extrémní srážky velmi pravděpodobně intenzivnější a častější.

Světový oceán se bude v průběhu 21. století oteplovat. Přepokládá se, že k nejsilnějšímu oteplení dojde v povrchových tropických a subtropických vodách severní polokoule. Všechny scénáře předpovídají nárůst okyselování oceánu v rozmezí pH od hodnoty 0,06–0,07 (15–17 % kyselosti) pro RCP 2.6 až po hodnotu 0,30–0,32 (100–109 % kyselosti).

Podle všech scénářů RCP dojde k celoročnímu zmenšení plochy arktického mořského ledu. Se střední spolehlivostí je pravděpodobné, že podle RCP 8.5 bude Severní ledový oceán do poloviny 21. století téměř bez ledu v rámci letního minima rozsahu mořského ledu.

Je prakticky jisté, že rozsah povrchového permafrostu ve vysokých severních zeměpisných šířkách se bude snižovat tak, jak se bude zvyšovat průměrná globální povrchová teplota. Předpokládá se, že rozsah povrchového permafrostu se sníží od 37 až 81 % se střední spolehlivostí.

Globální objem ledovců s výjimkou ledovcových příkrovů Grónska a Antarktidy se sníží o 15–55 % podle RCP 2.6 až po 35–85 % podle RCP 8.5 se střední spolehlivostí.

Vzestup hladiny světového oceánu bude v průběhu 21. století velmi pravděpodobně pokračovat rychlejším tempem než v letech 1971–2010. Se střední spolehlivostí vzroste hladina světového oceánu do konce 21. století o 0,26–0,55 m podle RCP 2.6 až po 0,45–0,82 m podle RCP 8.5 ve srovnání s obdobím 1986–2005. (IPCC, 2014)

Další oteplování bude snižovat schopnost pevninských systémů a oceánů absorbovat atmosférický oxid uhličitý, čímž se dále budou zvyšovat antropogenní emise zůstávající v atmosféře. Nárůst teplot bude do značné míry také záviset na účincích zpětných vazeb klimatického systému, které v současné době můžeme pouze předvídat.

K největšímu nárůstu oteplení bude docházet na pevnině ve vyšších severních zeměpisných šířkách, zatímco nejmenší nad Jižním oceánem a částmi severního Atlantského oceánu.

I nadále bude pokračovat zmenšování rozsahu sněhové pokrývky, tání trvale zmrzlé půdy a zmenšování rozlohy mořského ledu. Ztenčování Grónského pevninského ledovce bude i nadále pokračovat a bude přispívat ke zvyšování hladiny moří i po roce 2100. Nárůst průměrné globální teploty o více jak 1,9 °C oproti průměrné teplotě předindustriální

éry povede podle současných modelů k totální likvidaci celého ledovcového štítu, což by vedlo ke zvýšení mořské hladiny až o 6 metrů.

Antarktický pevninský ledovec pravděpodobně zůstane příliš chladný na to, aby mohlo dojít k rozsáhlému povrchovému tání, přičemž jeho rozloha může vlivem vyšších sněhových srážek dokonce mírně narůstat.

Pokud by však v bilanci ledové masy dominoval dynamický odtok ledu, mohlo by dojít k celkovému úbytku ledové hmoty, přičemž i částečný úbytek ledovcových příkrovů v polárních oblastech by mohl vést ke zvýšení mořské hladiny o několik metrů, což by znamenalo závažné následky pro pobřežní oblasti, zaplavení nízko položených oblastí, zejména pak říčních delt a nízko položených ostrovů.

Změna klimatu bude mít silný vliv na nízko položené pobřežní oblasti v důsledku hrozby nárůstu hladiny moře a zvýšené riziko při extrémních meteorologických jevech.

Zvyšování koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře povede k dalšímu okyselení, které bude mít negativní vliv na mořské organismy tvořící pevné schránky (např. korály) a na nich závislé druhy.

Zvyšování mořské hladiny v důsledku oteplování bude v budoucnu pokračovat ještě po staletí, a to i za předpokladu, že by došlo ke stabilizaci skleníkových plynů.

Současné modely také naznačují velmi pravděpodobné zpomalení termohalinní cirkulace Atlantického oceánu v průběhu 21. století, nicméně dlouhodobé změny v termohalinní cirkulaci je velmi těžké odhadnout. Předpokládané změny v cirkulaci budou pravděpodobně zahrnovat změny v produktivitě mořských systémů, rybolovu, schopnosti oceánu absorbovat oxid uhličitý, v koncentracích oceánského kyslíku a pozemské vegetaci, přičemž změny ve schopnosti pevnin a oceánu absorbovat oxid uhličitý mohou zpětně ovlivňovat klimatický systém.

Silný vliv bude mít oteplování na některé citlivé ekosystémy, jako jsou např. tundry, severské lesy a horské oblasti. Jedním z nejvíce zasažených oblastí bude region Arktidy. Vlivem snižujících se srážek budou trpět ekosystémy Středozemního moře a tropické deštné lesy. Mezi nejohroženější ekosystémy patří také pobřežní mangrovové oblasti, mořské korálové útesy a biomy mořského ledu. Změna klimatu pravděpodobně také povede k vymírání rostlinných a živočišných druhů, což bude mít nevratné důsledky

pro biodiverzitu. Modelové projekce předpovídají snížení rostlinných a živočišných druhů na Zemi o 20–70 % v závislosti na míře budoucího oteplení. (IPCC, 2007)

Změna klimatu významně poškodí potravinovou bezpečnost. Zvýšení teploty o více než 2 °C bude mít se střední spolehlivostí negativní dopad na pěstování plodin jako pšenice, rýže a kukuřice v tropických a mírných oblastech, byť v některých lokalitách může být dopad pozitivní. Zvýšení teploty o více než 4 °C bude znamenat s vysokou spolehlivostí velké riziko pro potravinovou bezpečnost na celém světě. Existují silné důkazy, že změna klimatu sníží množství obnovitelných povrchových a podzemních vod ve většině suchých subtropů. Konkurence o vodní zdroje se mezi jednotlivými odvětvími pravděpodobně zvýší. Silný vliv změny klimatu se očekává také na zemědělství v oblastech nižších zeměpisných šířek v důsledku snížené dostupnosti vody.

Vlivem posunu mimotropických cyklón směrem blíže k pólům dojde ke změně atmosférické cirkulace, srážek a teplot. Velmi pravděpodobně dojde ke zvýšení srážek ve vyšších zeměpisných šířkách a pravděpodobně snížení srážek ve většině subtropických pevninských regionů.

Existuje vysoká míra jistoty, že se do poloviny století zvýší roční odtok řek a dostupnost vody ve vyšších zeměpisných šířkách, zatímco v některých suchých oblastech ve středních zeměpisných šířkách a tropech sníží. Mnohé polosuché oblasti jako je např. Středozevní moře, západ USA, jižní Afrika a severovýchodní Brazílie budou v důsledku změn klimatu trpět omezenými zdroji vody.

Změna klimatu bude mít silný vliv také na vodní zdroje v některých suchých regionech ve středních zeměpisných šířkách a v suchých tropech v důsledku změn v množství srážek a evapotranspiraci, dále na vodní zdroje v oblastech závislých na tání sněhu a ledu.

Nárůst oteplení velmi pravděpodobně zvýší výskyty jevů, jako jsou extrémní horka, vlny vysokých teplot a silné srážky. Pravděpodobně také dojde ke zvýšení intenzity tropických cyklón. Četnost a intenzita extrémních meteorologických jevů budou mít společně se zvyšující se úrovní mořské hladiny na přírodní a lidské systémy převážně negativní dopady. (IPCC, 2007)

Dopady změny klimatu ovlivní také lidské zdraví a do poloviny 21. století především zhorší s velmi vysokou pravděpodobností již existující zdravotní problémy. S vysokou spolehlivostí lze očekávat, že změna klimatu v průběhu 21. století povede ke zhoršení zdravotního stavu v mnoha geografických oblastech, zejména však

v rozvojových nízkopříjmových zemích, jejichž možnost adaptace na změnu klimatu je obecně nižší. Ohroženy budou s vysokou spolehlivostí v některých geograficky teplých a vlhkých oblastech také běžné lidské činnosti jako pěstování potravin či práce ve venkovním prostředí.

Existuje vysoká míra shody, že se ekonomické ztráty rostou spolu s rostoucí teplotou, byť je predikce globálních ekonomických dopadů v důsledku změny klimatu obtížná. Se střední spolehlivostí se očekává, že dopady změny klimatu zpomalí hospodářský růst, což ztíží rychlost snižování chudoby, naruší potravinovou bezpečnost a vytvoří nové nástrahy chudoby, zejména v městských oblastech a vznikajících ohniscích hladu.

Změna klimatu v městských oblastech taktéž zvýší rizika pro lidi, majetek, ekonomiku a ekosystémy včetně rizik vyplývajících z tepelného stresu, bouří a extrémních srážek, vnitrozemských a pobřežních záplav, sesuvů půdy, znečištění ovzduší, sucha, nedostatku vody, zvýšení hladiny oceánu a vzednutí hladiny způsobené bouřemi, a to s velmi vysokou spolehlivostí.

Změna klimatu bude mít s vysokou spolehlivostí dopad na dostupnost vody a její zásobování. Ve venkovských oblastech se s vysokou spolehlivostí očekává výskyt závažných dopadů na dostupnost vody a její zásobování, potravinovou bezpečnost, infrastrukturu, příjmy ze zemědělství včetně změn produkčních oblastí potravin a nepotravinářských plodin po celém světě.

Existuje vysoká míra shody, že změna klimatu bude mít vliv na migraci obyvatel a zvýší přesídlování obyvatel. Se střední spolehlivostí může změna klimatu taktéž nepřímou zvýšit riziko násilných konfliktů. Změna klimatu také zesílí stávající rizika a vytvoří rizika nová pro přírodní a lidské systémy. Rizika jsou rozdělena nerovnoměrně a jsou obecně větší pro znevýhodněné obyvatele a komunity v zemích na všech úrovních vývoje. (IPCC, 2014)

Zvláště silný vliv bude mít pravděpodobně dopad změny klimatu na regiony Arktidy, Afriky, nízko položené ostrovy a velké hustě obydlené říční delty Afriky a Asie. (IPCC, 2007)

Nebezpečí dopadů souvisejících s klimatem je výsledkem interakce rizik související se změnou klimatu a zranitelnosti a expozice lidských a přírodních systémů, včetně jejich schopnosti přizpůsobit se. Rostoucí trendy a hodnoty oteplování a jiné změny v klimatickém systému doprovázené okyselením oceánu zvyšují riziko závažných, všudypřítomných a v některých případech nevratných negativních vlivů. Některá rizika jsou zvláště významná

pro některé regiony, zatímco jiná jsou globální. Celkové riziko budoucích dopadů změny klimatu může být sníženo tím, že se omezí rychlost a rozsah změny klimatu. (IPCC, 2014)

3.5 Mitigace a adaptace na globální změnu klimatu

Problematika globálního oteplování a s ní související změna klimatu byla dlouhou dobu považována pouze za vědecký problém. Veřejnost se o tuto problematiku začala zajímat teprve v 80. letech 20. století. Rozvoj vědy a techniky umožnil podrobný výzkum klimatu a uhlíkového cyklu. V roce 1960 byly poprvé spuštěny první meteorologické satelity, které umožnily nové detailní zkoumání atmosférických jevů. V roce 1972 se ve švédském Stockholmu uskutečnila první mezinárodní konference OSN na téma životní prostředí, na kterém začala být změna klimatu poprvé diskutována. (Kopecký, a další, 2011)

V roce 1979 se stala problematika změny klimatu hlavním tématem 1. světové klimatické konference, kterou pořádala Světová meteorologická organizace v Ženevě. Tato organizace společně s Programem OSN pro životní prostředí v 80. letech také stanovila hodnotu oteplení 2 °C oproti stavu před průmyslovou revolucí jako kritickou mez, po jejíž překročení budou dopady klimatických změn, včetně hospodářských škod a sociálních následků, prudce stoupat. (Jermář, 2011)

Negativní projevy klimatu začaly být postupně stále patrnější a více vědců spojovalo změnu klimatu s činností člověka. V roce 1988 proběhla v USA vlna veder a dlouhá období sucha s negativními vlivy na tamní úrodu, což podnítilo velký zájem médií o tuto problematiku. (Kopecký, a další, 2011) V tomto roce byl také ustanoven Mezivládní panel pro změnu klimatu, který vzniknul za účelem posouzení míry rizik. Jeho více než 2500 vědců z celého světa vydávají v pravidelných časových intervalech zprávy o dosavadních výsledcích průzkumu globálního klimatu a jeho pravděpodobných následcích. (Jermář, 2011)

Vzhledem k možnosti závažných celoplanetárních dopadů a díky úzké vazbě na hospodářství, začalo být toto téma silně politické a stalo se předmětem četných mezinárodních jednání. (Barros, 2006)

V současné době existují v zásadě dvě možnosti, jak proti klimatické změně bojovat. První z nich se nazývá mitigace a označuje přístup, jehož cílem je změnu klimatu omezit, a to především prostřednictvím snížení emisí skleníkových plynů či navýšení kapacit pro jejich pohlcování. Druhou možností je tzv. adaptace, což představuje souhrn opatření,

jejichž cílem není proti změně klimatu bojovat, ale připravit se na její dopady. (Kopecký, a další, 2011)

Podle IPCC představuje mitigace a adaptace komplementární strategii pro snižování a zvládnání rizik ze změny klimatu. Podstatné snížení emisí v příštích několika desetiletích totiž může snížit klimatická rizika ve 21. století a také zlepšit vyhlídky na účinnou adaptaci, snížit náklady a problémy mitigace v delším časovém horizontu a přispět k udržitelnému rozvoji vůči změně klimatu.

Adaptační i mitigační opatření můžou pomoci řešit problematiku změny klimatu, ale neexistuje jedno dostatečné řešení. Možnosti mitigačních a adaptačních opatření existují napříč všemi sektory, avšak jejich účinnost závisí zejména na politikách a finančních prostředcích na tato opatření. Mezi klíčové mitigační opatření patří zejména opatření v sektoru energetiky, dopravy, budov, průmyslu, zemědělství, lesnictví a odpadů. Za klíčové adaptační opatření poté opatření v sektorech vody, zemědělství, infrastruktury, lidského zdraví, cestovního ruchu, dopravy a energetiky. (IPCC, 2014)

Tyto přístupy začaly být prosazovány jako reakce na změnu klimatu relativně nedávno. V roce 1992 proběhla konference OSN o životním prostředí a rozvoji v Riu de Janeiru, po jejímž zasedání byla přijata mezinárodní úmluva o možném řešení problémů spojených s probíhající změnou klimatu. Právě tato vyjednávání řešila problematiku snižování emisí skleníkových plynů a vyrovnávání se s negativními dopady změny klimatu. (Kopecký, a další, 2011)

Mezi nejvýznamnější mezinárodní jednání řadíme Rámcovou úmluvu OSN o změně klimatu, Kjótský protokol a Pařížskou dohodu. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu byla přijata na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru v roce 1992 a vstoupila v platnost dne 21. 3. 1994. Úmluva poskytuje rámec mezinárodních vyjednávání o možném řešení problémů spojených s probíhající změnou klimatu, tato vyjednávání zahrnují problematiku snižování emisí skleníkových plynů, vyrovnávání se s negativními dopady změny klimatu i finanční a technologickou podporu rozvoje zemím.

Česká republika úmluvu podepsala a ratifikovala roku 2003 jako v pořadí třicátá šestá strana. Tato úmluva a následný Kjótský protokol a Pařížská dohoda jsou právním podkladem pro snížení emisí skleníkových plynů na úroveň, která by nebyla z hlediska vzájemné interakce s klimatickým systémem Země pro další vývoj planety nebezpečná. (MŽP, 2020)

Úmluva je založena na čtyřech hlavních principech:

- principu mezigenerační spravedlnosti, tj. chránit klimatický systém ve prospěch nejen současné, ale i příštích generací,
- principu společné, ale diferencované odpovědnosti, který říká, že ekonomicky vyspělé země nesou hlavní odpovědnost za rostoucí koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, přičemž jejich povinností je i poskytovat pomoc rozvojovým zemím,
- principu potřeby chránit zejména ty části planety, které jsou více náchylné na negativní dopady změn klimatického systému, tj. především těch zemí, které jsou v rámci svého hospodářského vývoje a geografického umístění zranitelnější,
- principu tzv. předběžné opatrnosti, tj. nutnosti neodkládat řešení problému, a to ani v tom případě, že doposud nelze některé důsledky změny klimatu přesně kvantifikovat. (MŽP, 2020)

Doslovné znění požadavku této dohody je následovné: „...dosáhnout takovou stabilizaci koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, která by zabránila nebezpečnému antropogennímu působení na klimatický systém. Tato úroveň by měla být dosažena v časovém horizontu, který umožní ekosystémům přirozenou adaptaci na změnu klimatu, zajistí neohroženou a bezpečnou produkci potravin a umožní pokračování ekonomického rozvoje udržitelným způsobem.“ (MŽP, 2020)

Lze konstatovat, že i přes dílčí úspěchy a snahu o snižování emisí se doposud nepodařilo přijmout efektivní legislativu, která by dokázala tento požadavek naplnit. (Cílek, 2019)

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat v prosinci roku 1997 a Česká republika se k němu připojila svým podpisem v roce 1998 s následnou ratifikací v roce 2001. Země smluvních stran protokolu se zavázaly do konce prvního kontrolního období (2008–2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990. V prosinci 2012 byl schválen dodatek, kterým bylo potvrzeno pokračování protokolu a jeho druhé kontrolní období, které bylo stanoveno na osm let (2013–2020).

Evropská unie a jejích 28 členských států se zavázalo snížit do roku 2020 emise skleníkových plynů o 20 % v porovnání s rokem 1990. Toto snížení odpovídá cíli formulovanému v příslušných předpisech EU přijatých v rámci tzv. klimaticko-energetického balíčku z roku 2009. Vzhledem k tomu, že se ke druhému kontrolnímu období

nepřipojily všechny státy úmluvy a protokol není závazný pro rozvojové země a rozvíjející se ekonomiky (včetně Číny, Indie, Brazílie atd.), budou nové závazky do roku 2020 pokrývat odhadem pouze 15 % celosvětových emisí skleníkových plynů. (MŽP, 2020)

Přestože můžeme Kjótský protokol považovat za krok správným směrem, existuje široká škála kritiků této dohody. Hlavní problém této dohody spočívá ve skutečnosti, že omezení emisí o 5,2 % zavázaných států, je z hlediska celkového množství emisí víceméně zanedbatelné. Klima se navíc mění takovou rychlostí, že toto omezení je téměř neúčinné. Předmětem kritiky někdy bývají také flexibilní mechanismy protokolu, zejména pak obchodování s emisními povolenkami, které umožňují právo odkoupit vypouštění emisí skleníkových plynů od jiného státu za určitých podmínek. (Flannery, 2007)

Na slabý úspěch Kjótského protokolu upozorňuje také Cílek, který zdůrazňuje, že globální růst emisí CO₂ byl po jeho podepsání rychlejší než před jeho přijetím. Jako sporný uvádí rovněž rok 1990, vůči kterému byly stanoveny procentuální hodnoty poklesů emisí, neboť v důsledku rozpadu Sovětského svazu a změny ve struktuře průmyslu mnoha států by k poklesu hodnot emisí došlo tak jako tak. (Cílek, 2019)

Kritizována je také skutečnost, že některé významné státy, jako např. Spojené státy americké, odmítly tuto smlouvu ratifikovat, přičemž právě jejich podíl na celkovém množství emisí všech států světa činí více než 30 %. Omezení emisí navíc nebylo vyžadováno, u již zmíněných rozvojových států, jako je Čína, Indie nebo Brazílie, jejichž podíl na celkových světových emisích, je také významný. (Moldan, 2015)

Pařížská dohoda byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu v prosinci 2015. Dohoda provádí ustanovení úmluvy a po roce 2020 má nahradit dosud platný Kjótský protokol, který byl hodnocen jako nedostatečný.

Dohoda mimo jiné formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu, jímž je přispět k udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C. Dále přináší významnou změnu, pokud jde o závazky snižování emisí skleníkových plynů. Dohoda totiž ukládá nejen rozvinutým, ale i rozvojovým státům povinnost stanovit si vnitrostátní redukční příspěvky k dosažení cíle této dohody.

V rámci Pařížské dohody se ČR jako člen EU přihlásila s ostatními členskými státy EU společně snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o nejméně 40 % ve srovnání s rokem 1990. Přistoupením k dohodě a k tomuto závazku bude naplňovat společný cíl EU a jejích členských států, který byl přijat Evropskou radou jako součást závěrů Evropské rady k Rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 schválených dne 24. října 2014.

Dohoda vstoupila v platnost již 4. listopadu 2016, tedy po necelém roce od jejího přijetí v Paříži. Smluvními stranami jsou státy ze všech pěti kontinentů světa a s výjimkou Ruské federace zahrnují všechny významné producenty emisí skleníkových plynů jako je například Čína a USA. Dohodu ratifikovala také EU a všechny její členské státy, včetně České republiky, která ji podepsala roku 2017. (MŽP, 2020)

Byť se dá Pařížská dohoda označit jako velký úspěch, neboť se všechny přítomné státy shodly na tom, že změna klimatu představuje závažný problém, je rychlost současné změny klimatu tak vysoká, že ani tyto závazky nebudou velmi pravděpodobně stačit k udržení hodnoty maximálního oteplení pod deklarovanou hodnotu 2 °C.

Již dnes upozorňují někteří vědci na skutečnost, že i kdyby všechny státy dohody naplnily své závazky, dosáhne oteplení planety hodnoty přibližně 3 °C, přičemž zároveň tvrdí, že jsme pomyslnou hodnotu 2 °C měřenou množstvím skleníkových plynů překročili již dnes, akorát se oteplení ještě nestihlo projevit. Příčinou je různě dlouhá doba reakční schopnosti jednotlivých částí klimatického systému a ochlazující efekt velkého množství antropogenních aerosolů. Neméně důležitou roli zde hraje dlouhá doba odezvy světového oceánu, který bude planetu oteplovat i po případné stabilizaci emisí skleníkových plynů. (Cílek, 2019)

4 KLIMATICKÁ ZMĚNA V ČR

Změnu klimatu chápeme „jako veškeré dlouhodobé změny včetně přirozené variability klimatu a změn způsobených lidskou činností“. (CHMÚ, 2019)

Změna klimatu, její dopady a nutnost reakce představují jedno z klíčových témat současné environmentální politiky. Přestože změny v klimatickém systému naší planety probíhaly od jejího vzniku, vědecké poznatky posledních desetiletí ukazují, že v současné době velmi pravděpodobně tyto změny probíhají rychleji, než tomu bylo v minulosti. Hlavní příčinou těchto změn je velmi pravděpodobně činnost člověka. Nejde však pouze o činnosti spojené s nárůstem emisí skleníkových plynů, ale i o aktivity člověka, které činí klimatický systém více zranitelný, než tomu bylo v minulosti. (CHMÚ, 2021)

Je proto žádoucí usilovat o minimalizaci nepříznivých antropogenních vlivů na zemské či regionální klima, což je cílem politik na ochranu klimatu. Taktéž je nutné reagovat na již probíhající změny jako jsou extrémní výkyvy počasí – přívalové deště, dlouhá období sucha, horké vlny, teplejší a vlhčí zimy, méně sněhu apod., a včas se připravit na předpokládaný vývoj za účelem zmírnění nebo eliminace negativních důsledků. (CHMÚ, 2019)

Na území ČR je již dnes doložen nárůst teploty vzduchu a počtu tropických a letních dnů, úbytek sněhové pokrývky a větší výskyt extrémních projevů počasí, zejména epizod sucha. To vše má převažující negativní důsledky pro celou společnost – v nepohodlí i zdraví obyvatelstva a v ekonomice, zejména v resortech zemědělství a lesnictví. (AV ČR, 2020)

4.1 Pozorovaná a očekávaná změna klimatu v ČR

Klimatické změny na území ČR probíhají v kontextu se změnami klimatu v Evropě, ve které můžeme pozorovat nárůst průměrné roční teploty vzduchu podobně jako v České republice. Teplota vzduchu v Evropě se zvyšovala tempem 0,3 °C za desetiletí mezi roky 1961 a 2018, což představuje nárůst o 0,9 °C za posledních zhruba 30 let při porovnání teplot v časovém období 1991–2018 a 1961–1990. (CHMÚ, 2019)

Nejstarší a nejdelší pozorovací řada na území ČR vychází z přístrojových měření nejstarší meteorologické stanice v ČR – pražského Klementina, které zpracovává údaje od poloviny 18. století. I když je tato stanice ovlivněna faktorem tepelného ostrova města, je vzrůstající

dlouhodobý trend nárůstu teplot taktéž dobře patrný. Od druhé poloviny 19. století dochází, i přes mírnou stagnaci v polovině 20. století, k postupnému nárůstu teplot, a to až do dnešních dní. Za posledních 20 let se teplota zvýšila zhruba o 1 °C. (ČHMÚ, 2020)

Růst teploty vzduchu byl nejvíce pozorován od 60. let 20. století, přičemž od 80. let 20. století dochází ke zintenzivnění tohoto procesu. Období mezi lety 2001-2016 bylo dokonce nejteplejší ze všech předcházejících. Celkově největší oteplení bylo pozorováno ve velkých městech jako je Praha a Brno, které je umocněno tepelným ostrovem města. Vyšší nárůst teploty vzduchu oproti průměru byl také zaznamenán v Polabí, v okolí města Brno a na Broumovsku.

Růst teploty vzduchu v období 1961-2016 byl statisticky významný ve všech sezónách. Roční hodnoty v tomto období odpovídají trendu oteplení o 0,32 °C za 10 let. Nejvíce se oteplovalo v zimě a v létě – 0,4 °C za 10 let. Naopak nejmenší nárůst teploty byl zaznamenán na podzim – 0,15 °C za 10 let. Statisticky významný trend pak byl pozorován hlavně v měsících leden, duben, květen, červen, července, srpen a prosinec.

Nárůst průměrné teploty vzduchu v ČR a také v Evropě lze očekávat i v průběhu 21. století. Tento předpoklad je založen na analýze globálních a regionálních modelů. Projekt EURO-CORDEX využil při své práci jednotlivé RCP emisní scénáře, podle kterých modeloval budoucí vývoj klimatu v Evropě a ČR.

Podle výsledků těchto modelů dojde v Evropě ke zvýšení teploty vzduchu o 1,5–4,5 °C (scénář RCP 4.5) nebo o 2,5–5,5 °C (RCP 8.5) do konce 21. století. V případě ČR dojde ke zvýšení teploty vzduchu o 2 °C (RCP 4.5) nebo o 4,1 °C (RCP 8.5) do konce 21. století ve srovnání s obdobím 1981-2010. Teplota vzduchu se bude velmi pravděpodobně pozvolna zvyšovat do roku 2050 bez ohledu na daný emisní scénář. Po roce 2050 však bude volba emisního scénáře zcela zásadní. Při emisním scénáři RCP 2.6, který předpokládá podstatné snížení skleníkových plynů by mohlo dokonce dojít ke stabilizaci klimatu a postupnému návratu teplot z let 1981–2010. Z toho vyplývá, že do roku 2050 prakticky nemůžeme současné klima nijak ovlivnit, ale po roce 2050 budou současné kroky lidstva zcela zásadní.

Ke změně dojde taktéž u maximálních a minimálních teplot vzduchu. Dle předpokladu modelů dojde k nejvyššímu nárůstu maximálních teplot vzduchu v zimním období a k nejmenšímu v jarním období. Roční maximální teploty se zvýší o 2,3–4,6 °C v závislosti

na RCP scénáři. Ještě razantnější zvýšení se očekává u minimálních teplot, které mohou stoupnout v zimním období až o 4,5–8,3 °C opět podle zvoleného emisního scénáře.

Srážkový režim v Evropě zaznamenaný od roku 1961 není uniformní, nicméně můžeme pozorovat větší množství spadlých srážek v oblastech Skandinávie a severně od nás. Roční úhrny srážek by v průběhu 21. století měly narůst na většině evropského kontinentu, nejvíce v severní a severovýchodní Evropě. Naopak v oblasti Středozeří se roční úhrny srážek pravděpodobně sníží. (CHMÚ, 2019)

Celkové množství srážek spadlých na území ČR nevykazuje výraznější proměnu, avšak dlouhodobý vývoj ukazuje jejich velkou roční variabilitu. Od počátku 90. let minulého století dochází k mírnému nárůstu ročního úhrnů srážek. Větší objem srážek vykazuje březen a přelom července a srpna, naopak k poklesu dochází v měsících duben a červen, avšak celkově se tyto změny projevují jen v jednotkách procent. (CHMÚ, 2020)

Podstatnou změnou je však charakter srážek, neboť statisticky významně roste počet dní s vyššími úhrny srážek, které jsou způsobeny bouřkovou činností v letních měsících. Taktéž roste počet a délka epizod, kdy prší jen málo nebo vůbec.

V období 1961–1990 činil průměrný úhrn srážek 682 mm, v období 1981–2010 dosáhly průměrné srážky hodnoty 703 mm a v období 2001–2016 dokonce 712 mm. Přesto však nejde o statisticky významný trend, neboť je zde velká fluktuace charakteristická pro klima střední Evropy. Nejvíce srážek spadne v letních měsících a tyto srážky jsou často spojeny s bouřkovou činností, které mají za následek spíše rychlý odtok vody z krajiny. Naopak nejméně srážek spadne v zimních měsících. K největší změně srážek došlo na území jižních Čech, kde pozorujeme nárůst o 10 %. Růst srážek byl zaznamenán také na západním území ČR. Na ostatním území ČR nečinil rozdíl změny více jak 4 % od průměru.

Předpověď srážek založená na regionálních modelech ukazuje mírné zvýšení o 7–13 % pro RCP 4.5 nebo o 6–16 % pro RCP 8.5 do konce 21. století. Statisticky významný trend by měl nastat v období 2061–2100 pro RCP 4.5 nebo v období 2021–2060 pro RCP 8.5, scénář RCP 2.6 předpokládá zvýšení srážek pouze v období 2021–2060. Největší rozdíl v úhrnu srážek je ve všech scénářích očekáván u zimních srážek, jejichž nárůst může činit až 35 % do konce 21. století. Nejmenší změna se pak očekává u srážek letních.

Podstatná změna byla zaznamenána v množství sněhové pokrývky, která ale není konstantní pro celou republiku a je výrazně ovlivněna danou lokalitou. Na mnoha místech republiky

byl zaznamenán pokles množství nového sněhu a maximální výška sněhové pokrývky. Znatelné je také rychlejší odtávání díky vyšším teplotám vzduchu. Na mnoha místech proto došlo ke zkrácení sněhové sezóny, jelikož byl zaznamenán pokles maximální sněhové vrstvy v březnových měsících, což negativně ovlivňuje lyžařskou sezónu.

K největšímu snížení množství sněhové pokrývky v zimním půlroce došlo od roku 2001 v nejvyšších partiích ČR. Množství nového sněhu, který zde napadl se snížilo o 11 % oproti dlouhodobému průměru a maximální výška sněhové pokrývky o 7 %. Kromě množství a maximální výšky sněhové pokrývky se mění rovněž také charakter sněhových srážek. Klesá počet dní, kdy najednou napadne více sněhu, a to i na horách. Pokles v letech 2001–2016 oproti období 1961–1990 činil 30–45 %.

Charakter krajiny v zimním období ovlivní v budoucnu zejména zvyšující se teplota vzduchu. Některé modely očekávají zvýšení teploty v zimních měsících až o 5 °C, což pravděpodobně výrazně negativně ovlivní např. lyžařskou sezónu. Zvýšená teplota vzduchu rovněž povede ke snížení počtu mrazových a ke zvýšení počtu bezmrazových dnů. Přestože se do budoucna očekává zvýšení množství srážek hlavně v zimě, půjde díky rostoucí teplotě vzduchu hlavně o srážky dešťové, což bude mít za následek celkový úbytek sněhové pokrývky nejen v nížinách, ale také v horských oblastech.

V důsledku vyšších teplot, slunečnějšího počasí a nevýznamné změně srážek došlo v letech 2001–2016 oproti období 1961–1990 ke snížení vlhkosti vzduchu, a to o zhruba o necelé 2 %. Současná průměrná relativní vlhkost vzduchu činí 78 %, v minulosti však dosahovala průměrné hodnoty 79,8 %. Největší relativní vlhkost vzduchu se vyskytuje v zimních měsících, i zde je však patrný pokles a to z 86,2 % na 84,7 %. Nejnížší relativní vlhkost vzduchu pozorujeme v jarních a letních měsících, zde došlo k poklesu ze 75 % na 72 % ve sledovaných obdobích. Statisticky významná změna vlhkosti vzduchu je tak pozorována ve všech ročních obdobích s výjimkou podzimu. K největší změně poklesu relativní vlhkosti vzduchu došlo v oblasti Polabí, Slezska, jižních Čech, Krkonoších, na závětrné straně Krušných hor a malém území Šumavy.

Pokles relativní vlhkosti vzduchu se v budoucnu pravděpodobně zastaví vlivem zvyšujících se srážek, protichůdně však bude působit i nadále rostoucí teplota vzduchu. Oba jevy tak vůči sobě budou působit kompenzačně. Z těchto důvodů počítají modely s mírným nárůstem vlhkosti vzduchu, byť se počítá s odlišnou situací v jednotlivých sezónách. V zimě a na jaře

se předpokládá mírný nárůst vlhkosti vzduchu, zatímco v létě bude vlhkost vzduchu spíše klesat. (CHMÚ, 2019)

V souvislosti se změnou teplotního režimu dochází k postupnému zvyšování průměrného počtu dnů s vysokými teplotami a ke snižování průměrného počtu dnů s nízkými teplotami. Taktéž se postupně zvyšuje průměrný počet letních a tropických dnů a klesá průměrný počet mrazových a ledových dnů, které se vyskytují zejména v zimním půlroce. (CHMÚ, 2020)

Počet tropických dnů výrazně vzrostl v období 1961–1990 a 2001–2016 z průměrných 4,4 tropických dnů na 10,7 tropických dnů v roce, což představuje více jak dvojnásobný nárůst. V letech 2015–2018 bylo na území republiky dokonce zaznamenáno v průměru 30 tropických dnů v roce, což je hodnota modelována pro konec 21. století. V blízké budoucnosti by nemělo dojít k výraznému nárůstu počtu tropických dnů, hodnoty by měly odpovídat situaci v posledních letech. Výraznější rozptyl podle emisního scénáře předpovídají modely ke konci tohoto století. Scénář RCP 4.5 predikují dvojnásobný počet tropických dnů oproti období 1981–2010, scénář RCP 8.5 pak predikují dokonce troj až čtyřnásobný počet současného průměru.

Významným klimatologickým indexem je charakterizující poměry zimního půlroku je počet mrazových dnů. V současné době je pozorován statisticky významná trend poklesu počtu mrazových dnů v roce. Tento trend bude pokračovat i v následujících letech. Ke konci století by mohlo dojít k poklesu počtu mrazových dnů o 35–70 % podle zvoleného emisního scénáře.

Ke změně dojde také u extrémních teplot vzduchu – nejvyšších i nejnižších. V současné době činí průměr ročních maxim teploty pro celou ČR 32,5 °C. Ke konci století může tato hodnota stoupnout až na 38,3 °C, což by znamenalo, že v nižších polohách by byla pravidelně dosahována teplota přesahující hranici 40 °C. V zimě by naopak docházelo ke snižování extrémně nízkých teplot. Zatímco nyní je průměrné roční minimum teploty v ČR -18,2 °C, v budoucnu by tato hodnota mohla narůst až o 10 °C.

Změny teplotního a srážkového režimu se výrazně promítají do výskytu suchých období s významnými dopady ekologickými, ale také ekonomickými. Pro analýzu klimatického výzkumu, ekonomických škod nebo ekologických dopadů existuje celá řada kvantitativních charakteristik – indexů sucha. Mezi nejčastěji používaní patří standardizovaný srážkový index, standardizovaný srážkový evapotranspirační index a Palmerův index intenzity sucha, jakož i hodnoty půdní vlhkosti. Analýza dostupných instrumentálních měření ukazuje

na pozorovanou obecnou tendenci k výskytu sušších podmínek, jak z pohledu meteorologického sucha, tak i půdní vlhkosti.

Analýza meteorologických such v období 1805–2012 naznačuje převládající tendenci ke zvýšení suchosti jara a v případě dlouhodobého sucha i léta a celého roku. V zimě se naopak v některých regionech projevuje tendence k vlhčím podmínkám. V průběhu 21. století lze očekávat nárůst frekvence i délky období meteorologického sucha. Riziko déletrvajících a intenzivnějších epizod sucha lze přitom očekávat zejména v období od dubna do září. (CHMÚ, 2019)

Mezi očekávané dopady změny klimatu na území ČR patří změna vodního režimu, u kterého se odhaduje snížení množství průměrných průtoků vodních toků o 15–40 %. Poklesy průtoků budou mít společně se vzrůstem teploty negativní vliv na kvalitu vody. V důsledku zvýšení průměrných teplot bude docházet ke snížení množství sněhové pokrývky v zimě, což bude celkově zvyšovat půdní výpar. Zvýšení jarních průtoků bude mít negativní vliv na celkové zásoby vody, které se budou snižovat. Deficit vody se prohloubí a prodlouží zejména v letních měsících. Riziko povodní budou zvyšovat vyšší jarní průtoky a přívalové deště v letních bouřkových situacích.

Již v současné době můžeme pozorovat na některých povodích v České republice negativní dopady změny klimatu na vodní hospodářství, a to v podobě výrazného poklesu odtoku v dlouhodobě pozorovaných řadách. Příčinou tohoto negativního jevu je průběžné zvyšování teploty vedoucí k růstu evapotranspirace, jež byla po období 1990–2013 na většině území kompenzována růstem srážek, nicméně v některých oblastech k této kompenzaci dlouhodobě nedochází.

Očekávané změny hydrologického cyklu a jakosti vody představují nebezpečí porušení funkce vodohospodářské infrastruktury a zřejmě povedou ke zvýšeným nárokům na odběry. Podle MŽP ČR mohou rostoucí požadavky na vodní zdroje vést ke střetům zájmů mezi odběrateli i ke střetům se zájmy ochrany vodních ekosystémů a ekosystémů vázaných na vodní prostředí. (CHMÚ, 2019)

V zemědělství dojde ke snížení primární produkce rostlinného krytu a ke zvýšení rozkladu půdní organické hmoty, což sníží mikrobiální půdní aktivitu a podpoří desertifikaci. Zvýšené množství CO₂ v atmosféře přispěje ke zlepšení efektivity spotřeby vody rostlinami. Prodlužování vegetačního období bude mít vliv na složení rostlin. Pravděpodobně dojde k redistribuci živočišných a rostlinných druhů, avšak některé pravděpodobně zaniknou,

což hrozí i některým ekosystémům. Mezi nejvíce zranitelné patří horské ekosystémy a ekosystémy tvořené zbytky původních travinných porostů. Zvýší se riziko půdního sucha a eroze, která již dnes ohrožuje více než polovinu zemědělského území. (CHMÚ, 2020)

Již dnes je zemědělství sektorem, ve kterém se aktuálně změna klimatu projevuje nejvíce. Zemědělství je klíčové z pohledu potravinové bezpečnosti, kombinace změny klimatu a adaptujícího se zemědělství výrazně ovlivní úroveň ekosystémových služeb v naší krajině. Dopady měnícího se klimatu v sektoru zemědělství jsou spojeny především se zvyšující se teplotou, což je současně jeden z hlavních faktorů ovlivňující změnu vodní bilance, a také nárůstem četnosti agrometeorologických extrémů.

Regiony řepařské a kukuřičné, dříve patřící na samý vrchol produktivity, budou stále častěji ohrožené epizodami zemědělského sucha s výraznými dopady na formování výnosotvorných prvků jednotlivých plodin a následně na velikost a kvalitu výnosů. Jejich produkční potenciál se bude trvale snižovat oproti výrobní oblasti obilnářské a pícninářské.

Vyšší teploty způsobí dřívější začátek vegetační sezóny, což zvýší dopady jarních mrazů nejen v oblasti ovocnářství a vinohradnictví. V případě, že budou teplejší zimy, nedojde k akumulaci vody ve sněhu, ale k jejímu odtoku, v teplejších zimách se více vody vypaří a následkem toho může být neúplné jarní nasycení půdního profilu, což povede k předčasnému vyčerpání vody vegetací a znásobení sucha zapříčiněného vyšší teplotou v jarních měsících.

Dalším negativním jevem podporující vyšší výskyt sucha může být očekávaná změna ve variabilitě srážek, kdy ubývá především v jarním a letním období počet srážkových dnů, zatímco se zvyšuje intenzita jednotlivých srážek. Pěstování plodin nejen v nižších nadmořských výškách bude výrazně ohroženo především na přirozeně vysýchavých lehkých půdách, ale i na půdách utužených a erozně poškozených.

Měnit se budou i podmínky v jednotlivých výrobních oblastech, kdy vyšší primární zemědělská produkce se bude posunovat do vyšších nadmořských výšek, neboť v nejnižších polohách bude přibývat suchých půdně vlhkostních režimů. Poklesne produkční potenciál kukuřičné i řepařské výrobní oblasti a vzroste v oblastech obilnářské a bramborářské. Podobně jako v lesnictví je i v zemědělství velkým rizikem polní výroby výskyt teplomilných chorob a škůdců.

V oblasti živočišné výroby se projevuje jako největší zatížení zvyšující se počet několika za sebou jdoucích tropických dnů, což způsobuje teplotní stres projevující se např. u skotu nižší doживostí, hmotnostními přírůsty i schopností reprodukce. Tyto klimatické podmínky jsou ale mimořádně nepříznivé i pro akvakultury a tradiční způsoby chovu ryb tak nepochybně budou výrazně ovlivněny. (CHMÚ, 2019)

Klimatická změna povede také ke zhoršení stavů smrkových lesů, ve kterých bude docházet k aktivizaci patogenních škůdců a toto riziko bude navíc umocňováno suchem. (CHMÚ, 2020) Pro lesní hospodářství je riziková zejména rostoucí teplota vzduchu, a to především v jarním a letním období, pokles srážek v letním období a zvýšený výpar. Tyto faktory vedou k rostoucí intenzitě sucha, zvýšení frekvence a délky suchých period. Tento průběh všech meteorologických faktorů naše současné lesy velmi oslabuje. Rozhodující roli v odumírání stromů hrají zároveň biotičtí škodliví činitelé, zejména kůrovcovití, jejichž zvýšená aktivita souvisí s oslabenou odolností dřevin vlivem sucha. Za nejvíce náchylné jsou považovány smrkové lesy, avšak vážně ohroženy suchem a škůdci jsou také lesy borovicové. Riziko zvýšené aktivity biotických škůdců hrozí také dalším dřevinám. V souvislosti s rostoucí teplotou se taktéž počítá s posunem lesních vegetačních stupňů. (CHMÚ, 2019)

Hodnocení dopadů na lidské zdraví je v současné době stále problematické, neboť jej ovlivňuje celá řada jiných faktorů, avšak pravděpodobně se bude zvyšovat stres z horka, které může mít negativní vliv na lidské zdraví a taktéž se očekává zvýšení onemocnění lymskou boreliózou přenášenou klíšťaty v důsledku jejich rozšíření. Celkové oteplení se pak více projeví v zastavěných oblastech díky efektu tepelného ostrova města. (CHMÚ, 2020)

4.2 Mitigace a adaptace ČR na změnu klimatu

K efektivnímu dosažení globálních cílů ochrany klimatu je klíčová široká mezinárodní spolupráce mezi jednotlivými státy, včetně zapojení soukromých subjektů, městských samospráv a jednotlivců. S tímto účelem vznikla Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, která roku 1992 jako první na mezinárodní úrovni stanovila cíl stabilizace koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na úrovni, která by umožnila předcházet nebezpečným důsledkům vzájemného působení lidstva a klimatického systému Země.

Ani následné stanovení závazných redukčních cílů pro ekonomicky vyspělé státy v Kjótském protokolu celosvětovou produkci emisí skleníkových plynů významně neomezilo. V prosinci roku 2015 byla v Paříži přijata nová mezinárodní dohoda, která zahrnuje široký okruh států a počítá nově se závazky pro vyspělé i rozvojové země.

Hlavním cílem Pařížské dohody je udržet nárůst průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí. Pařížská dohoda se kromě snižování emisí skleníkových plynů (tzv. mitigace) zaměřuje také na přizpůsobování se negativním dopadům změny klimatu (tzv. adaptace), financování klimatických opatření v rozvojových zemích, uplatňování moderních technologií a budování kapacit v rozvojových zemích.

Česká republika jako členský stát Evropské unie je plně zapojena do společného evropského úsilí a přispívá k naplňování cílů snižování emisí skleníkových plynů stanovených do roku 2020 a 2030. Přístup České republiky k problematice změny klimatu lze v současné době rozdělit na politiku, jejímž předmětem je redukce antropogenních emisí skleníkových plynů a na politiku přizpůsobení se a posílení odolnosti vůči negativním dopadům změny klimatu.

Strategie ochrany klimatu České republiky byla proto vytvořena na základě kombinace mitigačních a adaptačních opatření. Mitigační strategie ČR spočívá ve snižování emisí skleníkových plynů a posilování jejich propadů. Příkladem může být např. efektivnější využití zdrojů energie, využití solární či větrné energie, zateplování budov, apod. Tato opatření jsou pravidelně kontrolována prostřednictvím inventarizace Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Adaptační strategie ČR si klade za cíl zmírňovat dopady změny klimatu přizpůsobením se této změně v co největší míře, zachovat dobré životní podmínky a uchovat nebo vylepšit hospodářský potenciál pro příští generace. Adaptační strategie se zaměřuje na oblasti, u kterých se předpokládají největší dopady změny klimatu. (MŽP, 2020)

Kombinace mitigační a adaptační strategie je již nyní, a do budoucna bude dále uplatňována také v České republice. Oblasti této problematiky v tuto chvíli řeší zejména vládní strategické dokumenty *Politika ochrany klimatu v ČR* navazující na *Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR*, který by měl zajišťovat plnění cílů přijatých mezinárodními závazky a přispět tak k dlouhodobému přechodu na udržitelné nízko emisní

hospodářství, a dále *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu a Koncepce ochrany před suchem* jsou potom dalšími implementačními dokumenty. (MŽP, 2020)

Politika ochrany klimatu v České republice (2017) představuje strategii vlády ČR v oblasti ochrany klimatu do roku 2030 a zároveň plán rozvoje nízkoemisního hospodářství do roku 2050. Zaměřuje se na opatření vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů a je tak komplementární ke schválené *Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* (2015), která se soustřeďuje na problematiku adaptace na změnu klimatu. Plnění *Politiky ochrany klimatu v České republice* bude vyhodnoceno do konce roku 2021 a její aktualizace je naplánována do konce roku 2023.

Politika definuje konkrétní opatření a nástroje pro postupné snižování emisí skleníkových plynů v dotčených oblastech, tj. zejména v sektorech energetiky, konečné spotřeby energie, průmyslu, dopravy, zemědělství a lesnictví, nakládání s odpady, vědy a výzkumu a dobrovolných nástrojů, s ohledem na ekonomicky využitelný potenciál. Politika také navrhuje efektivní a účinná opatření, včetně jejich příspěvku ke snižování emisí skleníkových plynů do roku 2030 a popisuje trajektorie, které směřují k přechodu na nízkoemisní ekonomiku do roku 2050. (MŽP, 2017)

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR uvádí do kontextu adaptační opatření navrhovaná v rámci různých strategických sektorových dokumentů a doplňuje směry adaptačních opatření v oblastech, pro které taková opatření zpracována nebyla. Tato adaptační strategie svým obsahem doplňuje *Politiku ochrany klimatu v ČR*.

Hlavním cílem adaptační strategie ČR je zmírnit dopady změny klimatu přizpůsobením se této změně v co největší míře, zachovat dobré životní podmínky, uchovat a případně vylepšit hospodářský potenciál pro příští generace. Adaptační strategie ČR se ve svém dokumentu podrobně zaměřuje na sektor lesního hospodářství, zemědělství, vodní režim v krajině a vodní hospodářství, urbanizovanou krajinu, biodiverzitu a ekosystémové služby, zdraví a hygienu, cestovní ruch, dopravu, průmysl a energetiku, mimořádné události a ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

Všechny výše uvedené sektory jsou v adaptační strategii podrobně rozpracovány. Adaptační opatření jsou obecně charakterizována, popsána je zde vazba na další sektory, provázanost s mitigačními opatřeními a jsou zde stanoveny rovněž jednotlivé adaptační opatření a hlavní doporučení pro tyto klíčové sektory. (MŽP, 2015)

Všechna opatření vedoucí k adaptaci na změnu klimatu budou potřebná i v případě, že uspějí evropské a celosvětové snahy o snížení emisí, protože je žádoucí, aby se společnost vypořádala s nevyhnutelnými dopady změn již probíhajících. Jejím cílem je včasné snížení zranitelnosti přirozených i socioekonomických systémů a zvýšení jejich odolnosti vůči jejím dopadům, aniž by byla ohrožena kvalita životního prostředí a ekonomický a společenský potenciál rozvoje společnosti. (MŽP, 2015)

Problematika změny klimatu je řešena také na úrovni měst a obcí. Za tímto účelem vzniknul *Pakt starostů a primátorů v oblasti Klimatu a Energetiky*, který již několik let sdružuje klimaticky odpovědná evropská města a obce. (MŽP, 2020) Pakt starostů a primátorů byl v Evropě založen v roce 2008 s cílem spojit místní samosprávy, které se dobrovolně zavázaly ke splnění a překročení cílů EU v oblasti klimatu a energetiky. Aktuálně sdružuje více než 10 000 samospráv ve více než 60 státech světa.

Tato iniciativa zavedla progresivní přístup k opatření v oblasti klimatu a energetiky. Cílem signatářů je urychlit dekarbonizaci svých území, posílit jejich schopnost přizpůsobit se nevyhnutelným dopadům změny klimatu a umožnit svým občanům přístup k bezpečné, udržitelné a cenově dostupné energii. Města signatářů se proto zavázala k podpoře realizace cílů EU, kterými je snížení emisí skleníkových plynů o 40 % do roku 2030 a přijetí společného přístupu k řešení zmírňování dopadu změn klimatu a přizpůsobení se změnám klimatu. (Pakt starostů a primátorů v oblasti Klimatu a Energetiky, 2020)

4.3 Specifika vztahu české veřejnosti k životnímu prostředí a klimatické změně

Veřejná debata o změnách klimatu v minulosti neprobíhala v České republice zcela v souladu s posledními vědeckými závěry. Nejen ve výrocích některých politiků a vysokých úředníků, ale také v denním tisku se objevovaly různá nepochopení základním aspektům problému i věcné chyby. Mnohdy docházelo ke střetu různých, často protichůdných tvrzení a proto široká veřejnost nevěděla, jak se k této problematice stavět. (Metelka, a další, 2009)

Přestože absolutní podíl České republiky na světové produkci skleníkových plynů činí pouze 0,3 %, tak její relativní podíl v přepočtu na 1 obyvatele je mnohem vyšší – 27 %, což je nadprůměr v rámci Evropské unie. Při tomto poměrném srovnání jsme na tom dokonce hůře než obyvatelé Číny nebo Indie. Tato skutečnost by měla být pro české občany

a zejména politiky alarmující, a to i přes podstatné zlepšení patrné od změny politického režimu v roce 1989, kdy došlo k výraznému zlepšení v důsledku uzavření nebo modernizace většiny průmyslových a energeticky náročných provozů. (Kopecký, Eberle, 2011)

Přestože názory české veřejnosti na změnu klimatu nejsou hodně odlišné od evropského průměru, je uvědomělost vztahu k životnímu prostředí stále poměrně daleko za evropskou špičkou a výrazně se neliší od postojů ostatních postkomunistických států střední a východní Evropy. Ačkoli mezi Čechy převládá všeobecný názor, že změna klimatu představuje významný globální problém, řadí jej až za problémy chudoby, ekonomiky, mezinárodního terorismu nebo pandemie nakažlivých onemocnění. Pouze malá část obyvatel si připouští odpovědnost jednotlivce za boj proti klimatickým změnám, což souvisí s jejich nízkou aktivitou ke snaze přispět ke zlepšení situace.

Politika ČR je v zásadě podobná politice ostatních středoevropských a východoevropských zemí. Kromě Strany zelených, která byla zvolena do českého parlamentu v letech 2006-2010 neexistuje v české politické scéně strana, která by se vymezovala výhradně environmentální problematikou a prioritou ochrany klimatu. Přestože se některé politické tradiční strany ve svých předvolebních programech nějakým způsobem hlásí k této problematice, nejsou pro ně prioritní. Efektivnost České republiky v globální soutěži a energetická bezpečnost hrají významnější roli. V reakci na ekologické a environmentální problémy a politickou nečinnost vznikly řady různých organizací – např. Hnutí Duha, Člověk v tísni nebo Klimatická koalice, které upozorňují na problematiku změny klimatu různými způsoby-přímým oslovováním politiků, lobbyingu, pořádání veřejných kampaní, vytváření tlaku na novináře nebo výzkumnou a vzdělávací činností.

Klimatický skepticismus či podezřívavost však není podle autorů Kopeckého a Eberleho v České republice zakořeněna o nic hlouběji než v jiných srovnatelných zemích a postava bývalého politika Václava Klause je spíše výjimečná. Názory českých vědců také nejsou ve výrazném rozporu s všeobecně uznávanými fakty. (Kopecký, Eberle, 2011)

Problematikou českého klimaskepticismu a vztahem české populace k problematice změny klimatu se podrobně zabývá český sociolog P. Vidomus, který ve svém odborném článku *Česká klimaskepse: Úvod do studia* uvedl, že české sociální vědy stojí při studiu vztahů společnosti a předpokládaných změn klimatu stranou ve srovnání se situací v zahraničí, byť se potýkají s podobnými otázkami, a to zejména s poklesem mediálního zájmu

o změnu klimatu a se sestupným trendem v hodnocení závažnosti těchto problémů ve výzkumech veřejného mínění.

Ukazuje se, že od dob, kdy změny klimatu byly velmi vysoko v žebříčku priorit veřejné i mediální agendy (2007–2008), se mnohé změnilo. Zmenšuje se množství lidí, kteří antropogenní změny klimatu považují ve srovnání s jinými environmentálními problémy za závažné, a postupně se zvětšuje podíl skeptické populace, která probíhající změny nepovažuje za problém nebo ji dokonce zcela popírá.

Tento problém může být spojen s mediálním pokrytím tématu či zdůrazňováním konfliktu v médiích, který vede k umělému posilování skeptických názorů. Vysvětlení se také spojuje s vnímáním závažnosti změn klimatu s osobní zkušeností s výkyvy počasí či extrémními jevy. V úvahu přichází také změna ekonomických podmínek a velká komplexnost a vzdálenost tématu změny klimatu jako faktory, které limitují pochopení běžného publika.

Podle některých ukazatelů je také v ČR znát opadání zájmu o změnu klimatu v populaci. Podle dostupných dat CVVM, ISSP, Eurobarometru a STEM pozvolna narůstá počet lidí, kteří antropogenní změny klimatu nepovažují za závažný problém, avšak je třeba dodat, že názory české veřejnosti na změny klimatu nejsou zmapovány příliš podrobně.

Centrum pro výzkum veřejného mínění (CVVM) v kontinuálním výzkumu *Naše společnost* sleduje percepci těchto problémů od roku 2002. V těchto šetřeních se dlouhodobě na nejvyšších příčkách závažnosti umísťují hromadění odpadů a znečištění zdrojů pitné vody. Vnímaná relativní závažnost globálního oteplování mezi lety 2007–2013 pomalu klesala (z 84 na 61 %) a stoupl počet respondentů, kteří jeho závažnost zpochybňovali (z 8 na 29 %).

V mezinárodním programu ISSP (International Social Survey Programme) se otázky týkající změny klimatu objevily poprvé v roce 1993 a pak až v letech 2000 a 2010. Ačkoli znění otázek v dotazníku bylo vždy lehce odlišné a nejde tedy o plně srovnatelná data, je opět zřejmá představa o vysoké míře nebezpečnosti změn klimatu na přelomu století a zřetelný nárůst lidí, kteří oteplování planety nepovažují za vážný problém o deset let později. Hodnoty závažnosti globálního oteplování poklesly mezi lety 2000 a 2010 ze 74 na 50 %. Naopak hodnota názoru, že globální oteplování není nebezpečné, stoupla z 5 na 14 %.

V průzkumu agentury STEM (Středisko empirických výzkumů) z prosince 2009 ukázalo, že 20 % respondentů popřelo existenci globálního oteplování (6 % respondentů tvrdilo, že globální oteplování rozhodně neexistuje, 14 % respondentů tvrdilo, že spíše neexistuje). Příčinou změn oteplování planety bylo podle 75 % respondentů lidské chování, avšak 25 % respondentů tvrdilo, že je oteplování důsledkem přirozených procesů nezávislých na lidském konání.

Environmentálním problémům se věnovaly také pravidelné výzkumy Eurobarometru, nicméně se poměrně dlouho zaobíraly jejich širším spektrem bez užšího zaměření na změny klimatu. Z výzkumů z let 2008, 2009 a 2011 zaměřené přímo na postoje ke změnám klimatu vyplynulo, že z mezinárodního srovnání je znát, že Češi byli většími skeptiky než jiné národy. V České republice podle těchto výzkumů existuje relativně stabilní skupina obyvatel, pro které změna klimatu není závažným problémem (cca 10 %), a která zpochybňuje dominantní vliv CO₂ na oteplování, nebo považuje téma za přehnané (cca 30 %).

Z výše uvedených výzkumů vyplývá patrný trend pozvolného nárůstu klimaskeptické populace, byť je množství dat z výzkumů zaměřených na percepci změny klimatu poměrně omezené. Podle českého sociologa jsou pro klimaskeptiky v ČR typické tyto základní rysy, kterými se odlišují do klimaskeptiků jiných zemí. Jedná se o identifikovanou představu „švejkovsky skeptické“ české populace, roli nejznámějšího českého klimaskeptika Václava Klause a překryv klimaskepticismu s euroskepticismem. (Vidomus, 2013)

V roce 2018 byla provedena reprezentativní studie s názvem *Vztah české veřejnosti k přírodě a životnímu prostředí*, která představila dosavadní výsledky průzkumů a výzkumů veřejného mínění doplněné o výsledky autory realizované studie. Podkladem pro zpracování rešerše posloužily průzkumy veřejného mínění a akademické výzkumy realizované od roku 2007. Data pocházela z reprezentativního vzorku české dospělé populace, přičemž cílem studie bylo zjistit rozložení určitých názorů, postojů, chování či znalostí ve vybrané populaci. Empirická šetření, která probíhala, lze rozdělit na národní a mezinárodní. Data o národním šetření poskytl Centrum pro výzkum veřejného mínění v rámci projektu kontinuálního výzkumu veřejného mínění *Naše společnost*, která se dlouhodobě zaměřuje na témata přírody a životního prostředí a data o mezinárodním šetření poskytly průzkumy Eurobarometru a také International Social Survey Programme (Mezinárodní program sociálního výzkumu) a European Social Survey (Evropský sociální výzkum).

Výsledky provedených šetření ukazují, že většina české společnosti celkově sympatizuje s ochranou přírody a životního prostředí. Pro 94 % obyvatel je ochrana životního prostředí důležitá, což odpovídá průměru zemí Evropské unie. Mezi českou veřejností je značně rozšířeno přesvědčení, že přírodní rovnováha je velice křehká a že lidé vážně zneužívají přírodní prostředí a svými zásahy katastrofálně narušují přírodu. Česká veřejnost je také přesvědčena, že stav životního prostředí ovlivňuje kvalitu jejich života. Pro výraznou většinu české veřejnosti jsou hodnoty spojené s životním prostředím a jeho ochranou důležité. Pro většinu obyvatel je ochrana přírody a životního prostředí dokonce natolik významná, že ji považují také za základní součást výchovy dětí. Na druhou stranu se však k ekologicky politické orientaci hlásí jen jedna pětina české veřejnosti a většinou ji uvádějí pouze jako druhou doplňující volbu.

Většina české veřejnosti vnímá jako závažný problém poškozování přírodních území a krajinného rázu v ČR, úbytek druhů, špatný stav lesů, nevzhledné či nefunkční prostředí měst a vesnic stejně jako světelné znečištění a ve všech těchto oblastech podporuje aktivní řešení ze strany českého státu. Podpora politických opatření je v oblasti ochrany přírody větší než osobní angažovanost. Za závažný globální problém považují obyvatelé ČR také znečišťování zemědělské půdy a jako nebezpečné vnímají používání pesticidů a chemikálií a geneticky modifikovaných plodin. Velkou podporu má mezi českou veřejností ochrana dobrých životních podmínek hospodářských zvířat.

Zajímavým zjištěním bylo, že energetická politika ČR veřejnost příliš nezajímá. Česká veřejnost nejvíce podporuje obnovitelné zdroje energie, které jsou považované za bezpečné a levné. Stát by měl proto tyto zdroje finančně zvýhodňovat a z hlediska naplňování budoucích potřeb ČR preferují obyvatelé nejvíce energii z obnovitelných zdrojů. Uhlé zdroje jsou považovány za drahé a nejméně šetrné k životnímu prostředí ze všech zdrojů energie. Vztah české veřejnosti k jaderné energetice je nejsložitější, neboť většina obyvatel ji považuje za drahou a nebezpečnou, ale zároveň přínosy jaderné energetiky pro obyvatele převažují nad jejími riziky, a proto se veřejnost mírně kloní k tomu, aby se používala i do budoucna. Aktivity pro snížení elektrické energie realizuje v českých domácnostech většina populace, avšak jen minimum Čechů provádí výraznější kroky k její úspoře. Energetickou úspornost bere v úvahu při nákupu nových elektrospotřebičů 41 % Čechů a 37 % populace je ochotno připlatit si za odběr energie z obnovitelných zdrojů.

Za nejzávažnější hrozbu pro kvalitu ovzduší považují Češi silniční dopravu, avšak nejčastěji používaným dopravním prostředkem Čechů je právě osobní automobil. Hromadnou dopravu přesto Češi využívají více než většina ostatních obyvatel Evropské unie. Environmentální motivace Čechů je spíše slabá, významnou roli při výběru typu dopravy hraje pohodlnost a rychlost. Veřejnost vyjadřuje zřetelnou podporu snížení cen městské hromadné dopravy a jejímu zkvalitnění. Silniční poplatky mají největší podporu z celé Evropské unie právě v ČR. Častěji, než je evropský průměr, také Češi podporují vjezd určitých typů vozidel do měst a vjezd vozidel v určité časy.

Drtivá většina českých spotřebitelů pozitivně hodnotí nakupování environmentálně šetrných výrobků. Podle významné části veřejnosti však tyto produkty nejsou snadno k dostání a jsou špatně rozeznatelné od jiných výrobků. Mezi obyvateli ČR převládá názor, že značení výrobků v současné době neposkytuje dostatečné informace o jejich environmentálních dopadech. Přestože většina Čechů považuje dopad výrobků na životní prostředí za důležitou skutečnost pro rozhodování o jejich koupi, jen málokdo nakupuje výrobky označené jako šetrné k životnímu prostředí alespoň často. V oblasti environmentálně šetrných potravin čeští spotřebitelé nejčastěji nakupují regionální a sezónní potraviny od místních dodavatelů. Méně už ovoce a zeleninu bez pesticidů a chemikálií a biopotraviny.

Z dalších možností šetrné spotřeby domácností jsou obyvatelé otevřeni především snížení spotřeby masa z ekologických důvodů, kupování výrobků z recyklovaných materiálů, nákupu knih, CD a DVD nebo videoher z druhé ruky a nahrazením hovězího a vepřového masa drůbeží a rybami. Nejvíce rezervovaně se staví k pořízení domácích elektrických spotřebičů z druhé ruky a možnostem sdílení. Výrazná většina české veřejnosti je ochotna zaplatit za výrobky více, pokud budou mít jistotu, že jsou příznivé pro životní prostředí. Občané celkově podporují uvádění uhlíkové stopy na výrobcích a nižší zdanění environmentálně šetrných surovin. Taktéž by přivítali, kdyby orgány veřejné správy při nákupech upřednostňovaly ohled na životní prostředí před finančními náklady.

Za jeden ze závažných globálních problémů představují čeští občané hromadění odpadu, přičemž se jedná o jeden z nemnoha environmentálních problémů, které zkouší svým vlastním chováním alespoň částečně řešit. Naprostá většina respondentů uvádí, že omezuje odpady ve svých domácnostech, a to především způsoby, kterými šetří také své finanční prostředky. Oproti ostatním obyvatelům EU Češi výrazně více pijí vodu z kohoutku a patří k nadprůměrně svědomitým třídícím většiny druhů odpadů. Výrazná většina

české veřejnosti si přeje, aby český stát řešil problémy s odpady. Podporuje také opatření, která by snížila produkci plastových odpadů, včetně těch, jež by významně změnila dosavadní praxi ve výrobě a likvidaci plastů.

Za závažný problém na globální úrovni považují Češi také znečišťování pitné vody a její nedostatek, na národní úrovni pak její znečištění. Na místní úrovni převažuje spokojenost s její kvalitou a s čistotou povrchových vod. Češi považují chemické znečištění vody a povodně za hrozbu pro vodní prostředí a stojí v této oblasti na předních příčkách ve srovnání s obyvateli ostatních zemí EU. Výrazně více než občané ostatních zemí EU také podporují opatření na ochranu vody a podporují, aby stát řešil problémy se znečišťováním vod a plýtvání energií, vodou či jinými přírodními zdroji. Úsporám vody v domácnostech se v posledních letech věnovala výrazná většina české veřejnosti. Většina z nich také souhlasí, aby byl zohledněn dopad spotřeby vody na životní prostředí v cenách vodného a odmítá, aby se ke splachování na toaletách využívala pitná voda.

Za závažný problém na republikové úrovni považují Češi znečištění ovzduší. Veřejnost se shoduje, že hlavními zdroji znečištění ovzduší jsou emise z automobilové dopravy, z průmyslové produkce a elektráren na fosilní paliva. Výrazná většina Čechů podporuje, aby český stát řešil problém se znečištěním ovzduším. Ve svém osobním životě, se většina veřejnosti rozhoduje a chová tak, aby nepřispívali ke znečištění ovzduší. Zhruba 35 % Čechů omezuje své emise upřednostňováním šetrnějších způsobů dopravy, než je osobní automobilová a 35 % výměnou elektrického zařízení za novější s vyšší energetickou efektivitou.

Podle výzkumu *Česká veřejnost a změna klimatu* (2015) se 52 % české veřejnosti domnívá, že v současné době probíhá změna klimatu, zbylých 29 % s tím nesouhlasí a 19 % neví. Většina obyvatel ČR je také přesvědčena, že ke změně klimatu přispívá lidská činnost. Nejvíce občanů si myslí, že klimatická změna je způsobena zcela či převážně lidskými aktivitami (36 %), méně pak, že je zčásti důsledkem přírodních procesů a zčásti lidské činnosti (29 %). Pouze velmi malá část obyvatel ji převážně či zcela připisuje přírodním procesům (5 %) a už zmíněná část veřejnosti existenci změny klimatu odmítá (29 %).

Globální oteplování považovalo v roce 2016 podle Centra pro výzkum veřejného mínění v celosvětovém měřítku za velmi či dosti závažný problém 74 % respondentů. Novější průzkum Special Eurobarometer v roce 2017 zjistil, že změnu klimatu vnímá jako velmi či spíše závažný problém dokonce 88 % českých občanů, což je hodnota

o 4 procentní body menší, než je průměr států EU. Většina českých občanů – 67 % považuje změnu klimatu nebo globální oteplování za závažný problém také v rámci České republiky. Změnu klimatu tedy považuje za závažnou většina české veřejnosti, míra závažnosti se však liší výzkum od výzkumu v závislosti na pokládaných otázkách.

Dlouhodobé průzkumy Centra veřejného mínění ukazují, že nejvážněji bylo globální oteplování hodnoceno v letech 2006 a 2007, kdy ho za závažný problém považovalo 84 % respondentů. V průběhu dalších let závažnost klesala až na 61 % v roce 2013 a od té doby se opět zvyšuje. Naopak podle průzkumů Special Eurobarometerů se vnímání závažnosti změny klimatu příliš nelišilo a mezi lety 2009 a 2017 vykázala míra výkyvů závažnosti tohoto problému nanejvýš pouze 7 procentních bodů.

Změna klimatu může také vyvolávat různé emoce. Podle výzkumu Krajhanzla, Chabady et al., 2015, vyvolává změna klimatu obavy u 48 % Čechů, bezmoc u 39 %, smutek u 33 %, úzkost u 30 % a pocit viny u 17 %.

Většina lidí v ČR si tedy uvědomuje rizika spojená se změnou klimatu, avšak nejméně se obávají dopadu klimatické změny na jejich vlastní život a okolí. Podle výzkumu *Česká veřejnost a změna klimatu* (2015) poškodí změna klimatu nejvíce budoucí generace (60 %), svět jako celek (60 %), přírodu bez lidí (60 %) a lidi na celém světě (57 %). Dopadů změny klimatu na své okolí se obávají významně méně – dopadů na ČR (48 %), na svou lokalitu (37 %) či na ně osobně (32 %).

Tento trend, kdy jsou lidé přesvědčeni, že je osobně poškodí změna klimatu nejméně, se projevuje také ve vnímání současných dopadů změny klimatu. Celkem 40 % českých občanů si již všimlo nějakých projevů změny klimatu, pouze 22 % však vyjádřilo názor, že konkrétně obyvatelé ČR jsou poškozováni již nyní.

Podle výzkumu Krajhanzla, Chabady et al., 2015 se ukazuje, že většina české veřejnosti očekává dopady v mnoha různých oblastech. Za nejpravděpodobnější považují Češi přírodní následky klimatických změn – nárůst povodní (podle 40 % respondentů se to již děje, podle 28 % je to velmi či docela pravděpodobné), vymírání přírodních druhů (35 % a 29 %), sucho a vlny veder (34 % a 33 %), více srážek v některých oblastech (31 % a 34 %), či naopak méně srážek (29 % a 35 %), silnější bouřky (29 % a 36 %), stoupání hladin moří (28 % a 37 %) a nedostatek pitné vody (24 % a 41 %). Za méně pravděpodobné pak považují čeští občané společenské dopady – příliv uprchlíků z oblastí postižených změnou klimatu (22 % a 37 %), nárůst terorismu (23 % a 32 %),

šíření nemocí (19 % a 40 %), nedostatek potravin (17 % a 45 %) a společenský chaos a zhroucení státu (8 % a 40 %).

Větší obavy z přírodních dopadů klimatické změny potvrdil také výzkum Ščasného, Zvěřinové et al., 2016. Tito autoři se české veřejnosti ptali, jaké důsledky změny klimatu očekává do roku 2040, pokud nebudou podniknuty žádné kroky vedoucí k jejímu zmírnění. Nejvíce respondentů považuje ve svých krajích za pravděpodobná častější období sucha (62 %), úbytek a ohrožení rostlinných i živočišných druhů (48 %), zhoršení zdraví a životní úrovně lidí (35 %) a častější povodně (29 %). Co se týká dopadů, které postihnou je osobně, Češi očekávají, že oni sami budou nejvíce ohroženi suchem (46 %), méně respondentů očekává zhoršení zdraví či kvality života (22 %) či ohrožení povodněmi (11 %).

Výzkum Krajhaznla, Chabady et al., 2015 se věnoval také postoji české veřejnosti k mitigačním opatřením. Z posledního dotazování ve výzkumu vyplynulo, že 66 % Čechů podporuje, aby stát aktivně řešil změnu klimatu (66 %), přičemž za boj se změnou klimatu by měly být zodpovědné především průmysl a firmy (67 %) a velcí političtí aktéři jako EU (66 %), mezinárodní společenství (66 %) či česká vláda (65 %). Menší odpovědnost pak čeští občané připisují ekologickým sdružením (63 %), místním úřadům (60 %) a jednotlivcům a jejich rodinám (43 %).

Oproti tomu výsledky Special Eurobarometru z roku 2017 ukazují, že na úrovni evropského řešení změny klimatu přisuzují Češi výrazně méně odpovědnosti Evropské unii (měla by být za řešení změny klimatu zodpovědná podle 46 % Čechů, což je 13 procentních bodů pod evropským průměrem), ekologickým sdružením (měla by být zodpovědná podle 31 % Čechů, tj. 10 procentních bodů pod evropským průměrem), regionálním a místním orgánům (měly by být zodpovědné podle 29 % Čechů, tj. 13 procentních bodů pod evropským průměrem) a sami sobě (24 % českých respondentů považuje sebe za odpovědné, což je 18 procentních bodů pod evropským průměrem).

Většina občanů České republiky přitom pro řešení změny klimatu považuje za klíčovou systémovou změnu. Za potřebnou pokládají respondenti především změnu životního stylu společnosti (63 %), dále současného ekonomického systému (57 %) a přístupu politiků (54 %), nejméně spoléhají na řešení pomocí technických novinek (47 %). Většina obyvatel by byla proti tomu, aby česká vláda v ochraně klimatu nedělala nic – 56 % by s tím rozhodně či spíše nesouhlasilo. Mezi opatření s největší podporou se řadí rozvíjení výzkumu a vývoje obnovitelných zdrojů energie (60 %), stanovení přísnějších emisních limitů v oblasti

průmyslu (59 %), motivace lidí, aby snížili spotřebu energie (56 %), zavedení grantové podpory úsporám energie a obnovitelným zdrojům (52 %) a ustanovení poplatků za znečištění ovzduší (51 %). Mezi nejméně podporované politiky patří výstavba jaderných elektráren (29 %) a taková opatření, která finančně dolehnou na domácnosti, jako je zdanění pevných paliv (19 %), zvyšování cen pohonných hmot (8 %), elektřiny (6 %) či plynu (5 %).

Zjištění, že česká veřejnost podporuje politiky omezující emise, odpovídají také výsledky dvou výzkumů Eurobarometerů z roku 2017. Pro většinu Čechů je velmi či spíše důležité, aby česká vláda podporovala zlepšení energetické účinnosti do roku 2030, jako například zateplení domovů (83 %), a aby stanovila cíle, jak do roku 2030 zvýšit množství energie pocházející z obnovitelných zdrojů (82 %). Co se týká konkrétního cíle snížit emise skleníkových plynů v Evropské unii do roku 2020 o 20 % ve srovnání s rokem 1990, považuje 46 % českých občanů tento cíl za přiměřený, 30 % za příliš ambiciózní a 13 % naopak za příliš mírný. V oblasti zemědělství si 80 % české veřejnosti myslí, že by EU měla pomoci zemědělcům změnit jejich dosavadní postupy práce, aby mohli bojovat proti klimatickým změnám, a to i v případě snížení konkurenceschopnosti evropského zemědělství (65 %).

Podle výzkumu Special Eurobarometer v roce 2017 si většina Čechů také uvědomuje pozitivní přínosy klimatických politik. Podle 65 % českých občanů mohou podpořit hospodářství a pracovní místa v EU. Také výzkum Krajhanzla, Chabady et al., 2015 potvrzuje, že pokud by se česká společnost rozhodla chránit klima, většina Čechů by přivítala důsledky těchto politik, zejména čistější ovzduší (91 %), méně aut ve městech (79 %), větší dostupnost českých potravin (77 %), nové pracovní příležitosti (74 %), nezávislost na energetických dodávkách z jiných zemí (73 %) a energetickou soběstačnost a nezávislost domácností (64 %), posílení veřejné dopravy (64 %) a silnější vztah k místu a posílení sousedských vztahů jako důsledek omezení cestování (48 %).

Češi také podporují různá adaptační opatření, která by mohla realizovat česká vláda. Podle výzkumu Krajhanzla, Chabady et al., 2015 celkem 57 % respondentů rozhodně či spíše souhlasí se zajišťováním zásob pitné vody do budoucna, 52 % souhlasí s plánováním infrastruktury (silnic, rozvodů vody a energie) s ohledem na změnu klimatu, 49 % s financováním integrovaného záchranného systému jako přípravy na očekávané dopady této změny, 44 % s vytvářením nových pracovních míst a průmyslu pro zvládnutí

problémů spojených s klimatickou změnou, 45 % s přípravou na její budoucí dopady a 40 % s plánováním pomoci podnikům, aby se změnám přizpůsobily.

Výzkum Centra pro otázky životního prostředí (Ščasný et al., 2016) se zaměřil na veřejnou podporu adaptačních opatření spojených se zvládáním sucha a povodní. Co se týká boje se suchem, valná většina české veřejnosti souhlasí s opatřeními zadržujícími vodu v krajině, konkrétně se změnou způsobu hospodaření v lesích (72 %) a na zemědělské půdě (69 %). Dále obyvatelé České republiky souhlasí s využitím odpadní a dešťové vody (63 %), vytvořením varovných systémů a akčních plánů (51 %) a s přizpůsobením zákonů a pravidel pro zlepšení hospodaření s vodou (46 %). Podstatně menší část veřejnosti podporuje výstavbu velkých víceúčelových nádrží a přehrad (38 %) a daně či poplatky za nadměrnou spotřebu vody (18 %).

Poměrně skeptičtější je postoj Čechů k ochraně klimatu na úrovni domácností. Podle výzkumu Krajhanzla, Chabady et al., 2015 se pouze menšina českých občanů ve svých domácnostech, během nakupování či cestování chová tak, aby zmírňovala změnu klimatu. Při svém rozhodování ji zohledňuje pouze 36 % Čechů, zbylých 64 % ji nezohledňuje vůbec.

Special Eurobarometer (2017) uvádí, že 38 % českých respondentů za posledních šest měsíců vykonali nějakou aktivitu, aby zmírnili změnu klimatu (evropský průměr je přitom o celých 11 procentních bodů vyšší). Podle zjištění Krajhanzla, Chabady et al., 2015 se jedná především o spotřební a dopravní chování – 36 % respondentů uvedlo, že za poslední rok rozhodně či částečně snížili spotřebu energie a vody, 33 % cestovalo způsobem co nejméně přispívajícím ke změně klimatu a 31 % upřednostňovalo zboží, které co nejméně přispívá ke klimatické změně. Více Čechů uvádí, že jsou k těmto aktivitám ochotni v příštích měsících přistoupit, například chtějí častěji nakupovat klimaticky šetrné zboží (deklarovaná ochota je o 12 procentních bodů vyšší než uvedené chování) a snížit spotřebu energie (ochota vyšší o 11 procentních bodů), méně často pak respondenti mají v úmyslu změnit také své dopravní chování (ochota vyšší o 8 procentních bodů).

Veřejně se v ochraně klimatu angažuje podstatně menší část české veřejnosti. Pouze 17 % vyjádřilo svoji podporu ochraně klimatu, 13 % se zapojilo dobrovolnickou prací, 10 % peněžně či materiálně podpořilo ochranu klimatu a 9 % podepsalo petici. Ochotu zapojit se do těchto aktivit do budoucna však vyjadřuje více lidí. Například 35 % respondentů by rádo podepsalo petici na ochranu klimatu, 31 % by chtělo vyjádřit svůj názor a 24 % je ochotno zapojit se do ochrany klimatu dobrovolnickou prací.

Souhrnně tedy můžeme konstatovat, že většina Čechů považuje změnu klimatu za závažný problém (67–88 %) a většina z nich se domnívá, že klimatická změna probíhá už v současnosti (52 %). Většina české veřejnosti je také přesvědčena, že ke změně klimatu více či méně přispívá také lidská činnost (65–82 %). Změnu klimatu si většina české veřejnosti spojuje s celou řadou hrozeb. Za nejpravděpodobnější považují Češi přírodní následky klimatické změny (nárůst povodní, sucho a vlny veder, vymírání přírodních druhů, ale i společenské dopady), ty vnímá jako pravděpodobné většina populace. Obyvatelé České republiky očekávají, že změna klimatu dopadne spíše na svět jako celek, budoucí generace či přírodu bez lidí. Naopak nejméně se obávají důsledků změny klimatu pro svůj vlastní život.

Za řešení změny klimatu by měl být podle české veřejnosti zodpovědný zejména průmysl a firmy, Evropská unie, mezinárodní společenství a česká vláda. Česká veřejnost si uvědomuje pozitivní přínosy klimatických politik a podporuje především opatření omezující emise. V oblasti adaptací na změnu klimatu obyvatelé České republiky upřednostňují přírodě blízká opatření na zadržování vody v krajině. Většinovou podporu pro klimatické politiky zároveň doprovází určitá skepse Čechů k efektivitě a smyslu individuálních aktivit v souvislosti s ochranou klimatu. Významná část veřejnosti se totiž domnívá, že svým chováním může pro zmírnění změny klimatu udělat jen velmi málo. Poměrně málo obyvatel proto podniká kroky ke zmírnění změny klimatu v oblasti spotřebního a dopravního chování, a ještě méně občanů se v otázce změny klimatu angažuje veřejně. (Krajhanzl, et al., 2018)

Na přetrvávající pochybnosti o změně klimatu v části české společnosti a nízké povědomí o této problematice upozorňuje v odborné studii *Czech Students and Mitigation of Global Warming* také Lehnert et al., 2019. Neuspokojivé jsou také znalosti českých žáků základních škol, studentů středních a vysokých škol, což potvrzují výzkumy zaměřující se na tyto části populace. Tuto skutečnost potvrzuje také výzkum člověka v tísní provedený v roce 2017, jež zjistil, že pouhých 32 % českých studentů vnímá globální oteplování jako jeden z nejdůležitějších problémů, kterým společnosti čelí. Podle provedených výzkumů navíc české vzdělávací programy rovněž nereprezentují téma změny klimatu a globálního oteplování dostatečně, neboť se této problematice věnují pouze nepřímo. (Lehnert et al., 2019)

5 GLOBÁLNÍ KLIMATICKÁ ZMĚNA VE VZDĚLÁVACÍM SYSTÉMU ČR

Vzdělávací systém České republiky se skládá z několika stupňů vzdělávacího systému. Preprimární vzdělávání (předškolní vzdělávání) poskytují dětem ve věku 2 až 6 let mateřské školy. Přednostně se ke vzdělávání ve spádové mateřské škole přijímají děti, které dosáhly 3 let věku. Od září 2017 je poslední rok předškolního vzdělávání (tj. od 5 let) povinný.

Povinná školní docházka začíná v 6 letech a trvá 9 let. Primární a nižší sekundární vzdělávání (základní vzdělávání) se zpravidla uskutečňuje v základních školách, které mají devět ročníků a člení se na první a druhý stupeň. Věk žáků je obvykle 6 až 15 let. Nižší sekundární vzdělávání mohou poskytovat i víceletá gymnázia a osmileté konzervatoře. Úspěšným ukončením vzdělávacího programu základního vzdělávání získává žák stupeň základního vzdělání.

Vyšší sekundární vzdělávání (střední vzdělávání) poskytují střední školy ve všeobecných i odborných oborech. Věk žáků je obvykle 15 až 18/19 let. Absolventi dosahují některého ze tří stupňů vzdělání:

- střední vzdělávání s maturitní zkouškou,
- střední vzdělávání s výučním listem,
- střední vzdělání.

Střední vzdělání s maturitní zkouškou lze získat ve všeobecném (gymnázia a lycea) i odborném zaměření a je podmínkou přijetí do terciárního vzdělávání. Střední školy poskytují také nástavbové studium, které umožňuje absolventům oborů s výučním listem získat střední vzdělání s maturitní zkouškou, a zkrácené studium, ve kterém absolventi oborů s maturitní zkouškou a s výučním listem získávají vzdělání v jiném oboru. Specifickým druhem školy jsou konzervatoře, které uskutečňují nižší a vyšší sekundární a vyšší odborné (terciární) vzdělávání s uměleckým zaměřením.

Terciární vzdělávání poskytují vyšší odborné a vysoké školy. Vyšší odborné vzdělání se získává v obvykle tříletých programech. Vysokoškolské vzdělávání se uskutečňuje v programech prvního, druhého a třetího cyklu (bakalářský, magisterský a doktorský studijní program), případně v nestrukturovaných dlouhých magisterských programech. (Eurydice, 2020)

Vzdělávací soustava ČR tedy zahrnuje tyto školy:

- mateřské školy,
- základní školy,
- střední školy,
- konzervatoře,
- vyšší odborné školy,
- jazykové školy s právem státní jazykové zkoušky,
- základní umělecké školy,
- školská zařízení,
- vysoké školy.

Školy od mateřských po vyšší odborné se řídí školským zákonem, který platí i pro základní umělecké školy, jazykové školy a školská zařízení. Vysoké školy podléhají zákonu o vysokých školách. Podle školského zákona se pro každý obor vzdělání v základním a středním vzdělávání a pro předškolní, základní, umělecké a jazykové vzdělávání vydávají rámcové vzdělávací programy. Rámcové vzdělávací programy vymezují povinný obsah, rozsah a podmínky vzdělávání, jsou závazné pro tvorbu školních vzdělávacích programů, podle kterých se uskutečňuje vzdělávání na jednotlivých školách a školských zařízeních.

Rámcové vzdělávací programy stanoví zejména konkrétní cíle, formy, délku a povinný obsah vzdělávání, a to všeobecného a odborného podle zaměření daného oboru vzdělání, jeho organizační uspořádání, profesní profil, podmínky průběhu a ukončování vzdělávání a zásady pro tvorbu školních vzdělávacích programů, jakož i podmínky pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a nezbytné materiální, personální a organizační podmínky a podmínky bezpečnosti a ochrany zdraví. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání dále stanoví členění obsahu vzdělávání podle jednotlivých období nebo ročníků. (MŠMT, 2020)

V podkapitole níže se podrobně zaměřím na rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání, neboť zde profesně působím a také se pokusím vytvořit vlastní frontální a terénní metodu výuky globální klimatické změny pro základní školy, ve které budu aplikovat nejnovější vědecké poznatky. Podrobně se také pokusím zhodnotit dosavadní zjištěné poznatky o znalostech a postojích žáků a studentů v ČR v této problematice.

5.1 Globální klimatická změna v RVP pro základní vzdělávání

Výuka na základních školách v ČR vychází ze zákona č. 561/2004 Sb. *O předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon)*. Tento zákon vymezuje kromě jiných věcí také zásady a cíle vzdělávání, rámcové vzdělávací programy a školní vzdělávací programy vycházející z rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání. Jednou ze zásad a cílů vzdělávání je *získání a uplatňování znalostí o životním prostředí a jeho ochraně vycházející ze zásad trvale udržitelného rozvoje a o bezpečnosti a ochraně zdraví*. (MŠMT ČR, 2020)

Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání jsou v souladu s principy kurikulární politiky zformulovanými v Národním programu rozvoje vzdělávání v ČR a školským zákonem. Tyto rámcové vzdělávací programy také vymezují vzdělávací obsahy – očekávané výstupy a učivo, zařazují jako závaznou součást základního vzdělávání průřezová témata s výrazně formativními funkcemi, stanovují standardy pro základní vzdělávání. (MŠMT, 2020)

Problematika globální klimatické změny je v RVP ZV zakotvena spíše nepřímou, neboť žádné učivo není takto přesně definováno. Na druhou stranu však může být výuka této problematiky součástí hned několika předmětů ve vzdělávacích oblastech *Člověk a jeho svět*, která je koncipována pouze pro 1. stupeň základního vzdělávání, a dále ve vzdělávacích oblastech *Člověk a společnost* a *Člověk a příroda* určené pro 2. stupeň základního vzdělávání. Vhodné pro výuku této problematiky může být také *Environmentální výchova* zařazená do výuky v rámci tzv. průřezových témat.

Níže jsou specifikovány jednotlivé vzdělávací oblasti, ve kterých se výuka problematiky globální klimatické změny jeví jako možná.

Vzdělávací oblast *Člověk a jeho svět*

- **Očekávané výstupy:**
 - „Žák objevuje a zjišťuje propojenost prvků živé a neživé přírody, princip rovnováhy přírody a nachází souvislosti mezi konečným vzhledem přírody a činnosti člověka.“
 - „Žák pozoruje, popíše a porovná viditelné proměny v přírodě v jednotlivých ročních obdobích“.

- „Žák zhodnotí některé konkrétní činnosti člověka v přírodě a rozlišuje aktivity, které mohou prostředí i zdraví člověka podporovat nebo poškozovat.“

✓ **Učivo:**

- okolní krajina (místní oblast, region) – zemský povrch a jeho tvary, vodstvo na pevnině, rozšíření půd, rostlinstva a živočichů, vliv krajiny na život lidí, působení lidí na krajinu a životní prostředí, orientační body a linie, světové strany
- základní globální problémy – významné sociální problémy, problémy konzumní společnosti, nesnášenlivost mezi lidmi, globální problémy přírodního prostředí
- životní podmínky – rozmanitost podmínek života na Zemi, význam ovzduší, vodstva, půd, rostlinstva a živočišstva na Zemi, podnebí a počasí
- rovnováha v přírodě – význam, vzájemné vztahy mezi organismy, základní společenstva
- ohleduplné chování k přírodě a ochrana přírody – odpovědnost lidí, ochrana a tvorba životního prostředí, ochrana rostlin a živočichů, likvidace odpadů, živelní pohromy a ekologické katastrofy

Vzdělávací oblast Člověk a společnost
--

<i>Vzdělávací obor – Dějepis</i>

- **Očekávané výstupy:**
 - „Žák prokáže základní orientaci v problémech současného světa“.
- **Učivo:**
 - problémy současnosti

<i>Vzdělávací obor – Výchova k občanství</i>
--

- **Očekávané výstupy:**
 - „Žák uvede některé globální problémy současnosti, vyjádří na ně svůj osobní názor a popíše jejich hlavní příčiny i možné důsledky pro život lidstva“.

- „Žák objasní souvislosti globálních a lokálních problémů, uvede příklady možných projevů a způsobů řešení globálních problémů na lokální úrovni – v obci, regionu.“
- **Učivo:**
 - globalizace – projevy, klady a zápory, významné globální problémy včetně válek a terorismu, možnosti jejich řešení

Vzdělávací oblast Člověk a příroda

<i>Vzdělávací obor – Fyzika</i>

- **Očekávané výstupy:**
 - „Žák zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí.“
- **Učivo:**
 - formy energie – pohybová a polohová energie, vnitřní energie, elektrická energie a výkon, výroba a přenos elektrické energie, jaderná energie, štěpná reakce, jaderný reaktor, jaderná elektrárna, ochrana lidí před radioaktivním zářením
 - obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie

<i>Vzdělávací obor – Chemie</i>

- **Očekávané výstupy:**
 - „Žák uvede příklady znečišťování vody a vzduchu v pracovním prostředí a domácnosti, navrhne nejvhodnější preventivní opatření a způsoby likvidace znečištění.“
 - „Žák porovná vlastnosti a použití vybraných prakticky významných oxidů, kyselin, hydroxidů a solí a posoudí vliv významných zástupců těchto látek na životní prostředí.“
 - Žák vysvětlí vznik kyselých dešťů, uvede jejich vliv na životní prostředí a uvede opatření, kterými jim lze předcházet.“
 - „Žák zhodnotí užívání fosilních paliv a vyráběných paliv jako zdrojů energie a uvede příklady produktů průmyslového zpracování ropy.“

- „Žák zhodnotí využívání prvotních a druhotných surovin z hlediska trvale udržitelného rozvoje na Zemi.“
- „Žák orientuje se v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.“

- **Učivo:**

- obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie
- paliva – ropa, uhlí, zemní plyn, průmyslově vyráběná paliva
- oxidy – názvosloví, vlastnosti a použití vybraných prakticky významných oxidů

Vzdělávací obor – Přírodopis

- **Očekávané výstupy:**

- „Žák uvede význam vlivu podnebí a počasí na rozvoj různých ekosystémů a charakterizuje mimořádné události způsobené výkyvy počasí a dalšími přírodními jevy, jejich doprovodné jevy a možné dopady i ochranu před nimi.“
- „Žák uvede příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí a příklady narušení rovnováhy ekosystému.“

- ✓ **Učivo:**

- podnebí a počasí ve vztahu k životu – význam vody a teploty prostředí pro život, ochrana a využití přírodních zdrojů, význam jednotlivých vrstev ovzduší pro život, vlivy znečištěného ovzduší a klimatických změn na živé organismy a na člověka
- mimořádné události způsobené přírodními vlivy – příčiny vzniku mimořádných událostí, přírodní světové katastrofy, nejčastější mimořádné přírodní události v ČR (povodně, větrné bouře, sněhové kalamity, laviny, náledí) a ochrana před nimi
- organismy a prostředí – vzájemné vztahy mezi organismy, mezi organismy a prostředím, populace, společenstva, přirozené a umělé ekosystémy, potravní řetězce, rovnováha v ekosystému

- ochrana přírody a životního prostředí – globální problémy a jejich řešení, chráněná území

Vzdělávací obor – Zeměpis (Geografie)

- **Očekávané výstupy:**

- „Žák přiměřeně hodnotí geografické objekty, jevy a procesy v krajinné sféře, jejich určité pravidelnosti, zákonitosti a odlišnosti, jejich vzájemnou souvislost a podmíněnost, rozeznává hranice (bariéry) mezi podstatnými prostorovými složkami v krajině.“
- „Žák zhodnotí postavení Země ve vesmíru a srovnává podstatné vlastnosti Země s ostatními tělesy sluneční soustavy.“
- „Žák prokáže na konkrétních příkladech tvar planety Země, zhodnotí důsledky pohybů Země na život lidí a organismů.“
- „Žák rozlišuje a porovnává složky a prvky přírodní sféry, jejich vzájemnou souvislost a podmíněnost, rozeznává, pojmenuje a klasifikuje tvary zemského povrchu.“
- „Žák porovná působení vnitřních a vnějších procesů v přírodní sféře a jejich vliv na přírodu a na lidskou společnost.“
- „Žák zvažuje, jaké změny ve vybraných regionech světa nastaly, nastávají, mohou nastat a co je příčinou zásadních změn v nich.“
- „Žák uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí.“

- ✓ **Učivo:**

- krajinná sféra – přírodní sféra, společenská a hospodářská sféra, složky a prvky přírodní sféry
- modelové regiony světa – vybrané modelové přírodní, společenské, politické, hospodářské a environmentální problémy, možnosti jejich řešení
- vztah přírody a společnosti – trvale udržitelný život a rozvoj, principy a zásady ochrany přírody a životního prostředí, chráněná území přírody, globální ekologické a environmentální problémy lidstva

Průřezová témata

Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

Environmentální výchova

Průřezová témata reprezentují v RVP ZV okruhy aktuálních problémů současného světa a tvoří povinnou součást základního vzdělávání. Obsah průřezových témat doporučený pro základní vzdělávání je rozpracován do tematických okruhů. Každý tematický okruh obsahuje nabídku témat (činností, námětů). Výběr témat a způsob jejich zpracování v učebních osnovách je v kompetenci školy. K výuce problematiky globální klimatické změny se jako vhodné v rámci průřezových témat hodí „*Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech*“ a „*Environmentální výchova*.“

Rozhodující vliv pro zařazení určitého tématu do výuky má každá základní škola, neboť vytváří svůj vlastní školní vzdělávací program. Ten by měl vždy odpovídat RVP pro daný typ školy. Za jeho kvalitu, obsah a naplňování odpovídá ředitel školy. Každá škola má také povinnost ŠVP zveřejnit na přístupném místě, aby bylo možné do něho nahlédnout. (MŠMT, 2020)

Z výše uvedeného je patrné, že zakotvení výuky problematiky klimatické změny ve školních vzdělávacích programech je v současné době spíše nepřímé a zařazení této problematiky do výuky závisí do značné míry na školním vzdělávacím programu každé školy.

Problematika změny klimatu již delší dobu patří mezi aktuální společenská témata. Řada vědeckých výzkumů se zabývá klimatickým systémem a jeho interakcemi s činností člověka. Výsledky výzkumů jsou skrze média interpretována veřejnosti a na základě interpretací také volí politici nástroje k řešení možných problémů. Názory na tuto problematiku mezi vědeckou obcí a politiky v minulosti často navíc nebyly jednotné a česká veřejnost tak měla k dispozici celou řadu různých, někdy protichůdných názorů.

Je proto žádoucí, aby školní vzdělávání poskytlo žákům a studentům dostatečné základy znalostí o klimatických změnách, a to v tématech, která jsou nesporná. Nezastupitelnou roli ve vzdělávání hraje v této problematice jistě školský zeměpis (geografie), který zahrnuje základní poznatky o všech složkách klimatického systému a má interdisciplinární přesah jak do přírodních, tak společenskovedních oborů. Výuka geografie, spolu s průřezovým tématem environmentální výchova, se tak ve škole stává vhodnou platformou učitelem moderované diskuze o klimatických změnách, při které se nepochybně uplatňují také postoje

a environmentální chování žáků a studentů. Je proto žádoucí, aby byla právě v geografii věnována této problematice větší pozornost. (Kopp, Beránková, 2012)

5.2 Znalosti a postoje žáků a studentů ČR v problematice globální klimatické změny

Globální klimatická změna je závažný problém lidstva, se kterým se budou potýkat zejména dnešní mladé a budoucí generace. Znalosti a postoje těchto lidí budou mimořádně důležité, neboť klimatickou změnou budou ovlivněny právě jejich životy. O tom, že je pro některé mladé lidi klimatická změna závažným problémem již dnes, svědčí celosvětové hnutí *Fridays for Future* založené švédskou aktivistkou Gretou Thunberg.

Problematikou klimatické změny a její interakcí ve školství se zabývalo několik zahraničních i domácích výzkumů. Zásadní roli při formování osobních postojů, přesvědčení a zvyšování povědomí o příslušných informacích a problémech hraje škola a okolní sociální skupina. Škola by také měla mladé generaci poskytovat adekvátní environmentální výchovu a podporovat jejich pro-environmentální chování.

Pro-environmentální postoje žáků a studentů jsou během školního roku ovlivňovány řadou faktorů, které se vyvíjejí během školní docházky. Žáci a studenti rozšiřují své přesvědčení a poznání díky vzdělávání, které se spolu s vlivem jejich sociálních skupin a autorit, mezi které řadíme i učitele, odrážejí v jejich osobních postojích. Vzdělávání má tedy při formování pro-environmentálního chování žáků velký význam, zvláště pak v zemích s negativním postojem ke změně klimatu, jehož je Česko součástí. (Lehnert et. al, 2020)

Postoje dětí a jejich výsledné chování je významně formováno již v průběhu základní školy, což platí také pro postoje k otázkám životního prostředí. Role učitele základní školy je proto velmi důležitá, neboť napomáhá k rozvoji pro-environmentálních postojů dětí prostřednictvím environmentální výchovy, což klade důraz také na vzdělání učitele v této oblasti, neboť pouze dostatečně environmentálně vzdělaný učitel může pozitivně a efektivně motivovat své žáky. (Kroufek, Látová, 2014)

Výzkum *Environmental Literacy of Teachers and Trainee Teachers* však ukázal, že řada učitelů a studentů učitelství má problém s definováním relativně frekventovaných pojmů týkajících se životního prostředí a mnozí z nich si buď vůbec neuvědomují dopady

konkrétních lidských činností na životní prostředí nebo mají na tyto dopady velmi zúžený pohled. I když byla zjištěna vyšší míra environmentální gramotnosti u učitelů a studentů učitelství s aprobační blízkou environmentální problematice, je žádoucí rozvíjet povědomí o problematice životního prostředí i u učitelů ostatních předmětů, neboť s touto problematikou se žáci setkávají v běžném životě. (Matějček, Bartoš, 2012)

Důležitost formovat environmentální postoje, hodnoty a pro-environmentální chování žáků základních škol potvrzují také výzkumy Skampa, Boyse a Stanistreeta, ve kterých se autoři zaměřili na přesvědčení žáků a studentů a jejich ochotu jednat v konkrétních oblastech vedoucích ke snížení globálního oteplování. V účinnost navrhovaných opatření věřilo více žáků základních škol a taktéž byli ochotni tato opatření přijmout. (Skamp et al, 2009)

Některé zahraniční studie však ukazují spíše opačný trend a to, že naopak starší žáci vykazují větší míru přesvědčení v environmentálních postojích a ochoty jednat v přijímání environmentálních opatření. (Lehnert, et al., 2019) Výzkum Činčery a Štěpánka, který se zaměřil na srovnání ekologické gramotnosti žáků středních odborných škol v 1. a 4. ročníků ale nezjistil významné rozdíly v postojích těchto žáků. Naopak spíše studenti prvních ročníků deklarovali větší ochotu zapojit se do aktivit souvisejících se životním prostředím.

Za ekologickou gramotnost bylo ve výzkumu považováno pro-environmentální postoje, hodnoty, jednání a kritické porozumění respondentů. Průzkum naznačil, že pro-environmentální postoje jsou mezi studenty středních škol poměrně rozšířené, ale zároveň bylo mezi studenty málo rozšířené pro-environmentální jednání, zejména v oblastech vyžadující finanční či časovou investici. Většina studentů taktéž nebyla schopna propojit deklarované postoje se svým běžným spotřebitelským chováním. (Činčera, Štěpánek, 2007)

Při výuce environmentálních problémů je žádoucí konkrétní zkušenost žáků s problémem, neboť právě osobní zkušenosti významně ovlivňují postoje a pro-environmentální chování žáků. Právě toto může být důležitý aspekt při výuce problematiky globální klimatické změny, neboť žáci často nemají přímou zkušenost s daným problémem – v Arktidě nebyli, skleníkové plyny nevidí, voda jim teče i v období sucha. Jako vhodná se proto jeví výuka doplněná o empirickou zkušenost, např. dopad klimatické změny v místním regionu. (Kopp, Beránková, 2012)

Skutečnost, že by environmentální problémy neměly být prezentovány pouze v abstraktní rovině a zahlcovat studenty grafy, čísla a nic neříkajícími statistikami, ale měly by být vyváženy konkrétní vizualizací problému, nejlépe na regionální úrovni, potvrzuje také autorka Duží. Ta také doporučuje, aby prezentace každého environmentálního problému byla vyvážena ukázkou nebo alespoň představením reálné možnosti jeho řešení v osobní rovině, s ohledem na konkrétní cílovou skupinu a místo. (Duží, 2012)

Podstatný je totiž také pozitivní přístup žáků k dané problematice. Je prokázáno, že naděje hraje důležitou roli při řešení problémů. (Jie Li, Monroe, 2017) To, že má naděje pozitivní vliv také na pro-environmentální chování mladých lidí potvrdil švédský výzkum *Hope and Climate Change: The Importance of Hope for Environmental Engagement among Young People*. (Ojala, 2012)

V roce 2012 proběhlo v České republice v rámci zeměpisné olympiády *Testování úrovně znalostí o změnách klimatu* (Kopp, Beránková, 2012), jehož cílem bylo zjistit úroveň a hloubku znalostí souvisejících s problematikou změn klimatu, ale také částečně odhalit chybné představy studentů a návrh vhodných nástrojů výuky. Autoři vycházeli již z dřívějších výzkumů, které zjistili, že u studentů jsou zažitá zkreslená, často mylná představy. Jedná se například o fungování skleníkového efektu, záměna přirozeného a antropogenně podmíněného zesílení skleníkového efektu, nedostatečná znalost skleníkových plynů, nevhodné propojování skleníkového efektu s problematikou ozonové vrstvy či nerozlišování druhů záření.

Výsledky této studie poukázaly na nedostatečné znalosti českých studentů v této problematice. Mezery ve znalostech studentů se ukázaly ve většině sledovaných otázek výzkumu. Jako chybné se ukázalo pojetí učiva zejména o skleníkovém efektu, dále neznalost vodní páry jako jednoho z přirozených skleníkových plynů, nedostatečná byla znalost také základní terminologie – zkratky ppm. Nízká byla také znalost závazků vyplývajících z Kjótského protokolu. Obtížné pro žáky bylo také určit správně přesnou hodnotu oxidu uhličitého ve vzduchu. (Kopp, Beránková, 2012)

Možnostmi zpracování tématu globální změny klimatu ve výuce na úrovni středního školství se zabývala Duží. Ta ve svém článku ukazuje na skutečnost, že globální změna klimatu je složitá, velmi těžko uchopitelné téma, kterému není jednoduché porozumět. Dle jejího názoru se jedná o jedno z nejkompexnějších témat nejen pro samotné studenty, ale také pedagogy. Toto téma má interdisciplinární rozměr, a kromě výukových cílů je zde

kladen velký důraz na postojové výukové cíle, tj. vytváření postojů a hodnot k dané problematice.

V části své práce se zaměřila také na analýzu různých informačních zdrojů z hlediska jejich vhodnosti zařazení do výuky a z hlediska inspirace pro samotné pedagogy, kteří by si měli nebo chtěli rozšířit přehled a nestačí jim předložené informace ve stávajících učebnicích, neboť se jedná o problematiku dynamickou, rychle se rozvíjející. (Duží, 2012)

Podvědomí o změně klimatu u českých dospívajících studentů a jejich souvisejícími postoji se zabýval Skalík ve své práci *Climate Change Awareness and the Attitudes of Adolescents in the Czech Republic*. Studie ukázala extrémně nízkou úroveň znalostí studentů, přičemž byla nalezena úzká spojitost mezi množstvím studentům dostupných informací a jejich hodnocením závažnosti klimatických změn. Důvěra studentů ve vědecké poznatky a jejich snaha se nespoléhat na pouze jediný zdroj informací korelovala s jejich povědomím. Studenti, kteří velmi dobře rozuměli změnám klimatu, byli většinou post-materialisté. Na druhé straně, dobře informovaní studenti necítili větší obavy a nebyli více globálně orientovaní než ostatní.

I když jasná korelace mezi vědomím a úrovni spotřeby nebyla nalezena, platilo, že čím lépe jsou studenti informováni, tím více se cítí osobně zodpovědní za změnu klimatu. Ženy nebyly v průměru lépe informovány než muži, ale jejich pocit osobní odpovědnosti byl silnější než u mužů. Studie tedy potvrdila obecné očekávání o vágním povědomí českých studentů o změně klimatu. (Skalík, 2015)

V České republice se problematikou globální klimatické změny ve vztahu ke vzdělávání v regionálním školství kromě výše uvedených výzkumů zabývaly také mnohé kvalifikační práce – Štros 2009, Štros 2011, Kulichová 2014, Stránská 2017, Kavková 2018, Kavková 2020 a další.

Kvalifikační práce Stránské *Klimatická změna pohledem žáků základních škol: znalosti a postoje* vedla ke zjištění, že znalosti žáků posledních ročníků základních škol jsou dostačující jen z části a některým důležitým pojmům žáci nerozumí. Nízké znalosti žáci vykazovali ve znalosti problematiky skleníkového efektu a samotných skleníkových plynů. Lepší znalosti žáci ukázali v problematice faktorů a důsledků klimatických změn, které byly součástí školních vzdělávacích programů. Autorka práce proto tvrdí, že školní vzdělávací programy by z tohoto důvodu měly klást na vysvětlení problematiky skleníkového efektu a skleníkových plynů větší důraz.

Práce také zjišťovala názory žáků o tom, do jaké míry by byla různá environmentální opatření užitečná při zmírňování globálního oteplování. Mezi kroky, které by mohly vést ke zlepšení životního prostředí, žáci řadili opatření zabývající se dopravou, energií z alternativních zdrojů a výsadbu stromů, což není překvapující, neboť se žáci ve školách učí, že takové kroky snižují emise oxidu uhličitého v atmosféře, přičemž srovnatelné názory vykazovali také studenti z Austrálie a Turecka.

Velmi málo českých žáků naopak věřilo, že snížení produkce masa by mohlo výrazně pomoci při zmírňování globálního oteplování. Více než polovina žáků si také neuvědomila, že využívání jaderných elektráren, zateplení bytů a nakupování méně nových věcí by snížilo efekt globálního oteplování. Výsledky českých žáků byly podobné jako výsledky australských studentů. Názory tureckých studentů byli naopak blíže skutečnosti s výjimkou kategorie dopravy.

Práce také zkoumala ochotu žáků jednat. Z 16 navržených opatření vedoucích ke zmírnění globálního oteplování, žáci byli ochotni přijmout pouze 4 z nich. Jednalo se o zateplení bytů, koupení energeticky úsporných spotřebičů, vypínání nepoužívaných věcí a zvýšení recyklace. Výsledky byly opět podobné s výsledky australských žáků, naopak turečtí žáci byli ochotni jednat více. Velmi malá byla ochota českých žáků jednat v oblasti dopravy, neboť žáci preferují využívání osobních automobilů namísto veřejné dopravy a neberou ohled ani na spotřebu paliva. Méně známé byly pro žáky také alternativní zdroje výroby elektrické energie, včetně jaderných elektráren, což je velmi znepokojující, neboť právě podpora alternativních zdrojů energie a jaderných elektráren je nezbytná pro snížení produkce oxidu uhličitého. Obdobné výsledky pak ukázaly také studie australských i tureckých žáků. (Stránská, 2017)

Štros ve své kvalifikační práci *Klimatické změny ve výuce zeměpisu* zjistil, že řada mylných názorů v této problematice převládá jak mezi žáky základních škol, tak studenty českých gymnázií. Zajímavým ujištěním bylo také, že většina žáků a studentů získává většinu informací z médií, a nikoliv ze školy, které slouží spíše jako doplňkový zdroj. Žáci a studenti také často dávali do přímé souvislosti změnu klimatu se znečištěním ovzduší, což je představa zcela chybná, neboť oxid uhličitý jako takový rozhodně není škodlivinou. Často rozšířený omyl byl také názor, že klimatické změny způsobuje ozónová díra, která však s touto problematikou nemá nic společného. Hlavní a jedinou známou osobností zabývající se změnou klimatu pak byla osoba českého exprezidenta Václava Klause.

Průzkum mezi učiteli naznačil, že vyučující zeměpisu (geografie) se tomuto tématu ve školním prostředí věnují jen jako součást či rozšíření jiných témat, která jsou tradičnější, byť sami zdůrazňují hlavní roli zeměpisu při výuce této problematiky. Jako výukovou metodu používají při výuce klimatických změn učitelé zejména frontální výuku a aktivizační výukové metody či jiné doplňkové metody jsou výjimkou. Z dotazování učitelů vyplývá, že sami učitelé považují klimatické změny za pouze částečně vyvolané člověkem a ve svých odhadech podílu člověka se pohybují pod úrovní Mezivládního panelu pro změnu klimatu. Sami učitelé jsou pak také opatrní v podpoře obnovitelných zdrojů energie.

Velmi špatně také vyšla analýza současných učebnic zeměpisu, která poukázala na skutečnost, že většina učebnic zaměřuje problém změny klimatu s problematikou znečištění ovzduší. V závěru práce autor rovněž potvrzuje obrovskou šíři této problematiky, která sahá od fyzikálních příčin přes geografické dopady až po společenské vědy včetně ekonomie a filosofie, kdy nezanedbatelnou roli hraje také silná medializace a politizace problému a možné názorové střety, které činí téma poměrně citlivým. (Štros, 2011)

Na nedostatečnost současných učebnic pro výuku klimatické změny upozorňuje kromě Štrose, také Kulichová ve své kvalifikační práci *Klimatická změna jako téma školního vzdělávání*, ve které také došla k závěru, že největší potenciál k výuce klimatické změny má vzdělávací obor geografie (zeměpis) a jako vhodná se jeví také průřezová témata výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech a environmentální výchova.

Při analýze učebnic geografie pro gymnázia bylo zjištěno, že problematika klimatické změny nebyla komplexně zahrnuta v žádné učebnici. Ani jedna učebnice se nezabývala adaptačními a mitigačními opatřeními, klimatickými modely či scénáři. Učebnice se většinou věnovaly pouze problematice skleníkového efektu a skleníkových plynů, méně pak vývoji klimatu, vysvětlení pojmů počasí a podnebí a důsledkům změn klimatu. Zajímavým zjištěním bylo, že mnoho učebnic věnovalo větší prostor jiným problémům životního prostředí než právě klimatické změně.

Ve své práci se autorka mimo jiné zaměřuje také na analýzu vzdělávacích dokumentů, ze které vyplývá, že je žádoucí zabývat se globálními a environmentálními problémy ve vzdělávání. Klimatická změna jakožto globální i environmentální problém by proto měl být součástí formálního vzdělávání, neboť zařazení těchto problémů do výuky často selhává.

Žáci by se také neměli pouze učit znalostem, ale také porozumění problémům a zapojovat se do jejich řešení. (Kulichová, 2014)

Postoj mládeže k problematice globální klimatické změny zkoumala ve své kvalifikační práci také Kavková, která se ve své kvalifikační práci *Klimatická změna pohledem studentů středních škol: znalosti a postoje* zaměřila na studenty středních škol. Z výsledků práce je patrné, že téměř všichni studenti si uvědomovali vážnosti této problematiky. Většina studentů se domnívala, že klimatickou změnu způsobuje ovzduší znečištěné lidskou činností. Porozumění fyzikálním mechanismům příčin klimatické změny nebylo dostatečné. Příčinou dle autorky může být také skutečnost, že RVP pro gymnázia nevěnuje této problematice dostatek výukových hodin a ve výuce zpravidla nevzniká prostor pro další vhodné výukové metody jako např. práce s textem, předvádění a pozorování, experiment, projektová metoda a jiné, které by studentům usnadnily pochopení problému.

Studenti se nejčastěji domnívali, že ke zmírnění globálního oteplování by pomohlo, kdyby lidé nejezdili auty a využívali jiné alternativy dopravy. Dále by podle studentů pomohlo, kdyby se státy více zapojovaly do dohod o nevypouštění některých plynů do ovzduší a také, pokud bychom k výrobě energie využívali vítr, slunce a mořské vlnění. Na těchto odpovědích se nejčastěji shodli také studenti z Austrálie, kde probíhal výzkum podle stejné metodiky. Naopak turečtí studenti se v podobném výzkumu více přikláněli k vysazování stromů na Zemi a většímu množství informací o globálním oteplování.

Názory studentů na potenciál opatření zmírnit globální oteplování se však ne vždy shodovaly s ochotou v dané oblasti jednat. Čeští studenti středních škol byli totiž nejvíce ochotni jednat v oblastech, které nemají na globální oteplování téměř žádný vliv. Z hlediska ochoty jednat lze konstatovat, že v mnoha případech byli studenti ochotni omezit nebo přizpůsobit svou činnost z důvodu zmírnění globálního oteplování. Jednalo se však o opatření, která měla na zmírnění globálního oteplování žádný, malý nebo střední vliv. (Kavková, 2018)

Na problematiku porozumění klimatické změny žáků a studentů poukázala Kavková také ve své další kvalifikační práci *Adaptace na změnu klimatu pohledem žáků a studentů*. Výsledky vedly ke zjištění, že porozumění problematice klimatické změny je poměrně problematické a obtížné pro žáky středních i studenty vysokých škol. Pojmu mitigace změny klimatu nerozumělo 55 % žáků středních škol a 51 % studentů vysokých škol. Adaptaci na změnu klimatu špatně popsalo dokonce 79 % žáků a 75 % studentů.

Z hlediska postojů na účinnost vybraných adaptačních opatření měli žáci středních i studenti vysokých škol převážně pozitivní názory ke všem navrhovaným opatřením. Nejvíce si žáci mysleli, že by ke zlepšení klimatu pomohlo méně asfaltovaných a betonových ploch ve městě, používání jiných dopravních prostředků ve městě namísto aut, vybudování více remízků, tůní a rybníků a větší množství smíšených a listnatých lesů v krajině. Naopak zvýšení daní z důvodu využití peněz na adaptační opatření, používání organických hnojiv namísto minerálních, nebo výstavba většího množství přehradních nádrží by podle žáků a studentů pomohlo klimatu méně. Pozitivní názory na otázky týkající se postojů k účinnosti vybraných adaptačních opatření ukazují, že si žáci středních i studenti vysokých škol uvědomovali vážnost a důležitost jednotlivých opatření.

V ochotě jednat ve vybraných adaptačních opatřeních byli žáci středních škol nejvíce ochotni prosazovat v místním referendu vybudování parku namísto parkoviště, i kdyby měli následně větší problém najít parkovací místo. Studenti vysokých škol by se naopak snažili nejčastěji využívat jiné dopravní prostředky namísto auta, např. městskou hromadnou dopravu, kolo apod. a také by přistoupili na obnovení remízků, i kdyby mělo mírně zmenšit jejich pole. Žáci a studenti se shodli na tom, že by se rádi dozvěděli více o projevech a dopadech klimatické změny, i kdyby to pro ně znamenalo věnovat tomuto tématu více času a úsilí.

Porovnání odpovědí žáků středních a studentů vysokých škol vedlo ke zjištění, že ženy měly obecně pozitivnější postoje k vybraným adaptačním opatřením než muži a byly současně ochotnější v daných oblastech jednat. Tento jev byl pozorován také u jiných výzkumů, neboť mají ženy obecně více pro-environmentální chování než muži.

Při porovnání odpovědí žáků středních a studentů vysokých škol měli pozitivnější postoje většinou vždy starší respondenti a byli ochotnější v oblastech jednotlivých adaptačních opatřeních jednat. (Kavková, 2020)

Podle rozsáhlého výzkumu *Czech Students and Mitigation of Global Warming* jsou čeští studenti obecně skeptičtější ohledně užitečnosti navrhovaných opatření a patří mezi méně ochotné, v širším mezinárodním kontextu, účastnit se skutečných procesů, které by mohly zlepšit globální oteplování. Metodika výzkumu vycházela z metodiky zavedené Skampem, Boyesem a Stanisstretem (2009a, 2009b, 2009c) a jelikož proběhla v řadě zahraničních států, umožnila srovnání českých studentů v mezinárodním kontextu. Čeští studenti středních škol, zejména ženy, byli v této studii výrazně ochotnější jednat než žáci základních

škol a měli tendenci podceňovat roli osobní spotřeby. Zejména studenti mužského pohlaví nebyli ochotni podniknout kroky, které nezahrnují okamžitý osobní prospěch.

Při srovnání přesvědčení českých studentů s výsledky z jiných zemí jsou čeští studenti společně se svými britskými a australskými protějšky v průměru nejskeptičtější ohledně užitečnosti navrhovaných opatření, která by mohla zmírnit globální oteplování. V České republice věří studenti středních škol v průměru více v účinnost navrhovaných opatření než žáci 2. stupně základních škol, zatímco v Austrálii věří v průměru mladší žáci v účinnost navrhovaných opatření více než žáci starší.

Čeští studenti považují za nejúčinnější opatření související s dopravou a výrobou energie z obnovitelných zdrojů, což s největší pravděpodobností odpovídá „hmatatelnosti“ těchto opatření, tj. vlastní zkušeností studentů se znečištěním ovzduší i tématu lokálního a regionálního znečištění ovzduší, které jsou součástí vzdělávacích osnov. Víra v účinnost těchto opatření byla podobná také u studentů jiných zemí. Účinnost opatření související s osobní přepravou však bývá nadhodnocena, neboť doprava je celosvětově odpovědná jen za 14 % všech emisí skleníkových plynů.

Na druhé straně čeští studenti i studenti jiných zemí málo věřili v užitečnost omezení osobní spotřeby, jako např. jíst méně masa nebo kupovat méně nových věcí, při zmírňování globálního oteplování, zatímco ve skutečnosti mají tato opatření vysoký až střední dopad na snížení emisí skleníkových plynů. Důvodem může být nedostatečné pochopené vztahů mezi osobní spotřebou jednotlivce a dopady na životní prostředí. Přesvědčení studentů se navíc s postupujícím vzděláváním příliš nezvyšují, což může poukazovat na slabé místo ve vzdělávacím systému.

Analýza ochoty studentů jednat v opatřeních vedoucích ke zmírnění globální změny klimatu ukazuje, že čeští studenti jsou jedni z nejméně ochotných jednat, a to hned za britskými a australskými studenty. Důvodem může být poměrně rozšířený skepticismus české společnosti ke vztahu k oblasti změny klimatu v Česku. Čeští studenti jsou také ochotni přijmout taková pro-environmentální opatření, která snižují domácí náklady, ale zdráhají se podnikat opatření, která jsou nepohodlná, např. méně využívat auto, nebo finančně nákladná, např. platit ekologické daně. Tento jev byl však charakteristický pro studenty všech zemí, ve kterých byl proveden podobný výzkum.

Zajímavým zjištěním je také skutečnost, že starší studenti na úrovni středních škol jsou více ochotni jednat, než mladší studenti na úrovni 2. stupně základních škol v několika

navrhovaných opatřeních, což je jev, který je vzácný pro studenty v Řecku, Indii, Ománu, Španělsku a Turecku a zcela opačný pro studenty v Austrálii a Británii. Z hlediska pohlaví platí, že české studentky, zejména středních škol, jsou více ochotnější jednat směrem ke zmírnění globálního oteplování a také jednat více pro-environmentálně, což je trend zaznamenaný také v Británii, Španělsku a Řecku. Na druhé straně mužští studenti jsou ochotnější podílet se na opatřeních, která jsou spojená s ekonomickými výhodami, jako je např. izolace domů nebo nákup energeticky úsporných výrobků.

Tato zjištění zdůrazňují důležitost úpravy školních vzdělávacích programů podporou vzhledu do tématu globálního oteplování, protože aktuální školní vzdělávací programy v ČR reprezentují témata změny klimatu a globálního oteplování nedostatečně. Problematika změny klimatu se v rámcových vzdělávacích programech vyskytuje pouze nepřímo, buďto okrajově jako součást některých vzdělávacích oborů, průřezových témat nebo vůbec.

Problematika globální změny klimatu představuje pro studenty velmi složité téma. Studenti jsou méně znepokojeni či méně ochotní jednat, pokud nemají přímou zkušenost s negativními projevy. Proto je důležité, aby v regionech, kde jsou dopady změny klimatu stále méně patrné, jako např. ve střední Evropě, získávali praktické osobní zkušenosti s těmito projevy. Jako vhodné se v této oblasti problematiky jeví účasti na diskuzích, dobře navržené prvky terénní práce do učebních osnov nebo zaměření se na dopady změny klimatu na místní prostředí nebo komunitu. (Lehnert et al., 2019)

Všechny výše uvedené výzkumy a kvalifikační práce vedou ke zjištění, že současná výuka problematiky klimatické změny není na základních ani středních školách dostatečná. Klimatická změna bude v budoucnu pravděpodobně představovat jeden z největších problémů lidské společnosti, a proto je žádoucí, aby školní vzdělávání kladlo na tuto problematiku větší důraz. Vhodné by bylo výuku globální klimatické změny zapracovat povinně do rámcových vzdělávacích programů, a kromě běžné frontální výuky využívat zejména výuku alternativní – např. terénní, založenou na osobní zkušenosti žáků s problematikou klimatické změny v místním regionu, případně doplněnou o úvahu možnosti jejího řešení.

6 METODY VÝZKUMU

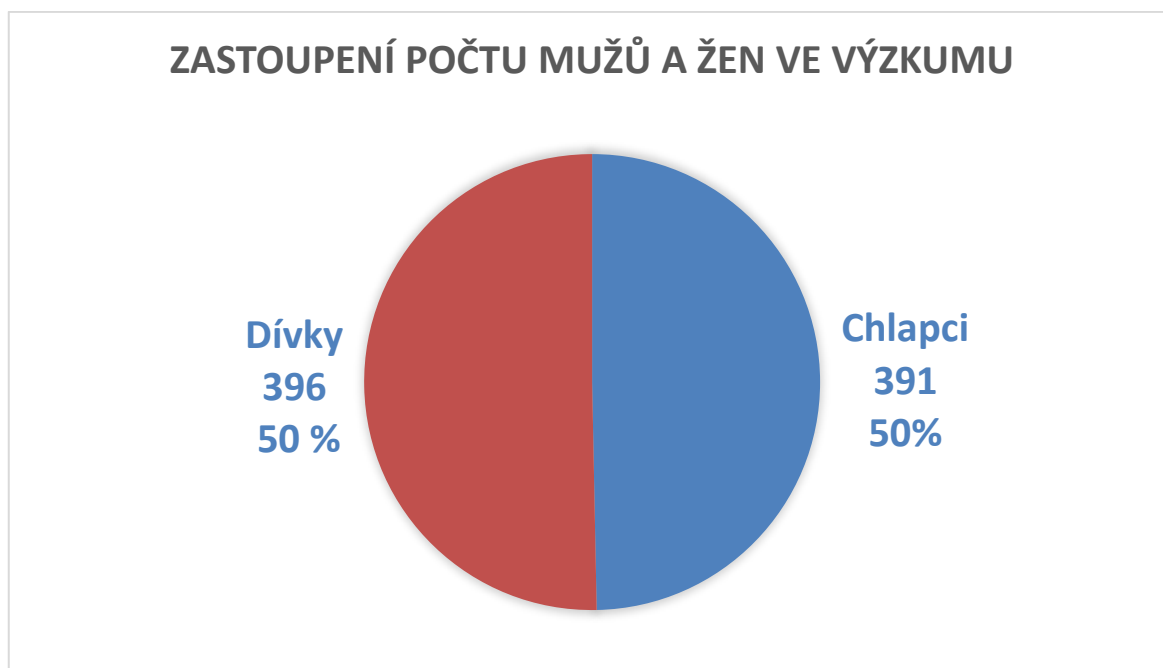
Hlavním cílem této rigorózní práce bylo pracovně ověřit na příkladu případové studie, jakým způsobem různé metody a formy výuky ovlivňují znalosti, postoje a pro-environmentální chování žáků 8. a 9. ročníku základních škol v problematice globální klimatické změny. Na několika základních školách byly proto v rámci výzkumu aplikovány na cílové skupině vlastní výukové materiály této problematiky, které jsou uvedeny níže v kapitole 6.1 (Vlastní návrh frontální výuky globální klimatické změny) a 6.2 (Vlastní návrh terénní výuky globální klimatické změny v místním regionu).

Tyto metody a formy výuky byly následně mezi sebou porovnány a vyhodnoceny, jakým způsobem ovlivnily znalosti žáků, jejich postoje a pro-environmentální jednání. Výzkum proběhl na deseti vybraných základních školách v místním regionu Hlučínska. Důvodem tohoto výběru byla zejména ochota místních ředitelů základních škol a taktéž místních učitelů zeměpisu, zúčastnit se výzkumu i přes časovou tíseň některých škol z důvodů celosvětově probíhající pandemie nemoci covid-19 a s ní probíhajícím postupným návratem žáků základních škol z distanční formy výuky k formě prezenční v období od začátku května do konce června školního roku 2020/2021.

Do výzkumu bylo celkově zapojeno 787 žáků 8. a 9. ročníků z deseti základních škol, jejichž názvy jsou umístěny níže v tabulce. Zastoupení počtu dívek a chlapců bylo poměrně vyrovnané (396 dívek, 391 chlapců) a je zobrazeno taktéž níže v grafu.

Název školy	Počet žáků 8. tříd	Počet žáků 9. tříd	Počet žáků celkem
ZŠ Bohuslavice	25	24	49
ZŠ Bolatice	48	51	99
ZŠ Dolní Benešov	39	46	85
ZŠ Háj ve Slezsku	20	18	38
ZŠ Hlučín – Hornická	42	45	87
ZŠ Hlučín – Rovniny	51	49	100
ZŠ Hlučín – Dr. Miroslava Tyrše	32	35	67
ZŠ Kobeřice	41	47	88
ZŠ Ludgeřovice	53	55	108
ZŠ Píšť	31	35	66

Tabulka 1 Seznam základních škol zapojených do výzkumu.



Obrázek 1 Graf znázorňující počet mužů a žen zapojených do výzkumu.

Žákům 8. a 9. ročníku byly prostřednictvím učitelů poskytnuty dotazníky, které žáci vyplnili v hodině zeměpisu před výukou této problematiky podle metodiky Skamp et al., (2009). Dotazník pro žáky obsahoval úvodní položky – škola, ročník, pohlaví a následně byl rozdělen do tří částí. První část byla sestavena z 5 otevřených otázek, které zjišťovaly základní znalosti žáků o globální klimatické změně. Svě odpovědi mohli žáci vysvětlit, případně i namalovat. Po vyhodnocení dotazníků bylo nutné velký počet odpovědí roztrždit do menšího počtu adekvátně odpovídajícím jednotlivým kategoriím.

V první části dotazníku ověřující znalosti žáků byly odpovědi žáků roztrženy do 16 kategorií u otázky první (*Které faktory způsobují klimatickou změnu?*), do 13 kategorií u otázky druhé (*Dokážeš uvést některé projevy a důsledky klimatické změny?*), do 4 kategorií u otázky třetí (*Na jakém principu funguje skleníkový efekt?*), do 9 kategorií u otázky čtvrté (*Které plyny se podílí na vytváření skleníkového efektu?*) a do 7 kategorií u otázky páté (*Zamysli se a popiš, jak by to na Zemi vypadalo, kdyby atmosféra neobsahovala skleníkové plyny.*) Poslední kategorie u každé otázky byla označena jako ostatní (nebo neodpověděl u čtvrté otázky), což zahrnovalo odpovědi chybné nebo nevyplněné.

Další dvě části tvořily uzavřené otázky, které vycházely z mezinárodní metodiky podle Skampa et al. (2009). Dle této metodiky byl dotazník navržen tak, aby skrýval párování otázek mezi druhou a třetí částí. Každou z těchto částí tvořilo 23 otázek, které spolu vzájemně souvisely, ale byly seřazeny zcela náhodně. Jednotlivé otázky v druhé části

dotazníku měly vždy svojí ekvivalentní otázku v části třetí. Zatímco druhá část dotazníku zjišťovala názor žáků k efektivitě daného opatření, třetí část dotazníku jejich ochotu jednat v této problematice. Otázky byly různého zaměření a můžeme je seřadit podle několika kategorií, které jsou zobrazeny níže v tabulce.

Žáci u uzavřených otázek dotazníku mohli vybírat pouze jednu z nabízených odpovědí. Ve druhé části mohli vybírat z těchto odpovědí: *a) velmi výrazně, b) podstatně, c) v menší míře, ale nezanedbatelně, d) velmi málo, e) vůbec*. Vyjádřili tak svůj názor, jak výrazně by zmíněné postupy vedly k zmírnění globálního oteplování. Ve třetí části pak žáci mohli vybírat z odpovědí: *a) rozhodně ano, b) téměř určitě ano, c) pravděpodobně ano, d) možná, c) pravděpodobně ne*. Žáci dotazník vyplnili bez ohledu na skutečnost, zda se s problematikou globální klimatické změny již někdy setkali či nikoliv. Orientační čas pro vyplnění dotazníku byl cca 15–20 minut.

Po provedení dotazníkového šetření absolvovali všichni žáci v následující hodině zeměpisu frontální metodu výuky vycházející z vlastního návrhu frontální výuky globální klimatické změny (kapitola 6.1). Tato výuka formou zpracované prezentace trvala 1 vyučovací hodinu (45 minut) a seznámila žáky se základními příčinami, projevy a důsledky globální klimatické změny včetně stávajících možností jejího řešení.

Vybraná skupina žáků (cca polovina z celkového počtu) po této frontální metodě výuky absolvovala v dalším týdnu navíc ještě doplňující terénní metodu výuky naplánovanou podle vlastního výběru a možností dané školy z níže uvedeného vlastního návrhu terénní výuky globální klimatické změny v místním regionu (kapitola 6.2). Zapojené školy měly možnost výběru ze tří na sobě nezávislých terénních cvičení podle vlastního uvážení. Odstup mezi frontální a terénní výukou byl jeden týden. Terénní výuky se zúčastnilo 389 z celkových 787 žáků, tj. víceméně polovina všech žáků.

S odstupem dvou týdnů po provedené frontální, či doplňující terénní metodě výuky, proběhlo ještě jednou zcela totožné dotazníkové šetření. Žáci odpovídali na otázky stejným způsobem a výsledky odpovědí dotazníkového šetření byly prezentovány v relativních hodnotách v podobě sloupcových grafů. Zjištěné hodnoty před výukou, po frontální výuce a po doplňující terénní výuce byly mezi sebou pomocí sloupcových grafů vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

Rozdíly odpovědí zkoumaných skupin (*před výukou, po frontální výuce, po frontální a terénní výuce*) byly porovnány a vyhodnoceny také z hlediska statistické významnosti

s výjimkou znalostí žáků (kapitola 6.1), neboť tato část dotazníkového šetření obsahovala několik otázek (celkově 5), které pro určení rozdílů odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti nebyly příliš vhodné. Větší část dotazníkového šetření však zkoumala názory žáků a ochotu žáků jednat (kapitola 6.2). Tato část dotazníku zahrnovala dohromady 23 otázek pro každou skupinu (celkově tedy 46) a typ těchto odpovědí se pro určení rozdílů odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti jevil jako daleko vhodnější.

Odpovědi žáků byly proto převedeny podle jejich síly na ordinální (pořadovou) stupnici. V dotazníkové části zjišťující názory žáků mohli žáci odpovídat: *a) velmi výrazně, b) podstatně, c) v menší míře, ale nezanedbatelně, d) velmi málo, e) vůbec*. V dotazníkové části zjišťující ochotu žáků jednat, mohli žáci odpovídat: *a) rozhodně ano, b) téměř určitě ano, c) pravděpodobně ano, d) možná, e) pravděpodobně ne*. Těmto odpovědím byla proto přiřazena určitá odpovídající síla, tj. u názorů žáků následovně: velmi výrazně – 4, podstatně – 3, v menší míře, ale nezanedbatelně – 2, velmi málo – 1, vůbec – 0. Stejným způsobem byla určena síla odpovědí také v dotazníkové části zjišťující ochotu žáků jednat, tj. rozhodně ano – 4, téměř určitě ano – 3, pravděpodobně ano – 2, možná – 1, pravděpodobně ne – 0. Jelikož byly otázky týkající se názorů žáků a ochoty žáků jednat zaměřeny na několik oblastí – *doprava, výroba elektřiny, domácí, osobní, komunální, legislativní, daně, spolupráce, vzdělání, nevědecké*, bylo vyhodnocení rozdílů odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti provedeno vždy hromadně za celou danou oblast. Dohromady tedy bylo statisticky porovnáno 10 oblastí v názorech žáků a 10 oblastí v ochotě žáků jednat. Každá oblast zahrnovala jednu nebo více otázek (maximálně 4).

Testování statistické významnosti mezi odpověďmi zkoumaných skupin (*před výukou, po frontální výuce, po frontální a terénní výuce*) bylo provedeno pomocí Kruskal-Wallisovy ANOVY (jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu) ve statistickém programu NCSS (NCSS ver. 10, Kaysville, Utah, USA). Tato metoda umožňuje srovnání mediánů u více než dvou pozorování a je vhodná i pro ordinální data, u nichž nelze předpokládat normální rozdělení. Pomocí testu bylo zjištěno, zda platí nulová hypotéza (H_0), tj. zda jsou si všechny mediány podobné, nebo hypotéza H_1 , tj. zda alespoň jeden medián ze tří zkoumaných skupin odpovědí je odlišný. Hodnota statistické významnosti p byla určena na úrovni 0,05. Výsledné krabicové (box-plot) grafy skupin odpovědí vyjadřují kvartilové rozpětí (1.kvartil, medián a 3.kvartil), vousy pak značí 1,5 IQR horního a dolního kvartilu.

Protože byly v testu zkoumány rozdíly tří skupin, bylo pro srovnání mezi jednotlivými dvojicemi skupin nutné využít tzv. post-hoc test. Jako optimální se nabízel Kruskal-Wallisův neparametrický Z test známý jako Dunnův test s Bonferroniho korekcí $Z = 2,3940$. Pokud byla hodnota Z větší než prahová hodnota, byly dvojice odpovědí signifikantně odlišné a naopak. Všechny výsledky výzkumu jsou podrobně prezentovány v kapitole 7.

Spárované otázky 2. a 3. části dotazníku		
Kategorie	Otázky týkající se názorů žáků	Otázky týkající se postojů žáků
Doprava	2.5 Pokud by lidé používali elektromobily namísto aut se spalovacím motorem (na naftu, benzín...), zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.1 I kdyby to znamenalo více času a méně pohodlí, snažil(a) bych se využívat autobus a vlak namísto auta.
	2.16 Pokud by lidé tolik nejezdili auty, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.16 Vybral(a) bych si auto na elektrický pohon, i kdyby bylo dražší.
	2.19 Pokud by lidé méně létali letadlem, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.18 I když je to méně pohodlné, cestoval bych na dovolenou vlakem nebo autobusem namísto letadla.
Výroba elektřiny	2.10 Pokud bychom k výrobě energie více využívali jaderné elektrárny, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.10 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektřinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn jadernými elektrárnami.
	2.15 Pokud bychom k výrobě energie více využívali vítr, slunce a mořské vlnění, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.13 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektřinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn z větru, slunce a mořského vlnění.
Domácí	2.2 Pokud by si lidé lépe zateplili své byty, neunikalo by z nich tolik tepla a zmírnilo by se tím globální oteplování	3.6 Abych šetřil(a) elektřinou, vypínal(a) bych věci, když je nepoužívám.
	2.6 Pokud by si lidé pořídili domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s menší spotřebou energie, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.14 I kdyby mě to stálo peníze, zateplil(a) bych si byt tak, aby z něj neunikalo tolik tepla.
	2.7 Kdyby lidé spotřebovali méně elektřiny v domácnostech, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.15 I kdyby to bylo dražší, koupil(a) bych si domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s nižší spotřebou energie.
Osobní	2.9 Pokud by lidé jedli méně masa, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.2 I kdybych měl(a) maso velmi rád(a), byl(a) bych ochoten/ochotna jíst méně masitých jídel.
	2.14 Pokud by lidé zvládli kupovat si méně nových věcí a vystačili si s tím, co mají, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.11 I kdyby to znamenalo nemít vždy tu nejnovější výbavu či módu, zvládl(a) bych kupovat si nové věci méně často.
	2.17 Pokud by lidé nevyhazovali tolik jídla, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.17 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si regionální potraviny.

	2.18 Pokud by lidé jedli více regionálních potravin namísto potravin dovážených ze zahraničí, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3. 19 Dojehl bych jídlo z předchozího dne, i kdybych na něj neměl(a) již takovou chuť jako na čerstvé.
Komunální	2.1 Pokud by na Zemi bylo vysazováno více stromů, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.4 I kdybych musel platit vyšší daně, myslím si, že by na Zemi mělo být vysazováno více stromů.
	2.8 Pokud by lidé více třídili odpad, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.7 Přestože je to pro mě méně pohodlné, raději bych odpad třídil, než vyhazoval vše do jedné popelnice.
	2.11 Pokud by zemědělci přestali používat umělá hnojiva obsahující dusík, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.8 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si potraviny vypěstované bez použití umělých hnojiv.
Legislativní	2.20 Pokud by politici přijali vhodné nové zákony, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.20 Ve volbách bych volil(a) politiky, kteří prosazují zákony lépe chránící životní prostředí, i kdybych musel(a) omezit některé věci, které mám rád(a).
Daně	2.21 Pokud by politici zvýšili daně a použili získané peníze na vhodná opatření, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.21 Volil(a) bych politiky prosazující zvýšení daní ve prospěch zlepšení životního prostředí, i kdybych díky tomu měl(a) méně peněz na utrácení.
Spolupráce	2.22 Pokud by se státy více zapojovaly do dohod o nevypouštění některých plynů do ovzduší, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.22 Volil(a) bych politiky ochotné podepsat s dalšími zeměmi dohody ke zlepšení životního prostředí, i kdybych díky tomu měl(a) méně peněz na utrácení.
Vzdělání	2.23 Globální oteplování by se zmírnilo, kdyby o něm lidé dostávali více informací.	3.23 Rád bych se dozvěděl(a) více o tom, jak pomáhat životnímu prostředí, i kdyby to pro mě znamenalo práci navíc.
Nevědecké	2.3 Pokud by lidé neodhazovali odpadky na ulicích, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.3 I když je to pro mě méně pohodlné, nikdy bych neodhazoval(a) odpadky na ulici.
	2.4 Pokud by zemědělci přestali používat pesticidy (postřiky proti hmyzu, který napadá plodiny), zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.5 Přestože jsou dražší, kupoval(a) bych si potraviny pěstované bez použití pesticidů (postřiků proti hmyzu, který napadá plodiny).
	2.12 Pokud by si více lidí podařilo do domácnosti klimatizaci, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.9. I kdyby mě to stálo více peněz, pořídil bych si domů klimatizaci.
	2.13 Pokud by byly vyčištěny světové oceány, zmírnilo by se tím globální oteplování.	3.12 I když je to pro mě méně pohodlné, odpadky bych na pláži neodhodil(a).

Tabulka 2 Spárované otázky druhé a třetí části dotazníku.

6.1 Vlastní návrh frontální výuky globální klimatické změny

Frontální výuku považujeme za komplexní výukovou metodu, jež se vyznačuje společnou prací žáků ve třídě s dominantním postavením učitele, který řídí, usměrňuje a kontroluje veškeré aktivity žáků. Výuka se orientuje převážně na kognitivní procesy, hlavním cílem je, aby si žáci osvojili maximální rozsah poznatků. (Maňák, Švec, 2003)

Za komplexní výukové metody považujeme takové metody, které rozšiřují prostor výukových metod o prvky organizačních forem, didaktických prostředků a mnohem více než předchozí skupiny metod reflektují též celkové cíle výchovy a vzdělávání.

Frontální výuka se uplatňovala již od počátku vzdělávání, kdy docházelo ke střídání frontálního poučování skupiny žáků s individuálním procvičováním a plněním úkolů. Metoda se neustále zdokonalovala a jejím velkým propagátorem a zastáncem byl Jan Ámos Komenský, který se zasazoval o zpřístupnění vzdělávání všem lidem.

Vyučovací jednotka trvá zpravidla 45 minut a je zaměřena na velkou skupinu lidí. Spolupráce žáků je zde téměř nulová, veškerá pozornost se soustředí na výklad učitele, nebo lépe řečeno, řízený rozhovor. Učitel svůj výklad doprovází záznamem na tabuli, obrazovými záznamy či demonstrací předmětů. Ústní projev žáků je při této metodě minimální, což vede k jejich pasivitě. Učitel předává velké množství informací, proto od žáků vyžaduje kázeň a maximální soustředění. To vede k únavě žáků a jednotvárnosti téměř všech hodin.

Za klady frontální výuky lze však na druhou stranu považovat, že žáci si za velmi krátkou dobu osvojí velké množství informací a dodržování kázně je při této metodě téměř samozřejmostí. Tato metoda ovšem nezabezpečuje pochopení učiva všemi žáky, což ve velkém množství informací je téměř nereálné. Může se tak stát, že žák si v množství informací nedokáže vybrat ani ty nejdůležitější a vzdělávací proces tak ztrácí svůj smysl. Frontální výuka by měla být zařazována do vyučovacího procesu ve stejné míře jako jiné vyučovací metody. (Maňák, Švec, 2003)

6.1.1 Co je to globální klimatická změna?



Některá místa v Evropě sužuje sucho a jiná zase povodně.

Austrálie bojuje s extrémně velkými požáry.

Amerika má za sebou rekordní sezónu hurikánů.

Lidé v Africe a Asii trpí hladem a silným nedostatkem vody.

Ledovce v oblasti Antarktidy a Arktidy rychle tají a zaplavují nízko položená území.

Zvířata a rostliny na Zemi pomalu vymírají.

Co mají tyto události 21. století společného?

*Odpověď zní **globální klimatickou změnu**. Možná jsi toto sousloví už někde zaregistroval – na internetu, v televizi nebo ve škole. O co se vlastně jedná?*



- ✓ *Na tomto odkazu najdeš krátké video, které ti během 2 minut stručně představí problematiku globální klimatické změny. [Změna klimatu v kostce - YouTube](#)*
- ✓ *Až budeš mít více času, podívej se na dokument České televize Horká planeta a dozvíš se o globální klimatické změně mnohem více! [Horká planeta — Reportéři ČT — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](#)*

6.1.2 Jaký je rozdíl mezi počasím a podnebím?

Na začátek je třeba umět správně rozlišit 2 pojmy, které budeme často používat. Jedná se o **počasí** a **podnebí**.

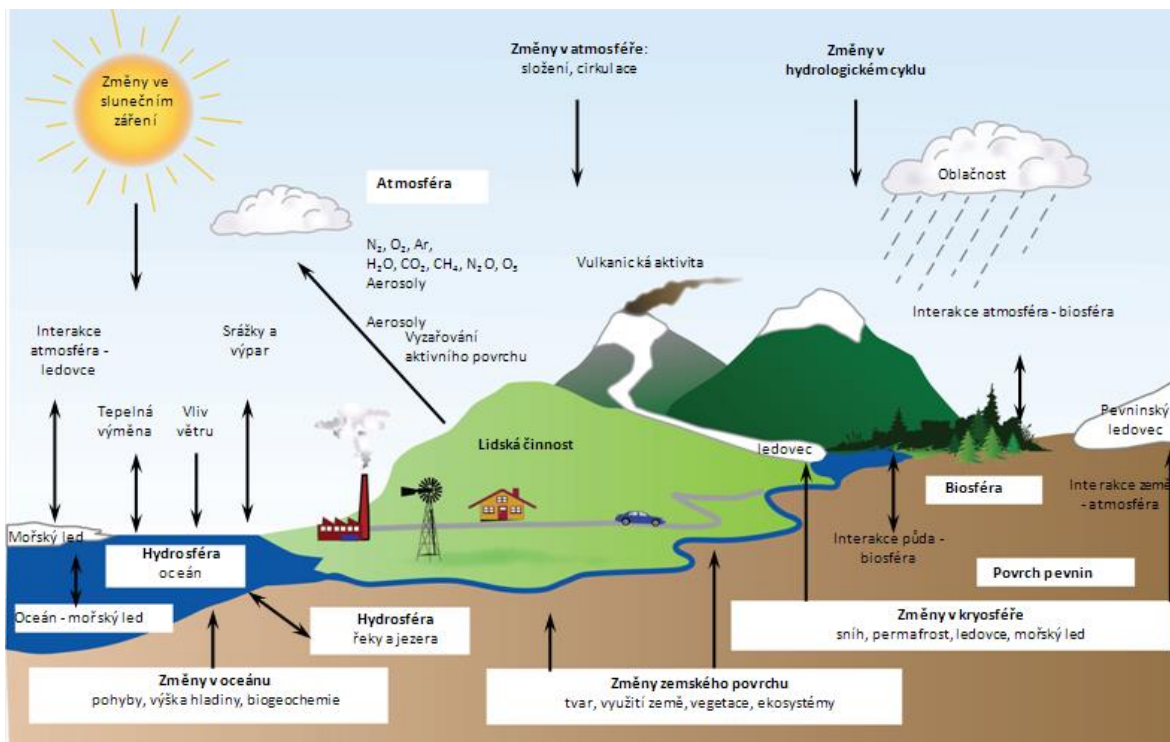
Počasí je *aktuální stav atmosféry na daném místě, který se určuje pomocí meteorologických prvků – teploty vzduchu, oblačnosti, srážek, vlhkosti vzduchu, větru a slunečního svitu.*

Oproti tomu **podnebí** je *dlouhodobý stav atmosféry, jinak řečeno dlouhodobý režim počasí na daném místě. Zatímco počasí je charakteristické svou typickou proměnlivostí, podnebí je naopak poměrně stabilní a k jeho změnám dochází spíše v delším časovém horizontu.*

Důkazem **stability klimatu** bylo období posledních zhruba 10 000 let, ve které došlo k prudkému rozvoji lidské společnosti. Stabilita klimatického systému a inteligence našeho druhu nám umožnila prosperitu a způsob života, který žijeme.

6.1.3 Co je to klimatický systém?

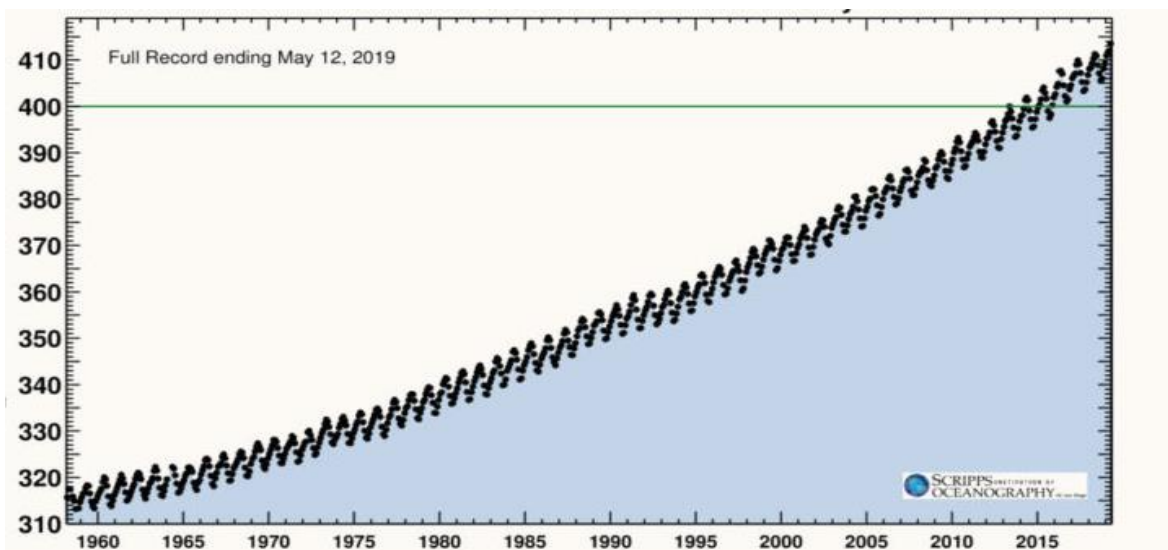
Klimatický systém se skládá z několika složek. Tvoří jej **atmosféra, zemský povrch, hydrosféra, kryosféra a biosféra**, jejíž součástí je i člověk. V historii Země nebyl klimatický systém vždy úplně stabilní a docházelo ke střídání teplejších a chladnějších období. Klimatický systém je sám o sobě velmi složitý, a proto je jeho budoucí vývoj těžké předvídat. Přesto panuje mezi vědci přesvědčení, že klíčovou rolí v posledních desítkách let hraje změna chemického složení atmosféry, **kteřou způsobil člověk svojí činností na Zemi.**



Obrázek 1 Klimatický systém Země.

6.1.4 Proč se klima mění?

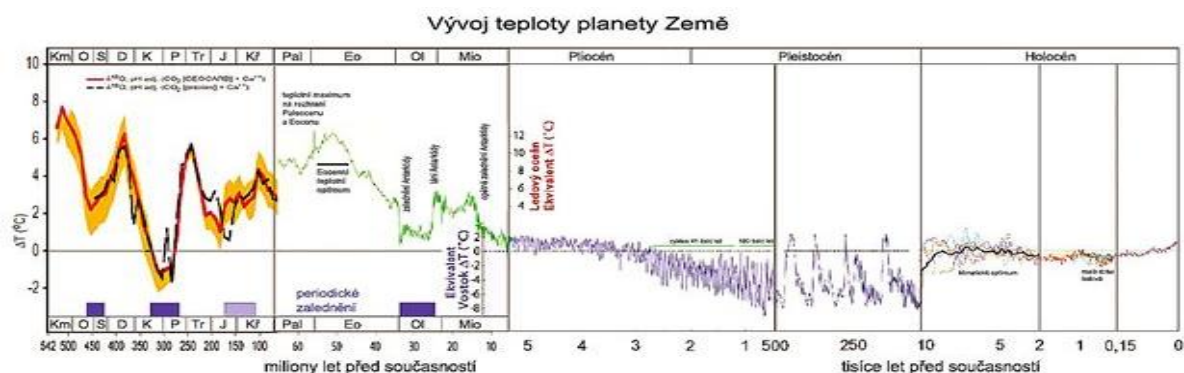
Růst počtu obyvatel Země a jejich materiální nároky způsobili *narušení rovnováhy klimatického systému* Země. Na vině je zejména *spalování velkého množství fosilních paliv (uhlí, ropy, zemního plynu)*, *přeměna zemského povrchu (kácení lesů, zástavba krajiny)* a *velké materiální nároky* dnešní společnosti. Člověk svou činností dokonce mění chemické složení atmosféry a *výrazně zvyšuje podíl skleníkových plynů ve vzduchu*.



Obrázek 2 Růst koncentrace atmosférického CO₂ v jednotkách ppm (parts per million = jednotek částic v miliónu).

6.1.5 Měnilo se klima i v minulosti?

Ke změnám klimatu *docházelo i v jeho dávné minulosti*. V průběhu celé geologické éry docházelo ke střídání období teplejších a chladnějších či sušších a vlhčích. Díky moderním metodám datování jsme dnes schopni určit teploty v průběhu dějin Země až 800 000 let nazpátek. Při porovnání s dnešní změnou klimatu víme, že zatím *nikdy ve známé historii neprobíhalo oteplování planety tak rychle jako dnes* a hlavní roli zde *nehrál člověk*.



Obrázek 3 Rekonstrukce průběhu teplot v geologické historii Země.

6.1.6 Co všechno může hrát roli při změně klimatu?

Klima na Zemi může ovlivňovat mnoho faktorů. Mezi nejvýznamnější patří:

- *změna postavení Země vůči Slunci,*
- *sluneční aktivita,*
- *sopečná aktivita,*
- *rozložení pevnin a oceánů,*
- *činnost člověka.*

Porovnání jednotlivých faktorů a vlivu člověka vede jednoznačně k závěru, že *globální změnu klimatu má na svědomí člověk*, díky změně chemického složení vzduchu prostřednictvím *zvýšení podílu zejména oxidu uhličitého* pocházející hlavně ze *spalování fosilních paliv*. Postavení Země vůči Slunci by totiž mělo vést spíše k jejímu ochlazení a vliv slunečního záření je v poslední době je také poměrně stabilní. Rozložení pevnin a oceánů má vliv na klima spíše v rádech desítek či stovek miliónů let a sopečná aktivita v posledních letech nebyla nijak významná.

Důkazem skleníkového efektu je také **ochlazování vyšších vrstev atmosféry**, kde se skleníkové plyny již nenachází. Důkazem jsou také **satelitová měření** prokazující snižování úniku tepla v oblastech s vysokou koncentrací skleníkových plynů. Noční teploty se **zvyšují rychleji** než denní, neboť se umocňuje skleníkový efekt. Trend oteplování planety je navíc **dlouhodobý a není náhodný**.

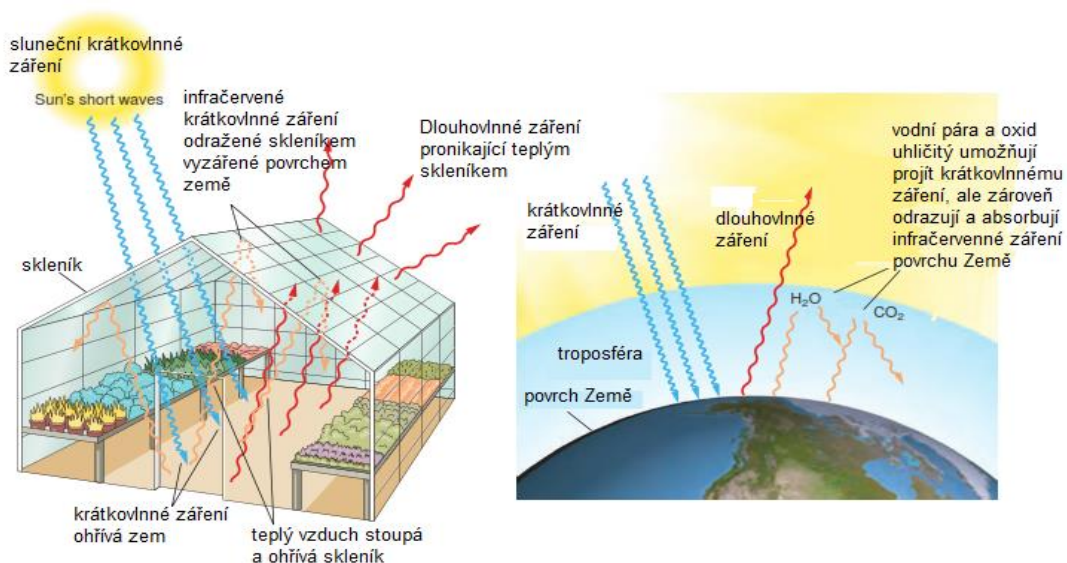


✓ Na tomto odkazu najdeš vliv jednotlivých faktorů na růst teploty planety a jejich celkový dopad na růst průměrné teploty Země. [Globální oteplování v jediném grafu: opravdu za to mohou lidé - iDNES.cz](#)

6.1.7 Co je to skleníkový efekt a co jsou to skleníkové plyny?

Slunce vytváří tepelnou energii, která k nám proniká ve formě **slunečního záření**. Zhruba polovina tohoto záření je odražena či pohlcena při průchodu zemskou atmosférou zpět do vesmíru, druhá polovina dopadá na zemský povrch, který se ohřívá. Zahřátý povrch Země následně uvolňuje část tohoto tepla zpět do atmosféry, ale některé plyny jej umí **velmi efektivně zachytit**. Tyto plyny nazýváme jako **skleníkové**, neboť fungují na podobném principu jako je zahradní skleník.

Kdyby v atmosféře tyto plyny neexistovaly, byla by průměrná teplota Země $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. V současné době je však průměrná teplota Země $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, což umožňuje život v příjemných podmínkách. Protože se však množství skleníkových plynů v atmosféře rychle zvětšuje, dochází ke **zvyšování skleníkového efektu a růstu globální teploty**.

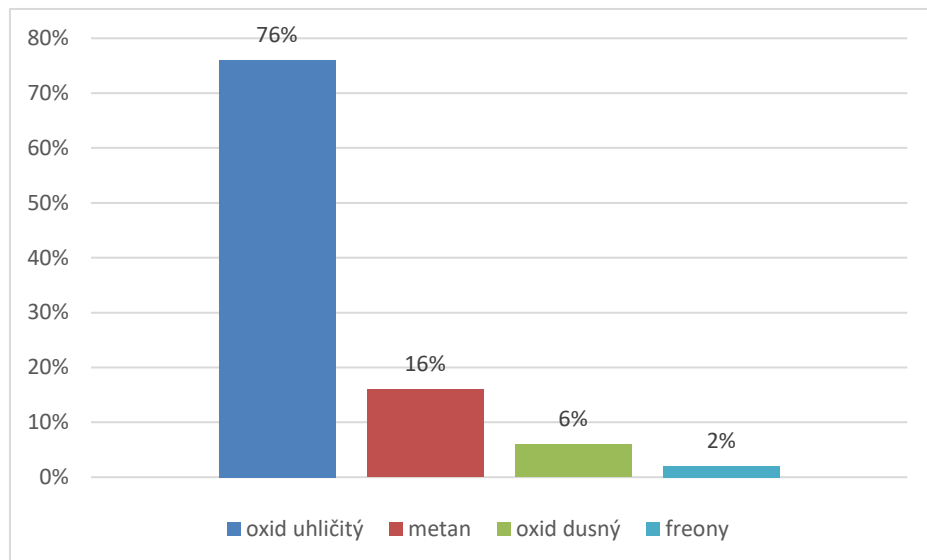


Obrázek 4 Princip fungování skleníkového efektu.

6.1.8 Které plyny jsou skleníkové?

Mezi hlavní skleníkové plyny patří:

- *vodní pára,*
- *oxid uhličitý,*
- *metan,*
- *oxid dusný,*
- *ozón,*
- *freony.*



Obrázek 5 Podíl vlivu lidmi produkováných skleníkových plynů na oteplování Země podle Mezivládního panelu pro změnu klimatu (2014).

Vodní pára je nejsilnějším skleníkovým plynem, který se do atmosféry dostává vypařováním ze zemského povrchu a oceánů. V atmosféře vodní pára setrvává zpravidla okolo 10 dnů. Její množství *člověk přímo nezvyšuje*, avšak díky růstu globální teploty se její množství může zvyšovat kvůli silnějšímu výparu.

Oxid uhličitý je nejvýznamnější skleníkový plyn, neboť se do atmosféry uvolňuje při *spalování fosilních paliv a odlesňování*. Jeho množství prudce narůstá od průmyslové revoluce. Jeho hodnota se v průběhu posledních 200 let zvýšila z 280 ppm (parts per million = jednotek částic v milionu) na 415 ppm v roce 2019, což představuje zvýšení o více než 40 %. Důležitá je také doba jeho setrvání v atmosféře, která dosahuje více jak 100 let.

Dalším významným skleníkovým plynem je *metan*. Jeho koncentrace vzrostla oproti předindustriální době dokonce o 2,5krát. Hlavní zdroj růstu metanu představuje *zemědělství – pěstování rýže a chov skotu*. Přestože je metan mnohem silnější skleníkový plyn než oxid uhličitý, je doba jeho setrvání v atmosféře „pouze“ 12 let a jeho koncentrace v atmosféře je celkově nižší.

Oxid dusný vzniká hlavně při *automobilové dopravě a v zemědělství* díky používání velkého množství hnojiv. V atmosféře setrvává rovněž velmi dlouho, více než 100 let. Mezi další skleníkové plyny řadíme například *ozon, freony a jiné chemicky vytvořené látky*. Jejich vliv oproti předcházejícím skleníkovým plynům je však méně významný.

Protože je míra účinnosti a doba setrvání jednotlivých skleníkových plynů různá, používá se k jejich srovnání *tzv. ekvivalent oxidu uhličitého*, neboť právě oxid uhličitý je považován za nejdůležitější ze všech skleníkových plynů.



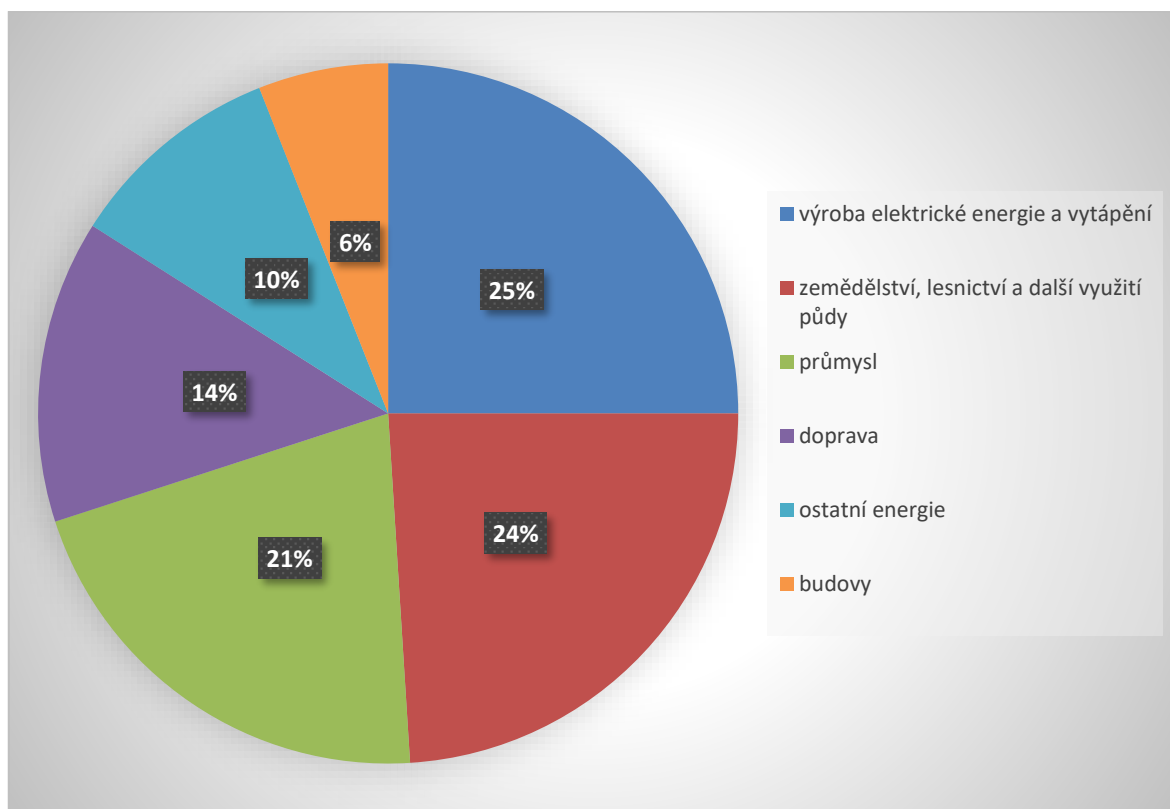
Obrázek 6 Spalování fosilních paliv je hlavní příčinou růstu globální teploty.



Obrázek 7 Výrazným problémem při produkci skleníkových plynů je také nadměrná automobilová doprava.

6.1.9 Které činnosti produkují skleníkové plyny?

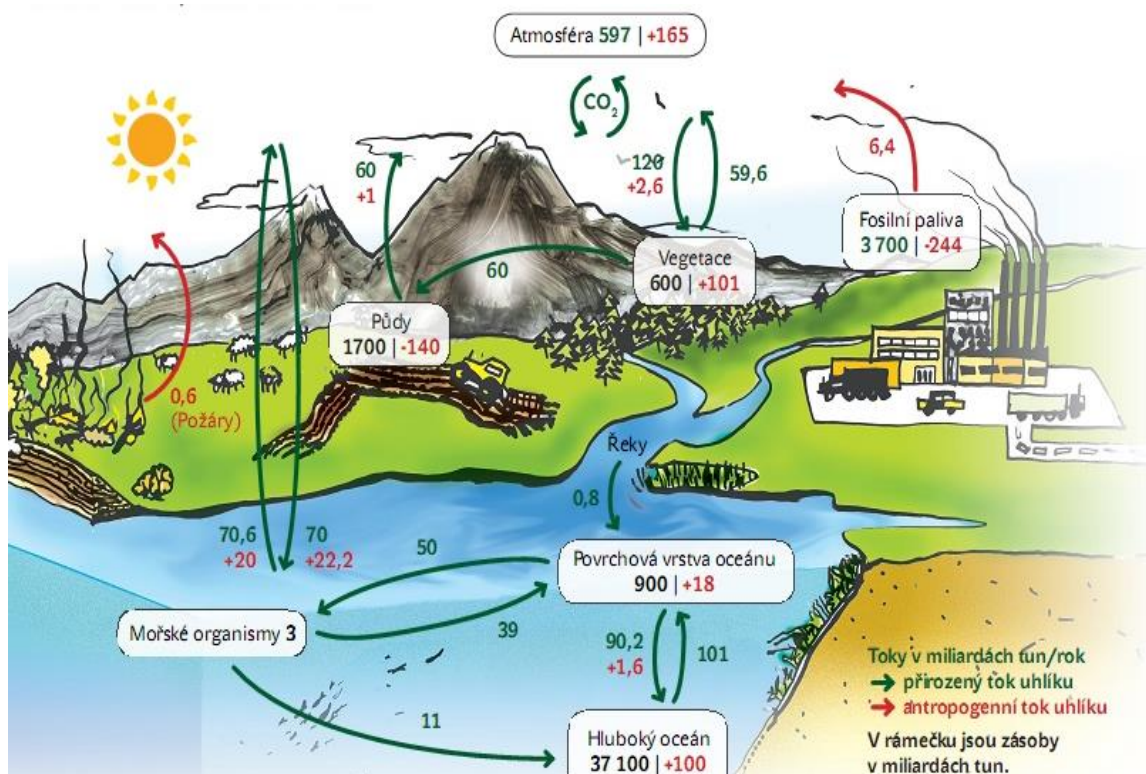
- *Spalování fosilních paliv* – ropy, uhlí, zemního plynu, dřeva.
- *Výroba elektrické energie a průmysl* – pokud jsou zdrojem energie fosilní paliva.
- *Zemědělství* – nadměrné používání hnojiv, chov hospodářských zvířat, exkrementy.
- *Doprava* – spalování fosilních paliv, biopaliv.
- *Odlesňování* – dochází k uvolňování CO₂ do atmosféry.
- *Skládkování* – skládkováním mohou také vznikat skleníkové plyny.
- *Domácnosti* – topení, ohřev vody, vaření, používání elektrických spotřebičů a svícení (pokud odebírám z elektráren z fosilních zdrojů) a také odpady.
- *Osobní spotřeba* – materiální i konzumní spotřeba jedince a jeho preference také výrazně ovlivňují množství vyprodukovaných skleníkových plynů.



Obrázek 8 Podíl jednotlivých sektorů na produkci skleníkových plynů podle Mezivládního panelu pro změnu klimatu (2014).

6.1.10 Co je to uhlíkový cyklus Země?

Některé skleníkové plyny obsahují chemický prvek uhlík a jsou proto součástí přirozeného **uhlíkového cyklu Země**. Mezi tyto plyny patří také oxid uhličitý a metan, které se v přírodě vyskytují zcela přirozeně.



Obrázek 9 Globální uhlíkový cyklus Země.

Uhlík je ve velkých koncentracích vázán **v oceánech, v atmosféře, v biosféře, pedosféře i litosféře**. V oceánech se vyskytuje hlavně ve velkých hloubkách, na mořském dně vázaný v sedimentech, jako rozpuštěný oxid uhličitý a v planktonu. Atmosférický uhlík je součástí zejména oxidu uhličitého a metanu. Biosféra pak zahrnuje těla rostlin a živočichů, kterých je uhlík základní stavební součástí. Oxid uhličitý je také součástí fotosyntézy rostlin, při kterém se spotřebovává, zatímco při dýchání živočichů se uvolňuje nazpět. Uhlík je vázáný také v půdě a horninách, kde se vyskytuje ve vysoké koncentraci v sedimentech jako je uhlí, ropa a zemní plyn.

Jelikož jsou atmosféra, svrchní vrstvy oceánu, biosféra a půda velmi úzce propojeny, vyměňují si vzájemně velké množství uhlíku, které dokonce převyšují množství lidmi vytvořených emisí. Protože je však **uhlíkový cyklus v přírodě velmi dobře vyrovnaný**, tak je množství uhlíku, které se dostává do atmosféry stejně velké jako množství, které je z něj odstraněno.

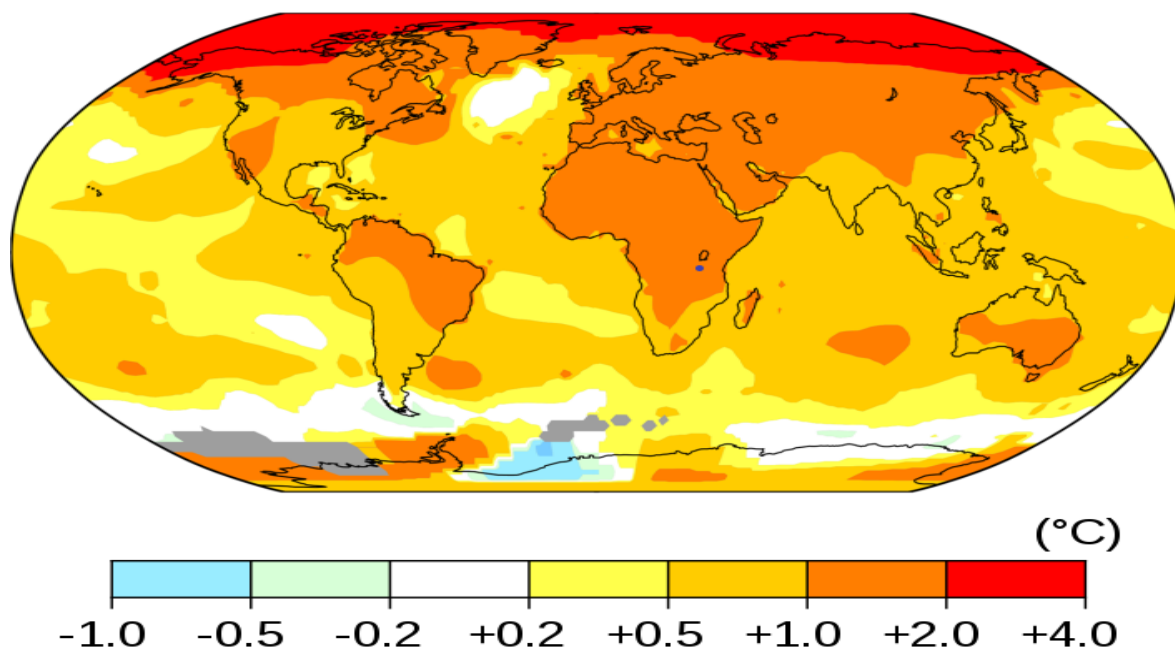
Největším problémem je v současné době **těžba a spalování fosilních paliv (ropy, uhlí, zemního plynu)**, při které se do atmosféry dostává velké množství skleníkových plynů, které by jinak zůstaly uloženy pod zemí. Ke zvyšování skleníkových plynů v atmosféře významně přispívá také **odlesňování**, při kterém se do atmosféry uvolňuje velké množství oxidu uhličitého. Výsledkem je **narušení globálního uhlíkového cyklu**, zvýšení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře a růst globální teploty a dalších doprovodných jevů.



✓ *Amazonský deštný prales je největší tropický deštný les na naší planetě a jeho rozloha představuje více než polovinu všech tropických deštných lesů planety. Bohužel i ten rychle mizí. Na těchto stránkách se dozvíš tempo úbytku, její příčiny a důsledky. [Nemocné plíce planety. Jak mizí amazonský prales - Aktualně.cz](http://Aktualne.cz/nemocne-plice-planety-jak-mizi-amazonsky-prales) (aktualne.cz)*

6.1.11 Jaké jsou projevy a důsledky změny klimatu?

Základním projevem změny klimatu je **růst globální teploty povrchu Země**. Tato měření provádíme zhruba posledních 150 let a za tuto dobu stoupla průměrná teplota Země zhruba o 1 °C. Zároveň platí, že proces oteplování není konstantní a některá místa na Zemi se oteplují rychleji. Jedná se zejména o kontinenty, ale také třeba o oblast Arktidy. Pomaleji se oteplují hlavně oceány, neboť mají větší tepelnou kapacitu a mohou tak pohltit více nadbytečného tepla.



Obrázek 10 Růst teploty povrchu Země v jednotlivých regionech v posledních 50 letech.

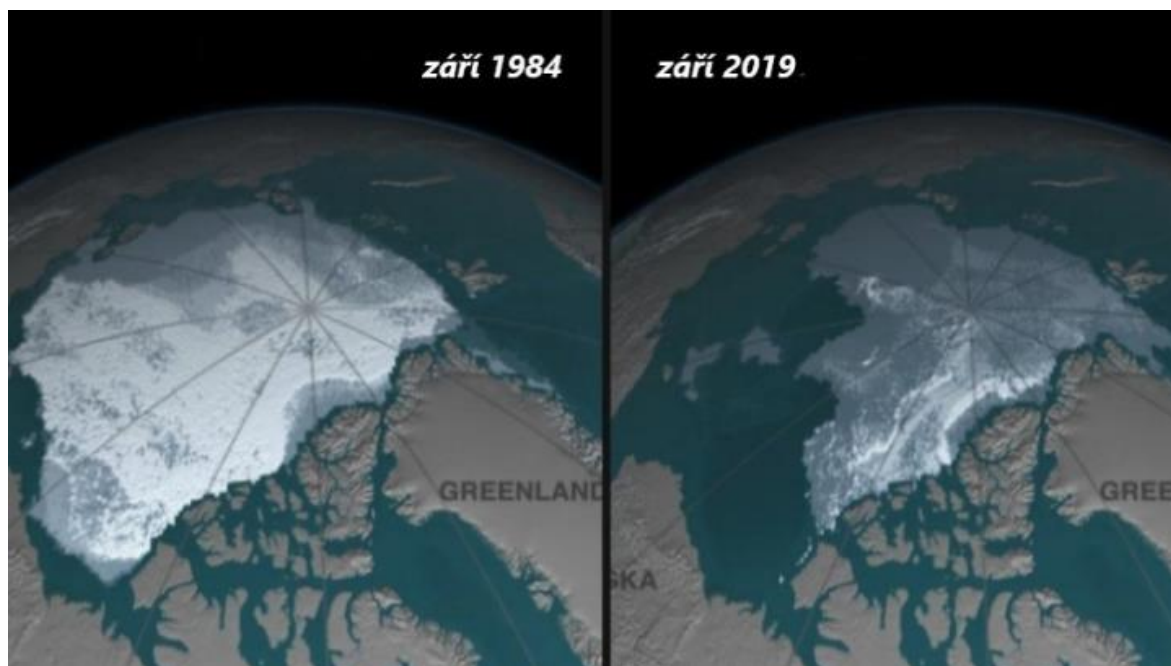


✓ Víš, jak se měnila globální teplota povrchu Země v letech 1880–2019? Navštiv stránky NASA. [Video: Global warming from 1880 to 2019 – Climate Change: Vital Signs of the Planet \(nasa.gov\)](#)

Kromě růstu globální teploty, **tají ledovce po celém světě**. Úbytek ledu je zaznamenán v Grónsku, Antarktidě a na horských ledovcích. Výrazně také **ubývá arktický mořský led a pevninský permafrost**. Vlivem tání ledovců, sněhové pokrývky a mořského ledu dochází ke snižování albeda (odrazivosti) zemského povrchu, což následně tyto oblasti více zahřívá, neboť přitahují více slunečního záření.

Většina permafrostu se nachází v pevninské části Arktidy, a právě v těchto oblastech dochází k mnohem vyššímu oteplování než kdekoli jinde na světě. Tání permafrostu je nebezpečné hned z několika důvodů. Rozmrzáním půdy dochází k destabilizaci budov, komunikací nebo lesních porostů a půdy. Led v permafrostu navíc může obsahovat i velmi staré viry či bakterie, které zde mohou být zakonzervovány i tisíce let.

Asi nejzávažnějším důsledkem rozmrzání permafrostu je skutečnost, že může dojít k uvolnění velkého množství půdního metanu a oxidu uhličitého, který se pod ním ukrývá. Toto by pravděpodobně vedlo k dalšímu oteplování planety. Oteplování arktických oblastí má navíc velký vliv na tamní velmi citlivé ekosystémy, protože se mění životní podmínky pro růst rostlin ale také pro tamní živočichy. Dopady oteplování pocítují i tamní národy, které často žijí původním způsobem života.



Obrázek 11 Porovnání úbytku mořského ledu v Arktidě v pozdním létě mezi roky 1984 a 2019.



✓ *Zajímá tě, jak může oteplování planety negativně současně ovlivňovat život obyvatel ostrovů Grónska a Tuvalu vzdálených tisíce kilometrů od sebe? Podívej se na tento dokument. [ThuleTuvalu - Globální rozvojové vzdělávání - Původní kultury - JSNS](#)*

Kvůli tání ledovců a tepelné roztažnosti vody dochází ke **zvyšování úrovně mořské hladiny** v řádech několika milimetrů za rok. Vyšší hladina oceánů také přispívá k vyšším záplavovým nebo přílivovým vlnám během tropických bouří. Jelikož se bude tento růst hladiny postupem času zvyšovat, představuje velké nebezpečí pro všechny nízko položené ostrovní a pobřežní oblasti.

Protože je oceán schopen absorbovat velkou část tepla a oxidu uhličitého z atmosféry, dochází k jeho **ohřívání a okyselování**, což má negativní vliv na oceánskou faunu a flóru. Při zvýšené kyselosti totiž dochází k hynutí drobných korýšů a k poklesu mořské biodiverzity. Okyselení v souvislosti s růstem teploty navíc způsobuje odumírání mořských korálů, které představují nejbohatší mořské ekosystémy a často fungují jako přirozené bariéry proti vysokým přílivovým vlnám. Narušení přirozených základních článků potravního řetězce povede také k úbytku množství mořských ryb, které představují hlavní zdroj obživy rybářů v chudých pobřežních oblastech.

Oteplování může mít důležitý vliv také na **koloběh vody v přírodě**. Oteplování světového oceánu vede ke zvýšenému výparu vody a teplejší atmosféra je navíc schopna udržet větší množství vodní páry, která zesiluje skleníkový efekt. Změna teplot a tlaku vzduchu poté mění geografické rozložení srážek a jejich intenzitu. Suché oblasti se stávají ještě suššími a zásoby vody se snižují. Následkem však mohou být také silnější a častější tropické bouře, přívalové deště, záplavy nebo brzké či naopak opožděné monzuny.



✓ *Zaregistroval jsi nějakou velkou tropickou bouři v posledních letech?*

Vyšší teploty atmosféry zvyšují výpar vody v krajině a vedou k častějšímu výskytu **suchých období**. Sucho je navíc umocňováno nesprávným způsobem hospodaření v krajině, která neumí vodu efektivně zadržet. Při intenzivních deštích voda z krajiny odtéká a často způsobuje erozi zemědělské půdy. Doplnění chybějících vodních zásob často znemožňují také nadměrné odběry průmyslu, zemědělství a domácností.



✓ *Zamysli se, jaký globální důsledek může představovat úbytek zdrojů vody v hustě zalidněných oblastech Číny, Bangladěše, Indie nebo Pákistánu?*

V důsledku změny klimatu se také **mění charakteristické rysy počasí** pro daná území. Příkladem je charakteristický chod ročních období v mírných podnebných šířkách, ale také pozdní nástup monzunů v jihovýchodní Asii nebo nástup období dešťů v afrických savanách.

V posledních letech také **stoupá výskyt extrémních meteorologických jevů**. Zvyšuje se počet dnů s velmi vysokou teplotou a klesá počet dnů s nízkou teplotou. Vlny veder jsou delší, intenzivnější a častější. V důsledku vyšších teplot a vyššího výparu také přibývá extrémních srážek, které zvyšují riziko náhlých povodní. V tropických oblastech roste počet hurikánů a zvyšuje se jejich síla a intenzita.

S rostoucí teplotou v kombinaci se suchem se také **zvyšuje riziko lesních požárů**, které mohou představovat významný zdroj oxidu uhličitého. Kromě emisí vzniklých při samotném hoření, dochází současně k odlesňování, úbytku biodiverzity a často také k velkým ekonomickým škodám a ztrátám na životech. Velké požáry jsou v posledních letech stále častější, a kromě typických oblastí, kterými jsou suché oblasti Austrálie, Kalifornie nebo Středomoří, se požáry vyskytují už i v tropických nebo severských boreálních lesích. Velmi nebezpečné jsou také požáry rašelinišť, neboť ty obsahují velké množství vázaných skleníkových plynů.



✓ *Víš, proč mohou být požáry severských boreálních lesů (tajgy) velmi nebezpečné? Požár se v jehličnatých lesech šíří rychleji a vzniklé saze s popílčkem můžou dopadat na polární ledovce a urychlovat tak jejich tání, neboť jsou tmavé barvy a snižují odrazivost slunečních paprsků.*



✓ *Zaznamenal jsi v posledních letech v médiích nějaký významný požár?*

Díky změně podnebí taktéž dochází také k posunu vegetačních pásem a migraci živočišných a rostlinných druhů. V souvislosti s globálním oteplováním dochází po celém světě k **úbytku biologické rozmanitosti živočichů a rostlin**, neboť se neumějí na nové podmínky s takovou rychlostí adaptovat a zároveň se snižuje jejich přirozené prostředí pro život. Rychlost úbytku druhů na Zemi je v současné době tak vysoká, že někteří vědci dokonce hovoří o **šestém masovém vymírání** v dějinách Země. Biologická rozmanitost je však zcela zásadní pro každý biotop na Zemi a jeho stabilitu. Úbytek biologické rozmanitosti totiž může vést až ke zhroucení celého ekosystému.



✓ Věděl jsi, že v současné době tvoří divoká zvířata pouze 3 % hmotnosti všech obratlovců na Zemi?



✓ Zkus popsat souvislosti mezi příčinami a důsledky současné klimatické změny a zamysli se, jaké globální hrozby může klimatická změna představovat pro dnešní svět?



✓ Na úbytek biodiverzity úbytek přirozeného prostředí upozorňuje známý moderátor dokumentů o přírodě Sir. David Attenborough. Devadesátí čtyř letý biolog ve svém novém filmu „**Život na naší planetě**“, upozorňuje, jakým způsobem člověk změnil planetu během jeho života. Na tento film se určitě podívej!

6.1.12 Jaké projevy změny klimatu očekáváme v ČR

Dopady *změny klimatu se projeví také v České republice*. Přestože v naší zemi nehrozí zaplavení mořem nebo zesilující tropické cyklóny, tak i zde se klimatické změny budou projevovat. Hlavní projevy bude představovat *zvyšující se teplota vzduchu a změny v rozložení a úhrnech srážek*. Častěji se mohou vyskytovat *suchá období* nebo naopak velké *přivalové srážky s následnými povodněmi*, na které mají vliv také necitlivé zásahy člověka na říčních tocích a špatná správa přírodní krajiny.

Česko je označováno jako střecha Evropy, protože k nám z jiných států žádná voda nepřitéká. Ve skutečnosti můžeme hospodařit pouze s tím, co na našem území spadne v podobě srážek, a proto je důležité tuto vodu v krajině zachytit a zadržet. Česká krajina *není v současné době na klimatickou změnu připravená* a celkově je *málo odolná*, proto je třeba v krajině učinit řadu opatření, které zvýší její odolnost a schopnost přizpůsobit se změnám klimatu.

Intenzivní a průmyslové zemědělství je v současné době založeno na obhospodařování velkých obdělávaných monokulturních ploch s minimem protierozních opatření. Rostoucí teplota v kombinaci se suchem však *zasáhne právě sektor zemědělství*, které navíc v současné době není závislé na závlahách, ale pouze na přirozených srážkách.

Velmi *trpět bude také lesní krajina*, neboť v důsledku vysokých teplot, sucha a rozmnožení dřevokazného hmyzu dojde k oslabení velké části smrkových a borovicových lesů, které můžeme pozorovat již nyní. S rostoucí teplotou a suchem se však také *zvyšuje riziko lesních požárů* či *snížení biodiverzity*.

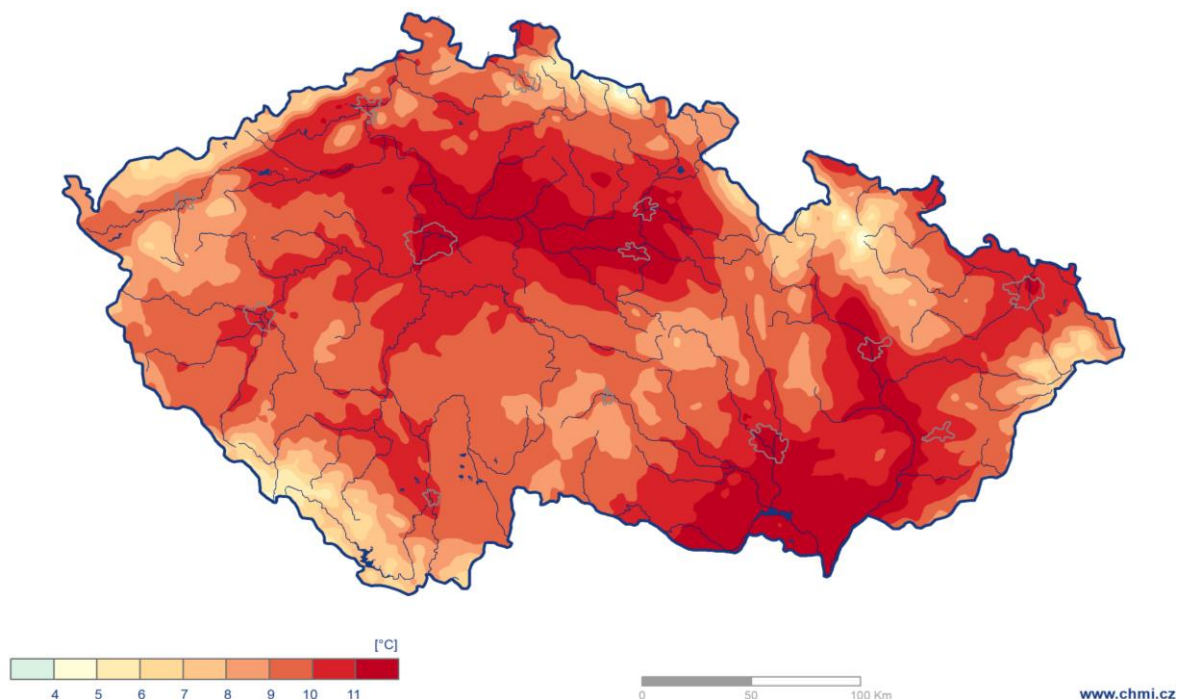


✓ *Jedním z největších problémů České republiky se v posledních letech stává sucho. Proto vznikl projekt Intersucho poskytující aktuální údaje o stavu sucha v ČR. Jak je na tom naše půda zjistíš na stránkách Intersucha: [Intersucho](#)*



✓ *Na problematiku sucha v ČR upozorňuje také dokument České televize Suchá kalamita. [Pološero: Suchá kalamita — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](#)*

Řada oblastí v České republice čelí také velkému **úbytku podzemní vody**. Na vině je často přitom nejen nedostatek srážek, ale také neuvážená a nadměrná spotřeba obyvatel. Velký problém také představují zimy bez sněhu, neboť právě sněhová pokrývka vždy snižovala výpar půdy, ochlazovala krajinu díky vyšší odrazivosti slunečního záření a umožňovala postupné odtávání a vstřebávání vody v jarních měsících. Se změnou vodního režimu lze očekávat také **snížení množství průměrných průtoků vodních toků**, které mohou vést ke **snížení dostupnosti vody a její kvality**.



Obrázek 12 Rok 2018 byl zatím vůbec nejteplejší v historii měření teplot v České republice. Průměrná teplota území ČR činila 9,6 °C, což je o 2,1 °C více než průměr z let 1961–1990.

Vysokým teplotám budou častěji čelit obyvatelé **větších měst**. Zde je výsledná teplota umocňována tzv. tepelným ostrovem města, kde v důsledku vysoké koncentrace obyvatel, velkého množství asfaltových cest, betonových ploch a zděných budov v kombinaci s nedostatkem přirozené zeleně, může hodnota teplot dosahovat **k teplotám vyšším až o 5 °C** oproti teplotám na venkově.



✓ *O tom, jakým způsobem se změna klimatu dotýká České republiky a jak lze tuto situaci řešit, pojednává série dokumentů České televize, s názvy *Klima mění Česko* a *Česko řeší klima*.*



✓ [Klima mění Česko — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](https://www.ceskatelevize.cz)

✓ [Přehled dílů — Česko řeší klima — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](https://www.ceskatelevize.cz)



✓ *Čeští vědci se snaží dopady klimatické změny na našem území předpovídat, a proto vznikly modely dopadů klimatické změny. Podrobnosti najdeš na těchto stránkách Klimatické změny [Klimatická změna v České Republice \(klimatickazmena.cz\)](https://www.klimatickazmena.cz)*

✓ *Jak rostla průměrná teplota v ČR, se můžeš dozvědět na stránkách Fakta o klimatu. [Průměrná roční teplota v ČR \(faktaoklimatu.cz\)](https://www.faktaoklimatu.cz)*



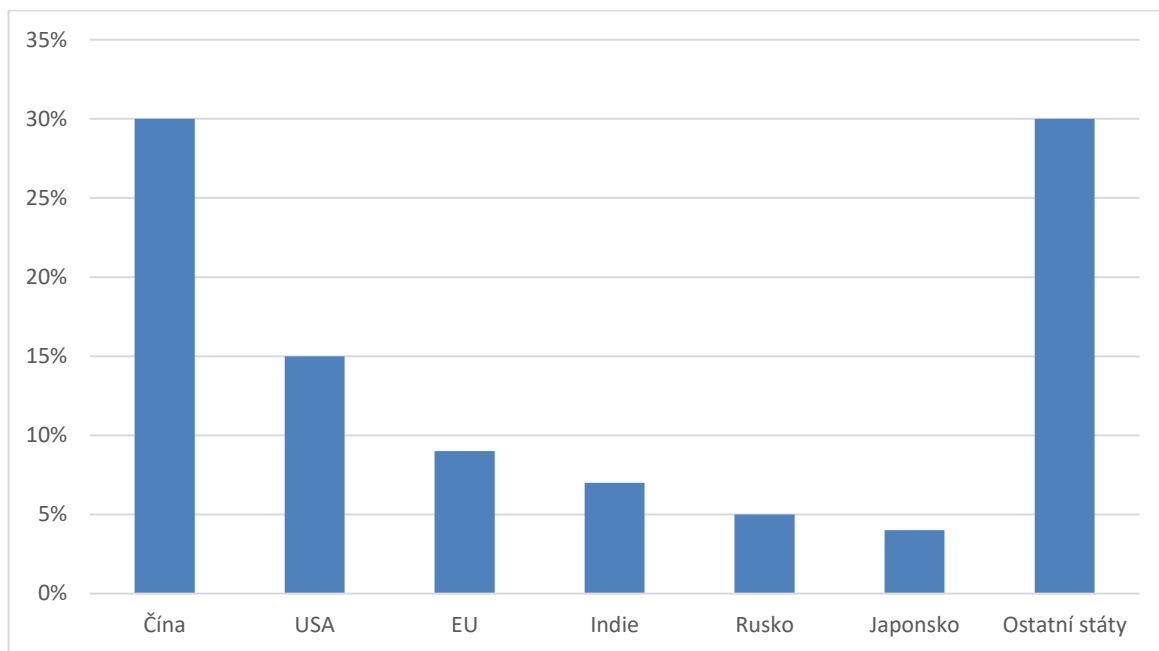
Obrázek 13 Sucho bude v ČR představovat pravděpodobně jeden z největších problémů v následujících letech.



✓ *Půdní eroze a půdní sucho představuje již dnes jeden z největších problémů českých zemědělců. Zamysli se a navrhní způsoby, jakými by se daly tyto problémy zmírnit.*

6.1.13 Které státy se podílí na globálním oteplování nejvíce?

Nejvíce se na celosvětových emisích absolutně podílí **Čína, jejíž podíl je asi 30 %, následují Spojené státy americké s 15 % a státy Evropské Unie se zhruba 9 %**. Je však třeba zdůraznit, že tyto hodnoty by byly výrazně odlišné při přepočtu skleníkových plynů na jednoho obyvatele země. Nejméně se na klimatických změnách podílí malé ostrovní státy, které produkují jen minimální nebo žádné skleníkové plyny.



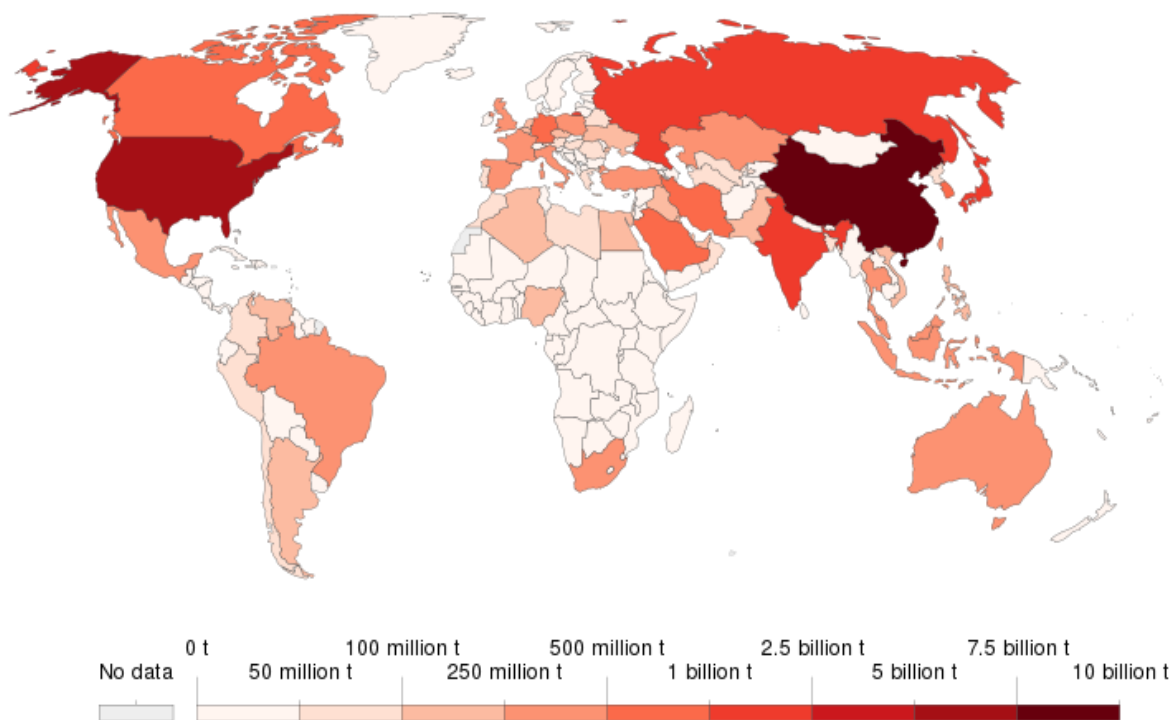
Obrázek 14 Podíl jednotlivých států na emisích skleníkových plynů v roce 2014 podle Agentury pro ochranu životního prostředí v USA.

Často v této souvislosti hovoříme o *tzv. klimatické (ne)spravedlnosti*. Klimatické dopady navíc nepůsobí na všechny obyvatele (státy) planety stejně. Vyspělé – bohaté státy světa mají obecně v boji proti klimatu lepší podmínky, než státy rozvojové – chudé, neboť obecně disponují většími finančními možnostmi a účinnou možností adaptace.

Zjednodušeně můžeme říct, že bohaté státy jsou proti klimatickým změnám **odolnější a méně zranitelné** než státy chudé. Souvisí to také se skutečností, že v chudých státech pracuje velký počet obyvatel v zemědělství, které může být v těchto státech klimatickou změnou silně zasaženo. Význam má ale také geografická poloha a přírodní nebo jiná rizika daného regionu.



✓ *Zajímá tě, které státy produkují největší množství emisí skleníkových plynů a jak se měnilo množství jejich produkce v minulosti? Navštiv tyto stránky: [CO2 Emissions / Global Carbon Atlas](#)*



Obrázek 15 Mapa států světa podle absolutních emisí CO₂ v roce 2017.

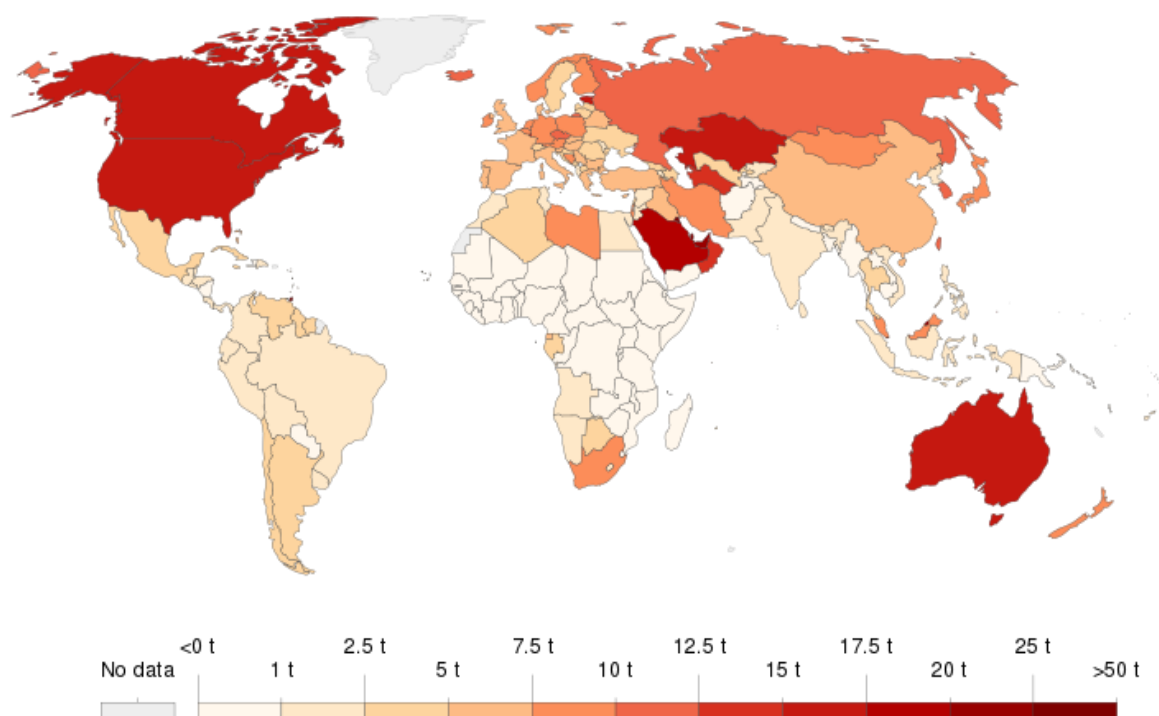
Protože mnohé bohaté státy vybudovaly svoji ekonomiku a bohatství v minulosti díky **průmyslové revoluci** za pomoci **spalování fosilních paliv**, měly by také přijmout **větší odpovědnost** za tento problém, neboť v rámci rozvoje své ekonomiky vyprodukovaly velké množství skleníkových plynů.



✓ *Taktéž Spojené státy americké, jako vyspělý stát s vysokým množstvím vypouštěných skleníkových plynů čelí v posledních letech důsledkům klimatických změn stále častěji. Jihovýchodní státy USA bývají čím dál častěji zasahovány velmi silnými hurikány, v Kalifornii stoupá počet požárů a jejich rozsah, jihozápad a centrální oblasti čelí zvyšujícímu se nedostatku pitné vody a klesající hladině podzemních zdrojů a východní pobřeží a nízko položená území rovněž čelí zvyšující se hladině oceánů.*



✓ *Pomocí internetu zjisti, jaký vliv měla volba 46. prezidenta Spojených států amerických Joe Bidena z hlediska přístupu Spojených států amerických k boji s klimatickou změnou.*



Obrázek 16 Mapa států světa podle emisí CO₂ v relativních hodnotách přepočtených na obyvatele v roce 2017.



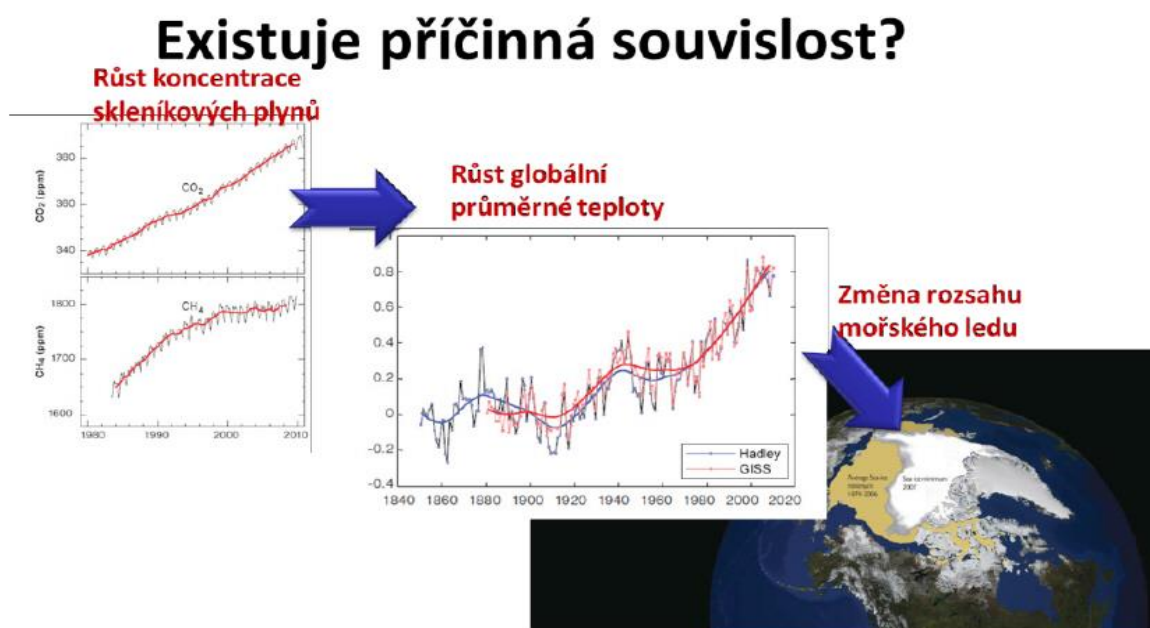
✓ *Velmi zajímavý je příklad Číny, která byť sama vypouští obrovské množství skleníkových plynů díky prudkému hospodářskému rozvoji posledních desetiletí a může být klimatickou změnou sama vážně poškozena. Hrozbu pro Čínu představuje zvyšující se vodní hladina a vysoké přílivové vlny v nízko položených a hustě osídlených oblastech při pobřeží a ústí velkých řek, dále sucho silící v centrální a severní oblasti, zvyšující se oblasti sucha, které mohou snižovat zemědělské výnosy a narušit potravinovou soběstačnost země a v neposlední řadě snižující se zásoby pitné vody v důsledku ubývání přírodních rezervoárů, ať už z horských ledovců či podzemní vody.*



✓ *Zamysli se, jaký je tvůj vlastní názor na klimatickou (ne)spravedlnost. Měly by bohaté a vyspělé státy, jejichž průmysl a rozvoj byl založen na spalování velkého množství fosilních paliv, platit větší množství prostředků na boj s klimatickou změnou?*

6.1.14 Proč je vliv člověka na globálním oteplování zpochybňován?

Přestože v současné době stále existují lidé, kteří popírají tuto problematiku, tak *nemají relevantní důkazy či studie*, které by mohly tyto poznatky vyvrátit. Často se jedná o společnosti lobující za své zájmy související s těžbou a prodejem fosilních paliv. Nebo o stanoviska lidí, kteří nejsou odborníky v této problematice a nerespektují dosavadní vědecké poznatky. Mezi vědci panuje jednoznačný vědecký konsenzus, že za současnou změnu klimatu může jednoznačně *člověk a jeho činnost na planetě*.



Obrázek 17 Vědci jednoznačně tvrdí, že příčinná souvislost existuje.



✓ Podle článku *hospodářských novin* z roku 2011 jen 23 vědeckých studií z celkových 13 950 za posledních 21 let odmítalo globální změnu klimatu. → [Jen 23 vědeckých studií z 13 950 za posledních 21 let odmítá globální změnu klimatu | Hospodářské noviny \(iHNed.cz\)](#)

6.1.15 Proč je důležité chránit lesy na naší planetě?

Rostliny jsou během svého růstu schopny *velmi efektivně pohlcovat množství oxidu uhličitého*, které využívají zejména k fotosyntéze. Zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého podporuje růst rostlin, a proto se pohlcování uhlíku biomasou považuje za dobrý *způsob snižování emisí skleníkových plynů*. Lesy totiž zadržují asi 50 % organického uhlíku na Zemi a dohromady tvoří asi 80 % veškeré biomasy.

Rostliny také umí při vyšších koncentracích CO₂ efektivněji využívat vodu a vytvářet hlubší kořenový systém, který napomáhá s příjmem vody a živin. Využití oxidu uhličitého rostlinami má však také svoji horní hranici a při vysokém nárůstu teploty a nedostatkem vody nejsou tyto výhody dostatečné. **Rozloha lesů na Zemi** se v posledních desítkách letech **snížovala**. Na vině bylo zejména masivní kácení v tropických oblastech, které dnes probíhá nejvíce v oblastech Amazonie a Indonésie.



Obrázek 18 Kácení tropických deštných lesů představuje pro planetu obrovský problém.



✓ *Věděl jsi, že v tropických oblastech lidé často zakládají požáry úmyslně za účelem vzniku nebo rozšíření zemědělské půdy. Takto získaná půda však není zemědělsky dlouho efektivní, rychle se vyčerpá, a proto lidé kácejí další nové oblasti lesa.*

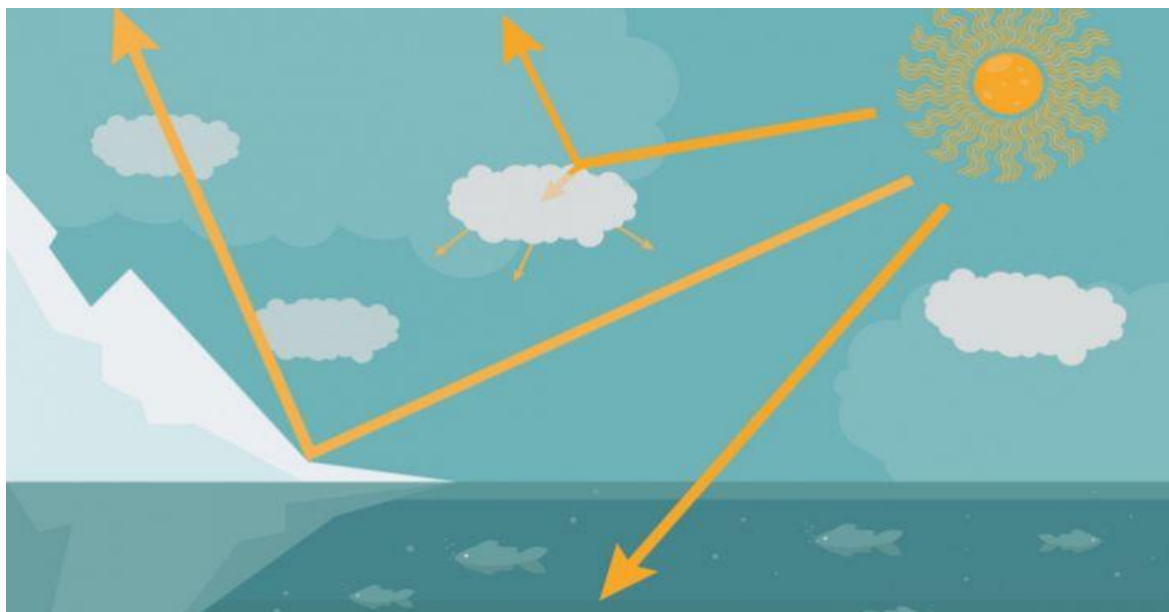
Role lesů v přírodě je však důležitá i z jiných důvodů. Lesy fungují jako zásobárna vody, přispívají k tvorbě srážek, zachytávají nečistoty vzduchu, ohlazují okolí, zabraňují erozi půdy a představují domov pro mnoho zvířat a rostlin. Existence lesů má navíc podstatný vliv na biodiverzitu planety. Jen v tropických lesích žije zhruba polovina všech biologických druhů souše. Pro mnoho obyvatel na Zemi představuje bohatství lesů také zdroj obživy.



✓ *Za největší problém v současnosti se považuje kácení tropických deštných lesů za účelem zisku nové zemědělské půdy pro tamní obyvatele. Zamysli se a zkus navrhnout možnosti řešení tohoto problému.*

6.1.16 Můžeme předpovídat, jak se bude klima měnit?

Předpovídat změny klimatu do budoucna je těžké kvůli tzv. *zpětnovazebných mechanismům klimatu*. Jedná se o procesy, které mohou budoucí oteplení *zpomalovat* (*zeslabovat*) – negativní zpětné vazby nebo naopak *urychlovat* (*zesilovat*) – tzv. pozitivní zpětné vazby.



Obrázek 19 Mořský led odráží až 90 % sluneční energie zpět, zatímco mořská voda více jak 90 % tepla pohlcuje.

Příkladem zesilujícího efektu může být zvyšující se teplota v oblasti Arktidy, při které dochází k tání mořského ledu a pevninských ledovců. Led a sníh totiž velmi efektivně odráží slunečního záření, a proto tuto oblast sám o sobě ochlazuje. Při jeho roztátí však tmavá mořská hladina pohlcuje daleko větší množství slunečního záření a tento proces následně celou oblast výrazně otepluje.

Příkladem zeslabujícího efektu je při oteplení atmosféry v důsledku vyššího výparu ve vyšších zeměpisných nebo nadmořských výškách větší pravděpodobnost sněhových srážek, které následně mohou krajinu ochladit, neboť velmi dobře odráží sluneční záření. V celkovém součtu těchto zpětnovazebných efektů však *pozitivní – zesilující efekty převažují*, takže se *celkové oteplení planety spíše urychluje*.

Přestože je předpověď klimatu tedy velmi složitá, vytvořili odborníci z Mezivládního panelu pro změnu klimatu pomocí speciálních *globálních klimatických modelů různé klimatické scénáře*, které závisí na tom, jak velké množství skleníkových plynů bude lidstvo do ovzduší dále vypouštět.

6.1.17 Jaké jsou scénáře klimatické změny?

Předpověď vývoje klimatu do budoucna závisí zejména na celkové míře oteplení. Vědci předpovídají, že při **nárůstu teploty do 2 °C** od průmyslové revoluce nedojde k velmi závažným změnám na planetě a **následky vzrůstu teploty budou mnohem menší než při vyšší míře oteplení**. Zjednodušeně řečeno, život na planetě Zemi bude pokračovat podobně tak, jak jej známe. I přesto je velmi pravděpodobné, že se bude zvyšovat problematika sucha a nedostatku pitné vody, které budou mít negativní vliv na zemědělství. Extrémní meteorologické jevy budou rovněž častější a intenzivnější.

Naopak **překročení hranice 2 °C** již může mít za následek **závažnější dopady** nejen na přirozené systémy, ale také na lidské společenství. V důsledku zvýšené teploty se předpokládá úbytek tropických lesů, poškození některých druhů ekosystémů, vymírání značného množství druhů rostlin a živočichů, ale třeba také migrace obyvatel v důsledku nedostatku vody a potravinových zdrojů.

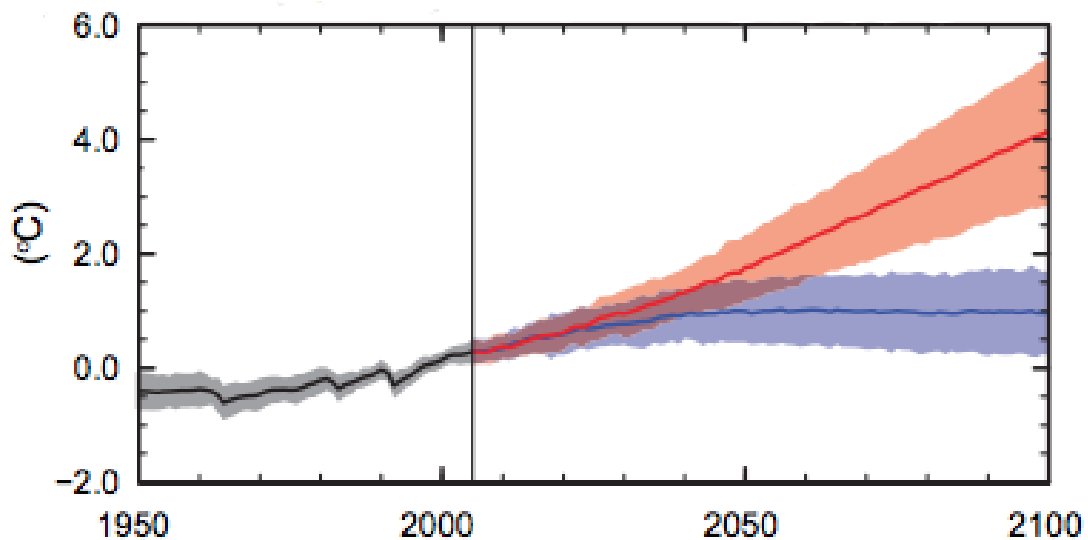


✓ *Zamysli se, jaké jsou příčiny velké migrace občanů Sýrie do Evropy. Mohla zde sehrát nějakou roli klimatická změna? Existuje podobné riziko i v jiných státech?*

Překročení hranice 3 °C bude mnohem závažnější a změny většiny systémů budou pravděpodobně **nevratné**. Došlo by k významnému úbytku ledovců a dramatickému zvýšení mořské hladiny, která zaplaví pobřežní oblasti. Ohroženo bude také mnoho vodních zdrojů, ať už vlivem růstu teploty, suchem nebo zasolováním půdy či podzemních vod.

Při **překročení teploty o 4 °C** bude výrazně **znemožněno dlouhodobé přežití lidského druhu na naší planetě**. Důsledky změny by byly tak závažné, že by vedly k rozvratu jednotlivých států a možná **kolapsu celé lidské civilizace**. Některé oblasti na zemi by byly **zcela neobyvatelné**, což by vedlo k obrovské migraci obyvatel. Roztátí pevninských ledovců Arktidy a Antarktidy by zvedlo mořskou hladinu o více než 60 metrů a zcela zaplavilo pobřežní oblasti. Přirozené systémy planety by byly zcela jiné než dnes a **planeta by od té dnešní byla naprosto odlišná**.

Alarmující by měla být nedávná zpráva Organizace spojených národů, která tvrdí, že **v roce 2021 dosáhlo zvýšení teploty planety Země již hodnoty 1,2 °C!**



Obrázek 20 Pravděpodobný nárůst globální teploty povrchu Země v průběhu 21. století. Modrá čára znázorňuje růst teploty při radikálním snížení emisí CO₂, červená čára znázorňuje růst teploty při nepřijetí žádných opatření vedoucích ke snižování emisí CO₂.



✓ *Jak se bude teplota růst v budoucnu? V tomto programu si můžeš nasimulovat jednotlivé podmínky spotřeby, mitigace, politiky a zjistit, jak tato opatření povedou k růstu globální teploty. [En-ROADS \(climateinteractive.org\)](http://En-ROADS (climateinteractive.org))*

6.1.18 Co jsou to body zlomu?

Při **narušení rovnovážného klimatického systému Země** se ze začátku projevují pomalé změny, které jsou méně patrné. Tyto změny však postupem času zrychlují a při překročení určité teplotní hranice se může tento **rovnovážný stav narušen** takovým způsobem, že se již neumí se změnou vyrovnat. To vede k vytvoření nového rovnovážného stavu, který však bude zcela odlišný.

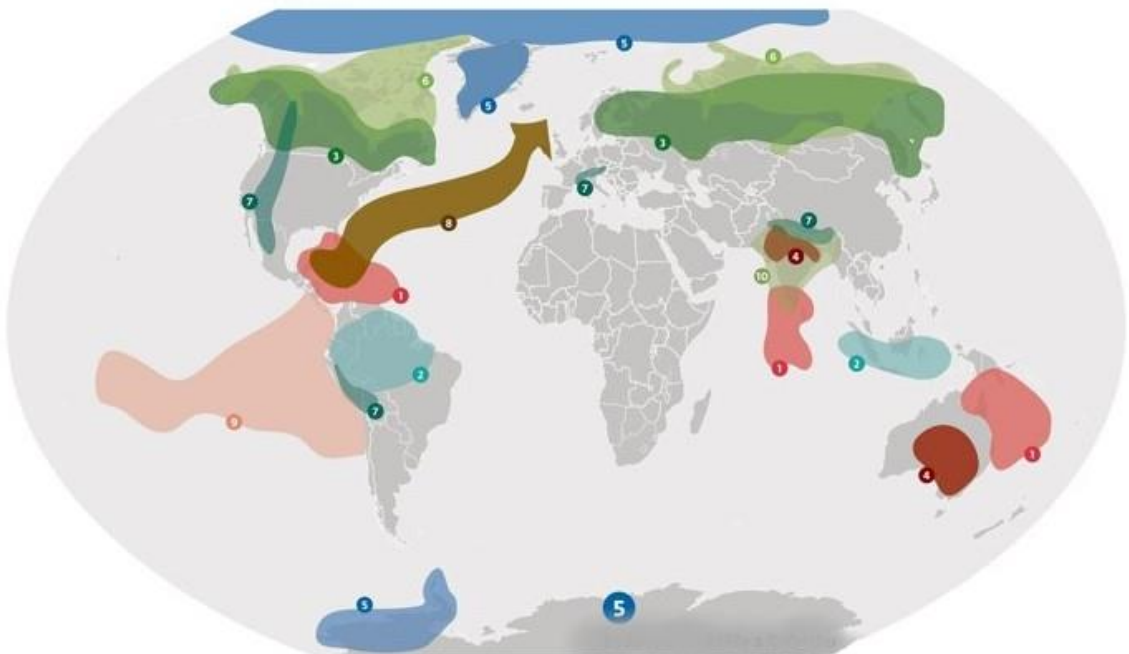
Vědci vypočítali, že pro naši planetu představuje bod zlomu oteplení **okolo hranice 2 °C**, které by vedlo k velmi **závažným a nevratným změnám** na naší planetě. Vědci předpovídají, že pokud lidstvo nepodnikne žádné kroky vedoucí k zastavení nárůstu teplot, může být celkové **oteplení Země do konce 21. století činit 3–4 °C**. Vezmeme-li současně v úvahu, že **od doby průmyslové revoluce se planeta oteplila již o více než 1 °C**, není času jednat nazbyt.



✓ *Zajímá tě, proč je podle vědců hranice 1,5 °C a 2 °C pro naši planetu tak důležitá? Podívej se na vysvětlení IPCC nebo na infografiky Fakta o klimatu. [ipcc-infolist_1.pdf \(ecn.cz\)](#) [Položky se štítkem "budoucnost" \(faktaoklimatu.cz\)](#)*

Jednotlivé přírodní ekosystémy mohou být různě citlivé na míru oteplení a další stresory, a proto mohou být body zlomu jednotlivých ekosystémů různé. Body zlomu uvádějí vědci například pro tyto ekosystémy uvedené na obrázku 21.

1. *Korálové útesy v Karibiku a Oceánii.*
2. *Tropické deštné lesy.*
3. *Severské jehličnaté lesy.*
4. *Kolaps lokálních ekosystémů z extrémního horka.*
5. *Ledovce v Arktidě, Grónsku a Antarktidě.*
6. *Pevninský permafrost.*
7. *Horské ledovce.*
8. *Golfský proud.*
9. *El Niño.*
10. *Změny monzunového proudění v Indii.*



Obrázek 21 Překročení bodu zlomu může způsobit kolaps některých ekosystémů. Čísla na obrázku odpovídají jednotlivým ekosystémům uvedených v textu.

6.1.19 Co dělá lidstvo proti změně klimatu?

V boji proti změně klimatu se v současné době uplatňují dvě základní formy přístupu. Jedná se *mitigaci neboli zmírňování změny klimatu* a jejich následků prostřednictvím snižování emisí skleníkových plynů nebo jejich pohlcování. Příkladem snižování může být přechod na nízkoemisní nebo obnovitelné zdroje energie, příkladem pohlcování pak výsadba nových lesů a udržení těch stávajících.

Druhou strategií je *adaptace na změnu klimatu*, která souvisí s přizpůsobováním se klimatické změně a jejím dopadům. Adaptační opatření by měla vést ke zvýšení odolnosti zemí a obyvatel proti probíhající a budoucím změnám klimatu. Možnosti aplikace mitigačních a adaptačních opatření nejsou pochopitelně všude na světě stejné a platí, že *bohaté státy mají lepší možnosti jejich využití*, neboť si to můžou dovolit.

Příklady mitigačních opatření:

- odklon od těžby fosilních zdrojů paliv,
- přechod na obnovitelné zdroje energie,
- zvyšování energetické efektivity,
- podpora elektromobility,
- snižování energetické náročnosti budov,
- zalesňování.



- ✓ *Za velmi ambiciózní lze považovat závazek Evropské unie, jejíž součástí je také Česká republika. Ten spočívá ve snížení emisí CO₂ o 55 % do roku 2030 oproti roku 1990. Do roku 2050 pak chce být Evropská unie klimaticky neutrální. Odvážné jsou také ambice největšího současného znečišťovatele Číny, která chce do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na 35 % a zvýšit energetickou efektivitu Země.*
- ✓ *Klimatický závazek spočívající ve snížení emisí CO₂ si stanovilo také hlavní město České republiky. Cílem Prahy je snížit emise CO₂ o minimálně 45 % do roku 2030 (oproti roku 2010) a dosáhnout nulových emisí CO₂ nejpozději do roku 2050, což rozhodně nebude jednoduché.*

Příklady adaptačních opatření:

- zvyšováním odolností krajiny prostřednictvím
 - pěstování vhodnějších a odolnějších stromů a rostlin,
 - pestřejší skladby stromů a rostlin,
 - používáním protierozních postupů a technik,
 - zmenšováním rozměrů polí monokulturních plodin,
 - zvyšováním biodiverzity,
- zadržování vody v krajině prostřednictvím
 - lepší péči o lesní krajinu (vhodnější a pestřejší skladbou stromů),
 - lepší péči a pole (využívání travních pásů, remízků, mezí, alejí a sadů),
 - lepší péči o louky (pestřejší květnaté louky),
 - ochranou a obnovou mokřadů a tůní,
- zadržování vody ve městech prostřednictvím
 - zasakovacích systému,
 - zelených střech a fasád,
 - výsadbou městské zeleně,
 - použití zasakovacích chodníků a dlažeb,
 - efektivnější využitím odpadních vod.



- ✓ *Příklady mitigačních a adaptačních opatření v České republice a ve světě najdeš také na stránkách Fakta o klimatu. [Položky se štítkem "opatření" \(faktaoklimatu.cz\)](https://faktaoklimatu.cz)*
- ✓ *Zajímavé informace o možnostech adaptačních strategií měst a jejich konkrétní příklady najdeš na stránkách Adpatace měst na klimatickou změnu. [Adaptace a klimatická změna | Adaptace měst na klimatickou změnu \(ci2.co.cz\)](https://adaptaceaklimatickazzmena.cz)*

Za zcela zásadní pro zastavení nárůstu průměrné globální teploty atmosféry a snížení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře však považujeme odklon od těžby fosilních zdrojů paliv a přechod na obnovitelné zdroje energie, neboť při nepřijetí takovýchto opatření by mohlo dojít k **nárůstu průměrné teploty atmosféry o 3–4 °C** již do konce 21. století.

Proto v roce 2015 přistoupily všechny členské státy OSN k **Pařížské klimatické dohodě**, jejíž cílem je **udržet globální nárůst teploty do 2 °C** a zároveň usilovat o **nepřekročení hranice oteplení o 1,5 °C**. Přestože je Pařížská dohoda klíčová v boji proti změně klimatu, jsou někteří vědci k jejím cílům spíše skeptičtí, neboť tvrdí, že jednotlivé závazky členských států nejsou dostatečné, a že i při přijetí těchto závazků povede oteplení planety Země k hodnotě vyšší než 2 °C.



✓ *Proč je ochrana a výsadba lesů tak důležitá? Kromě toho, že jsou lesy schopny ukládat do své hmoty velké množství atmosférického uhlíku, dokáží také efektivně zadržet vodu v krajině, působí protierozně a ochlazují okolí. Lesy tak ve skutečnosti splňují jak mitigační tak adaptační funkci. Příkladem jejich správné ochrany můžou být státy jako Kostarika nebo Bhútán.*



✓ *Věděl jsi, že v Číně vytvořili za účelem adaptace na změnu klimatu tzv. houbové město? → [How turning cities into giant sponges can help tackle floods - YouTube](#)*

Přestože je situace změny klimatu **velmi vážná, není beznadějná**. Velmi důležité je, aby k této problematice přistoupily **všechny státy světa, a to na všech úrovních** – mezinárodní, státní, krajské, obecní či na úrovni jednotlivce. V případě, že by lidstvo tuto problematiku aktivně neřešilo, znamenalo by to **vážné environmentální, ale také sociální a ekonomické** důsledky.

Velký podíl na boji proti antropogenně způsobeným změnám klimatu měli vědci a skupiny vědců, kteří objevili různé přírodní zákonitosti a jejichž poznatky podnítily vznik mnoha mezinárodních smluv a závazků a vytvoření pracovní skupiny **Mezivládního panelu pro změny klimatu**, který se touto problematikou zabývá a v pravidelných intervalech vydává souhrnné zprávy o stavu klimatu na Zemi, jejich příčinách, důsledcích a rizicích a navrhuje možná řešení.



✓ *Poslední zprávu IPCC přeloženou do českého jazyka, najdeš na stránkách ministerstva životního prostředí: [OEOK-IPCC WGI report oprava2 CZ-20150227.pdf\(mzp.cz\)](#)*

Přehled historických objevů v klimatické vědě a důležitých mezinárodních dohod.



- ✓ *V roce 1824 francouzský matematik Joseph Fourier poprvé definoval princip skleníkového efektu. Vypočítal, že Země bez atmosféry by měla mnohem nižší teplotu.*
- ✓ *V roce 1859 profesor fyziky John Tyndall prokázal, že skleníkové plyny pohlcují infračervené záření a zpětně jej vyzařují. Tyndall vyjádřil obavu, že změny koncentrace skleníkových plynů by mohly způsobit změnu klimatu na naší planetě.*
- ✓ *V roce 1896 švédský chemik a nositel Nobelovy ceny za chemii vypočítal dopady změny koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na růst teploty. Při zdvojnásobení hodnoty CO₂ v atmosféře by mělo dojít ke zvýšení teploty Země o 5–6 °C, avšak předpokládal, že takovýto nárůst teploty bude trvat tisíce let.*
- ✓ *V roce 1938 britský inženýr Guy Stewart Callendar publikoval studii, ve které popsal souvislost mezi spalováním fosilních paliv, nárůstem koncentrace CO₂ v atmosféře a oteplováním zemské atmosféry.*
- ✓ *V roce 1960 publikoval Charles David Keeling první přesná měření zvyšující se koncentrace CO₂ v atmosféře na havajské sopce Mauna Loa. Dnes tento růst koncentrace CO₂ v atmosféře přenesený do grafu označujeme jako tzv. Keelingova křivku.*
- ✓ *V roce 1979 se uskutečnila první světová klimatická konference, kterou pořádala Světová meteorologická organizace. Následkem konference bylo vytvoření Světového klimatického programu, jehož cílem je dodnes sledování a studium přirozených a antropogenních změn klimatu.*
- ✓ *V roce 1988 došlo k vytvoření Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC), jehož cílem je poskytovat aktuální vědecké informace, které se týkají člověkem vyvolané změny klimatu, jejích dopadů a možností, jak se klimatické změně přizpůsobit a mírnit její dopady. IPCC poskytuje v pravidelných intervalech hodnotící zprávy, které shrnují dosavadní zjištěné informace a nabízí určité možnosti řešení.*
- ✓ *V roce 1992 byla přijata Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, která byla důležitým rozhodnutím a odrazovým bodem k boji proti klimatickým změnám, přestože neobsahovala žádné konkrétní závazky pro členské státy.*

- ✓ Ty přinesl až v roce 1997 Kjótský protokol, který zavazoval průmyslově nejvyspělejší státy, které k dohodě přistoupily ke snížení skleníkových plynů o 5,2 % oproti roku 1990, což na vyřešení problematiky změny klimatu rozhodně nestačilo.
- ✓ V roce 2015 přistoupily všechny členské státy OSN k Pařížské klimatické dohodě, jejíž cílem je udržet růst průměrné globální teploty do 2 °C oproti předindustriální době a zároveň směřovat k teplotní hranici 1,5 °C. Tato smlouva je v boji proti změnám klimatu považována za klíčová, neboť na rozdíl od předcházejících, zahrnuje všechny státy světa a jejich konkrétní kroky vedoucí ke snížení skleníkových plynů. Cílem Pařížské dohody je kromě zmíněného udržení růstu teploty dosažení tzv. uhlíkové neutrality států v 2. polovině 21. století.

6.1.20 Jak je na tom v boji proti klimatické změně Evropská unie a ČR?

Státy Evropské unie přistoupily společně s ostatními státy světa na tzv. **Pařížskou klimatickou dohodu**, jejíž cílem je nepřekročit hranici globálního oteplení o 2 °C oproti preindustriální době a zároveň usilovat o nepřekročení teplotní hranice 1,5 °C.

Evropská unie považuje globální změnu klimatu za jeden z největších problémů světa, proto je **výrazné snížení skleníkových plynů a účinná adaptace** jedním z jejich hlavních cílů následujících let. Evropská unie se **zavázala ke snížení skleníkových plynů do roku 2030 o 40 % a do roku 2050 tzv. uhlíkové neutrality**. Proto je na boj proti změnám klimatu ochotna uvolnit značné množství finančních prostředků, které členské státy mají využít na různá mitigační a adaptační opatření, která mohou být v jednotlivých státech, vzhledem k jejich geografické poloze odlišná.



- ✓ Jaké budou dopady změny klimatu v Evropě, se dozvíš z infografiky zpravodajství Evropského parlamentu. [Jak klimatická změna ovlivňuje Evropu \(infografika\) | Zpravodajství | Evropský parlament \(europa.eu\)](#)



- ✓ Strategii EU k uhlíkové neutralitě v roce 2050 najdeš na těchto stránkách. [Cílíme na klimatickou neutralitu do roku 2050 - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#)

V celosvětovém měřítku vypouští Česká republika jen 0,3 % celosvětových emisí CO₂, při přepočtu na 1 obyvatele je však tato hodnota **velmi vysoká a dokonce patříme ke světové špičce znečišťovatelů!** Hlavním důvodem je výroba elektrické energie z hnědého

uhlí, nízký podíl obnovitelných zdrojů elektřiny, výrazné zastoupení průmyslové výroby náročné na energetiku a suroviny, ale třeba také velmi nízkou elektromobilitou a preferencí individuální automobilové dopravy na úkor dopravy veřejné.

Snižování emisí v ČR bude jistě znamenat velké množství finanční nákladů, nicméně **přínos přechodu na nízkoemisní zdroje jistě převáží náklady**, neboť dopady změny klimatu by byly ekonomicky mnohem nákladnější při nepřijetí jakýchkoliv opatření.



✓ Zajímá tě, jak je na tom ČR na své cestě k uhlíkové neutralitě? Přečti si článek: [Česko je na cestě k nízkouhlíkové ekonomice, kráčí ale pozvolným tempem – EURACTIV.cz](#)



✓ Zajímá tě, jak vypadají konkrétní emise skleníkových plynů v ČR, zemí EU a jednotlivých států světa? Podívej se na [Položky se štítkem "emise" \(faktaoklimatu.cz\)](#)

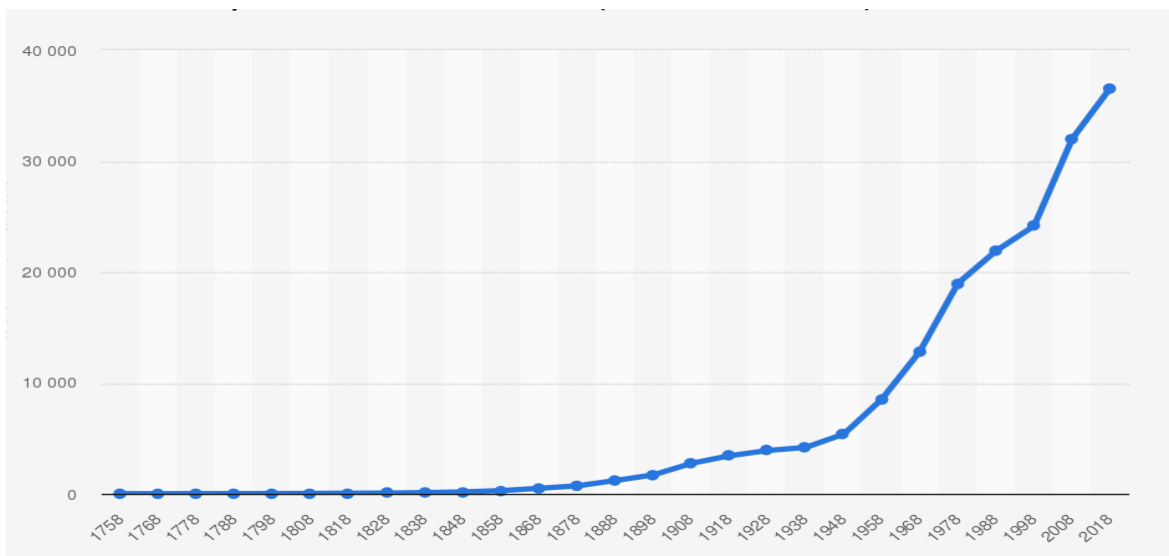


✓ Zamysli se, zda se klimatické změny ve tvém okolí projevují již nyní a uveď nějaké příklady, které pozoruješ.

6.1.21 Je současné snižování emisí CO₂ dostatečné?

Množství vypouštěných emisí skleníkových plynů navzdory varování vědců a přijetí závazků Pařížské dohody **neustále roste**. Tato skutečnost je velmi alarmující, neboť právě v následujících 10 letech bude velmi podstatné, jak lidstvo bude na klimatickou hrozbu reagovat. Důvodem zvyšování emisí ve světě je opětovný nárůst využívání uhlí, zvyšování spotřeby elektrické energie související s růstem hospodářské úrovně a růstem obyvatelstva a zpomalení tempa rozvoje obnovitelných zdrojů.

Velkým problémem se jeví také negativní politika vůči změně klimatu některých klíčových států a jejich politických představitelů. Jako příklad můžou sloužit USA, Brazílie či Austrálie. Problémem můžou být také celkově nízké investice do hledání nových technologických možností snižování emisí skleníkových plynů.



Obrázek 22 Růst globálních emisí CO₂ v letech 1758–2018 v jednotkách milionů tun. Z obrázku je jasné patrné, že globální emise skleníkových plynů neustále rostou.



✓ Dopady změny klimatu jsou na jednotlivé části světa různé a často bývají větší v chudých rozvojových oblastech. Na pomoc nejhůře zasaženým státům vznikl **Zelený rozvojový fond**, do kterého mohou dobrovolně přispívat jednotlivé státy na pomoc nejhůře zasaženým zemím světa ve formě adaptace na již probíhající změnu klimatu nebo na pořízení bezemisních zdrojů energie. Do tohoto fondu přispívá také ČR, nicméně velmi nízkou částkou.



✓ Zamysli se, proč lidstvo zatím není schopno snižovat globální emise skleníkových plynů a zkus navrhnout možná řešení, které by mohla vést ke zmírnění emisí skleníkových plynů.

6.1.22 Jak může uhlíkovou stopu snižovat každý z nás?

Každý člověk během svého života zanechává **osobní uhlíkovou stopu**, neboť přispívá k tvorbě skleníkových plynů. Vliv na jeho množství závisí na způsobu bydlení, využívání dopravních prostředků, konzumem potravin či osobní spotřebou věcí. Každý z nás má však právo volby způsobu svého života, a proto **může svoji uhlíkovou stopu významně snížit**.

Průměrná spotřeba občana ČR je 11 tun ekvivalentu CO₂, což je **nadprůměrná hodnota** proti ostatním státům EU a všech států světa. I z tohoto důvodu je tedy žádoucí, abychom svoji **uhlíkovou stopu snižovali**. Protože velkou část těchto našich emisí tvoří také automaticky emise z českého průmyslu, je vhodné tlačit možnými dostupnými

demokratickými prostředky vedoucí představitele států, krajů či obcí, aby aktivně tuto problematiku řešili a snažili se **snížit emise skleníkových plynů**.



- ✓ *O tom, že i běžný člověk může svými činy měnit svět k lepšímu, svědčí příběh Greta Thunbergové a hnutí Fridays for Future. Zkus zjistit na internetu základní informace o činech této dívky.*
- ✓ *Známé je ale také třeba hnutí Active Citizens, Klimatická koalice nebo hnutí Limity jsme my. Mezinárodní hnutí občanské neposlušnosti Extinction Rebellion dokonce alarmistickým způsobem upozorňuje na možnost vyhynutí a po vládách jednotlivých států požaduje okamžité vyhlášení stavu nouze a neodkladně jednat!*

Příklady možností, jak snížit vlastní uhlíkovou stopu:

- ✓ snižovat spotřebu elektrické energie v domácnosti (zhasínat světla, vypínat elektrické spotřebiče ze zásuvky),
- ✓ nakupovat elektricky úspornější spotřebiče a úsporná světla,
- ✓ nakupovat věci z druhé ruky,
- ✓ využívat obnovitelné zdroje energie (solární panely na střechách domů),
- ✓ zateplít dům či byt,
- ✓ snížit pokojovou teplotu na 18–20 °C,
- ✓ omezit konzumaci masa,
- ✓ třídit odpad,
- ✓ preferovat hromadnou dopravu nebo cestování na kole či pěšky,
- ✓ kupovat méně nepotřebných věcí a nepodporovat konzumní styl života.



- ✓ *Na těchto stránkách si můžeš vyzkoušet vypočítat vlastní uhlíkovou stopu. [Kalkulačka uhlíkové stopy \(uhlikovastopa.cz\)](#) Zamysli se a navrhní změny, které jsi pro planetu schopen udělat hned nebo až v dospělosti.*
- ✓ *Víš, co znamená offsetový (uhlíkový) odpustek? Při zanechání většího množství uhlíkové stopy (např. let letadlem) můžeš zaplatit poplatek, který bude tuto stopu eliminovat např. financování výsadby lesů nebo jiné formy zmírnění emisí CO₂.*
- ✓ *Víš, že existuje celorepublikový školní program zaměřený na téma změny klimatu s názvem CO₂ liga? Zde se může přihlásit i tvoje škola! [Homepage | CO2 liga](#)*



✓ *Dobré rady a doporučení, jak přispět k záchraně planety najdeš také na stránkách [Akce pro klima - Pro planetu](#)*



Obrázek 23 Greta Thunberg a její hnutí Fridays for Future (Školní stávky pro klima) se pokouší změnit svět.



✓ *Má smysl za záchranu naší planety bojovat? Greta Thunberg a její hnutí Fridays for Future si myslí, že ano. Zjisti si základní informace o tomto hnutí a jejich požadavky. Podpořil bys takové hnutí?*

Didaktická analýza učiva

Téma výuky: Globální klimatická změna
Cíl výuky: Žáci získají teoretické znalosti problematiky globální klimatické změny
Vzdělávací oblast: Člověk a příroda
Vzdělávací obor: Zeměpis
Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru: Geografické informace, zdroje dat, kartografie a topografie; Přírodní obraz Země, Regiony světa, Životní prostředí
Očekávané výstupy: Žák organizuje a přiměřeně hodnotí geografické informace a zdroje dat z dostupných kartografických produktů a elaborátů, z grafů, diagramů, statistických a dalších informačních zdrojů; Žák používá s porozuměním základní geografickou, topografickou a kartografickou terminologii; Žák rozlišuje a porovnává složky a prvky přírodní sféry, jejich vzájemnou souvislost a podmíněnost, rozeznává, pojmenuje a klasifikuje tvary zemského povrchu; Žák zvažuje, jaké změny ve vybraných regionech světa nastaly, nastávají, mohou nastat a co je příčinou zásadních změn v nich; Žák uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí
Učivo: Komunikační geografický a kartografický jazyk, geografická kartografie a topografie; Země jako vesmírné těleso; Krajinná sféra; Modelové regiony světa; Globalizační společenské, politické a hospodářské procesy, Vztah přírody a společnosti
Průřezová témata: Environmentální výchova
Mezipředmětové vazby: Přírodopis, Chemie
Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanské, kompetence digitální
Doporučený ročník: 6.–9. ZŠ
Organizační forma výuky: hromadná, frontální
Místo realizace výuky: klasická třída
Délka trvání výuky: 2–4 hodiny
Použité pomůcky: vlastní návrh frontální výuky, školní ICT technika

Použité metody výuky: slovní (vysvětlování, výklad, přednáška, práce s textem, rozhovor), názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž)

Požadované znalosti a dovednosti žáků: Odpovídají očekávaným výstupům 1. stupně ZŠ

6.2 Vlastní návrh terénní výuky globální klimatické změny v místním regionu

Terénní výuka je považována za komplexní výukovou formu, která v sobě zahrnuje různé výukové metody, mezi které patří např. pokus, laboratorní činnosti, pozorování, projektová metody, kooperativní metody, metody zážitkové pedagogiky a další. Také zde řadíme různé organizační formy výuky jako např. vycházky, terénní cvičení, exkurze, tematické školní výlety – expedice atd., přičemž těžiště spočívá v práci v terénu, tedy především mimo školu.

Terénní výuka zároveň neodmyslitelně patří k výuce většiny přírodovědných předmětů, neboť je založena na činnostech v konkrétních podmínkách. Zkušenosti však ukazují, že tento způsob výuky je ve školách často opomíjen ať už z časových či jiných důvodů, zejména pak z nedostatečné připravenosti učitelů k realizaci této formy výuky, přestože je její efektivita prověřena řadou studií. (Hoffman et al., 2003)

Podle Lehnerta et al., 2020 je však právě tato forma výuky žádoucí při výuce environmentálních problémů. Z výzkumů vyplývá, že studenti jsou méně znepokojeni danou problematikou, či jsou méně ochotní jednat, právě pokud nemají přímou zkušenost s negativními projevy. Proto je velmi důležité, aby v regionech, kde jsou dopady globální klimatické změny zatím méně patrné, získávali praktické osobní zkušenosti s jejími projevy. (Lehnert et al., 2020)

Tato zjištění potvrzuje i řada jiných autorů. Duží, 2012, upozorňuje, že při výuce environmentálních problémů je důležitá konkrétní vizualizace problému, nejlépe na regionální úrovni. (Duží, 2012) K podobným závěrům dospěli ve svém výzkumu také Kopp a Beránková, 2012, kteří dodávají, že právě konkrétní zkušenost žáků s problémem je žádoucí, neboť osobní zkušenosti významně ovlivňují postoje a pro-environmentální chování žáků a jako vhodnou proto doporučují výuku doplněnou o empirickou zkušenost, např. dopad změny klimatu v místním regionu. (Kopp, Beránková, 2012)

Níže uvádím vlastní návrhy terénní výuky globální klimatické změny v místním regionu určené pro žáky základních škol v České republice. Navrhovaná výuka reflektuje aktuální nebo v blízké době očekávané projevy klimatické změny na našem území. Pro provedení výuky je podstatná také skutečnost, že tuto formu výuky je možné realizovat prakticky po celém území naší republiky.

6.2.1 Pracovní list č. 1 Monitoring stavu vodní hladiny blízkého toku

Teoretické východisko

Mezi očekávané dopady změny klimatu na území ČR patří změna vodního režimu, u kterého se odhaduje snížení množství průměrných průtoků vodních toků o 15–40 %, což může vést ke snížení dostupnosti vody a její kvality. (CHMÚ, 2019)

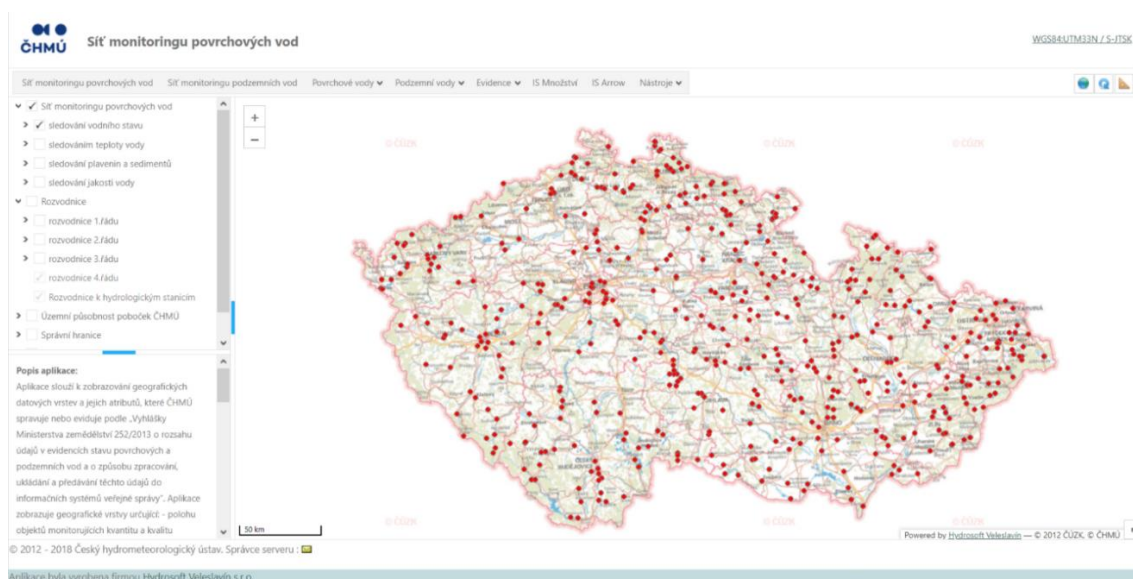
Příprava na výuku

Žáci pomocí ICT vybavení školy za asistence učitele vyhledají na stránkách **Českého hydrometeorologického ústavu (CHMÚ) – Síť monitoringu povrchových vod** nejbližší vodoměrnou stanici v místním regionu. Součástí vodoměrné stanice je vodočet, který slouží pro měření vodního stavu toku a také pro výpočet průtoku daného místa toku.



✓ Co jsou to vodoměrné stanice?

Vodoměrné stanice jsou součástí sítě monitoringu povrchových vod Českého hydrometeorologického ústavu, ve kterých jsou pozorovány vodní stavy, přičemž ve většině z nich se z vodních stavů pomocí měrné křivky vyhodnocují průtoky. Měření vodních stavů lze provádět za pomoci vodočtu. V dnešní době však probíhá měření vodních stavů ve většině stanic pomocí automatických měřících přístrojů. Některé vodoměrné stanice jsou osazeny také teplotními čidly pro měření teploty vody. Součástí pozorovací sítě jsou také profily se sledováním jakosti vody plavenin a sedimentů. (CHMÚ, 2021)



Obrázek 1 Stránky Českého hydrometeorologického ústavu – síť monitoringu povrchových vod (CHMÚ, 2021).

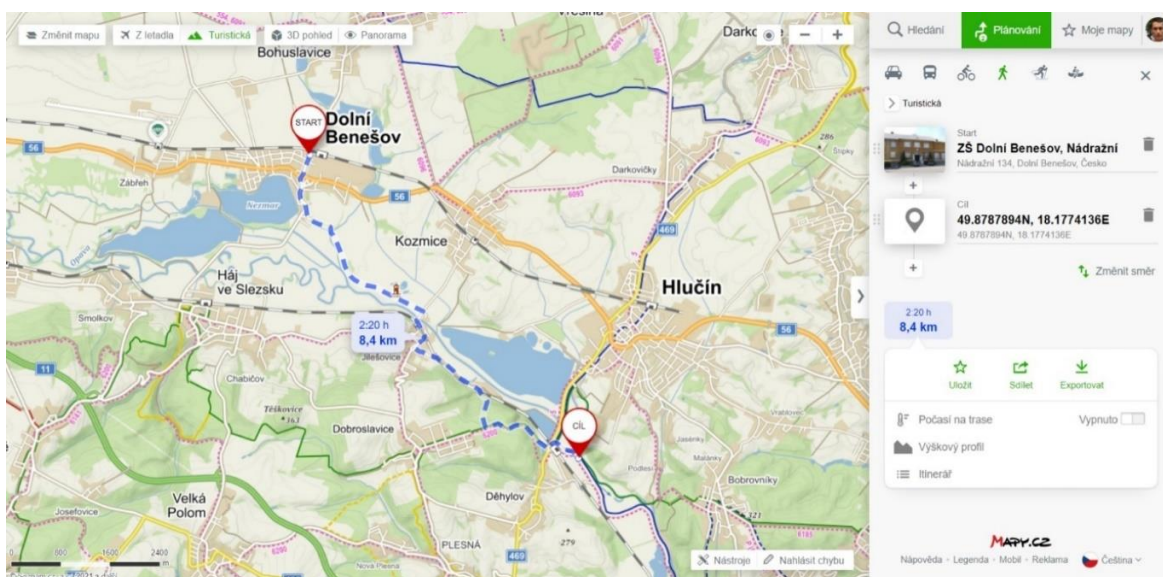


Obrázek 2 Ukázka vodoměrné stanice (CHMÚ, 2021).



Obrázek 3 Ukázka vodočtu (Wikipedie, 2021).

Pomocí aplikace **Mapy.cz** žáci naplánují turistickou vycházku k tomuto místu a využijí turistickou mapu, která je vhodná pro plánování pěší vycházky. Přesné umístění vodoměrné stanice lze zjistit na zmíněných stránkách CHMÚ. V případě větší vzdálenosti vodoměrné stanice od místa školy, lze taktéž využít městskou či jinou hromadnou dopravu.



Obrázek 4 Aplikace Mapy.cz – plánování trasy pěší vycházky (Mapy.cz, 2021).

Realizace výuky

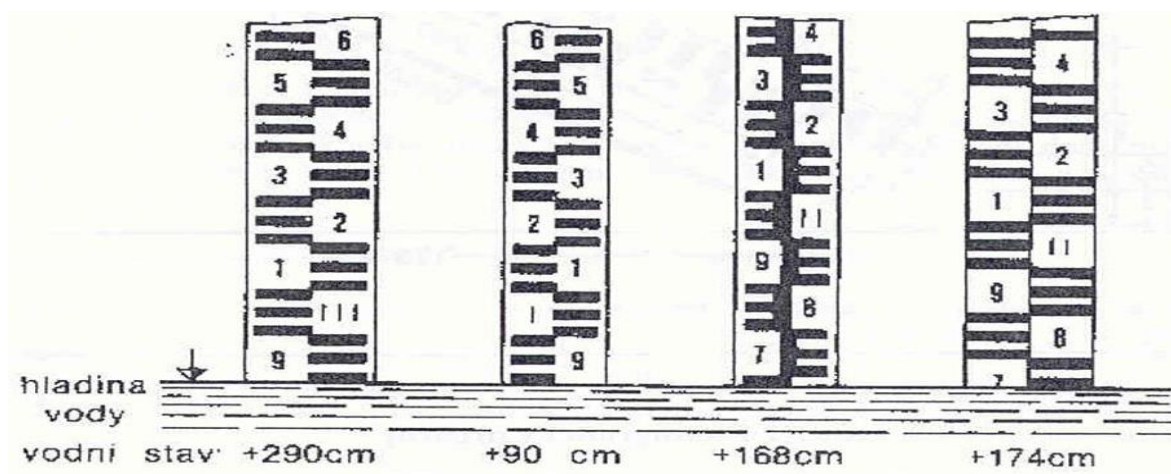
V den realizace terénní výuky se žáci shromáždí na předem domluveném místě a ve smluvený čas podle pokynů vyučujícího. Třída či skupina se vydá k vybranému vodočtu po naplánované trase s ohledem na dodržení zásady bezpečnosti, za kterou vždy zodpovídá vyučující. Ten by měl před samotnou výukou žáky patřičně poučit o zásadách bezpečného chování. Vyučující po celou dobu vykonávají nad žáky patřičný dohled a žáci jsou povinni se pokyny vyučujících řídit. Počet vyučujících vykonávajících dohled během terénní výuky se vždy odvíjí od počtu žáků tak, aby splňoval veškeré metodické a bezpečnostní pokyny.

Jakmile třída či skupina dojde k cíli výpravy, je potřeba provést samotné měření vodního stavu hladiny toku. To se provádí za pomoci vodočtu, který je základem každé vodočetné stanice. Před měřením se žáci mohou rozdělit do dvojic, což vede ke vzájemné spolupráci a posílení některých klíčových kompetencí při výuce. Každá dvojice obdrží záznamový arch, do kterého žáci zapíší naměřenou hodnotu vodního stavu a aktuální čas. Před samotným měřením by také neměl chybět jednoduchý výklad učitele o základní funkci vodoměrných stanic, což by pro aprobovaného učitele zeměpisu neměl být problém. Po naměření hodnot se žáci vydají s vyučujícím na cestu zpět.



✓ Jaký je postup při měření stavu vodní hladiny vodočtem?

Vodní stav toku se určuje jako svislá vzdálenost vodní hladiny od nuly vodočtu, která bývá znázorněna červenou čarou. Každý vodočet je opatřen stupnicí s arabskými číslicemi, které označují jednotky desítek centimetrů. Na pozadí vodočtu jsou pak černou a bílou barvou znázorněny 2 cm úseky pro přesné měření. Římskými číslicemi jsou pak znázorněny metry. (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele, 2021)



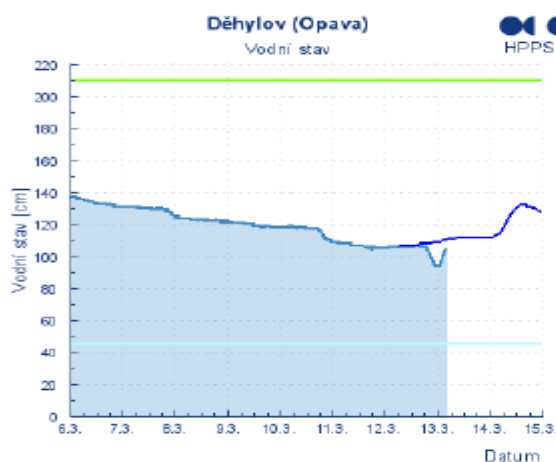
Obrázek 5 Ukázka měření vodního stavu za pomoci vodočtu (Klimatologie a hydrogeografie pro učitele, 2021).

Porovnání a vyhodnocení naměřených údajů

Po návratu žáků do škol by mělo nastat zpracování a vyhodnocení naměřených údajů. K tomuto účelu žáci opět využijí *stránky CHMÚ*, na kterých mohou své naměřené údaje porovnat s hodnotou zaznamenanou profesionálními přístroji CHMÚ. Tyto hodnoty porovnané ve stejném časovém úseku by se neměly výrazně lišit. Jejich shoda ukazuje na správnost měření, naopak větší odchylka pak na pravděpodobně chybné měření.

ČHMÚ | Detail stanice Děhylov | HPPS

Datum : 13.03.2021 07:12:08



Tok	Opava
Název stanice	Děhylov
Kategorie	A
Povodí III. řádu	2-02-03 Opava od Moravice po ústí
Obec s rozšířenou působností	Hlučín
Provozovatel	ČHMÚ Ostrava

Limity pro stupně povodňové aktivity

1. Stupeň	H = 210 [cm]	1.SPA (bdělost)
2. Stupeň	H = 265 [cm]	2.SPA (pohotovost)
3. Stupeň	H = 320 [cm]	3.SPA (ohrožení)
3. Stupeň	H = 511 [cm]	3.SPA (extrémní povodeň)
Sucho	H = 45 [cm]	Sucho

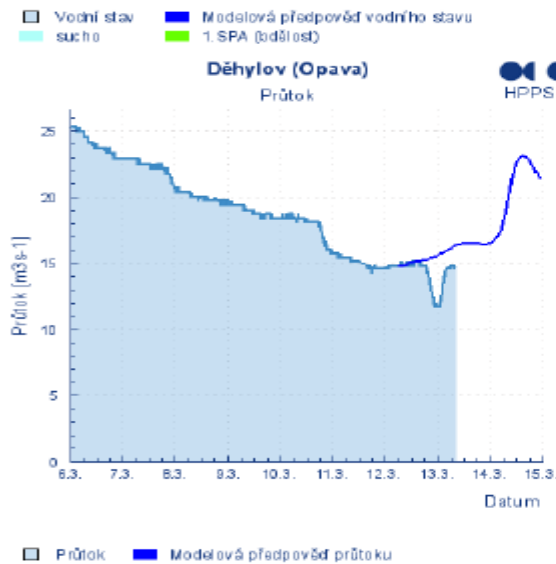
Platnost SPA pro úsek toku / Kritické místo

Opava - ústí do Odry

Pravděpodobnostní překročení stupňů povodňové aktivity

12.03.2021 07:00 - čas vydání pravděpodobnostní předpovědi

	12.03. 07h	12.03. 19h	13.03. 07h	13.03. 19h
1. SPA	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%
2. SPA	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%
3. SPA	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%	méně než 5%



Datum a čas	Stav [cm]	Průtok [m³·s⁻¹]	Teplota [°C]
13.03.2021 07:50	106	14.8	3.5
13.03.2021 07:40	105	14.6	3.5
13.03.2021 07:30	106	14.8	3.5
13.03.2021 07:20	106	14.8	3.5
13.03.2021 07:10	106	14.8	3.5
13.03.2021 07:00	106	14.8	3.5
13.03.2021 06:00	106	14.8	3.6
13.03.2021 05:00	106	14.8	3.7
13.03.2021 04:00	105	14.6	3.7
13.03.2021 03:00	102	13.8	3.6
13.03.2021 02:00	98	12.7	3.6
13.03.2021 01:00	94	11.7	3.5
13.03.2021 00:00	94	11.7	3.5
12.03.2021 23:00	95	11.9	3.5
12.03.2021 22:00	97	12.4	3.6
12.03.2021 21:00	100	13.2	3.5
12.03.2021 20:00	103	14	3.6
12.03.2021 19:00	105	14.6	3.7
12.03.2021 18:00	106	14.8	3.8
12.03.2021 17:00	106	14.8	3.9
12.03.2021 16:00	106	14.8	4
12.03.2021 15:00	107	15.1	3.7
12.03.2021 14:00	107	15.1	3.5
12.03.2021 13:00	106	14.8	3.4
12.03.2021 12:00	106	14.8	3.1
12.03.2021 11:00	106	14.8	2.8
12.03.2021 10:00	106	14.8	2.6
12.03.2021 09:00	106	14.8	2.5
12.03.2021 08:00	106	14.8	2.4

Obrázek 6 Ukázka zaznamenaných hodnot vodních stavů, průtoků, teplot a dalších údajů profesionálními přístroji konkrétní vodoměrné stanice na stránkách CHMÚ (CHMÚ, 2021).

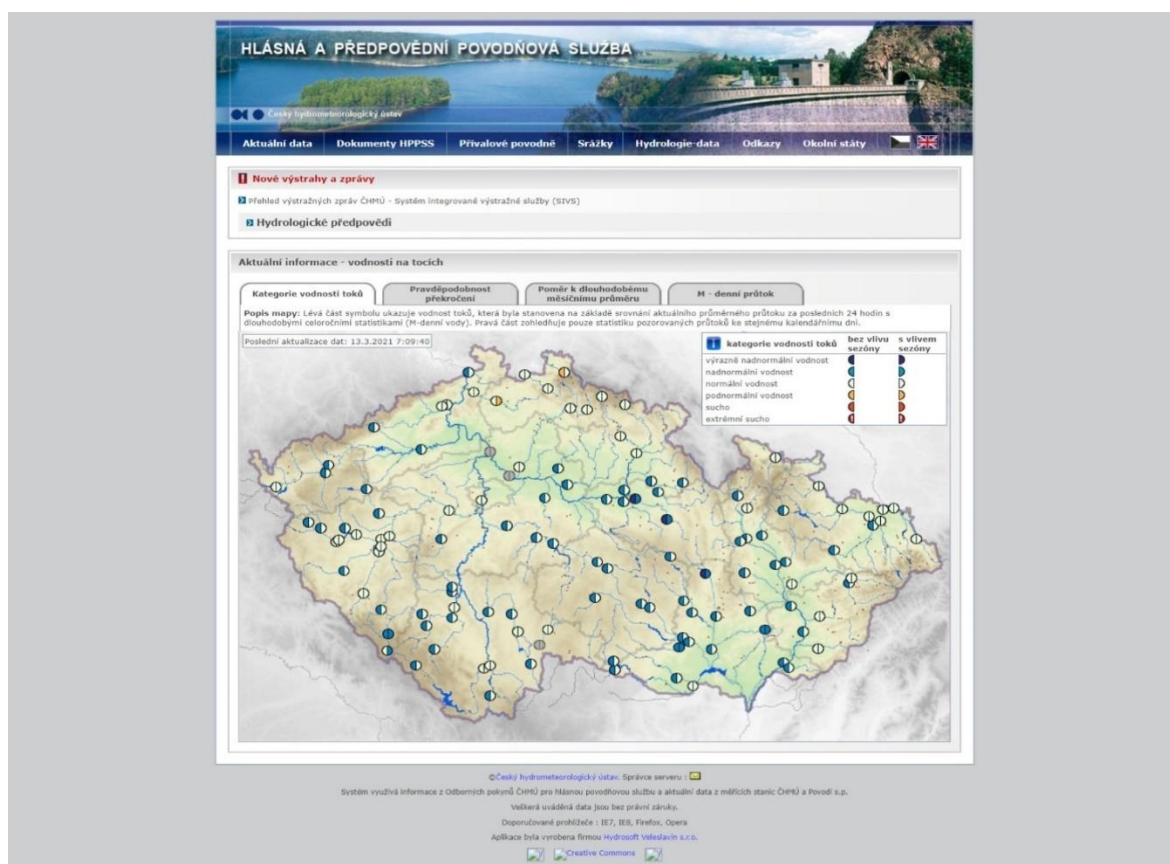
Naměřenou hodnotu žáci porovnají také s průměrným ročním stavem vodní hladiny, hranicí hydrologického sucha a mohou také konstatovat, jaká je aktuální vodnost toku v porovnání s dlouhodobými celoročními statistikami. Veškeré potřebné informace jsou volně dostupné na stránkách CHMÚ.



✓ Co je to hydrologické sucho?

Hydrologické sucho vzniká následkem déletrvajících deficitů srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod. Projevem může být snížený průtok ve vodních tocích, snížení hladiny jezer a nádrží, snížený stav hladiny ve vrtech a vydatnost pramenů. Ve zdrojích podzemních vod se nedostatek projevuje s různým časovým zpožděním. V době hydrologického sucha jsou vodní toky přirozeně dotovány pouze ze zásob podzemních vod. Vznik a trvání hydrologického sucha jsou ovlivněny i užíváním vody, proto je třeba na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením.

V případě vodních toků hydrologické sucho nastává, pokud průtok je menší nebo roven velikosti tzv. 355denního průtoku Q_{355d} stanoveného za referenční období 1981–2010. Jedná se o průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen či překročen po 355 dní v roce. V době hydrologického sucha však mohou průtoky o velikosti Q_{355d} či menší trvat i řadu týdnů, zatímco v obdobích s přebytkem srážek se nemusí v průběhu roku vůbec vyskytnout. (Monitoring sucha a jeho dopadů, 2021)



Obrázek 7 Kategorie vodnosti toků na stránkách CHMÚ (CHMÚ, 2021).

Záznamový arch pro žáky



- 1) *Napiš název vodního toku a vodočetné stanice, kde bylo měření provedeno.*
.....
- 2) *Napiš naměřenou hodnotu vodního stavu zvoleného vodního toku.*
.....
- 3) *Napiš hodnotu vodního stavu téže vodočetné stanice zaznamenanou automatickými přístroji podle stránek CHMÚ.*
.....
- 4) *Napiš hodnotu průtoku, která odpovídá zaznamenané hodnotě vodního stavu dle stránek CHMÚ.*
.....
- 5) *Odpovídá zaznamenaná hodnota vodního stavu spíše průměrné, nadprůměrné nebo podprůměrné roční hodnotě?*
.....
- 6) *Lze aktuální hodnotu zaznamenaného vodního stavu považovat za hydrologické sucho?*
.....
- 7) *Za pomoci internetu zjisti, jaké negativní důsledky může způsobovat podprůměrná vodnost toků či hydrologické sucho?*
.....
- 8) *Podle mapy kategorie vodnosti toků urči, jaké hodnotě (výrazně nadnormální vodnost, nadnormální vodnost, normální vodnost, podnormální vodnost, sucho, extrémní sucho) odpovídá zaznamenaná denní hodnota průtoku v porovnání s dlouhodobými celoročními statistikami (bez vlivu a s vlivem sezóny).*
.....
- 9) *Navrhni, jakým způsobem může člověk pozitivně ovlivňovat hydrologický režim vodních toků.*
.....
- 10) *Libila se ti takto pojatá forma výuky? Co konkrétně ti přišlo nejvíce zajímavé?*
.....

Hotovo! ☺

Didaktická analýza učiva

Téma výuky: Projevy klimatické změny v místním regionu
Cíl výuky: Žáci si prakticky ověří dopad klimatické změny v místním regionu
Vzdělávací oblast: Člověk a příroda
Vzdělávací obor: Zeměpis
Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru: Terénní geografická výuka, praxe a aplikace; Geografické informace, zdroje dat, kartografie a topografie; Životní prostředí; Česká republika
Očekávané výstupy: Žák aplikuje v terénu praktické postupy při pozorování, zobrazování a hodnocení krajiny; Žák organizuje a přiměřeně hodnotí geografické informace a zdroje dat z dostupných kartografických produktů a elaborátů, z grafů, diagramů, statistických a dalších informačních zdrojů; Žák používá s porozuměním základní geografickou, topografickou a kartografickou terminologii; Žák uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí; Žák hodnotí na přiměřené úrovni přírodní, hospodářské a kulturní poměry místního regionu, možnosti dalšího rozvoje, přiměřeně analyzuje vazby místního regionu k vyšším územním celkům
Učivo: Cvičení a pozorování v terénu místní krajiny, Geografické exkurze; Komunikační geografický a kartografický jazyk, geografická kartografie a topografie; Vztah přírody a společnosti; Místní region
Průřezová témata: Environmentální výchova
Mezipředmětové vazby: Přírodopis
Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanské, kompetence digitální
Doporučený ročník: 6.–9. ZŠ
Organizační forma výuky: skupinová, terénní výuka
Místo realizace výuky: terénní výuka – místní region, klasická třída
Délka trvání výuky: 4–6 hodin
Použité pomůcky: pracovní list, školní ICT technika, stránky CHMÚ, Mapy.cz, případně další

Použité metody výuky: slovní (vysvětlování, výklad, práce s textem, rozhovor), názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž), metody praktické (vytváření dovedností), práce s pracovním listem, pozorování, měření

Požadované znalosti a dovednosti žáků: Před terénní výukou by měla proběhnout frontální výuka problematiky globální klimatické změny

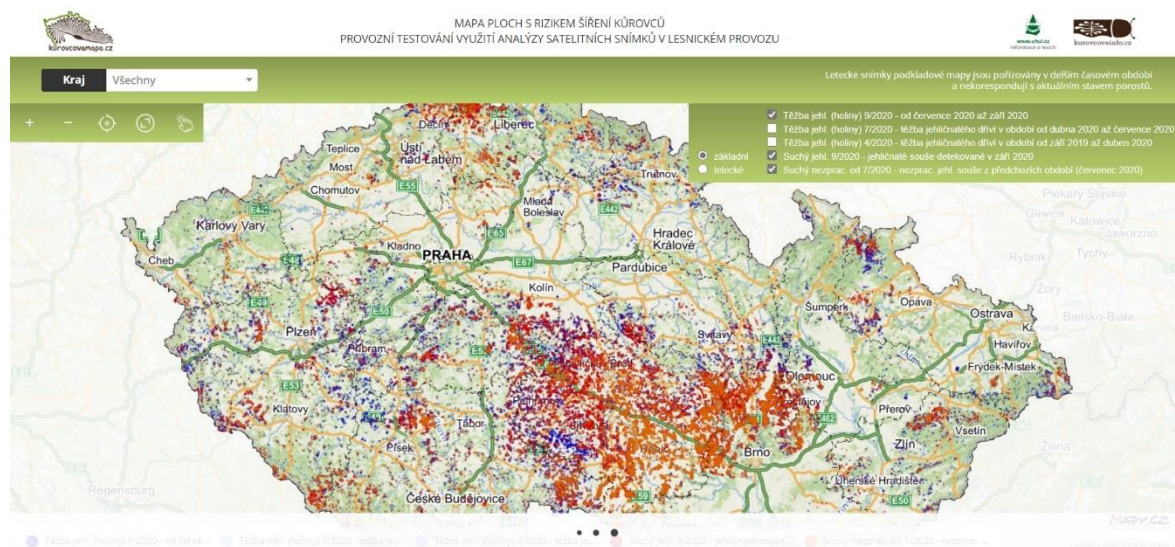
6.2.2 Pracovní list č. 2 Monitoring stavu místních jehličnatých lesů

Teoretické východisko

Klimatická změna v České republice povede ke zhoršení stavů českých lesů, zejména smrkových, ve kterých bude docházet k aktivizaci patogenních škůdců – převážně kůrovcovitých a toto riziko bude navíc umocněno zvyšující se intenzitou, frekvencí a délkou suchých období. (CHMÚ, 2019)

Příprava na výuku

Žáci pomocí ICT vybavení školy za asistence učitele vyhledají na stránkách **Kůrovcové mapy** nejbližší les v blízkosti školy nebo místním regionu, který vykazuje riziko poškození dřevokazným hmyzem.



Obrázek 1 Mapa ploch s rizikem šíření kůrovce na stránkách Kůrovcové mapy (Kůrovcové mapy, 2021).

Na stránkách *Atlasu poškození dřevin* žáci mohou zjistit ukázky poškození dřevin jednotlivými druhy dřevokazného hmyzu tak, aby byli případně schopni rozpoznat, jakým dřevokazným hmyzem je daný strom či les napaden. Na těchto stránkách žáci mohou zjistit také základní charakteristiku jednotlivých škůdců – odborný název, popis, taxonomické zařazení, ekologii a význam druhu. Pomocí fotografií jsou pak zdokumentovány ukázky napadených stromů nebo celého lesu. Tyto informace žáci využijí také po návratu z terénu při zpracování zjištěných výsledků a celkovém vyhodnocení.



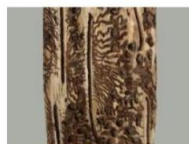
atlas poškození dřevin



škůdci kmene a větví jehličnanů

hledat

hlavní strana



lýkožrout smrkový
Ips typographus



lýkožrout severský
Ips duplicatus



lýkožrout lesklý
Pityogenes chalcographus



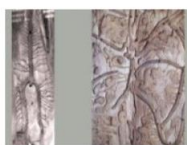
lýkožrout menší
Ips amitinus



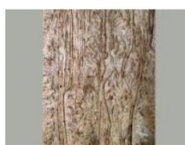
lýkožrout jedlový
Pityokteines curvidens



lýkožrout prostřední
Pityokteines spinidens



lýkožrout modřínový
Ips cembrae



lýkožrout borový
Ips sexdentatus



lýkožrout mnohozubý
Orthotomicus laricus



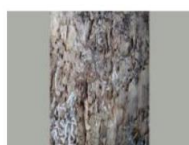
lýkohub sosnový
Tomicus piniperda



lýkohub menší
Tomicus minor



lýkohub smrkový
Dendroctonus micans



lýkohub obecný
Hylurgops palliatus



lýkohub matný
Polygraphus poligraphus



klikoroh borový
Hyllobius abietis



korovnice vejmutková
Eopineus strobus



puklice smrková
Physokermes piceae



dřevokaz čárkovaný
Trypodendron lineatum



smolák znamenavý
Pissodes castaneus

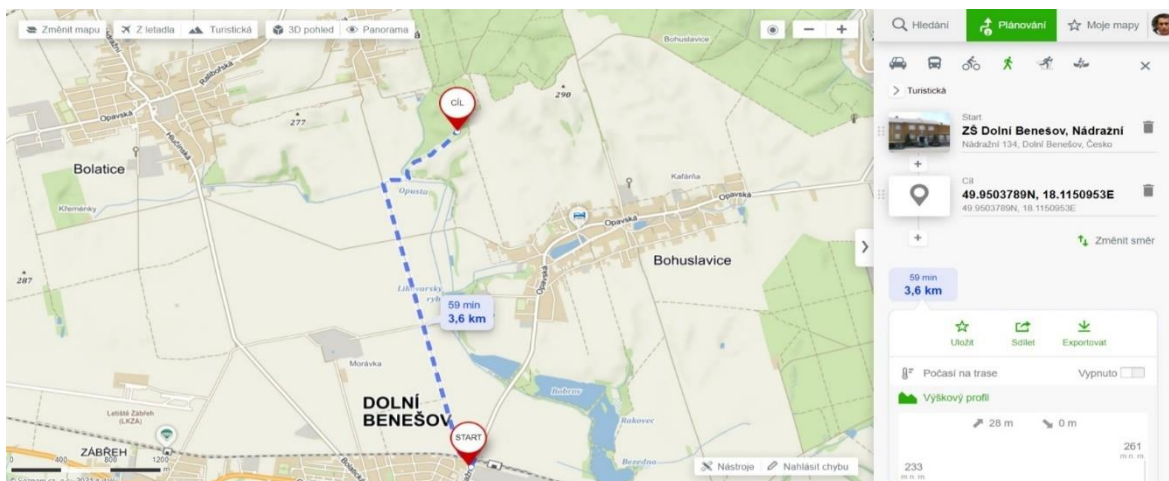


tesařící na smrku
Tetropium spp., Molarchus spp., Hylotrupes bajulus, Rhagium inquisitor

- [abiotická poškození »](#)
- [antropogenní poškození »](#)
- [hálkotvorní škůdci »](#)
- [listoví škůdci »](#)
- [škůdci jehličí a letorostů »](#)
- [škůdci kmene a větví listnáčů »](#)
- [škůdci kmene a větví jehličnanů »](#)
- [parazitické rostliny »](#)
- [dřevokazné houby v budovách »](#)
- [houbové choroby plodů, semen a semenáčků »](#)
- [houbové choroby listů, letorostů a pupenů »](#)
- [houbové choroby jehličí, letorostů a pupenů »](#)
- [houbové choroby kmene a větví »](#)
- [houbové choroby kořenů a báze kmene »](#)
- [poškození obratlovců »](#)
- [jiná poškození a poruchy »](#)

Obrázek 2 Ukázka jednotlivých druhů škůdců kmene a větví jehličnanů na stránkách Atlasu poškození dřevin (Atlas poškození dřevin, 2021).

Pomocí aplikace *Mapy.cz* žáci naplánují turistickou vycházku k vybranému místu a využijí k tomuto účelu turistickou mapu, která je vhodná pro plánování pěší vycházky. V případě větší vzdálenosti zvoleného místa od lokality základní školy, lze taktéž využít městskou či jinou hromadnou dopravu.



Obrázek 3 Plánování turistické vycházky na stránkách Mapy.cz (Mapy.cz, 2021).

Realizace výuky

V den realizace terénní výuky se žáci shromáždí na předem domluveném místě a ve smluvený čas podle pokynů vyučujícího. Třída či skupina se vydá k vybranému lesnímu porostu po naplánované trase s ohledem na dodržení zásady bezpečnosti, za kterou vždy zodpovídá vyučující. Ten by měl před samotnou výukou žáky patřičně poučit o zásadách bezpečného chování. Vyučující po celou dobu vykonávají nad žáky patřičný dohled a žáci jsou povinni se pokyny vyučujících řídit. Počet vyučujících vykonávajících dohled během terénní výuky se vždy odvíjí od počtu žáků tak, aby splňoval veškeré metodické a bezpečnostní pokyny.

Jakmile třída či skupina dosáhne cílového místa, které bylo podle *Kůrovcové mapy* označeno jako rizikové, je třeba hledat známky napadených stromů dřevokazným hmyzem. V případě smrkových stromů se jedná nejčastěji o skupinu kůrovcovitých. Nejvíce smrkové stromy napadá lýkožrout smrkový a lýkožrout severský. Žáci mohou být rozděleni do dvojic, což vede ke vzájemné spolupráci a posílení některých klíčových kompetencí při výuce. Každá dvojice obdrží záznamový arch pro zapsání zjištěného pozorování. Vhodné je také využití fotoaparátu (např. mobilního telefonu) pro případný záznam poškozených stromů, který lze ve škole použít pro srovnání zjištěných údajů a jejich vyhodnocení.



✓ **Proč je zastoupení smrku v českých lesích rizikové?**

V České republice tvoří jehličnaté stromy výraznou většinu lesních porostů, přestože jejich podíl se v posledních letech mírně snižuje. Dominantní dřevinou zastoupenou v jehličnatých lesích je smrk ztepilý, což vzhledem k postupující klimatické změně představuje poměrně vážné riziko, neboť právě tento typ dřeviny je velmi náchylný vůči kůrovcovitým škůdcům, zejména pak v kombinaci se suchem. (CHMÚ, 2019)



✓ **Jak rozpoznat smrk ztepilý?**

Smrk ztepilý je až 50 m vysoký, statný, stálezelený jehličnatý strom s rovným kmenem, který je v mládí pokrytý hladkou, světlehnědou kůrou, která se s přibývajícím věkem mění v šedohnědou až červenohnědou šupinovitou rozpukanou borku. Koruna je štíhle jehlancovitá, větve v ní vyrůstají v pravidelných přeslenech. Kořenový systém je plochý a mělký, bez hlavního kořene. Jehlice jsou 10–25 mm dlouhé, 1 mm široké, na průřezu čtyřhranné a na konci zašpičatělé. Rozmnožovací orgány jsou podobné jako u ostatních nahosemenných rostlin šištice, které rostou směrem nahoru, ale ještě před opylením se mění na převislé. (Wikipedie, 2021)



Obrázek 4 Smrk ztepilý (Wikipedie, 2021).



Obrázek 5 Ukázka šištice a borky (Wikipedie, 2021).



Obrázek 6 Ukázka napadeného smrkového lesa kůrovcem (Atlas poškození dřevin, 2021).



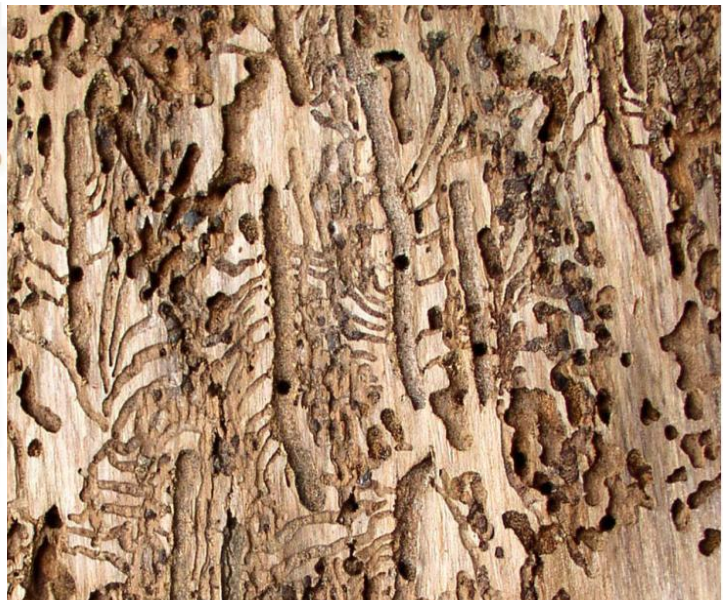
✓ **Jak poznat lýkožrouta smrkového?**

Dospělý brouk je 4–5,5 mm dlouhý, hnědý až černohnědý. Zád' krovek je matná a zkosená se čtyřmi páry typicky uspořádaných zubů. Požerek je jednoramenný až třiramenný, matečné chodby jsou rovnoběžné s podélnou osou kmene. Matečné chodby jsou 6–12 cm dlouhé, rovné a 3 mm široké. Larvové chodby jsou až 6 cm dlouhé. Vyskytuje se zejména ve smrkových porostech starších 60 let, v případě gradace i v mladších. Napadá silnější část kmene od basální části až do koruny. Nejslabší část přenechává jiným druhům kůrovců. Původně se jedná o horský druh, dnes se však vyskytuje běžně všude, kde roste smrk, který využívá jako hostitelskou dřevinu.

Tento škůdce se vyskytuje po celé Evropě včetně České republiky, v severní Asii zasahuje přes severní Čínu až do Japonska. Na stojících stromech se na patě kmene objevují zejména za šupinkami borky jemné rezavé drtinky, patrné i po deštích. Na kmenech se objevují výrony pryskyřice a posléze závrtové otvory. Jehličí mění barvu – přes šedo zelenou postupně rezne a opadáva. V místě primárního náletu začíná opadávat kůra, jejíž opad můžou urychlit hmyzožraví ptáci hledající potravu. V případě již ležících stromů se objevují hromádky rezavých drtinek pod závrtem, které jsou patrné i po deštích. Po sloupnutí kůry se objeví typický požerek. (Kůrovcové info, 2021)



Obrázek 7 Lýkožrout smrkový (Atlas zvířat, 2021).



Obrázek 8 Požerek v borce lýkožrouta smrkového (Atlas poškození jehličnanů, 2021).



✓ **Jak poznat lýkožrouta severského?**

Dospělec je 2,8–4,5 mm dlouhý, černohnědý až černý. Zád' krovek je lesklá, zkosená se čtyřmi páry typicky uspořádaných zubů. Požerek je také jednoramenný až tříramenný (výjimečně až pětiramenný), matečné chodby jsou rovnoběžné s podélnou osou kmene. Matečné chodby jsou 4–6 (někdy až 10) cm dlouhé, rovné a 2 mm široké. Larvové chodby jsou až 5 cm dlouhé. Vyskytuje se ve středně starých a starších smrkových porostech. Napadá slabší vrcholovou část kmene v koruně ve starších porostech, v mladších porostech může obsadit celý kmen.

Hlavní hostitelskou dřevinou je opět smrk ztepilý. Původně byl tento druh rozšířen v severské tajze od Švédska až po východní pobřeží Ruska. Zaznamenán byla ale také na území severního Polska a ojediněle i v alpské oblasti. Na našem území se dříve vyskytoval jen zcela ojediněle. První registrované přemnožení nastalo v 90. letech minulého století. Od té doby se rozšířil na celé území republiky, ale centrem výskytu je v současné době Morava a Slezsko.

Jehličí na napadených stromech mění postupně barvu až do rezava a opadává. V případě samostatného napadení se změna barvy jehličí projevuje v horní části koruny. V místě napadení opadává kůra. Pod závrtý je možné nalézt typický požerek. Drtinky na patě kmene nejsou patrné. Vzhledem k tomu, že zejména na starších, silnějších stromech se vyskytuje společně s lýkožroutem smrkovým, lze k diagnostice využít i příznaky napadení tímto kůrovcem, pouze je pak nutné ověřit jeho přítomnost ve vrcholové partii kmene dle přítomnosti požerků, které jsou však velmi podobné lýkožroutu smrkovému. Dříve byl tento škůdce u nás prakticky nevýznamný, v současnosti se však jedná o jeden z nejvýznamnějších druhů podkorního hmyzu, zejména na Moravě a ve Slezsku. Významný je zejména v porostech oslabených suchem a často se vyskytuje společně právě s lýkožroutem smrkovým, který mu přenechává vrcholovou partii kmene. (Kůrovcevé info, 2021)



Obrázek 10 Požerek borky lýkožrouta severského (Atlas poškození dřevin, 2021).

Obrázek 9 Lýkožrout severský (Atlas zvířat, 2021).

Porovnání a vyhodnocení zjištěných údajů

Po návratu žáků do škol by mělo nastat zpracování a vyhodnocení zjištěných údajů. K tomuto účelu žáci opět poslouží stránky *Atlasu poškození dřevin*, na kterých mohou žáci své zjištěné informace porovnat a podle ilustračních obrázků rozhodnout, zda správně rozpoznali napadené stromy a jejich škůdce.



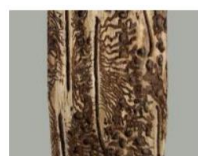
lýkožrout smrkový



dospělý brouk
Hostěnice 2008



mladí brouci před vylétnutím
Hostěnice 2008



požerek lýkožrouta
Českomoravská vrchovina
2011



napadený porost
Šumava 1996



napadené porosty
Šumava 1996



kůrovcová kalamita
Šumava 1996



napadený strom
Hostěnice 2008



lapák
ŠLP Křtiny 2008

Obrázek 11 Ukázka napadených stromů lýkožroutem smrkovým na stránkách Atlasu poškození dřevin (Atlas poškození dřevin, 2021).

Záznamový arch pro žáky



1) *Na území kterého okresu bylo pozorování provedeno?*

.....

2) *Zaregistroval jsi v pozorované oblasti nějaké znaky napadení stromů kůrovcem?*

.....

3) *Bylo napadených stromů více?*

.....

4) *O jaký druh/y stromu/ů se jednalo?*

.....

5) *Jaké znaky napadené strom/y vykazovaly?*

.....

6) *Pomocí stránek Atlasu poškozených dřevin rozhodni, o jaký druh škůdce se jedná.*

.....

7) *Za pomoci internetu zjisti, jaké negativní důsledky může způsobit přemnožení tohoto druhu škůdce?*

.....

8) *Za pomoci internetu zjisti, jakou roli hraje sucho a teplo v riziku šíření kůrovce?*

.....

9) *Navrhni, jakým způsobem může člověk zvyšovat odolnost českých lesů proti dřevokazným škůdcům?*

.....

10) *Líbila se ti takto pojatá forma výuky? Co konkrétně ti přišlo nejvíce zajímavé?*

.....

Hotovo! ☺

Didaktická analýza učiva

Téma výuky: Projevy klimatické změny v místním regionu
Cíl výuky: Žáci si prakticky ověří dopad klimatické změny v místním regionu
Vzdělávací oblast: Člověk a příroda
Vzdělávací obor: Zeměpis
Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru: Terénní geografická výuka, praxe a aplikace; Geografické informace, zdroje dat, kartografie a topografie; Životní prostředí; Česká republika
Očekávané výstupy: Žák aplikuje v terénu praktické postupy při pozorování, zobrazování a hodnocení krajiny; Žák organizuje a přiměřeně hodnotí geografické informace a zdroje dat z dostupných kartografických produktů a elaborátů, z grafů, diagramů, statistických a dalších informačních zdrojů; Žák používá s porozuměním základní geografickou, topografickou a kartografickou terminologii; Žák uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí; Žák hodnotí na přiměřené úrovni přírodní, hospodářské a kulturní poměry místního regionu, možnosti dalšího rozvoje, přiměřeně analyzuje vazby místního regionu k vyšším územním celkům
Učivo: Cvičení a pozorování v terénu místní krajiny, Geografické exkurze; Komunikační geografický a kartografický jazyk, geografická kartografie a topografie; Vztah přírody a společnosti; Místní region
Průřezová témata: Environmentální výchova
Mezipředmětové vazby: Přírodopis
Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanské, kompetence digitální
Doporučený ročník: 6.–9. ZŠ
Organizační forma výuky: skupinová, terénní výuka
Místo realizace výuky: terénní výuka – místní region, klasická třída
Délka trvání výuky: 4–6 hodin
Použité pomůcky: pracovní list, školní ICT technika, stránky Atlas poškození dřevin, Kůrovcová mapa, Mapy.cz, mobilní telefon (fotoaparát), případně další

Použité metody výuky: slovní (vysvětlování, výklad, práce s textem, rozhovor), názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž), metody praktické (vytváření dovedností, manipulování, laborování), práce s pracovním listem, pozorování

Požadované znalosti a dovednosti žáků: Před terénní výukou by měla proběhnout frontální výuka problematiky globální klimatické změny

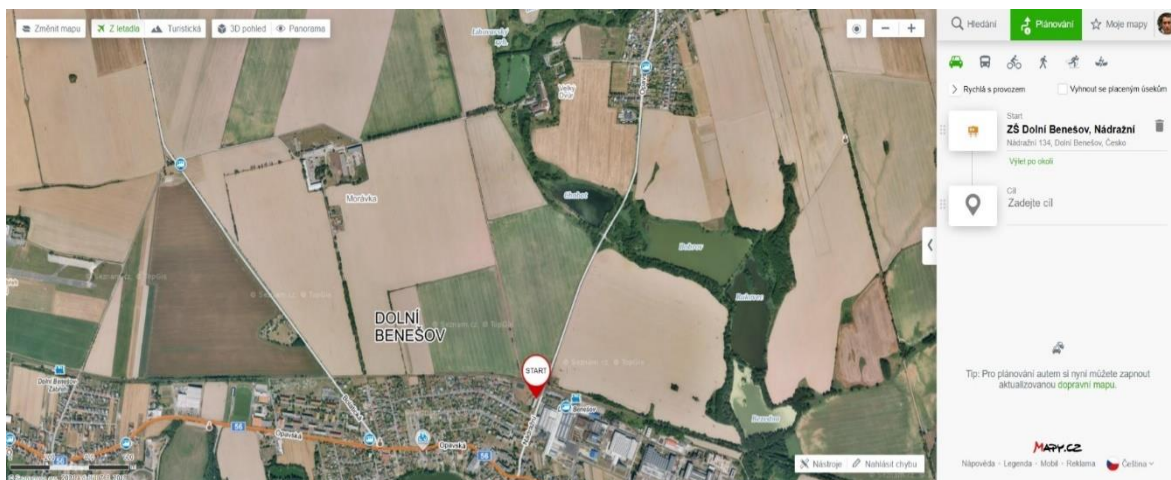
6.2.3 Pracovní list č. 3 Monitoring půdního sucha v zemědělské krajině

Teoretické východisko

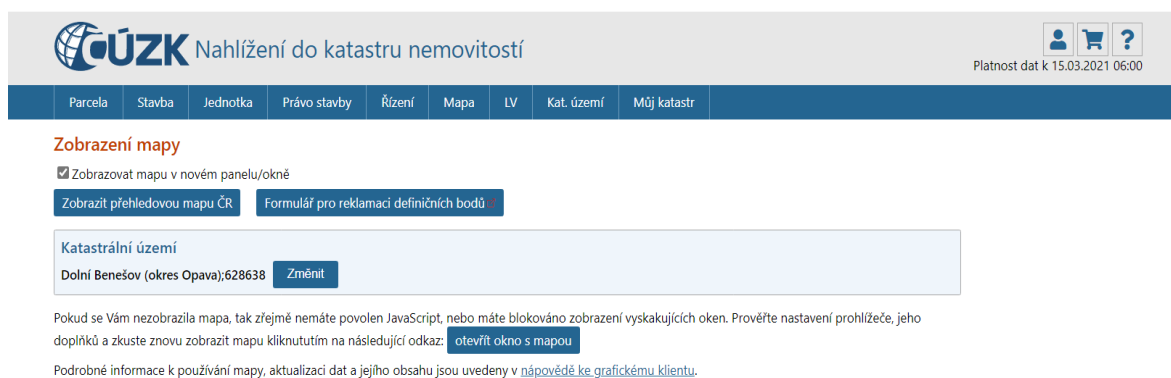
Zvyšující se průměrná teplota vzduchu a změna srážkového režimu se výrazně promítne do výskytu suchých období s výraznými ekologickými i ekonomickými dopady. Na území České republiky lze očekávat a již nyní pozorovat obecnou tendenci k výskytu sušších podmínek, jak z pohledu meteorologického sucha, tak půdní vlhkosti. (CHMÚ, 2019)

Příprava na výuku

Žáci pomocí ICT vybavení školy za asistence učitele vyhledají pomocí aplikace **Mapy.cz** volně přístupný pozemek v blízkém okolí školy, který slouží pro zemědělské účely. Protože je dnes většina takovýchto pozemků v soukromém vlastnictví, doporučuji uvážit, zda neoslovit majitele vybraného pozemku a zdvořile nepožádat o jeho souhlas s plánovanou výukou. Jméno majitele pozemku lze případně dohledat na stránkách **Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČUZK)**.



Obrázek 1 Letecký snímek okolí místa zvolené výuky pomocí aplikace Seznam mapy (Mapy.cz, 2021).

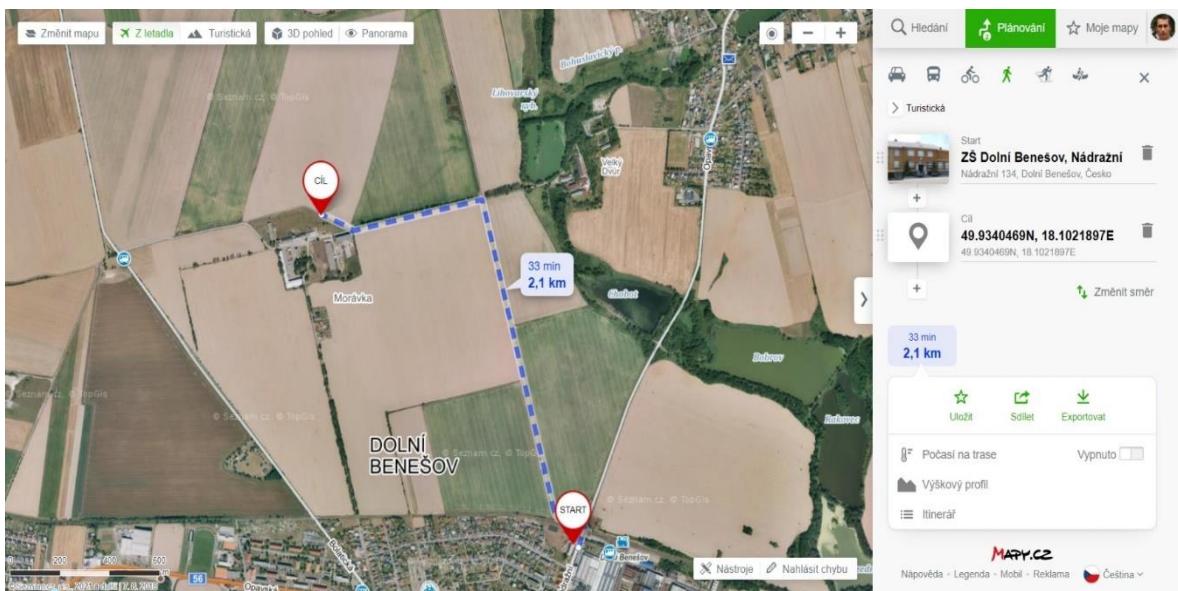


Obrázek 2 Nahlížení do katastru nemovitostí ČUZK sloužící ke zjištění jména majitele pozemku (ČUZK, 2021).



Obrázek 3 Přehledový mapa ČR CUZK sloužící k zobrazení jednotlivých katastrálních pozemků (CUZK, 2021).

Pomocí aplikace *Mapy.cz* žáci naplánují turistickou vycházku k vybranému místu a využijí k tomuto účelu turistickou mapu, která je vhodná pro plánování pěší vycházky. V případě větší vzdálenosti zvoleného místa, lze také využít městskou či jinou hromadnou dopravu.



Obrázek 4 Naplánování trasy vycházky ke zvolenému zemědělskému pozemku pomocí aplikace *Mapy.cz* (Mapy.cz, 2021).



✓ *Co je to sucho?*

Hodnotit velikost sucha je poměrně složitá záležitost. Obecně lze říci, že ke stavu sucha dochází primárně při nedostatku srážek během delšího časového období a důsledkem je nedostatek vody v přírodním prostředí a pro potřeby společnosti. Problémem poslední doby je také změna prostorové a časové distribuce srážek během roku. Srážky jsou intenzivnější, je méně srážkových dnů a srážky padají či nepadají v jiných oblastech než dříve. Sucho obvykle dělíme do čtyř základních typů: meteorologické, zemědělské, hydrologické a socioekonomické sucho. (Monitoring sucha, 2021)



✓ *Jak měříme velikost (intenzitu) sucha?*

Pro hodnocení velikosti sucha existuje celá řada indikátorů. Mezi nejpoužívanější řadíme např. SPEI – Standardizovaný srážkový evapotranspirační index, POVI – Indikátor hydrologického sucha povrchových vod, PZVI – Indikátor podzemních vod, AWR – Relativní nasycení kořenové vrstvy v půdním profilu do hloubky 100 cm, AWR1 – Relativní nasycení povrchové části půdního profilu do hloubky 40 cm, PDSI – Palmerův index intenzity sucha a ZIND – Palmerův Z-index a další. Všechny uvedené metody jsou poměrně složité, a proto je využívají zejména odborně zaměření pracovníci. (Monitoring sucha, 2021)

Realizace výuky

V den realizace terénní výuky se žáci shromáždí na předem domluveném místě a ve smluvený čas podle pokynů vyučujícího. Třída či skupina se vydá k vybranému zemědělskému pozemku po naplánované trase s ohledem na dodržení zásady bezpečnosti, za kterou vždy zodpovídá vyučující. Ten by měl před samotnou výukou žáky patřičně poučit o zásadách bezpečného chování. Vyučující po celou dobu vykonávají nad žáky patřičný dohled a žáci jsou povinni se pokyny vyučujících řídit. Počet vyučujících vykonávajících dohled během terénní výuky se vždy odvíjí od počtu žáků tak, aby splňoval veškeré metodické a bezpečnostní pokyny.

Jakmile třída či skupina dojde k cíli výpravy, je potřeba provést ruční odhad půdní vlhkosti v hloubce okolo 20 cm. Žáci se rozdělí do dvojic a za pomoci malé lopatky vykope každá dvojice na okraji zemědělského pozemku malou díru. Poté provedou zmíněný odhad ruční vlhkosti s pomocí odhadního dotazníku projektu Intersucha. Při výkopu žáci dodržují bezpečnost práce a výkop provedou tak, aby nepoškodili případné plodiny na pozemku

či jinak neznehodnotili půdu pozemku. Po provedení ručního odhadu půdní vlhkosti žáci vykopanou jámu zasypou a půdu na pozemku uvedou do původního stavu. Zjištěné výsledky žáci zapíší do záznamového archu a poté se vydají s vyučujícím na cestu zpět.



✓ **Co je to půdní sucho?**

Půdní sucho lze obecně definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, který způsobuje poruchy ve vodním režimu zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Nedostatek vody ve svrchních částech půdního horizontu je důsledkem předchozího nebo ještě nadále trvajícím sucha klimatického. Účinky půdního sucha se projevují u jednotlivých druhů rostlin různě, navíc vždy závisí na vývojové fázi rostliny, nárocích na vodu v různých obdobích vývoje, na stáří rostliny apod. Vlhkost půdy je vedle teploty půdy a teploty vzduchu nejdůležitějším meteorologickým faktorem ovlivňujícím vývoj rostlin. Je závislá na množství, intenzitě a časovém rozložení srážek, na výparu a na vlastnostech půdy. Ke kvalifikovanému odhadu půdní vlhkosti na území ČR je vzhledem k jeho pedologické pestrosti a malé hustotě stanic s přímým měřením vlhkosti půdy nezbytné výsledky měření doplňovat hodnotami vypočtenými modelově. (Monitoring sucha, 2021)



✓ **Ruční odhad půdní vlhkosti v hloubce 20 cm**

Pro hodnocení stavu půdní vlhkosti lze použít také jednoduchý návod, který je k dispozici na stránkách projektu Intersucha a je primárně určen pro majitele zemědělských a lesnických pozemků, kteří mají zájem zapojit se do monitoringu projevů a dopadů sucha v České republice.

Úkolem pozorovatele je ručně odhadnout půdní vlhkost na vybraném zemědělském pozemku za pomoci vyplnění jednoduchého dotazníku:

- 1. Půda je na omak suchá, prašná, bez možnosti vytvořit jakýkoliv tvar.**
- 2. Půda je na omak sušší, rozsypavé struktury, nezanechává vlhkost.**
- 3. Půda je mírně vlhká, je možné ji zformovat, ale je nízké soudržnosti, zanechává vlhký pocit v prstech.**
- 4. Vlhká půda je dobře tvarovatelná, s možností otisknutí prstu.**
- 5. Půda je plně nasycena vodou, ulpívá na prstech, je bahnitá. (Intersucho, 2021)**



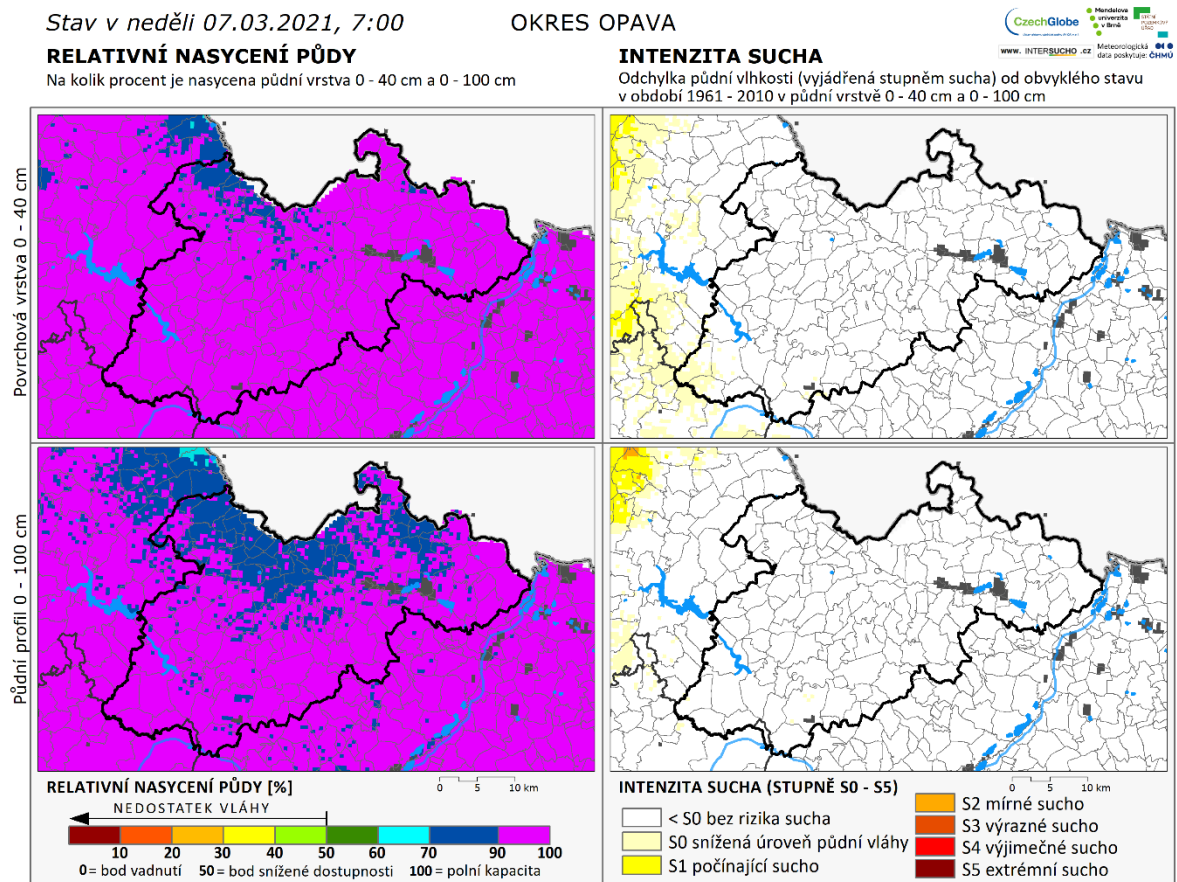
Obrázek 5 Ruční odhad sucha (MŽP, 2021).

Porovnání a vyhodnocení zjištěných údajů

Po návratu žáků do škol by mělo nastat zpracování a vyhodnocení zjištěných údajů. K tomuto účelu žáci opět využijí *stránky projektu Intersucha*, na kterých mohou svůj ruční odhad půdní vlhkosti porovnat s aktuálním stavem intenzity sucha za pomoci *Integrovaného systému pro sledování sucha (ISSS)* v povrchové vrstvě půdy 0–40 cm, který je k dispozici na *stránkách projektu Intersucha*. Pro přesné porovnání údajů žáci využijí mapu okresů a zvolí okres, ve kterém měření proběhlo. Při kliknutí na zvolený okres žáci zjistí, kromě intenzity sucha v povrchové vrstvě 0–40 cm, také intenzitu sucha v půdním profilu 0–100 cm, a dále také relativní nasycení půdy v obou těchto vrstvách.



Obrázek 6 Sucho v jednotlivých okresech na stránkách projektu Intersucho (Intersucho, 2021).



Obrázek 7 Relativní nasycení půdy a intenzita sucha ve zvoleném okrese na stránkách projektu Intersucho (Intersucho, 2021).

Záznamový arch pro žáky



1) *Ve kterém okrese byl ruční odhad půdní vlhkosti proveden?*

.....

2) *Za pomoci dotazníku projektu Intersucho napiš zjištěný ruční odhad půdní vlhkosti v hloubce 20 cm.*

.....

3) *Podle stránek Intersucha zjisti, jaká intenzita sucha aktuálně platí v tomto okrese pro povrchovou vrstvu půdy v hloubce 0–40 cm.*

.....

4) *Podle stránek Intersucha zjisti, jaká intenzita sucha aktuálně platí v tomto okrese pro půdní profil v hloubce 0–100 cm.*

.....

5) *Podle stejných stránek zjisti, jaká je hodnota relativního nasycení povrchové vrstvy půdy v hloubce 0–40 cm.*

.....

6) *Podle stejných stránek zjisti, jaká je hodnota relativního nasycení půdního profilu v hloubce 0–100 cm.*

.....

7) *Za pomoci internetu zjisti, jakým způsobem se sucho může projevovat v zemědělské krajině?*

.....

8) *Zjisti, které meteorologické nebo další faktory mohou podpořit sucho v krajině?*

.....

9) *Navrhni, jakým způsobem může člověk snižovat riziko sucha v zemědělské krajině.*

.....

10) *Libila se ti takto pojatá forma výuky? Co konkrétně ti přišlo nejvíce zajímavé?*

.....

Hotovo! 😊

Didaktická analýza učiva

Téma výuky: Projevy klimatické změny v místním regionu
Cíl výuky: Žáci si prakticky ověří dopad klimatické změny v místním regionu
Vzdělávací oblast: Člověk a příroda
Vzdělávací obor: Zeměpis
Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru: Terénní geografická výuka, praxe a aplikace; Geografické informace, zdroje dat, kartografie a topografie; Životní prostředí; Česká republika
Očekávané výstupy: Žák aplikuje v terénu praktické postupy při pozorování, zobrazování a hodnocení krajiny; Žák organizuje a přiměřeně hodnotí geografické informace a zdroje dat z dostupných kartografických produktů a elaborátů, z grafů, diagramů, statistických a dalších informačních zdrojů; Žák používá s porozuměním základní geografickou, topografickou a kartografickou terminologii; Žák uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí; Žák hodnotí na přiměřené úrovni přírodní, hospodářské a kulturní poměry místního regionu, možnosti dalšího rozvoje, přiměřeně analyzuje vazby místního regionu k vyšším územním celkům
Učivo: Cvičení a pozorování v terénu místní krajiny, Geografické exkurze; Komunikační geografický a kartografický jazyk, geografická kartografie a topografie; Vztah přírody a společnosti; Místní region
Průřezová témata: Environmentální výchova
Mezipředmětové vazby: Přírodopis
Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanské, kompetence digitální
Doporučený ročník: 6.–9. ZŠ
Organizační forma výuky: skupinová, terénní výuka
Místo realizace výuky: terénní výuka – místní region, klasická třída
Délka trvání výuky: 4–6 hodin
Použité pomůcky: pracovní list, školní ICT technika, lopatka, stránky CHMÚ, CUZK, INTERSUCHA, Mapy.cz, případně další

Použité metody výuky: slovní (vysvětlování, výklad, práce s textem, rozhovor), názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž), metody praktické (vytváření dovedností, manipulování, laborování), práce s pracovním listem, pozorování, ruční odhad

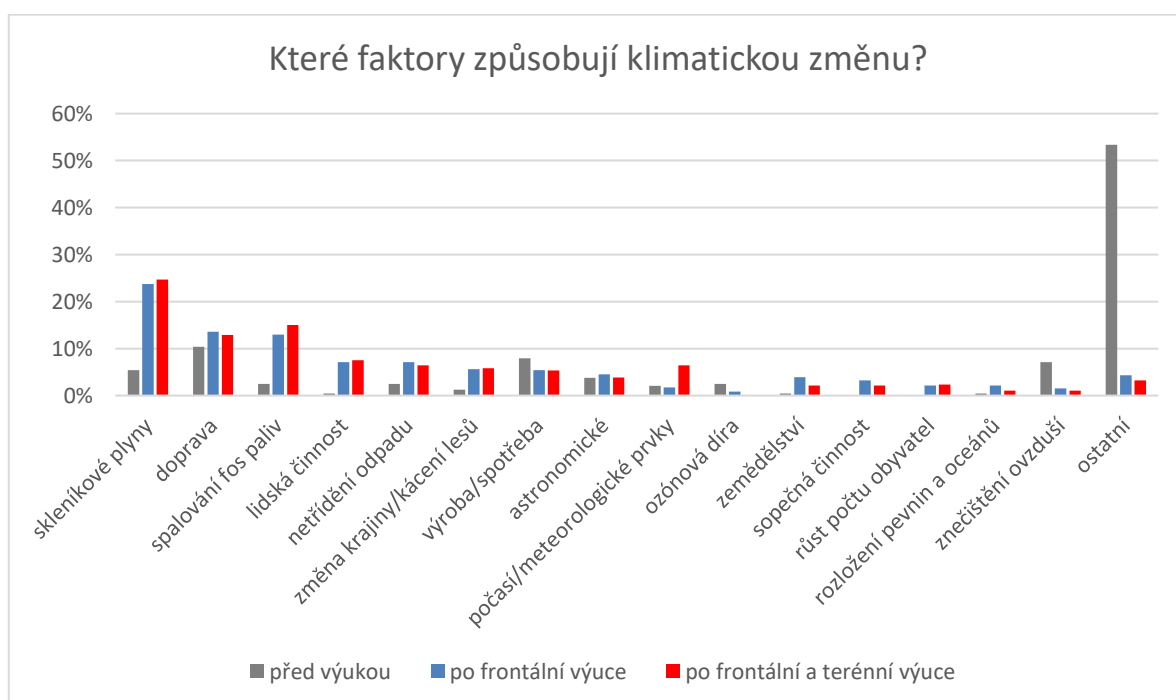
Požadované znalosti a dovednosti žáků: Před terénní výukou by měla proběhnout frontální výuka problematiky globální klimatické změny

7 VÝSLEDKY

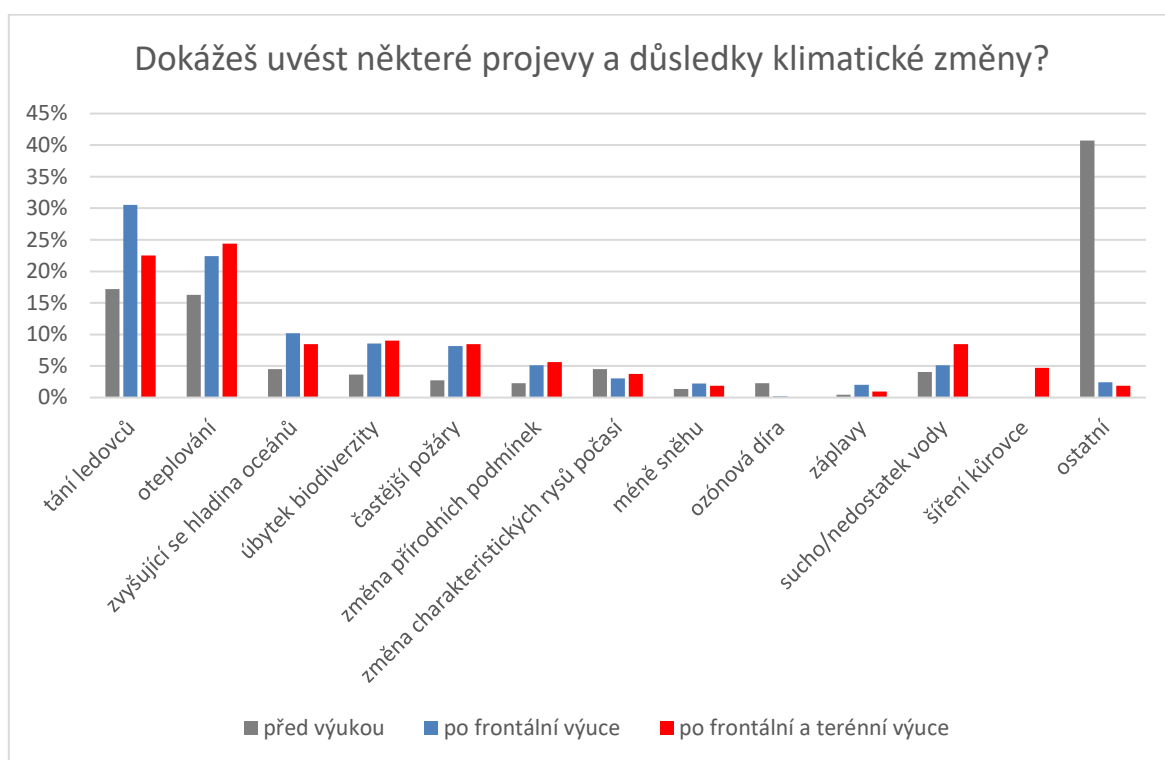
7.1 Znalosti žáků

První část dotazníku se věnovala základním znalostem žáků v problematice globální klimatické změny. V první otázce měli žáci napsat, které faktory způsobují klimatickou změnu. Žáci často nedokázali uvést ani jeden faktor způsobující klimatickou změnu nebo uváděli faktory, které na tuto problematiku nemají prakticky žádný vliv. Všechny méně časté odpovědi, které byly zároveň vyhodnoceny také jako chybné, jsou zahrnuty v kategorii ostatní. Pro upřesnění je třeba dodat, že v grafech jsou samostatně zaznamenány také chybné odpovědi, pokud je žáci zmiňovali opakovaně. Příkladem může být ozónová díra, která se v odpovědích žáků vyskytovala vícekrát, přestože se ve skutečnosti nejedná o faktor způsobující klimatickou změnu.

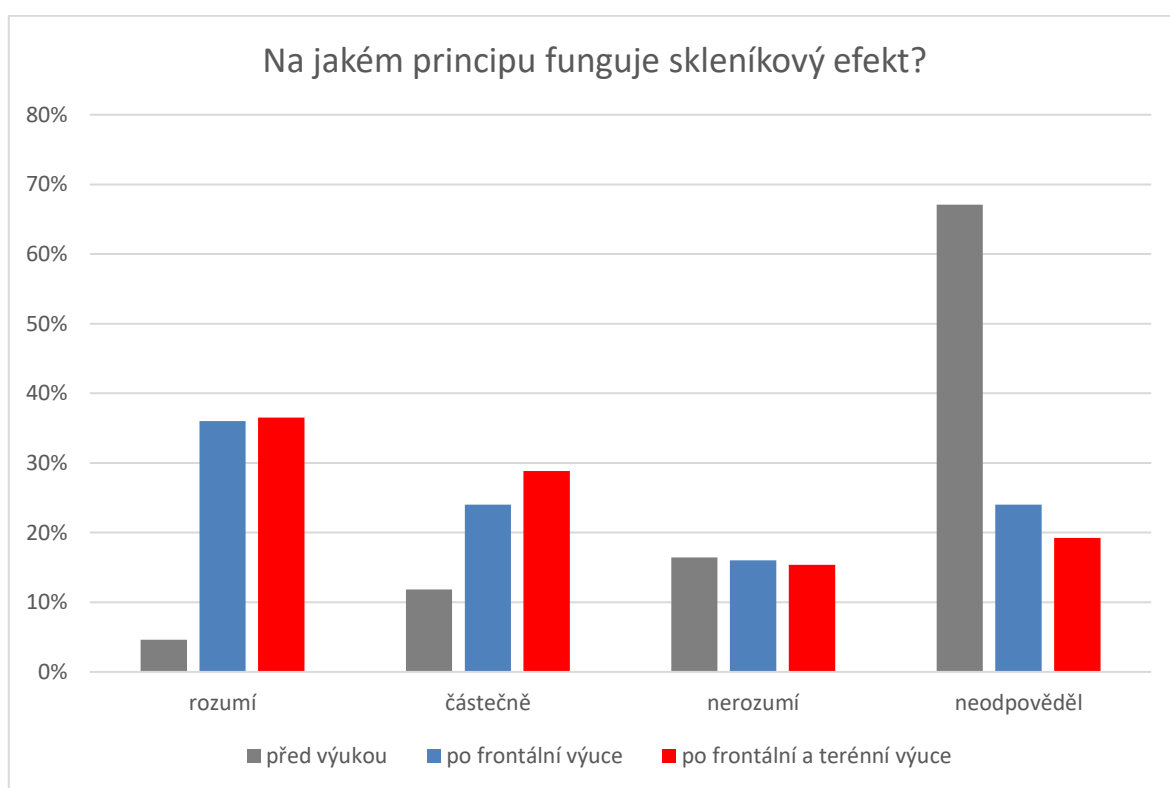
Za nejvýznamnější faktor způsobující klimatickou změnu považovali žáci dopravu, výrobu či spotřebu věcí nebo obecně znečištění ovzduší. Velmi patrný rozdíl nastal po frontální výuce, kdy si žáci již byli vědomi velkého významu vlivu skleníkových plynů a spalování fosilních paliv. Žáci taktéž uváděli výrazně více i jiné faktory způsobující klimatickou změnu jako je lidská činnost, vliv zemědělství, změny krajiny či kácení lesů. Znalosti žáků se po frontální výuce příliš nelišily od znalostí žáků, kteří absolvovali výuku frontální i terénní.



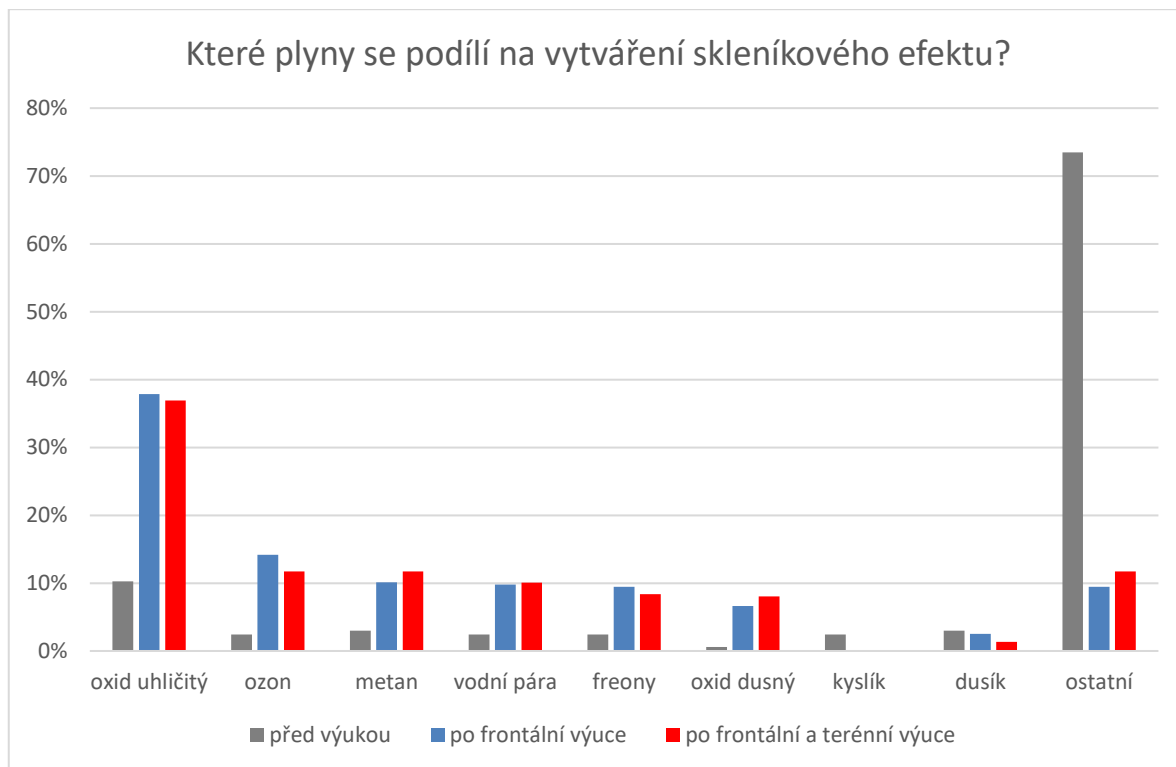
Přínos frontální výuky se projevili také u otázky zjišťující důsledky klimatické změny. Mezi nejčastější odpovědi před výukou i po frontální výuce bylo globální oteplování a tání ledovců. Z grafů je patrné, že po frontální výuce byli žáci schopni uvést i jiné, méně známé projevy jako zvyšování mořské hladiny, úbytek biodiverzity, častější období sucha, nedostatku vody, požárů či změna charakteristických rysů počasí. Vliv terénní výuky se projevili zejména ve zvýšené četnosti odpovědí na místní projevy klimatické změny jako je šíření kůrovcového hmyzu či sucho spojené s nedostatkem vody, neboť právě na tyto důsledky klimatické změny prováděli žáci terénní cvičení.



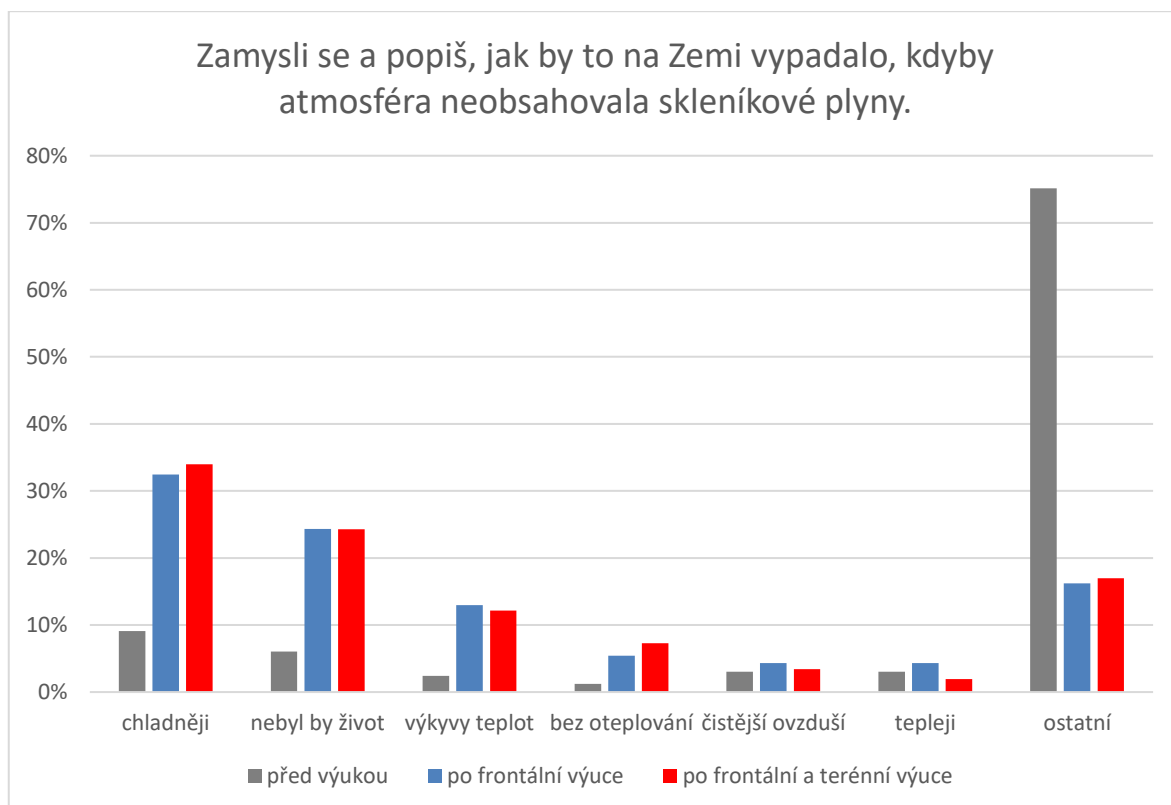
Před výukou naprostá většina žáků nebyla schopna správně nebo alespoň částečně popsat princip fungování skleníkového efektu. Správně na tuto otázku odpovědělo pouze 5 % žáků a téměř 70 % žáků na tuto otázku neodpovědělo vůbec. Přínos výuky byl u této otázky výrazný, neboť po frontální výuce bylo na tuto otázku schopno správně nebo alespoň částečně správně odpovědět více než polovina žáků. Efekt terénní výuky se u této otázky výrazně neprojevil. Zajímavým zjištěním je zde skutečnost, že skupina žáků, která nerozuměla skleníkovému efektu, byla po realizované frontální i doplňující terénní výuce stále stejná, což může souviset s nepochopením principu fungování skleníkového efektu již během frontální výuky a toto nepochopení zůstává u žáků i nadále.



Znalost skleníkových plynů byla u žáků před výukou také velmi nízká. Jako nejčastější skleníkový plyn žáci uváděli oxid uhličitý, ostatní skleníkové plyny se objevovaly jen sporadicky. Více jak 70 % žáků neuvvedlo žádný skleníkový plyn nebo plyny, které za skleníkové nelze považovat. Vliv frontální výuky se projevil zejména tím, že žáci byli častěji schopni uvádět i jiné skleníkové plyny jako je metan, vodní pára, ozón, freony či oxid dusný. Přínos terénní výuky na odpovědi zde nebyl zaznamenán.



Vliv frontální výuky se taktéž významně projevil u otázky, ve které žáci měli popsat, jak by to na Zemi vypadalo, kdyby atmosféra neobsahovala skleníkové plyny. Před výukou žáci většinou nebyli schopni na tuto otázku správně odpovědět. Nejčastější odpovědí po frontální výuce bylo, že by na Zemi bylo chladněji, nebo že by nebyl život, což můžeme považovat víceméně za správné. Přínos terénní výuky zde podobně jako v předchozí otázce nebyl zřejmý.



7.2 Názory žáků a ochota žáků jednat

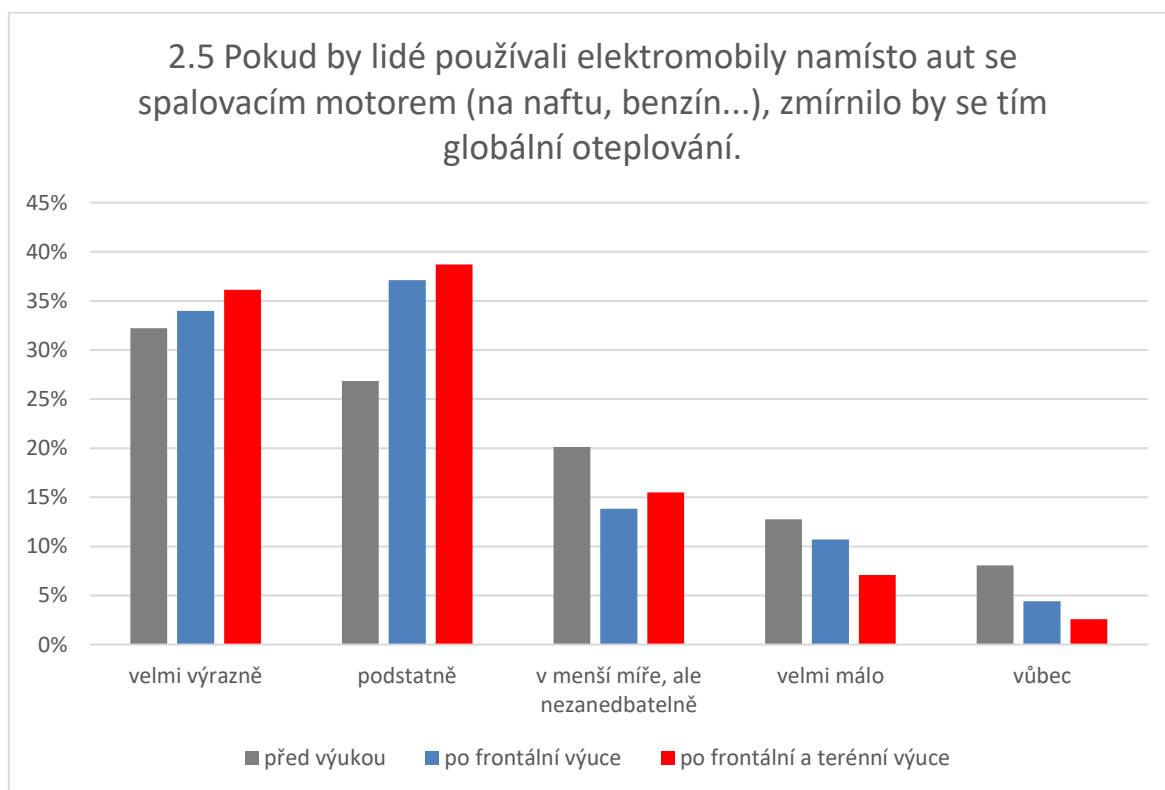
Názory žáků a ochotu žáků jednat zkoumala druhá a třetí část dotazníkového šetření. Zatímco druhá část dotazníků zjišťovala názory žáků na efektivitu opatření vedoucí ke zmírňování klimatické změny, třetí část pak ochotu žáků v dané oblasti jednat. Každá otázka v druhé části dotazníku tedy byla provázána s otázkou v části třetí, což umožňuje srovnání názorů žáků a jejich ochoty jednat. Protože byly otázky obou částí dotazníku zaměřeny na různé oblasti zmírňování klimatické změny, je provedeno jejich vyhodnocení právě v rámci těchto jednotlivých oblastí:

- doprava,
- výroba elektřiny,
- domácí,
- osobní,
- komunální,
- legislativní,
- daně,
- spolupráce,
- vzdělání,
- nevědecké (irelevantní).

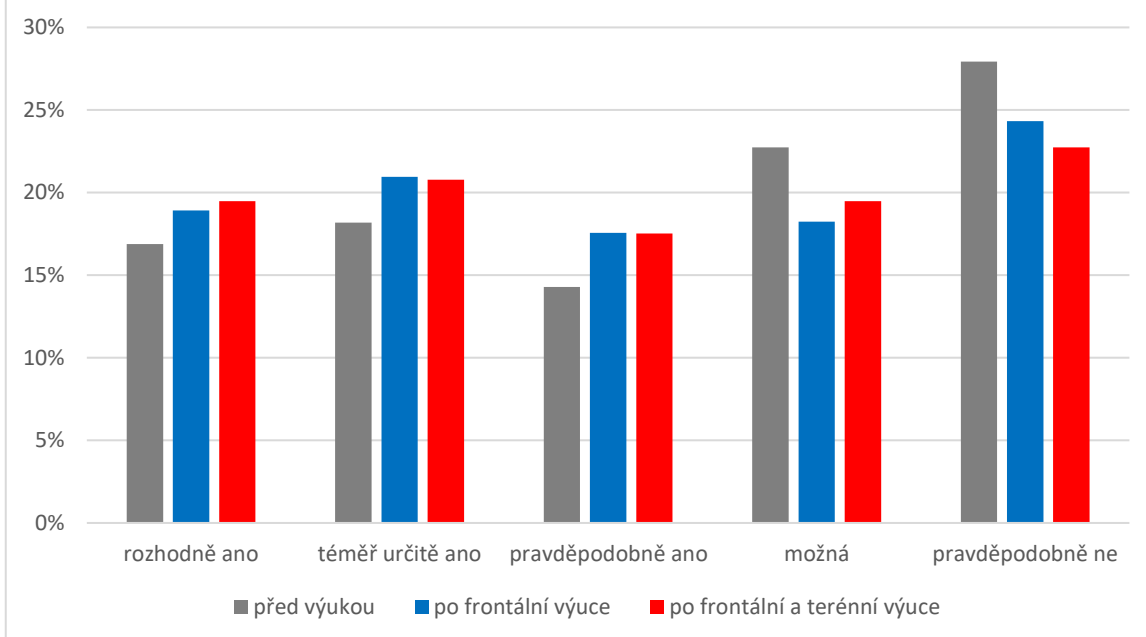
7.2.1 Doprava

Většina žáků zastávala v oblasti dopravy názor, že použití elektromobilů namísto aut se spalovacím motorem a omezení osobní automobilové a letecké dopravy by velmi výrazně či podstatně zmírnilo globální oteplování, byť ochota žáků koupit auto na elektrický pohon nebo omezit automobilovou či leteckou dopravu byla podstatně nižší.

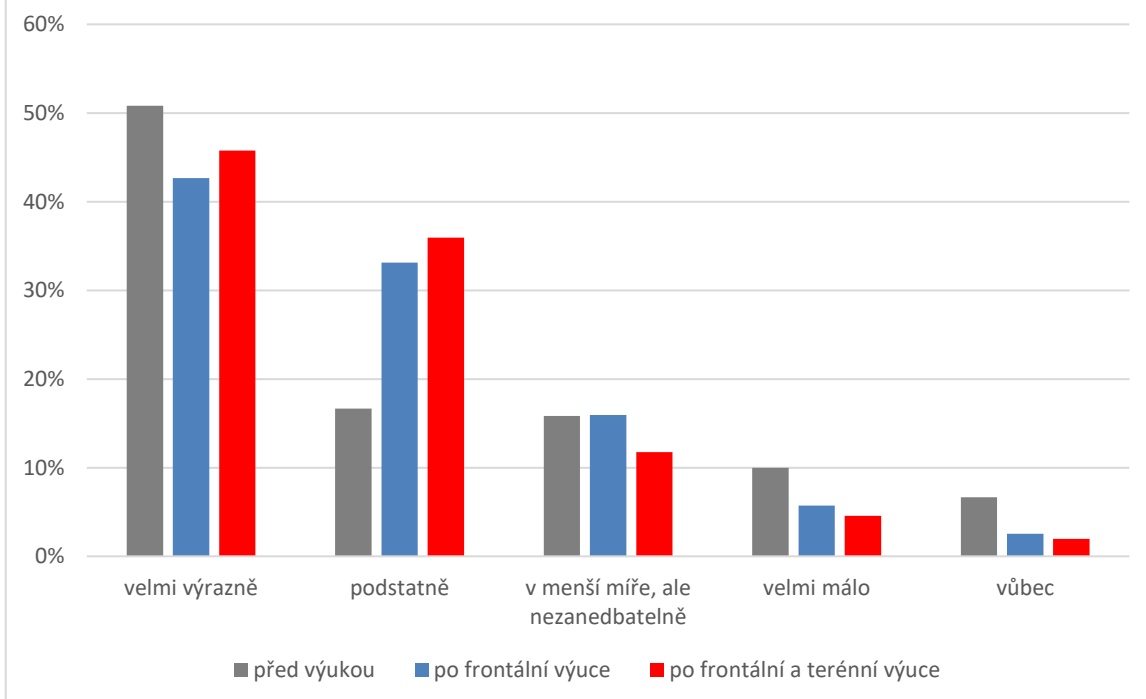
Z níže uvedených grafů je patrné, že po absolvování frontální výuky byly názory žáků i jejich ochota jednat více pozitivní, a po realizaci výuky frontální doplněnou o terénní metodu výuky se tyto hodnoty zpravidla ještě mírně zvýšily. Přesto můžeme konstatovat, že míra ochoty jednat byla ve srovnání s názory žáků relativně nízká, a to jak po absolvování frontální výuky, tak doplňující terénní výuky. Rozdíly odpovědí těchto skupin nebyly v názorech žáků a ochotě žáků jednat statisticky významné.



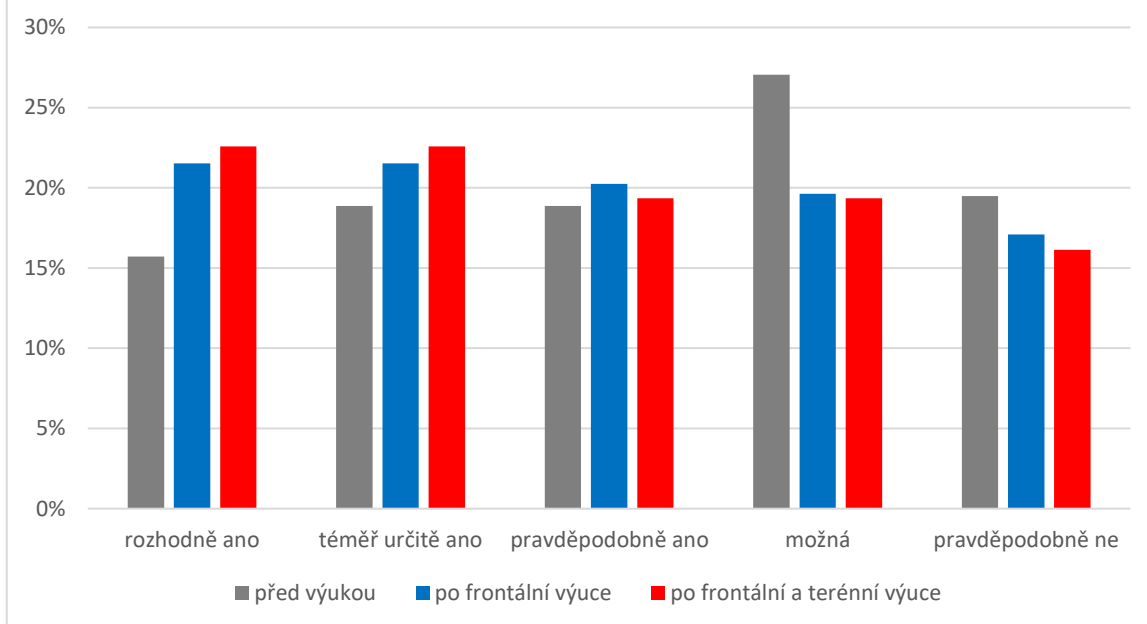
3.16 Vybral(a) bych si auto na elektrický pohon, i kdyby bylo dražší.



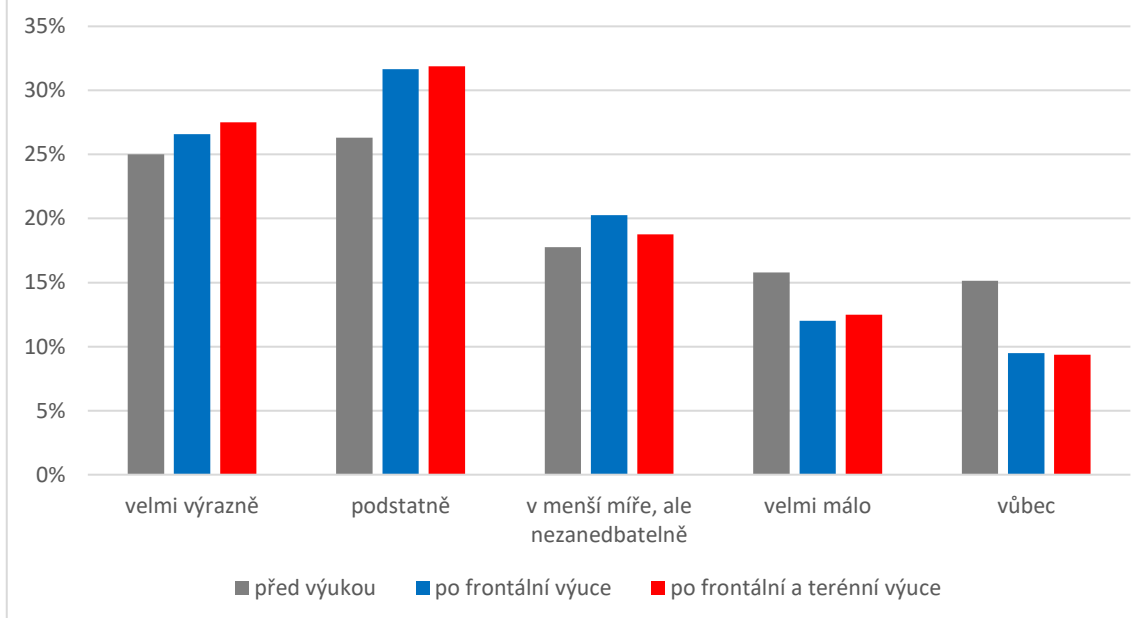
2.16 Pokud by lidé tolik nejezdili auty, zmírnilo by se tím globální oteplování.



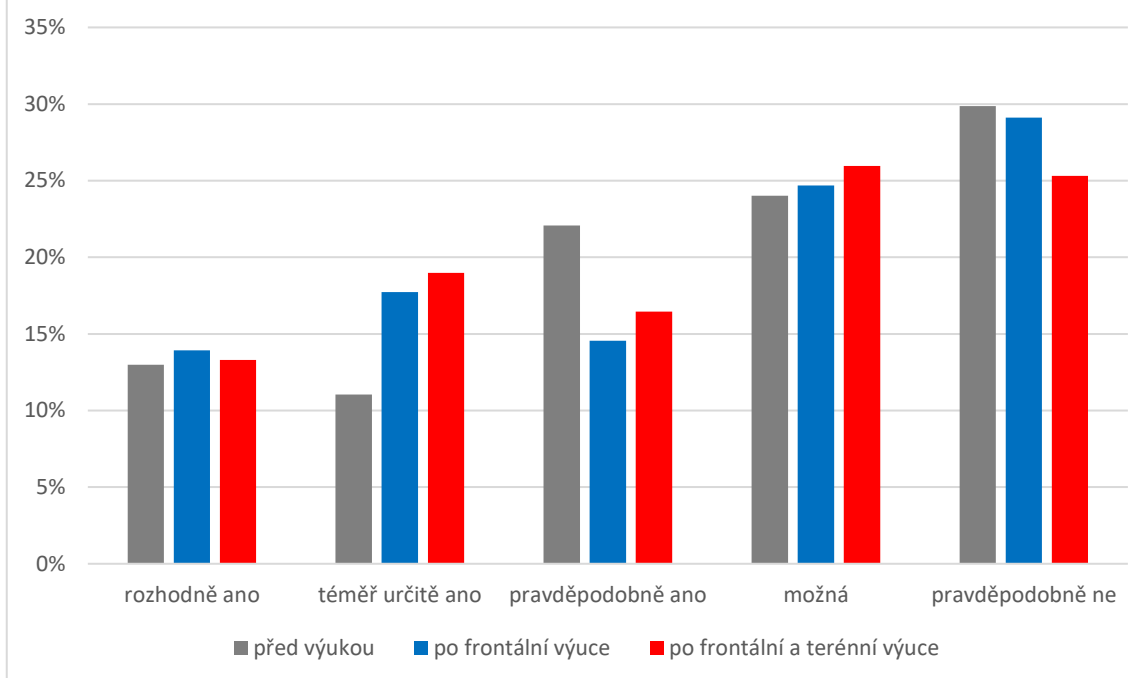
3.1 I kdyby to znamenalo více času a méně pohodlí, snažil(a) bych se využívat autobus a vlak namísto auta.



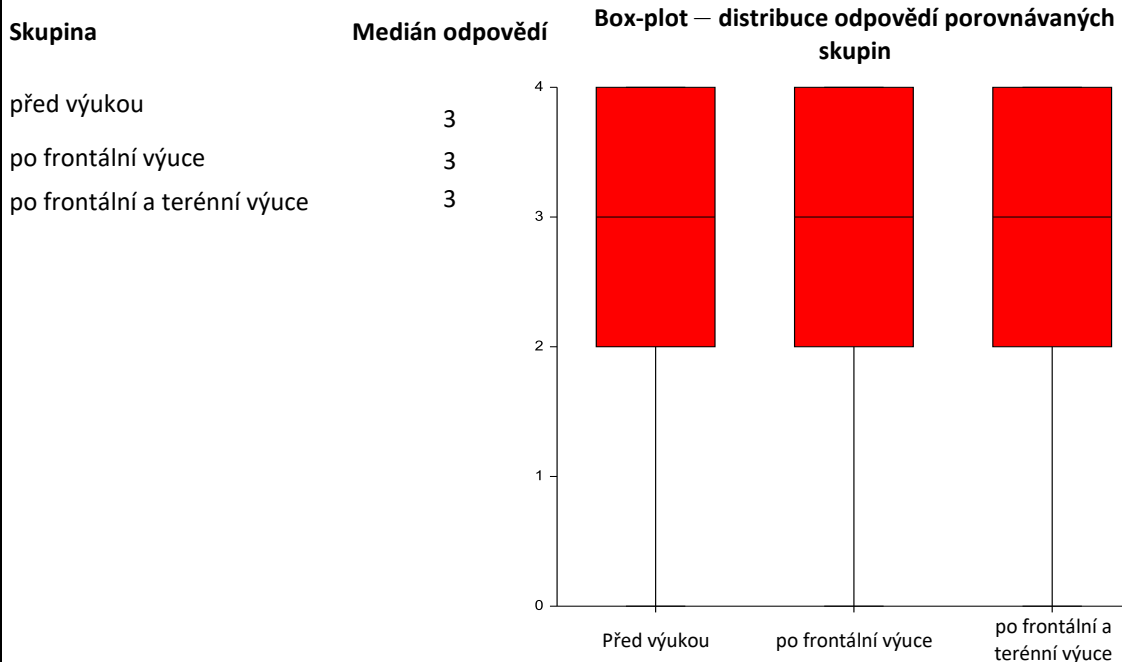
2.19 Pokud by lidé méně létali letadlem, zmírnilo by se tím globální oteplování.



3.18 I když je to méně pohodlné, cestoval bych na dovolenou vlakem nebo autobusem namísto letadla.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "doprava"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	8,2029	0,01655	Yes
Corrected for Ties	2	8,9199	0,01156	Yes

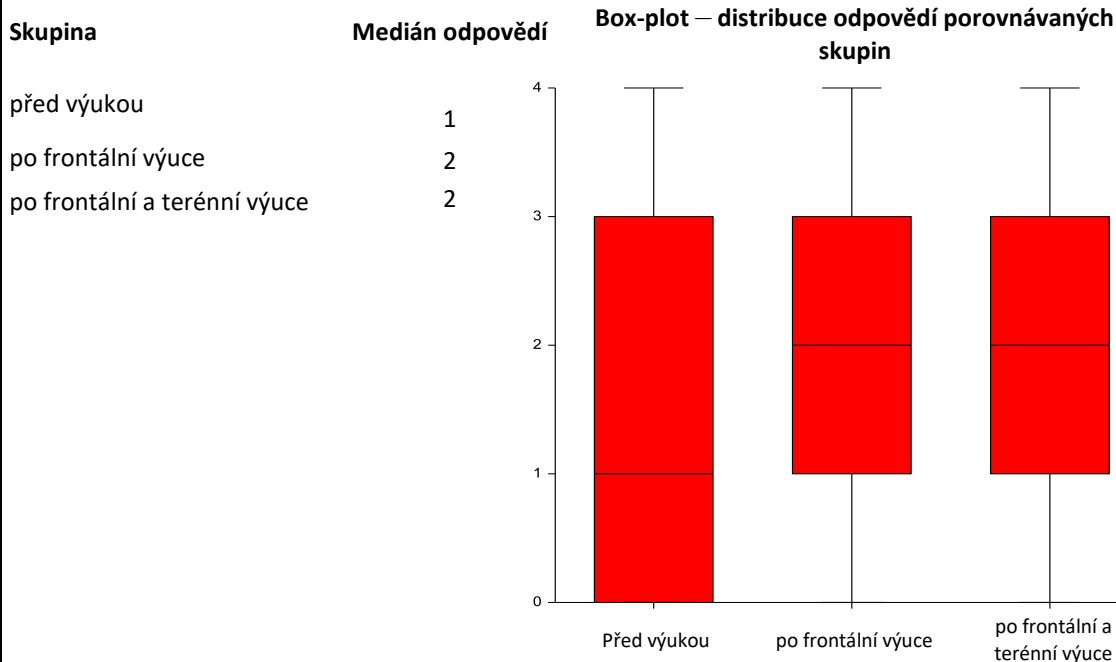
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	1,9713	2,9462
po frontální výuce	1,9713	0	1,0111
po frontální a terénní výuce	2,9462	1,0111	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné, ale rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné jsou. Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "doprava"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	6,2226	0,04454	Yes
Corrected for Ties	2	6,4948	0,03887	Yes

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	1,8846	2,4273
po frontální výuce	1,8846	0	0,5387
po frontální a terénní výuce	2,4273	0,5387	0

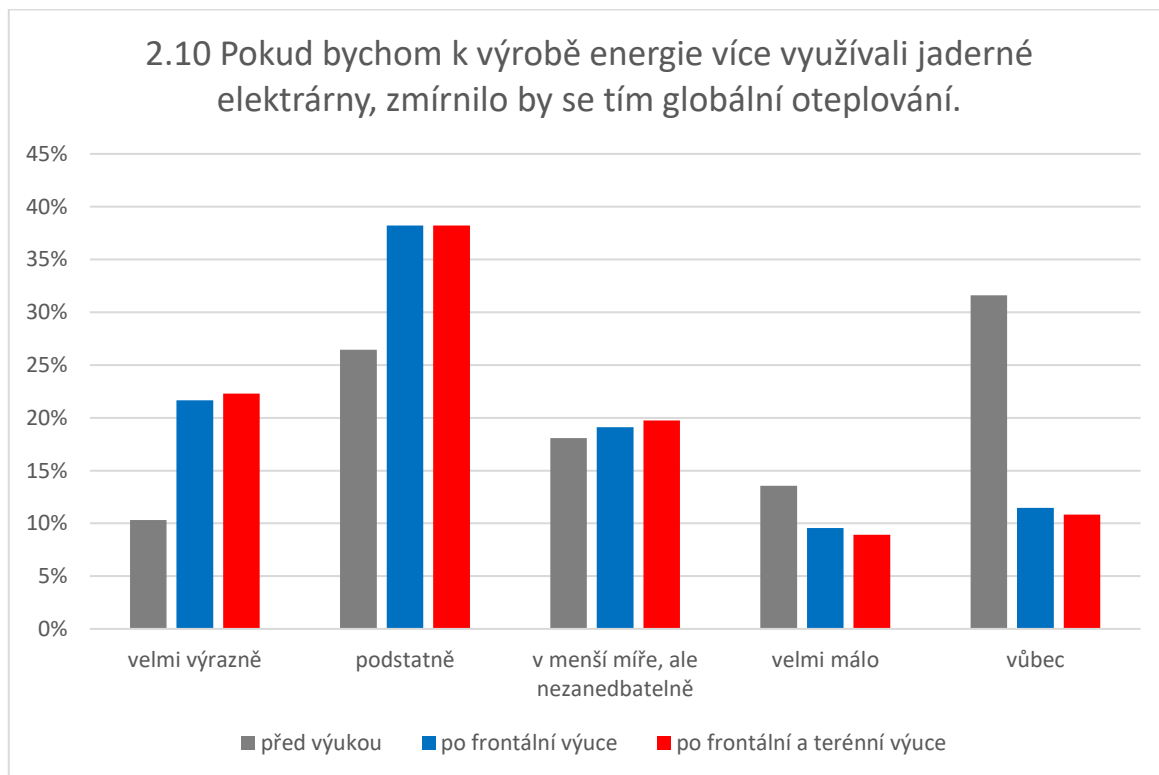
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné, ale rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce" jsou statisticky významné. Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

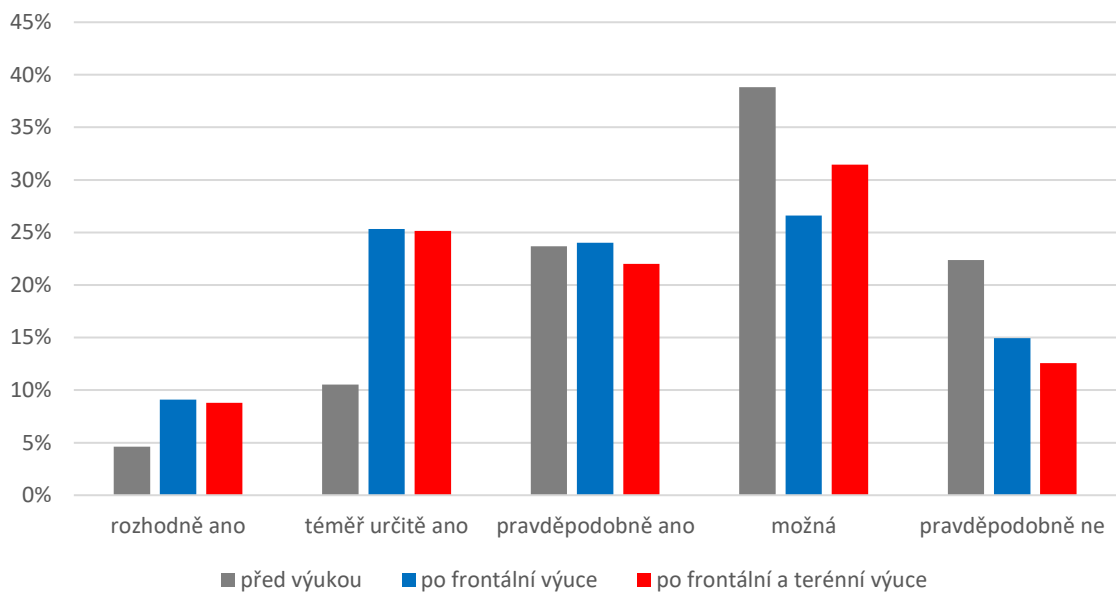
7.2.2 Výroba elektřiny

V této oblasti byl obecně vliv výuky na názory žáků výraznější než v kategorii dopravy. Žáci po frontální i doplňující terénní výuce zastávali převážně názor, že větší výroba elektrické energie z jaderných elektráren, a zejména pak z obnovitelných zdrojů by velmi výrazně nebo podstatně snížila globální oteplování. Ochota žáků platit za takovýto typ výroby však byla obecně nižší, zejména u jaderných elektráren, a to po frontální i doplňující terénní výuce.

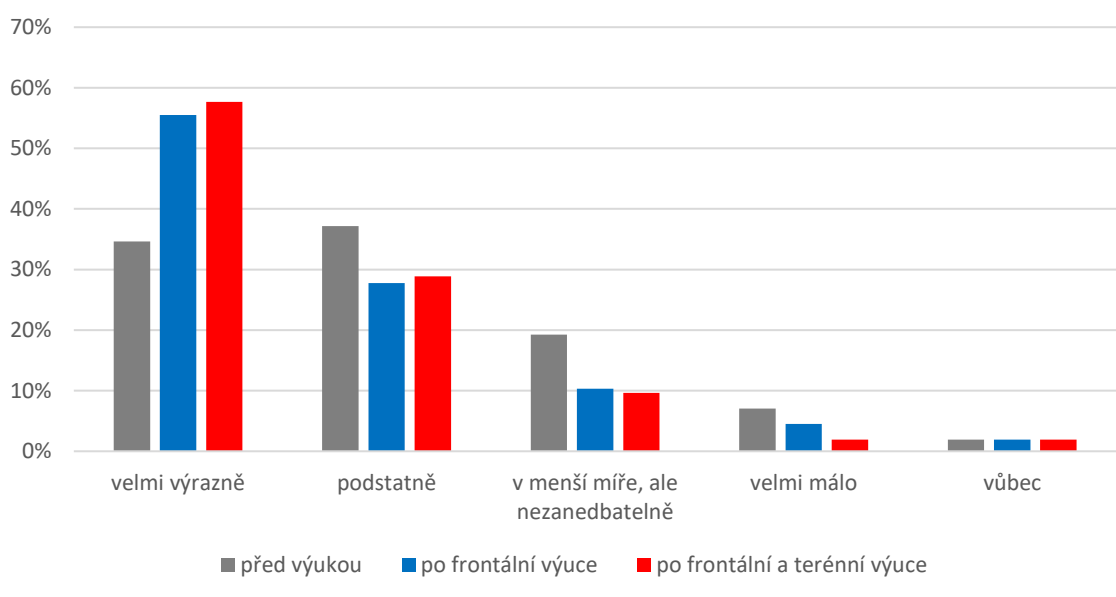
Na druhou stranu byl ale přínos výuky znatelný, neboť více žáků odpovědělo rozhodně ano či téměř určitě ano, tzn. více žáků bylo ochotno platit více za využívání elektřiny z jaderných elektráren. Více pozitivní názory žáků i větší ochota žáků jednat byla patrná po doplňující terénní výuce, ale pouze u využívání obnovitelných zdrojů, nikoli však u využívání jaderných elektráren. Důvodem může být skutečnost, že jaderná energetika není v očích žáků vnímána jako tak čistá a bezpečná, jako energie z obnovitelných zdrojů. Z hlediska statistické významnosti nebyly rozdíly odpovědí těchto skupin v názorech žáků a ochotě žáků jednat odlišné.



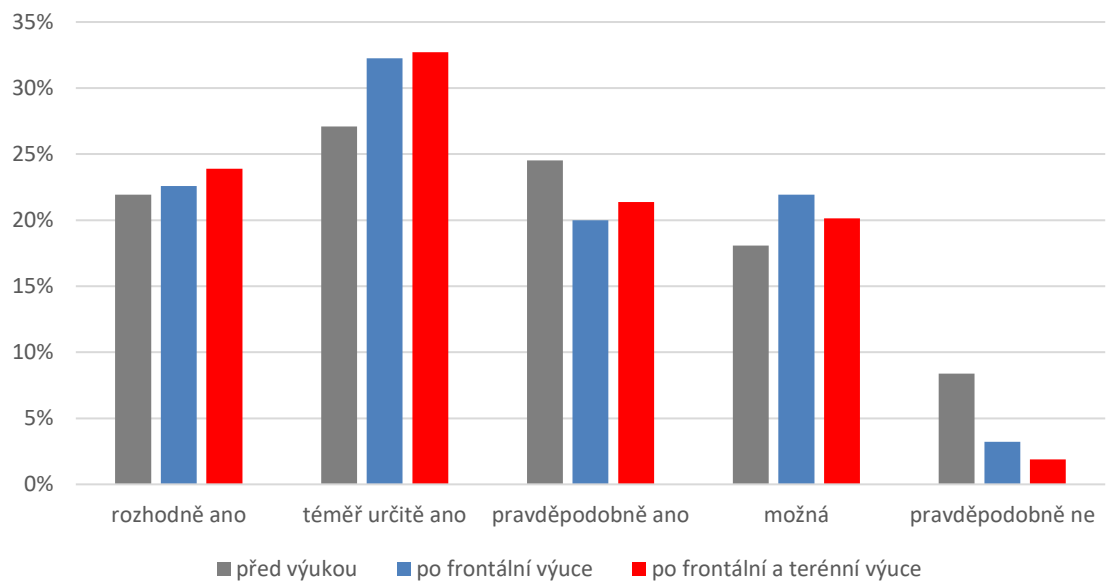
3.10 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektřinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn jadernými elektrárnami.



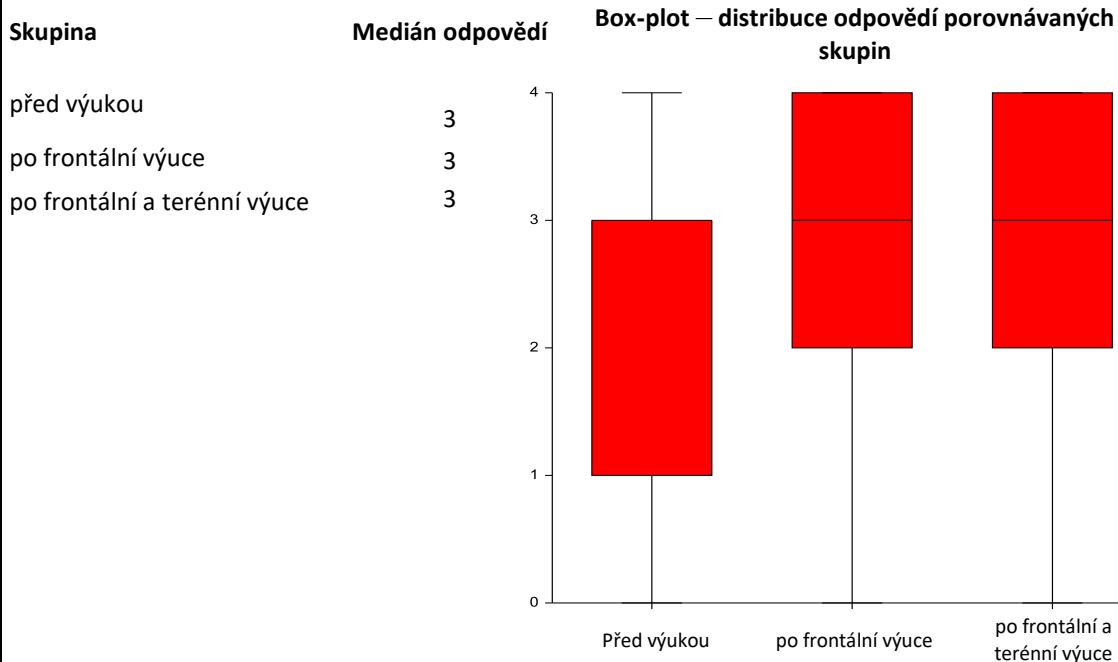
2.15 Pokud bychom k výrobě energie více využívali vítr, slunce a mořské vlnění, zmírnilo by se tím globální oteplování.



3.13 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektřinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn z větru, slunce a mořského vlnění.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "výroba elektřiny"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	39,4462	0	Yes
Corrected for Ties	2	42,8266	0	Yes

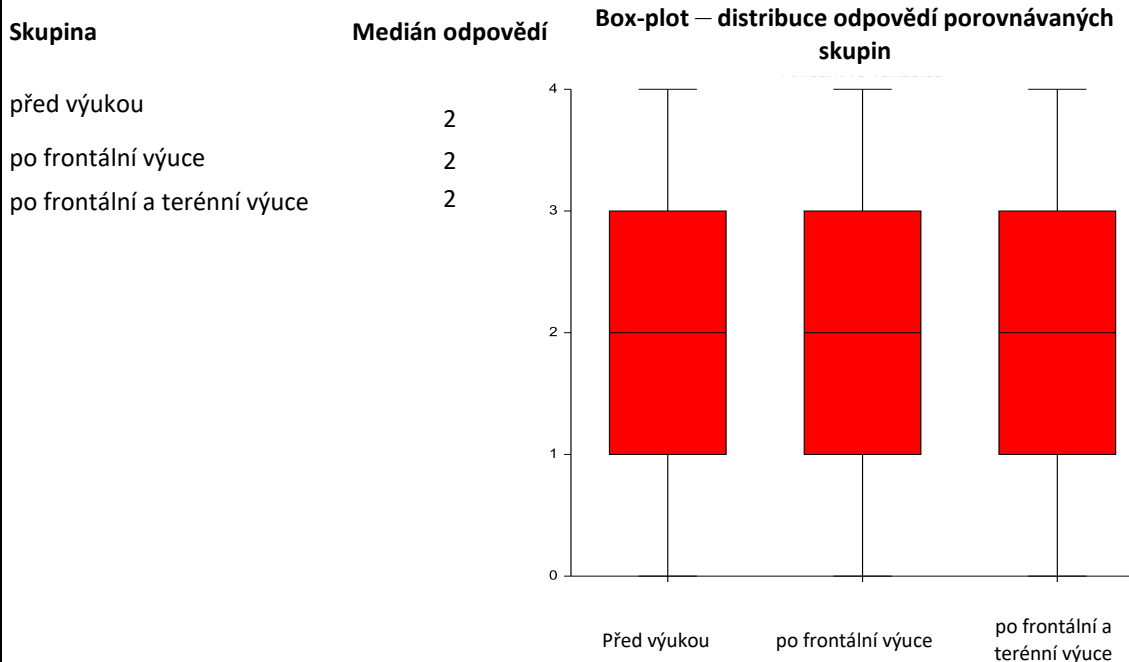
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	5,3667	5,9304
po frontální výuce	5,3667	0	0,5599
po frontální a terénní výuce	5,9304	0,5599	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "výroba elektřiny"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	13,9524	0,00093	Yes
Corrected for Ties	2	14,6988	0,00064	Yes

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	3,1562	3,4729
po frontální výuce	3,1562	0	0,2947
po frontální a terénní výuce	3,4729	0,2947	0

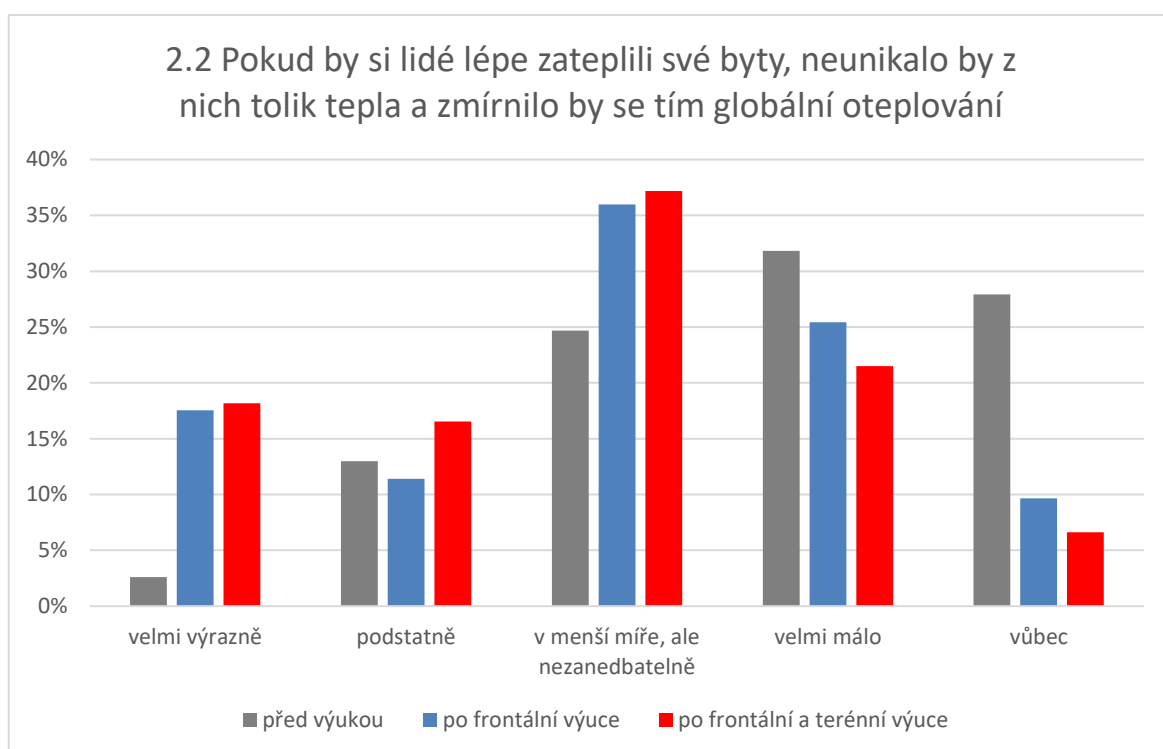
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

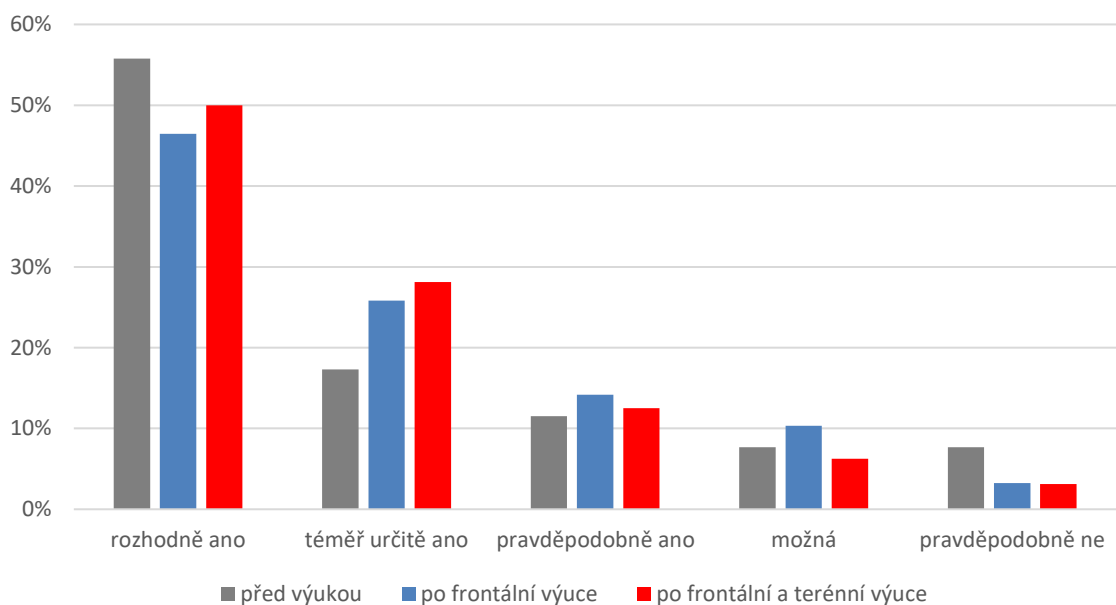
7.2.3 Domáci

Frontální výuka měla na názory žáků v oblasti spotřeby energetiky v domácnostech výrazný efekt. Většina žáků si před výukou příliš neuvědomovala význam energetické náročnosti budov na globální oteplování. Zatímco před výukou byl názor žáků na efektivitu zateplení domů v souvislosti se zmírněním globálního oteplování velmi nízký, po výuce si žáci mnohem více uvědomovali jeho přínos. Zajímavostí je, že zde byla velmi vysoká ochota v této oblasti také jednat a vlastní byt zateplit bez ohledu na absolvovanou výuku a její typ. Lze se domnívat, že žáci pravděpodobně považují zateplení domu z dlouhodobého hlediska za ekonomicky výhodné opatření.

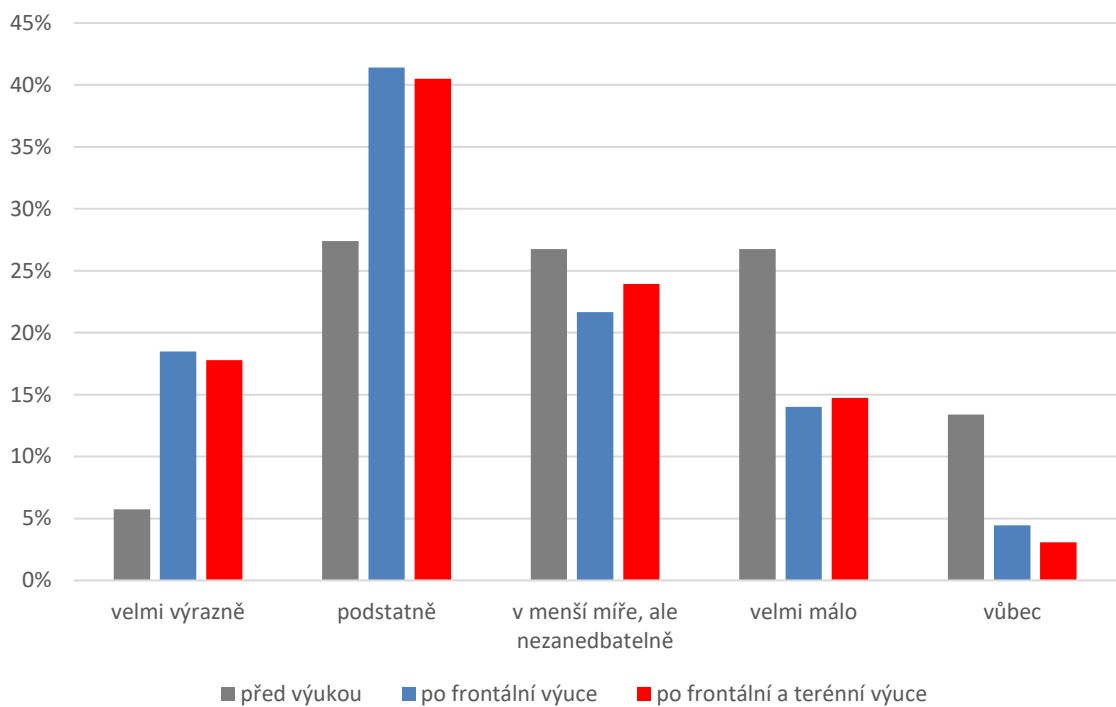
Názory žáků a ochota žáků jednat byly velmi podobné u všech otázek týkajících se spotřeby elektrické energie v domácnostech a využívání či pořízení elektrických spotřebičů s menší energetickou spotřebou. Názory žáků na vliv energetických úspor v domácnostech při zmírňování globálního oteplování se s absolvovanou frontální i doplňující terénní výukou pozitivně zvyšovaly, ale volba metody výuky na toto zvýšení neměla jednoznačný vliv. To platilo také pro ochotu žáků jednat v otázkách nákupu energeticky úsporných spotřebičů či šetření spotřeby elektrické energie v domácnostech. Doplňující terénní metoda výuky sice v některých otázkách vedla k mírně lepším výsledkům, ale rozdíly odpovědí v názorech a ochotě žáků jednat nebyly od frontální výuky odlišné z hlediska statistické významnosti.



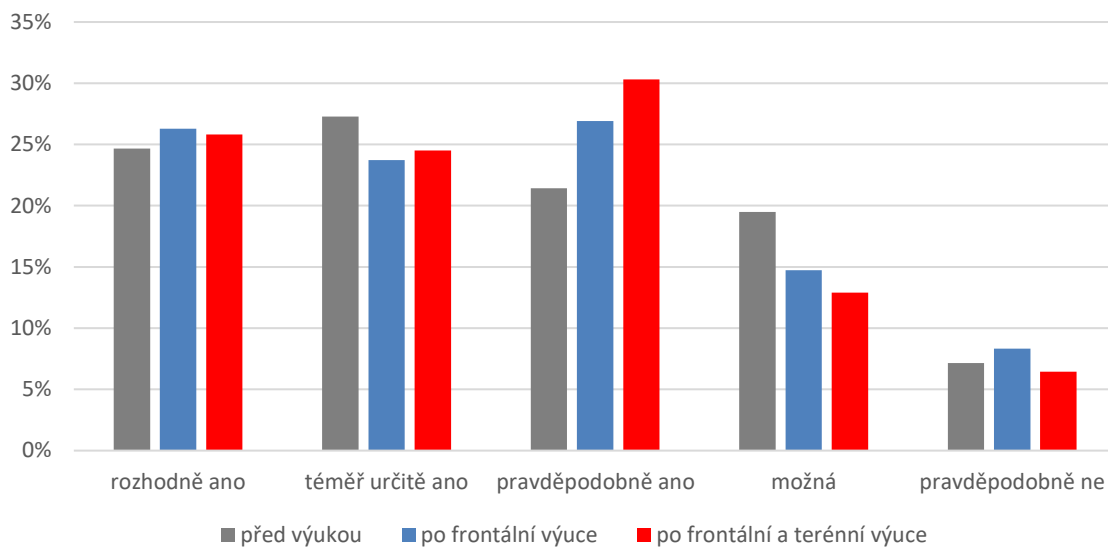
3.14 I kdyby mě to stálo peníze, zateplil(a) bych si byt tak, aby z něj neunikalo tolik tepla.



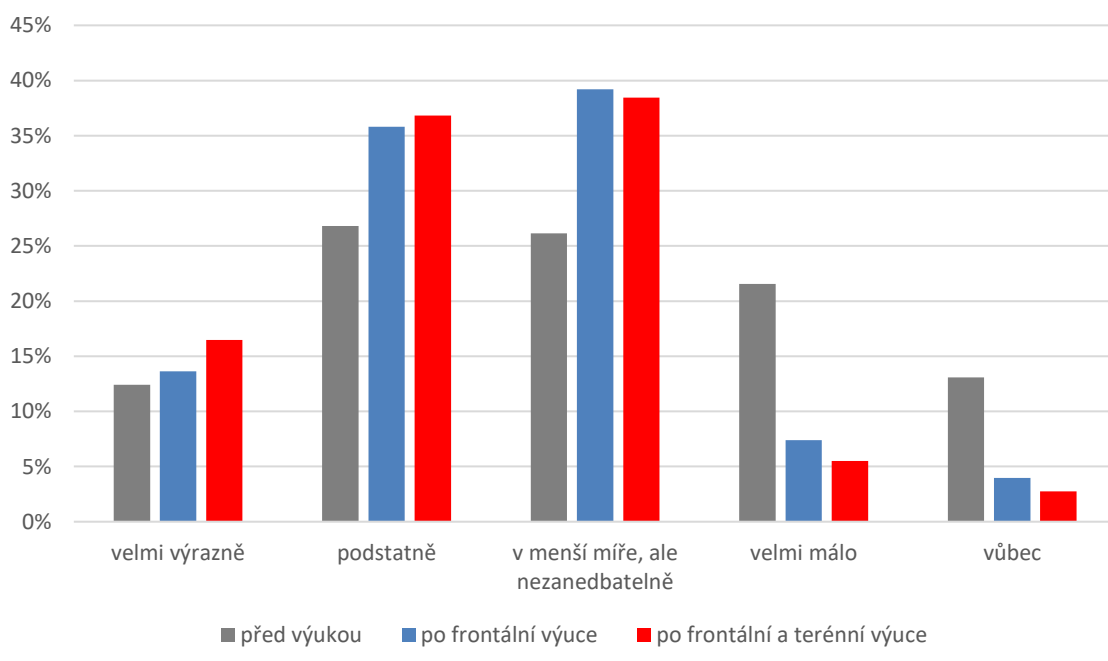
2.6 Pokud by si lidé pořídili domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s menší spotřebou energie, zmírnilo by se tím globální oteplování.



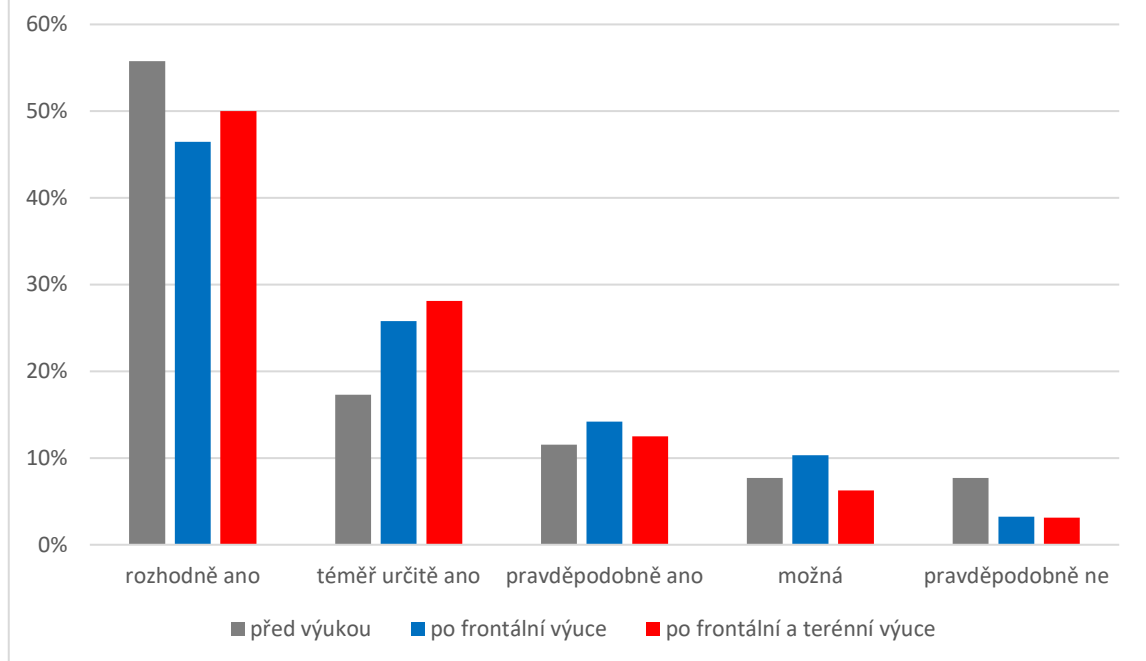
3.15 I kdyby to bylo dražší, koupil(a) bych si domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s nižší spotřebou energie.



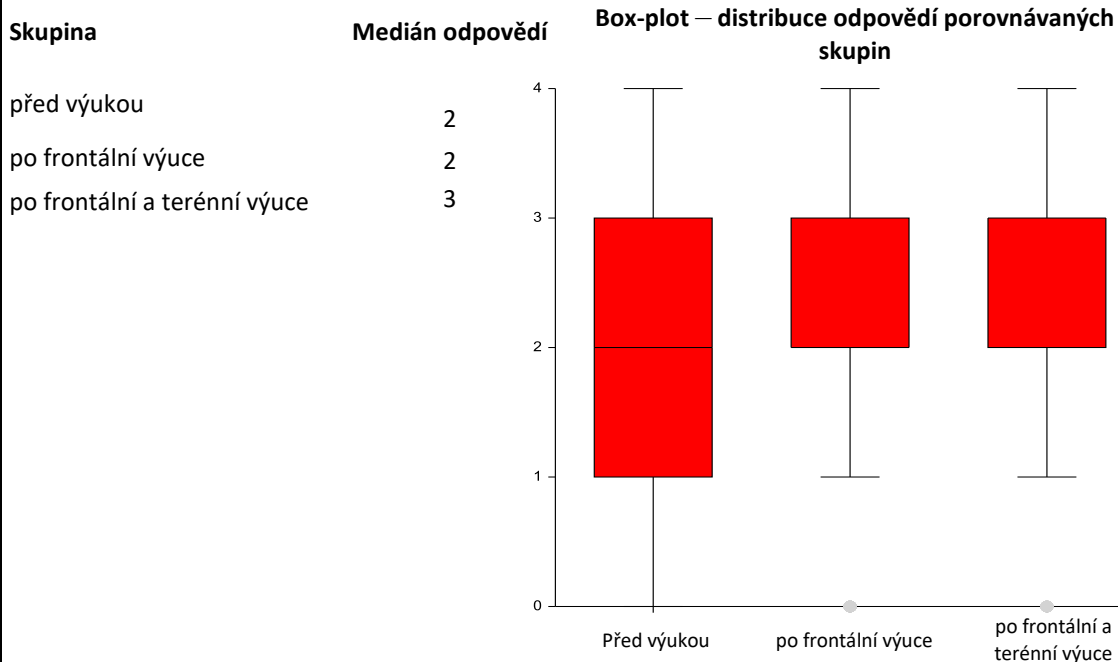
2.7 Kdyby lidé spotřebovávali méně elektřiny v domácnostech, zmírnilo by se tím globální oteplování.



3.6 Abych šetřil(a) elektřinou, vypínal(a) bych věci, když je nepoužívám.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "domácí"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	97,9416	0	Yes
Corrected for Ties	2	104,3274	0	Yes

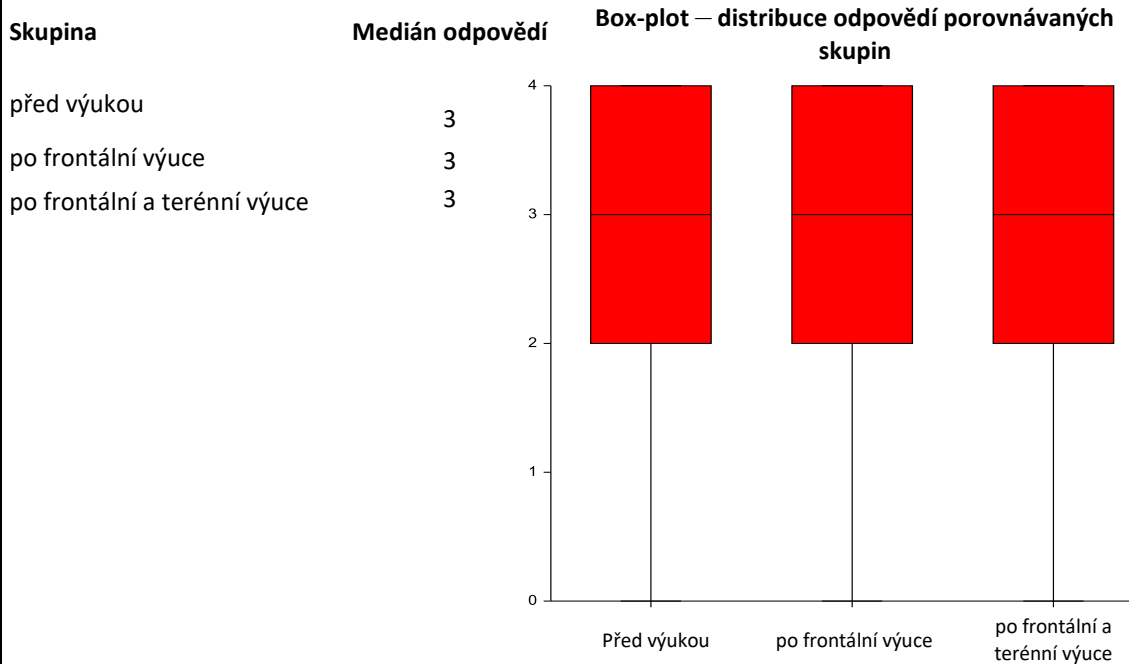
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	8,2132	9,3456
po frontální výuce	8,2132	0	1,0359
po frontální a terénní výuce	9,3456	1,0359	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "domácí"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	2,7892	0,24793	No
Corrected for Ties	2	3,0077	0,22227	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,9433	1,7324
po frontální výuce	0,9433	0	0,7887
po frontální a terénní výuce	1,7324	0,7887	0

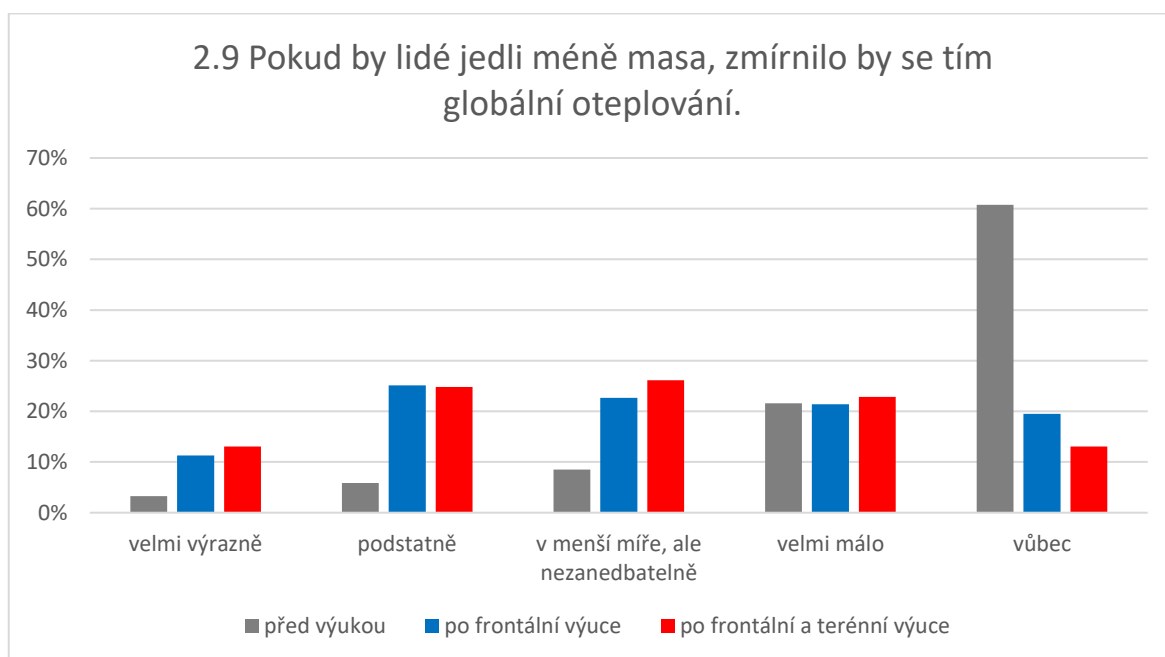
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

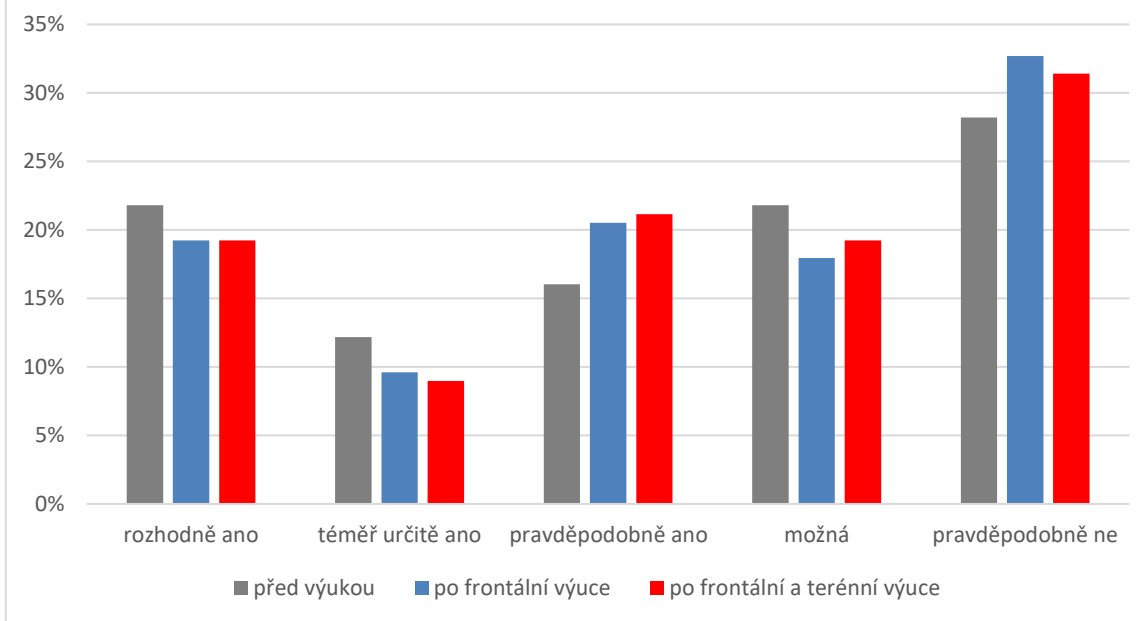
7.2.4 Osobní

Většina žáků před výukou nepřikládala zemědělské výrobě významný vliv na globální oteplování. Zhruba 60 % žáků zastávalo názor, že spotřeba masa nemá žádný vliv na globální oteplování a zhruba 50 % žáků odpovědělo, že vyhazování jídla má na globální oteplování žádný nebo jen velmi malý vliv, přestože zemědělství jako celek produkuje společně s lesnictvím a využitím půdy podle IPCC 24 % celosvětových emisí, což rozhodně není zanedbatelný podíl. Většina žáků také nepřikládala velký význam osobní spotřebě a nakupování nových věcí, neboť zhruba dvě třetiny žáků vyjádřily názor, že nakupováním nových věcí by se globální oteplování nesnížilo vůbec, velmi málo nebo v menší míře, ale ne zanedbatelně. Průmyslová výroba ale podle IPCC produkuje 21 % celosvětových emisí, což je hodnota převyšující například emise z dopravy, která je celosvětově zodpovědná asi za 14 % emisí skleníkových plynů.

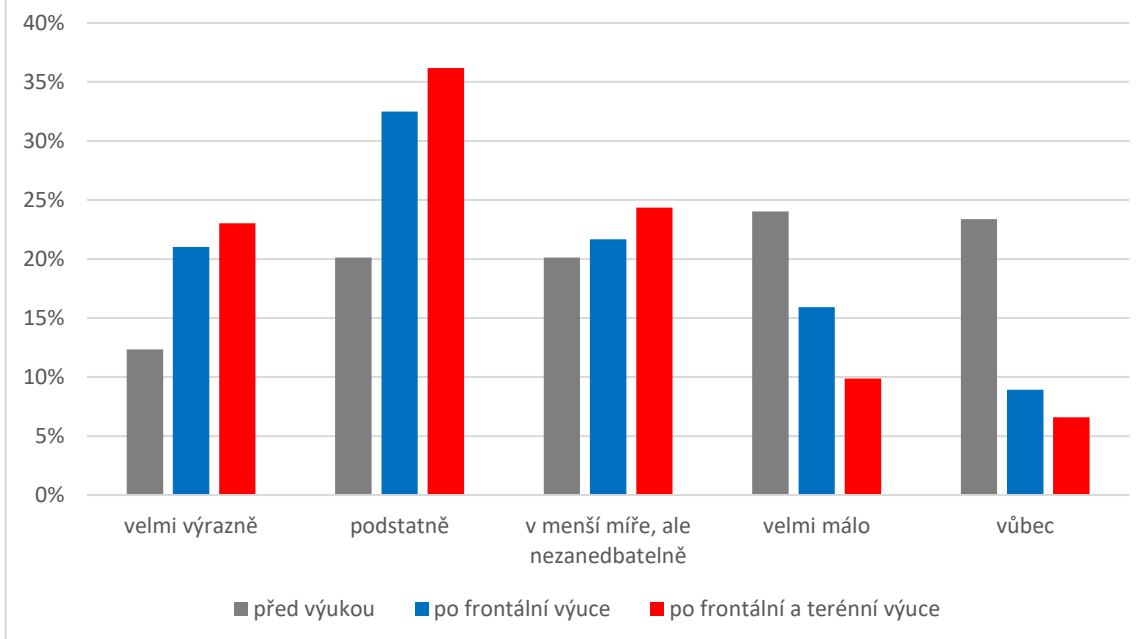
Přestože se názory žáků s absolvovanou frontální výukou pozitivně zvyšovaly, měla realizovaná výuka jen velmi omezený efekt na míru ochoty žáků jednat ve prospěch globálního oteplování. Toto zjištění platilo pro otázky ve vztahu ke konzumaci masa, spotřeby nových věcí a nevyhazování potravin. Výjimku tvořila pouze otázka týkající se preference výběru regionálních potravin na úkor dovážených ze zahraničí, kde se efekt výuky projevil také u ochoty žáků jednat. Přínos doplňující terénní výuky byl spíše nízký a více se projevil pouze o otázky týkající se osobní spotřeby. Z hlediska statistické významnosti se však odpovědi mezi skupinami v názorech ani ochotě žáků jednat nelišily.



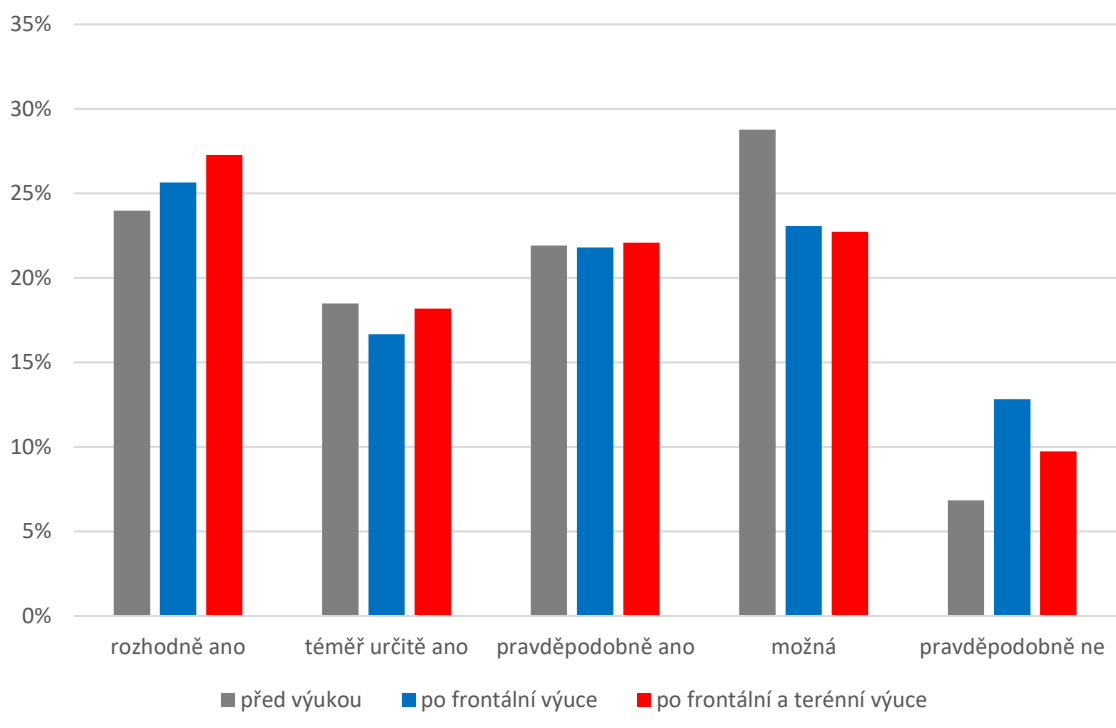
3.2 I kdybych měl(a) maso velmi rád(a), byl(a) bych ochoten/ochotna jíst méně masitých jídel.



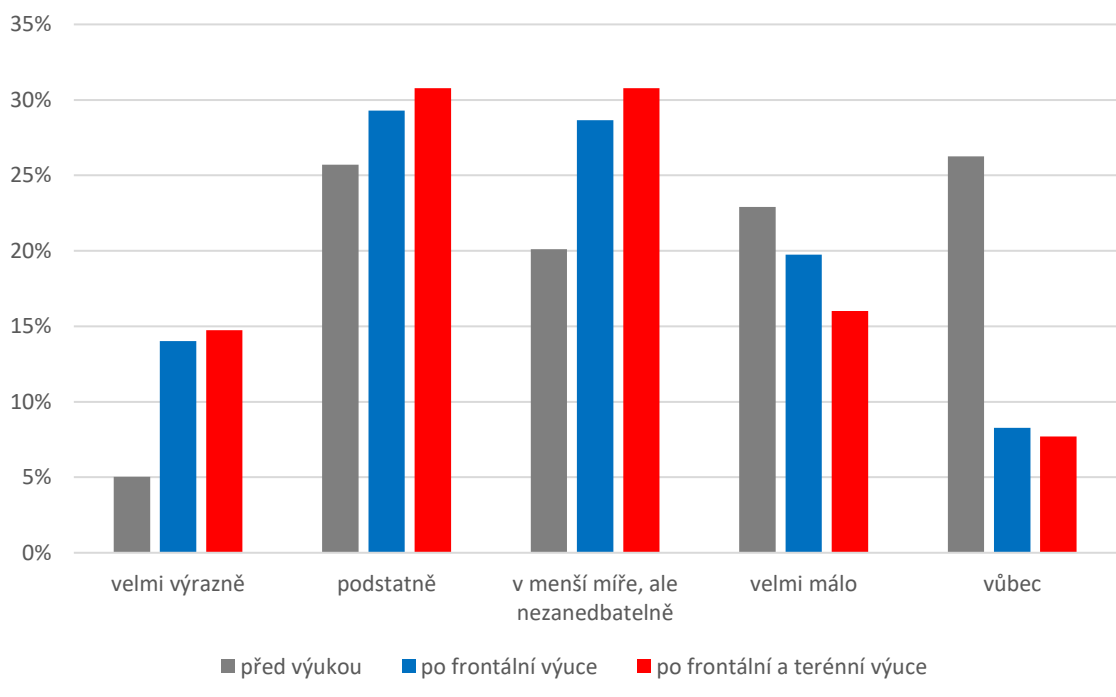
2.14 Pokud by lidé zvládli kupovat si méně nových věcí a vystačili si s tím, co mají, zmírnilo by se tím globální oteplování.



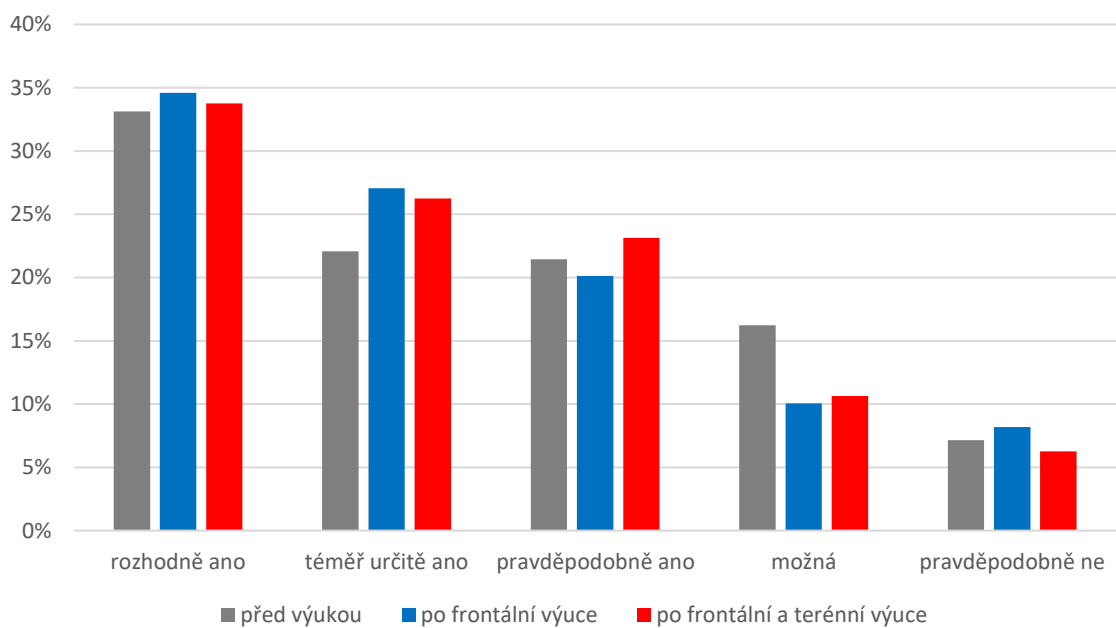
3.11 I kdyby to znamenalo nemít vždy tu nejnovější výbavu či módu, zvládl(a) bych kupovat si nové věci méně často.



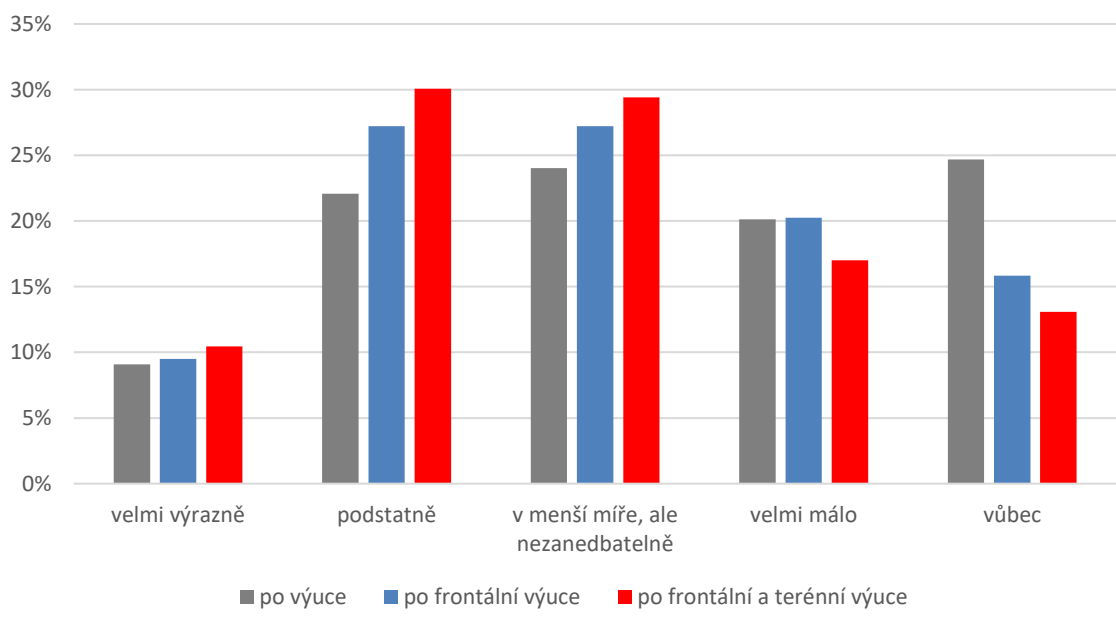
2.17 Pokud by lidé nevyhazovali tolik jídla, zmírnilo by se tím globální oteplování.



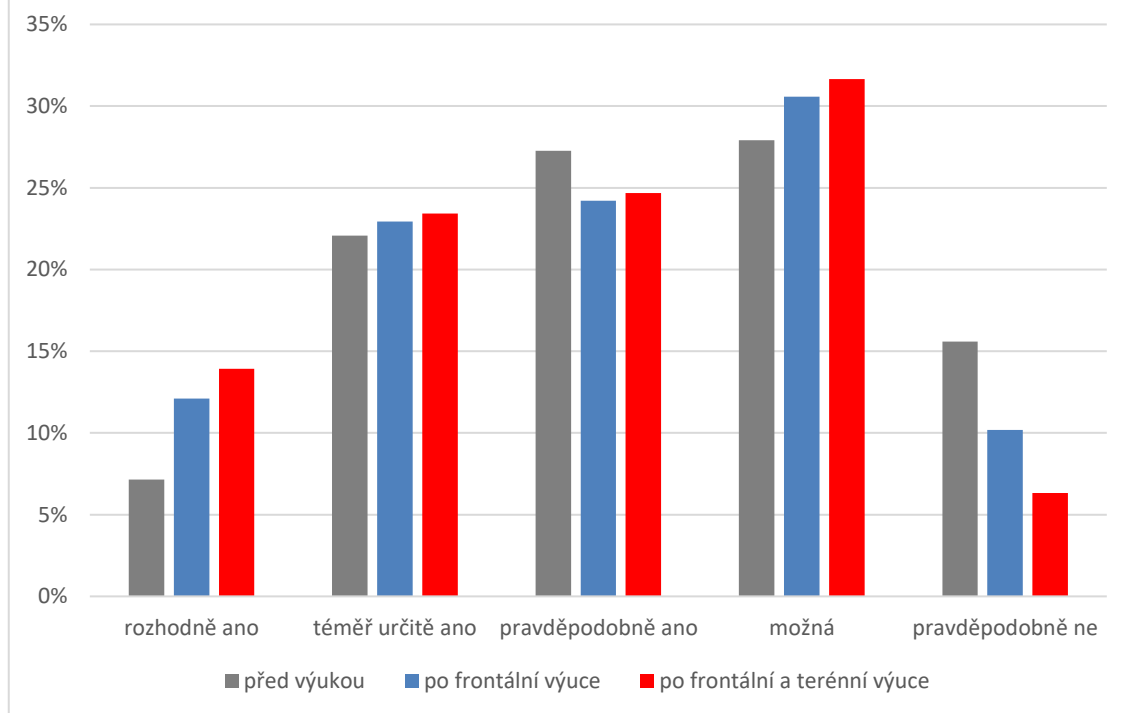
3. 19 Dojehl bych jídlo z předchozího dne, i kdybych na něj neměl(a) již takovou chuť jako na čerstvé.



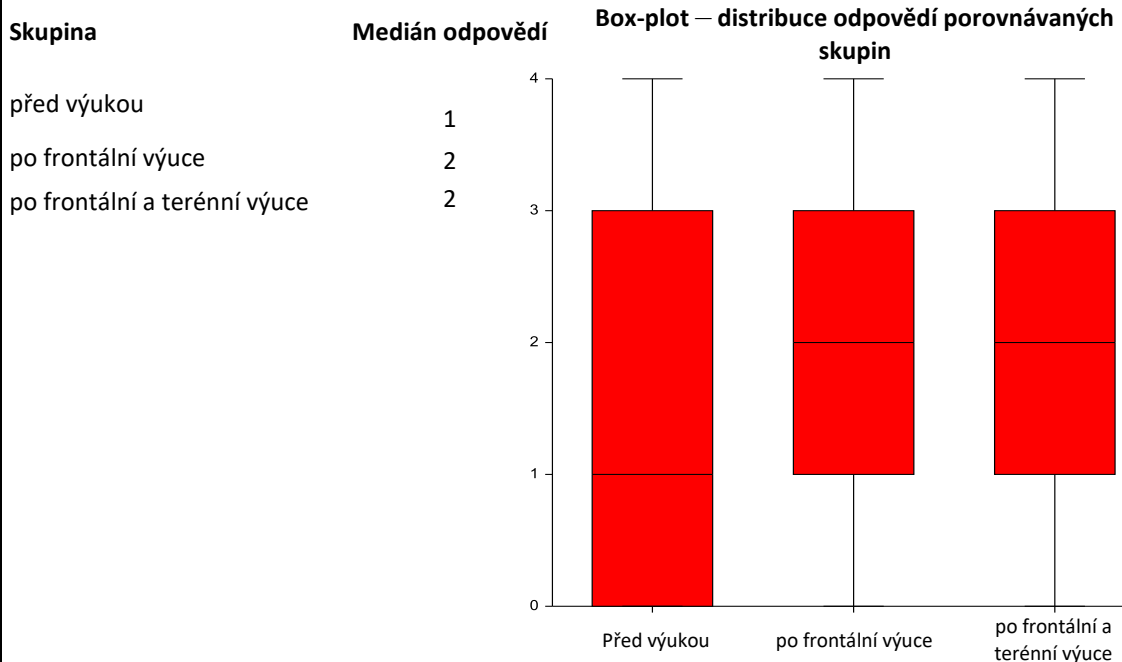
2.18 Pokud by lidé jedli více regionálních potravin namísto potravin dovážených ze zahraničí, zmírnilo by se tím globální oteplování.



3.17 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si regionální potraviny.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "osobní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	126,7264	0	Yes
Corrected for Ties	2	132,885	0	Yes

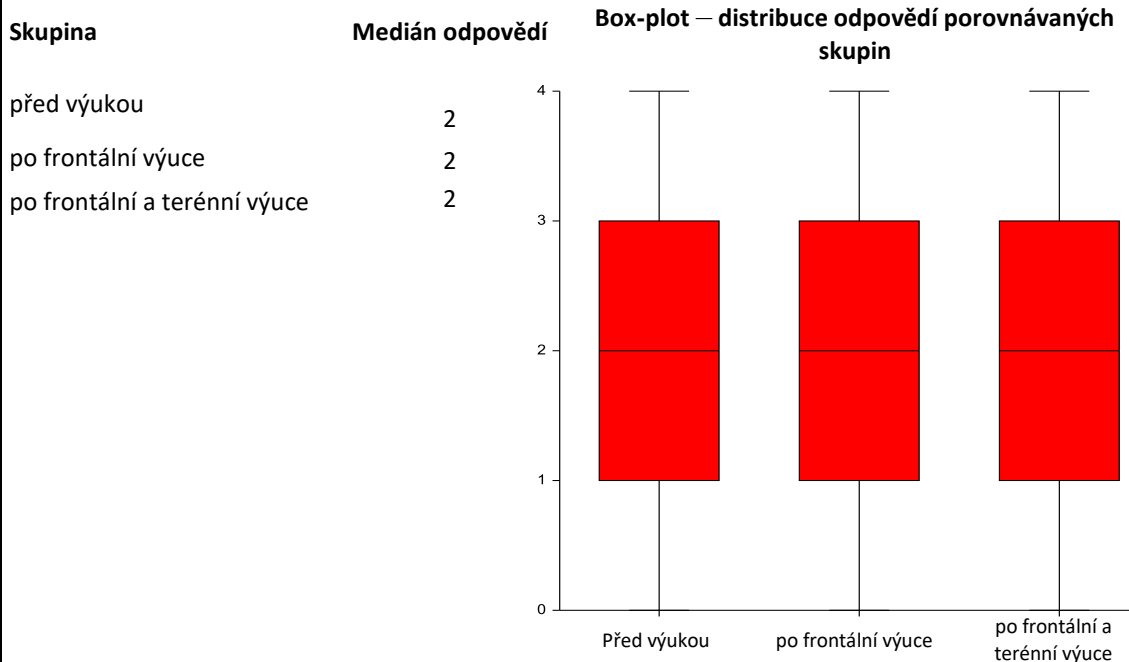
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	8,935	10,7421
po frontální výuce	8,935	0	1,8622
po frontální a terénní výuce	10,7421	1,8622	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "osobní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	1,5514	0,46039	No
Corrected for Ties	2	1,6202	0,44481	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,5348	1,2667
po frontální výuce	0,5348	0	0,7373
po frontální a terénní výuce	1,2667	0,7373	0

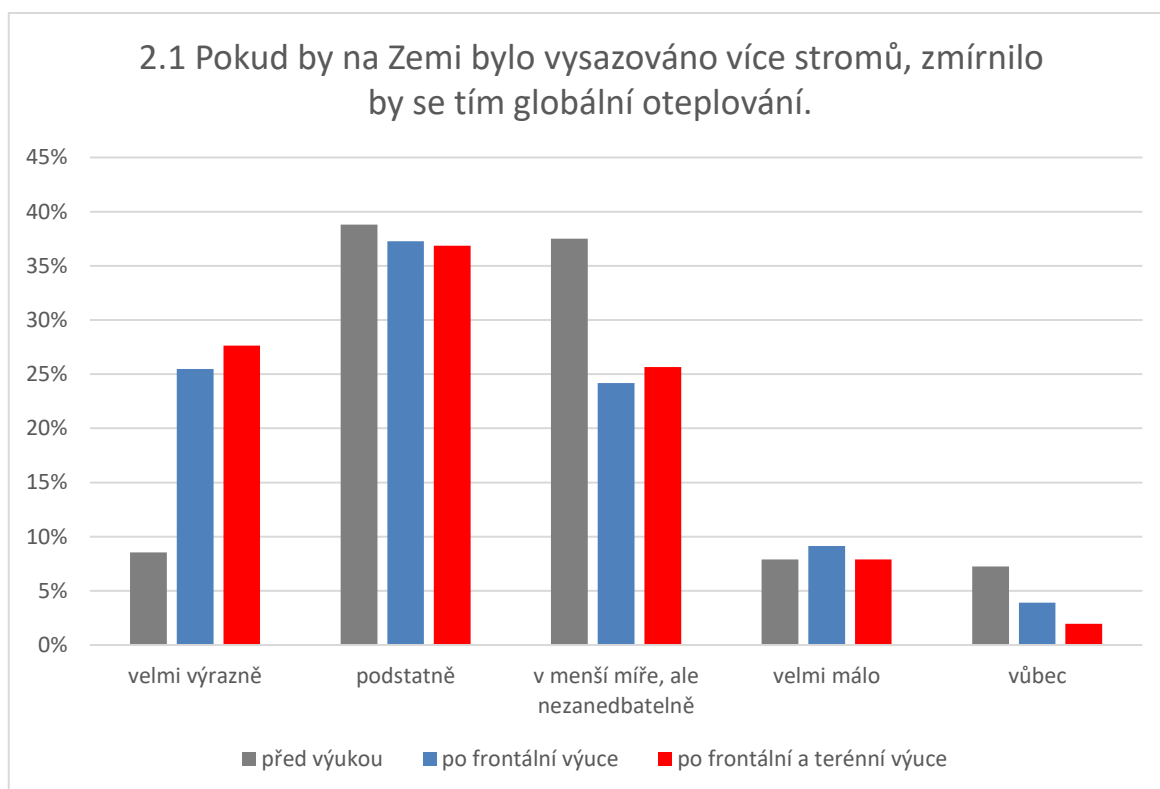
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

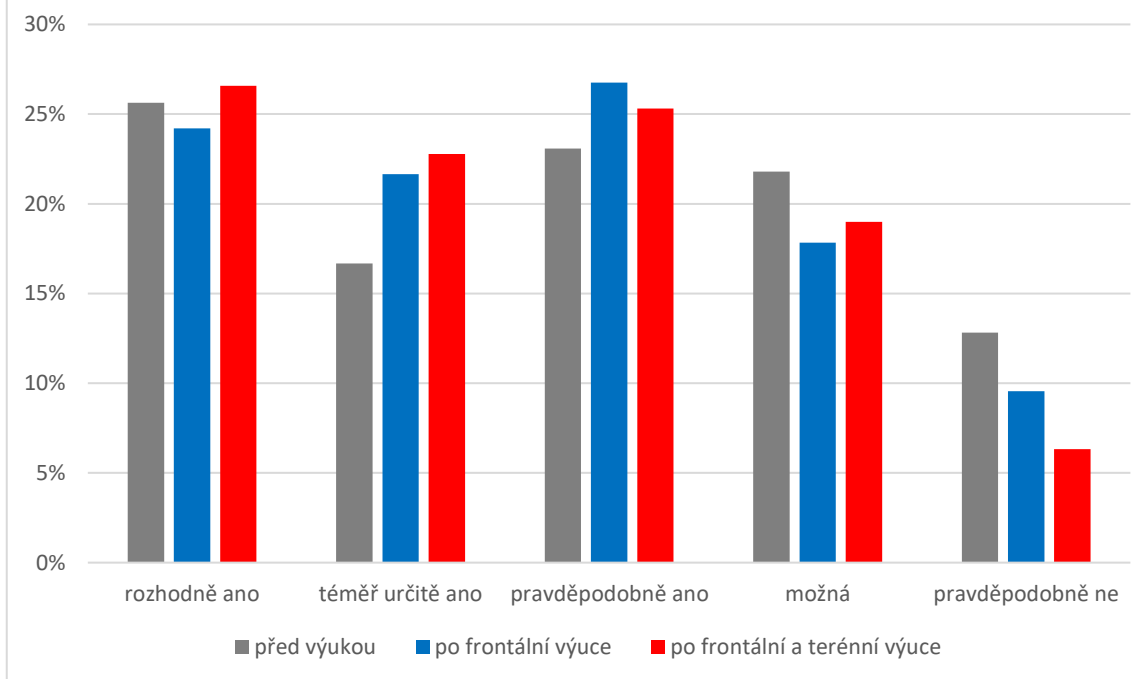
7.2.5 Komunální

V této oblasti obě metody výuky pozitivně ovlivnily názory žáků vůči zmírňování globálního oteplování. Více žáků se po frontální i doplňující terénní výuce domnívalo, že pokud by na Zemi bylo vysazováno více stromů, zmírnilo by se globální oteplování velmi výrazně. Ochota žáků platit více za jejich vysazování však již tak výrazná nebyla. Mírně lepší výsledky zaznamenala terénní metoda výuka.

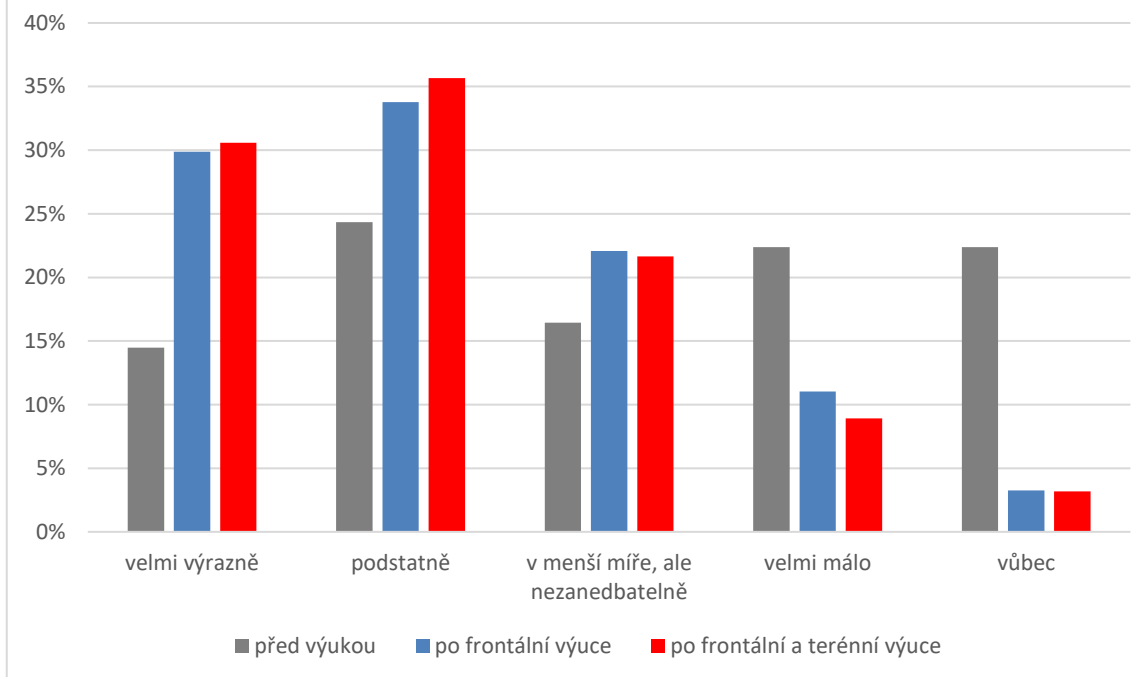
Pozitivní efekt frontální i terénní metody výuky zaznamenala také otázka týkající se třídění odpadu, nicméně efekt výuky na ochotu odpad třídit byl poměrně nízký, a to u frontální i doplňující terénní výuky. Velmi podobně dopadla také otázka týkající se používání dusíkatých hnojiv v zemědělství. Názory žáků realizovaná výuka ovlivňovala, ochotu více platit za používání zemědělských plodin bez použití umělých dusíkatých hnojiv však nikoli, byť doplňující terénní metoda výuky zaznamenala o něco lepší výsledky. Z hlediska statistické významnosti se však odpovědi obou skupin v názorech ani ochotě jednat nelišily.



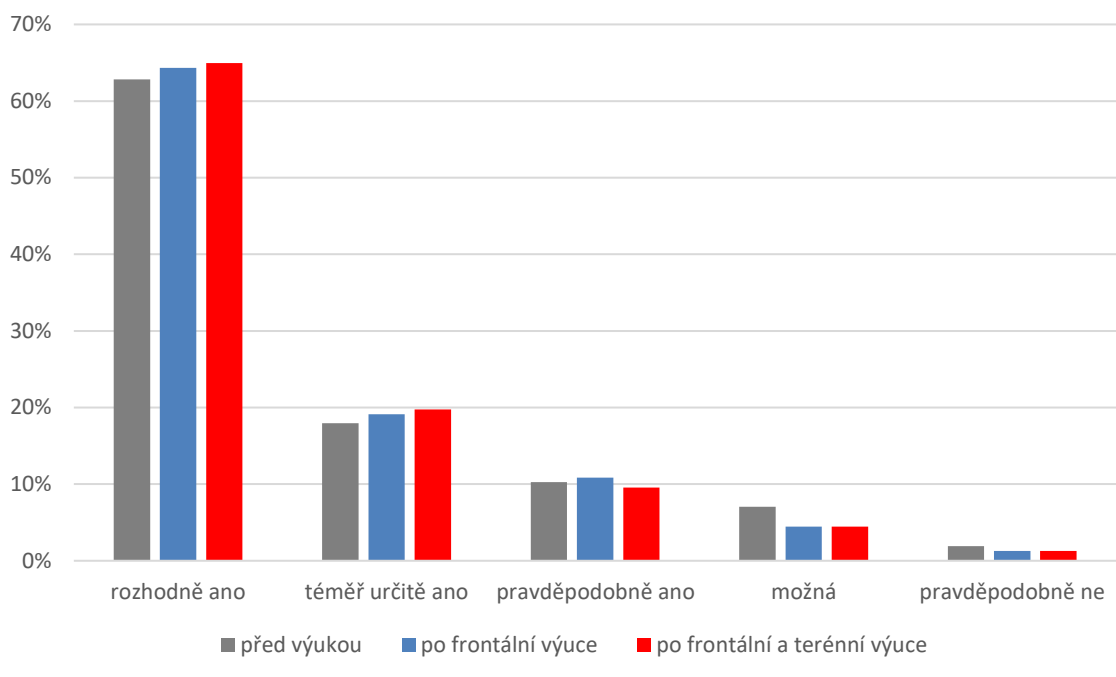
3.4 I kdybych musel platit vyšší daně, myslím si, že by na Zemi mělo být vysazováno více stromů.



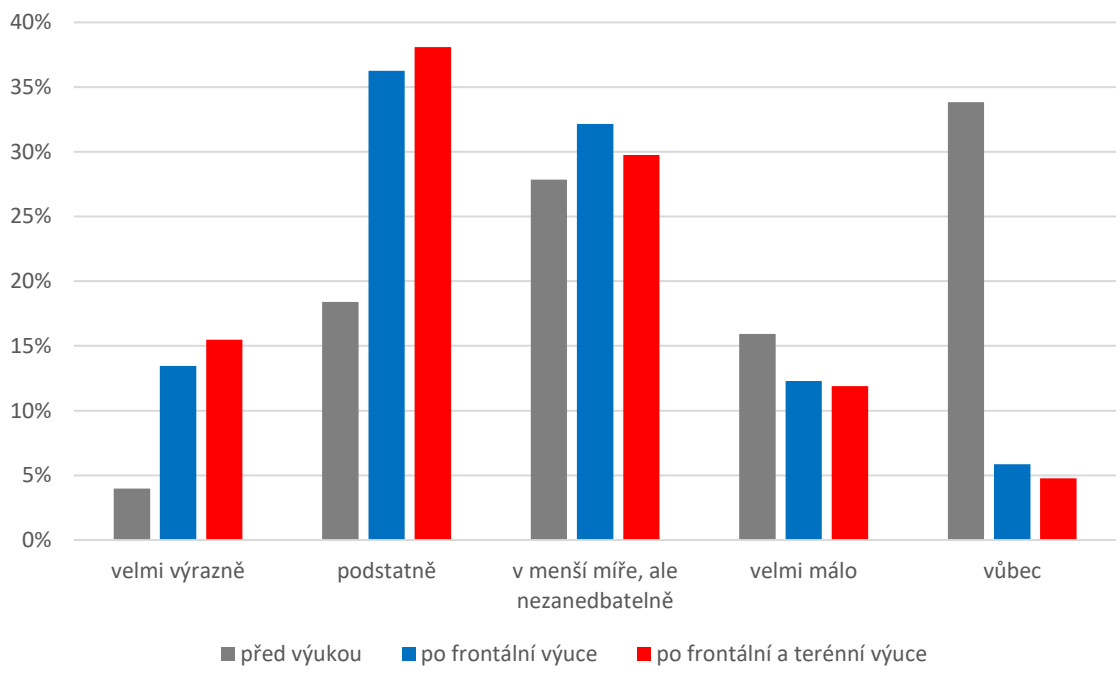
2.8 Pokud by lidé více třídili odpad, zmírnilo by se tím globální oteplování.



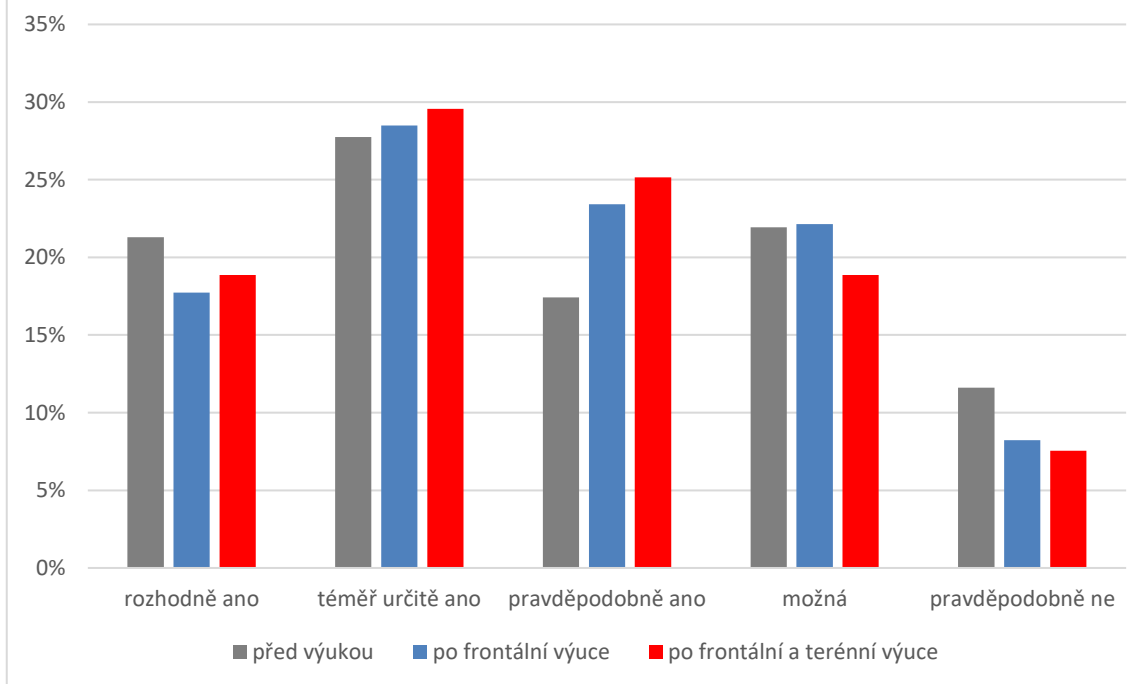
3.7 Přestože je to pro mě méně pohodlné, raději bych odpad třídil, než vyhazoval vše do jedné popelnice.



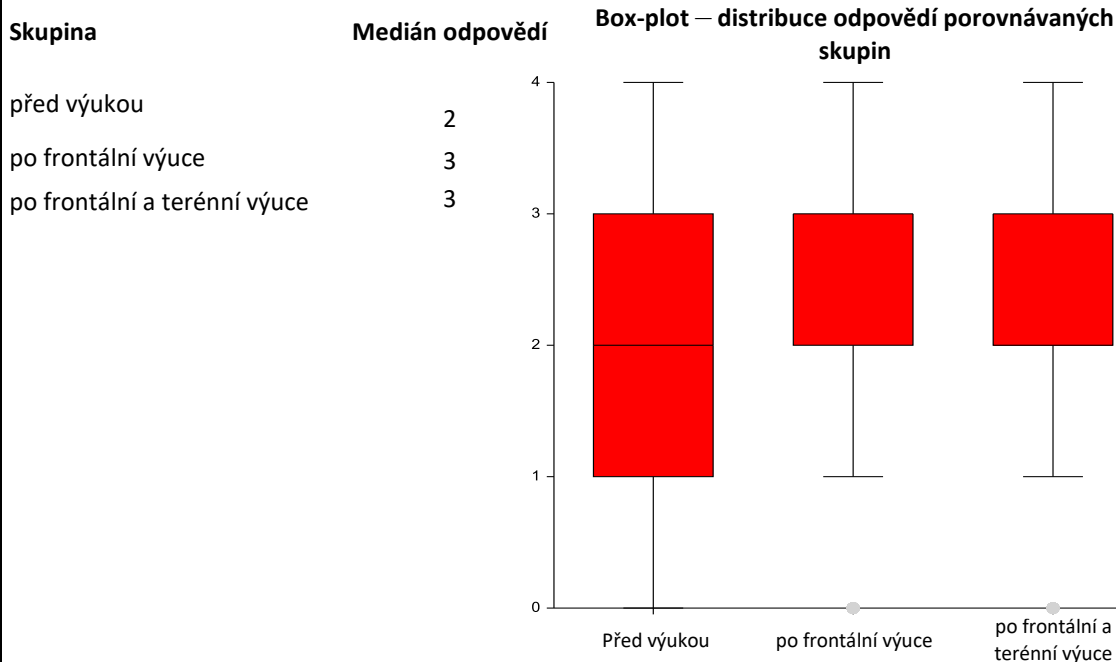
2.11 Pokud by zemědělci přestali používat umělá hnojiva obsahující dusík, zmárnilo by se tím globální oteplování.



3.8 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si potraviny vypěstované bez použití umělých hnojiv.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "komunální"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	127,3162	0	Yes
Corrected for Ties	2	135,8926	0	Yes

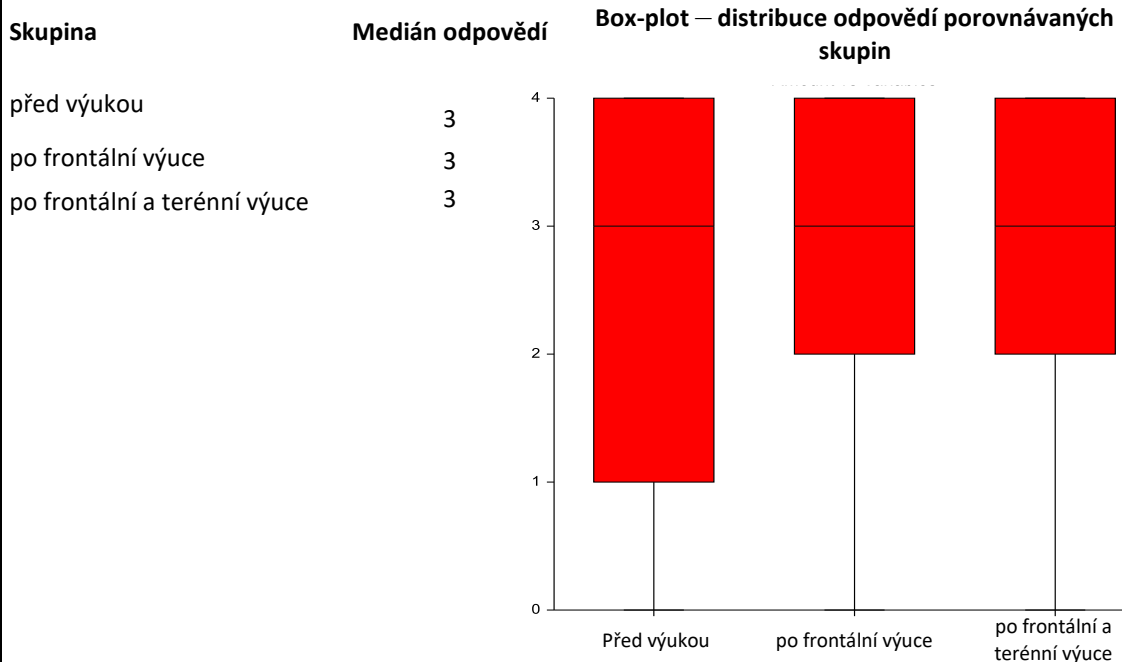
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	9,4971	10,5236
po frontální výuce	9,4971	0	1,0178
po frontální a terénní výuce	10,5236	1,0178	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "komunální"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	1,4578	0,48244	No
Corrected for Ties	2	1,5676	0,45666	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

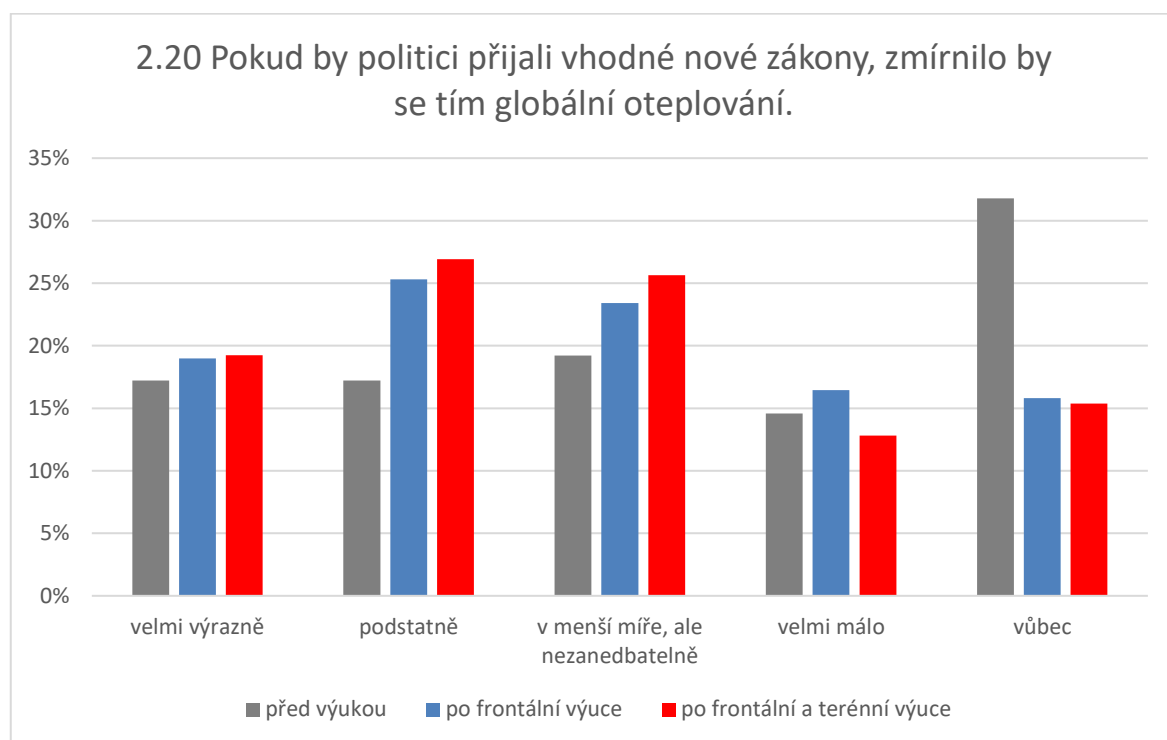
Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,4982	1,2433
po frontální výuce	0,4982	0	0,7466
po frontální a terénní výuce	1,2433	0,7466	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

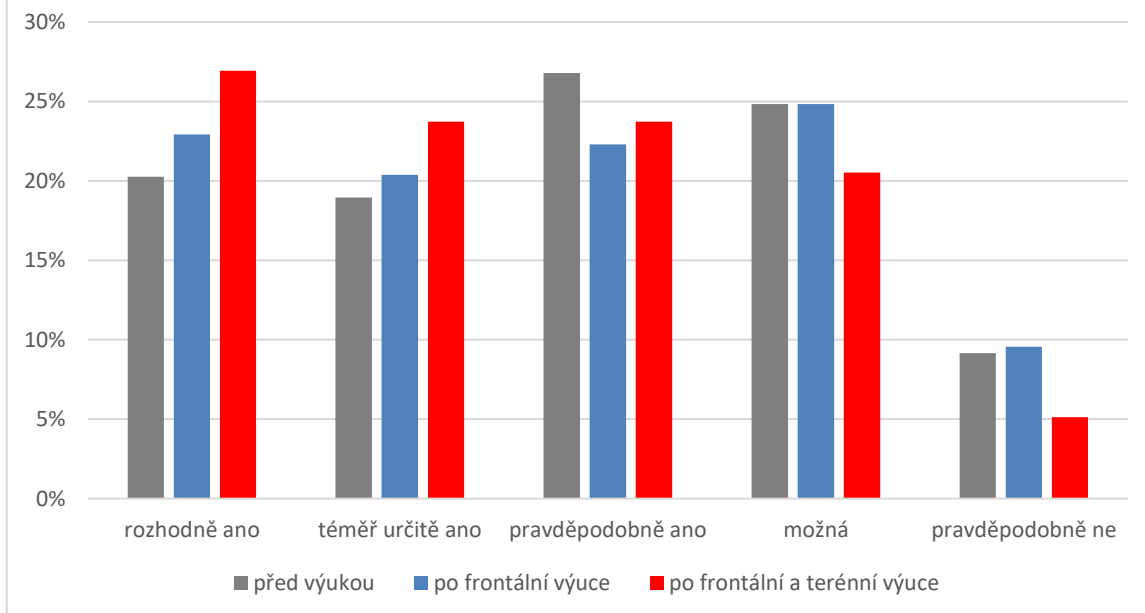
Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

7.2.6 Legislativní

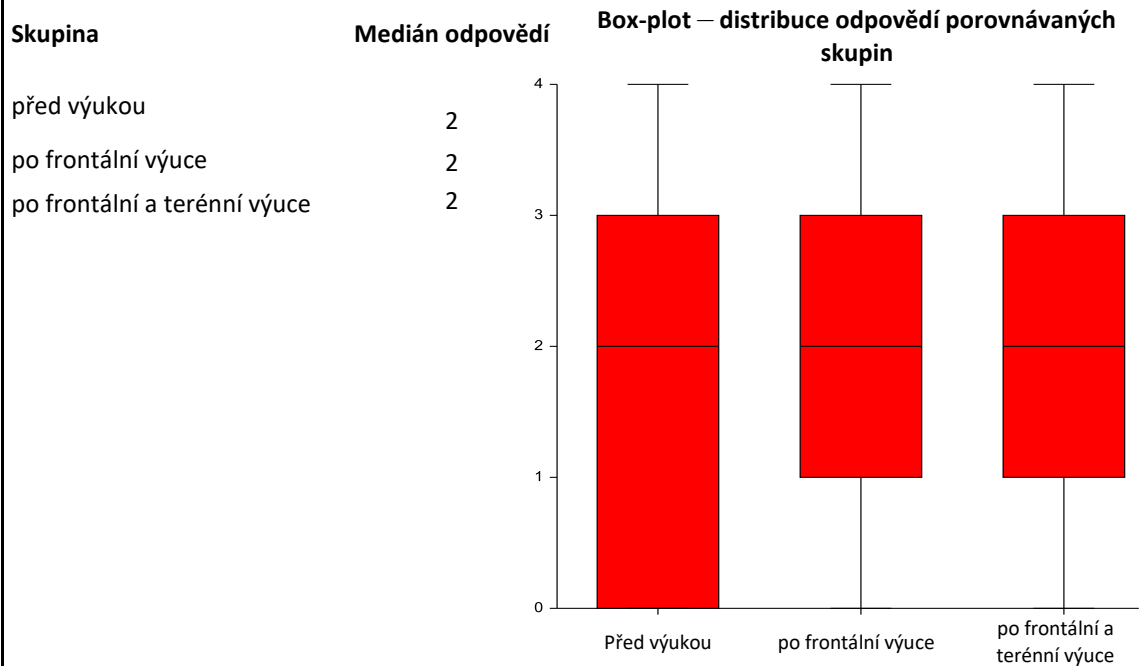
V oblasti legislativy se absolvovaná výuka pozitivně projevila nejen v názorech žáků, ale také v ochotě žáků v dané oblasti jednat. Žáci po absolvované výuce spíše zastávali názor, že přijetí vhodných zákonů by zmírnilo globální oteplování, a že ve volbách by více volili politiky, kteří více prosazují zákony na ochranu životního prostředí. Výsledky byly více pozitivní po doplňující terénní metodě výuky, ale rozdíly odpovědí nebyly odlišné z hlediska statistické významnosti porovnávaných skupin.



3.20 Ve volbách bych volil(a) politiky, kteří prosazují zákony lépe chránící životní prostředí, i kdybych musel(a) omezit některé věci, které mám rád(a).



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "legislativní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	6,8547	0,03247	Yes
Corrected for Ties	2	7,2024	0,02729	Yes

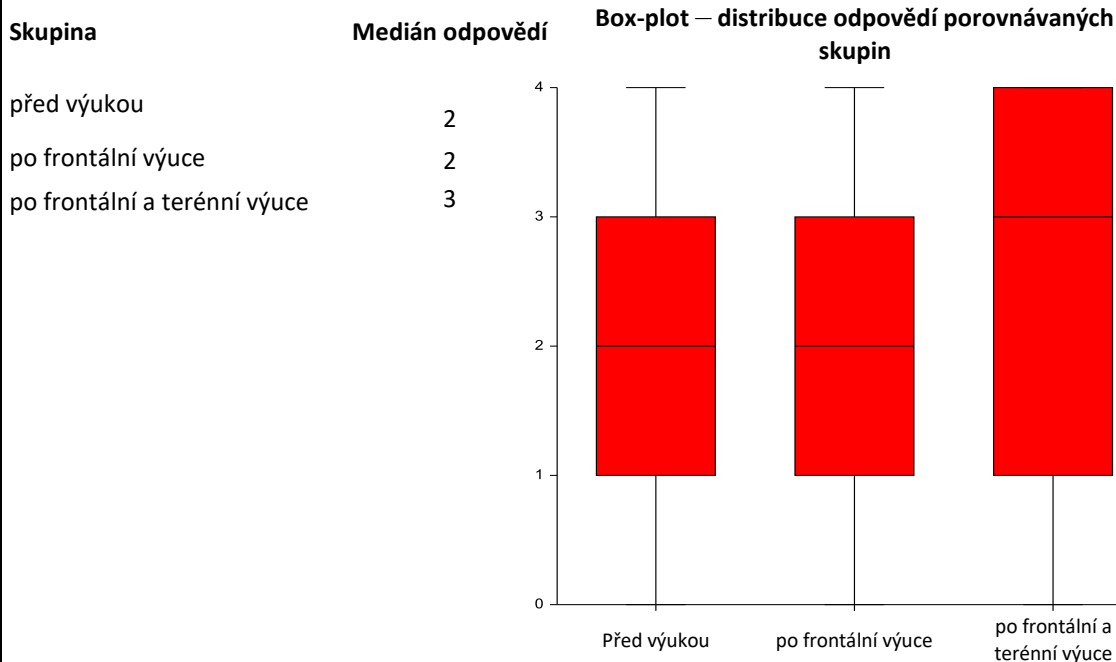
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	2,6502	1,7144
po frontální výuce	2,6502	0	0,9382
po frontální a terénní výuce	1,7144	0,9382	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné, ale rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné nejsou. Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "legislativní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	4,6386	0,09834	No
Corrected for Ties	2	4,881	0,08712	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

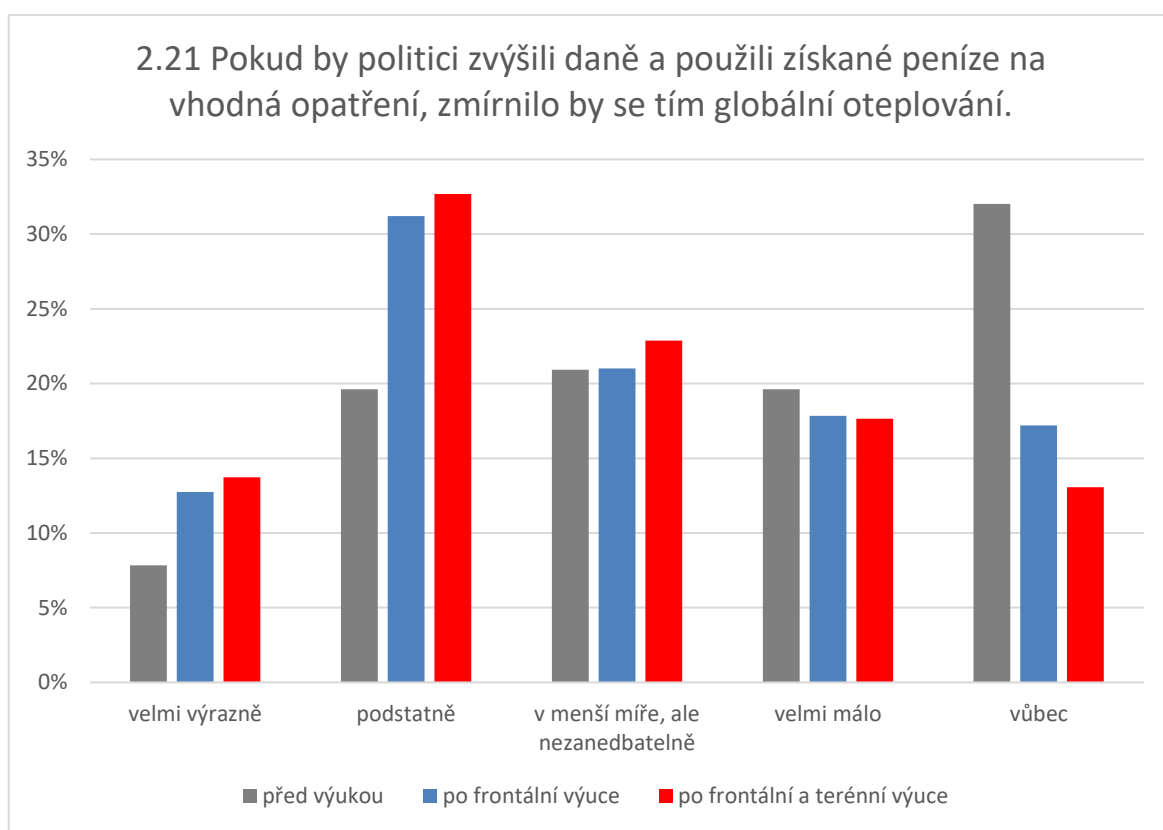
Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,4248	2,0853
po frontální výuce	0,4248	0	1,6719
po frontální a terénní výuce	2,0853	1,6719	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

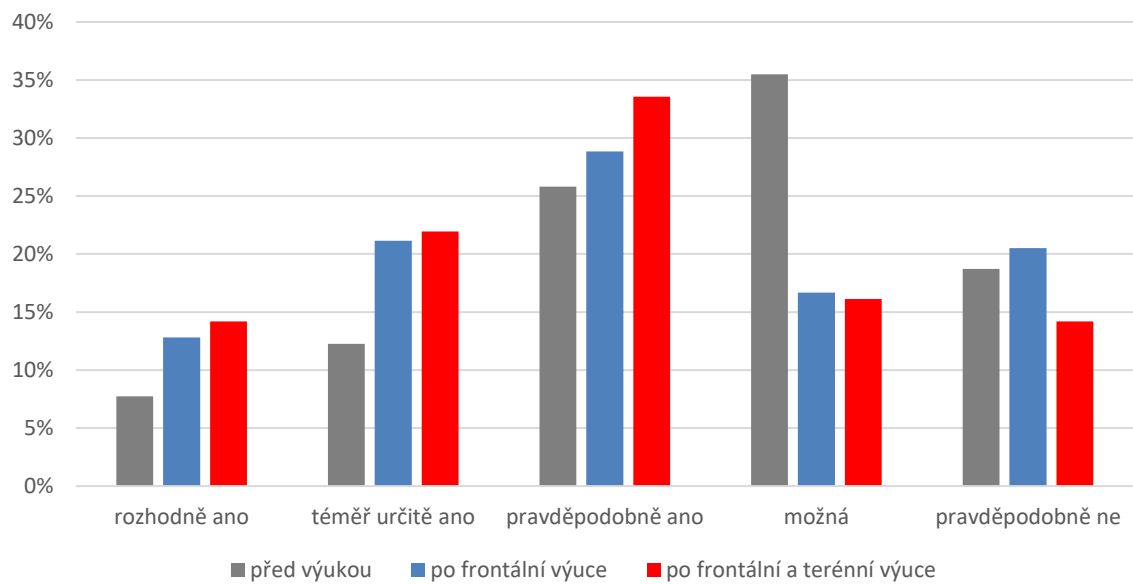
Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

7.2.7 Daně

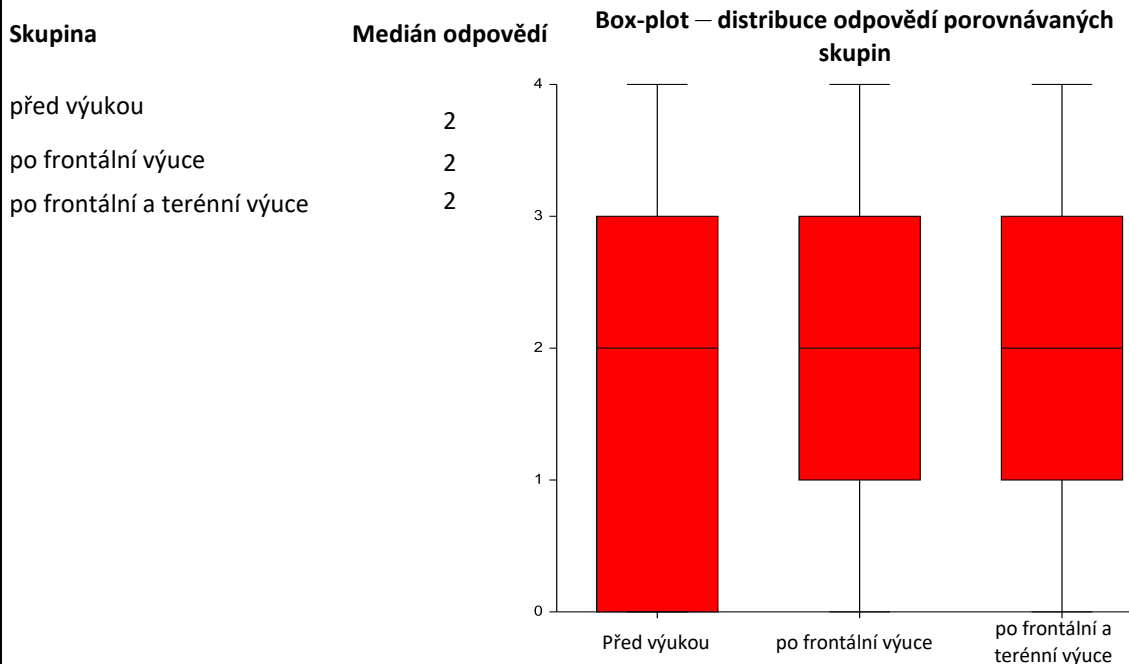
Velmi podobně jako oblast legislativy dopadla také oblast daní. Zde byli žáci po realizované výuce více přesvědčeni, že pokud by politici zvýšili daně a takto získané peníze použili na vhodná opatření, zmírnilo by se tím globální oteplování. Výuka taktéž zaznamenala pozitivní přínos v ochotě žáků jednat, tj. volit politiky prosazující zvýšení daní ve prospěch zlepšení životního prostředí. Lepší výsledky v názorech žáků i jejich ochotě jednat opět zaznamenala doplňující terénní metoda výuky, ale rozdíly odpovědí porovnávaných skupin nebyly rozdílné z hlediska statistické významnosti.



3.21 Volil(a) bych politiky prosazující zvýšení daní ve prospěch zlepšení životního prostředí, i kdybych díky tomu měl(a) méně peněz na utrácení.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "legislativní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	6,8547	0,03247	Yes
Corrected for Ties	2	7,2024	0,02729	Yes

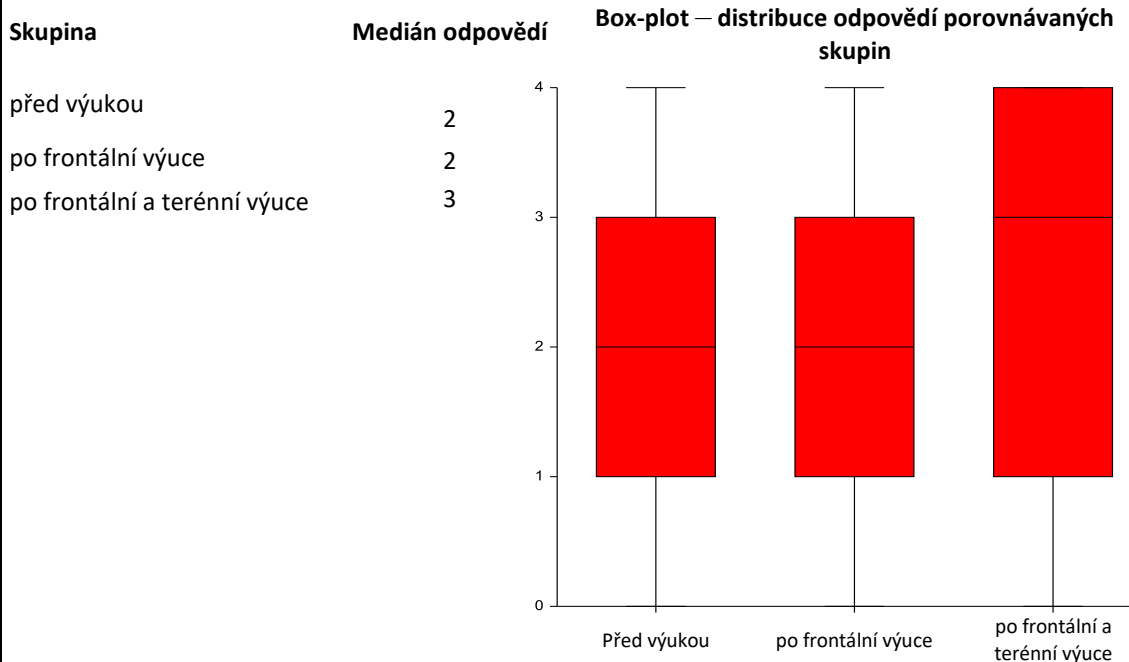
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	2,6502	1,7144
po frontální výuce	2,6502	0	0,9382
po frontální a terénní výuce	1,7144	0,9382	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné, ale rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné nejsou. Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "legislativní"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	4,6386	0,09834	No
Corrected for Ties	2	4,881	0,08712	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

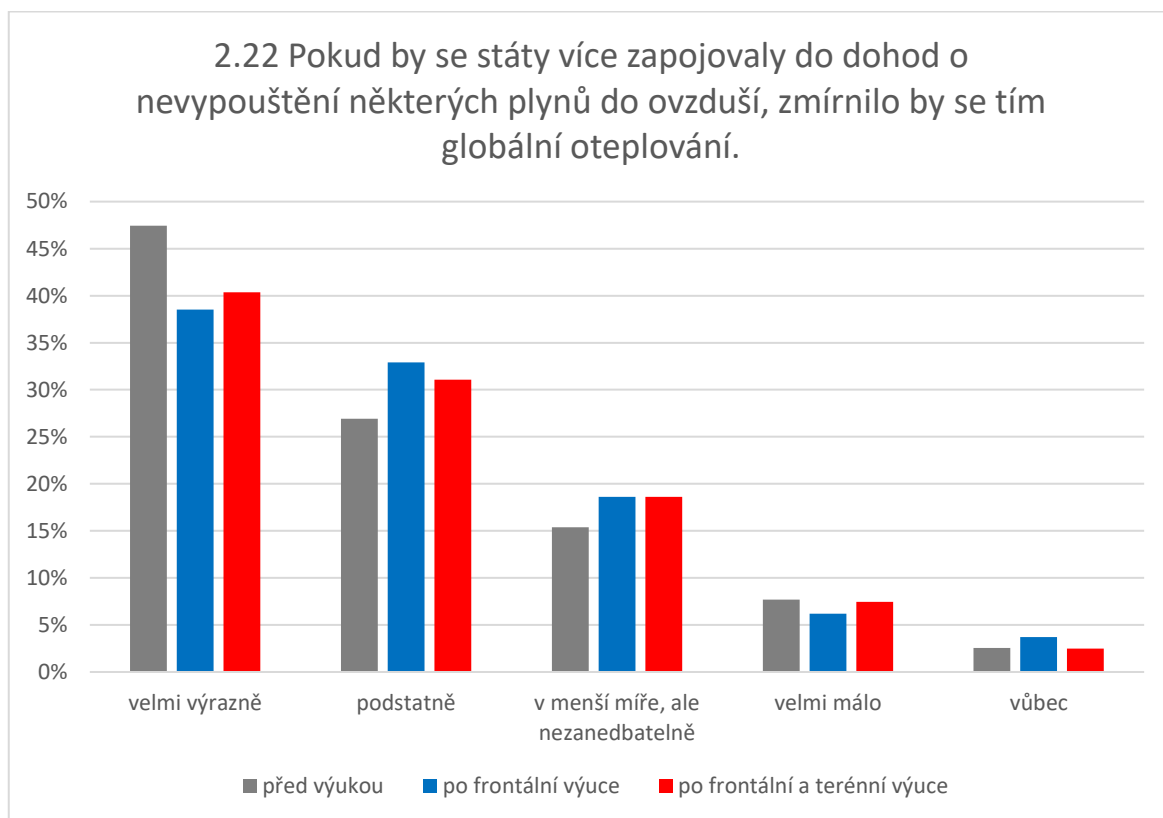
Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,4248	2,0853
po frontální výuce	0,4248	0	1,6719
po frontální a terénní výuce	2,0853	1,6719	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

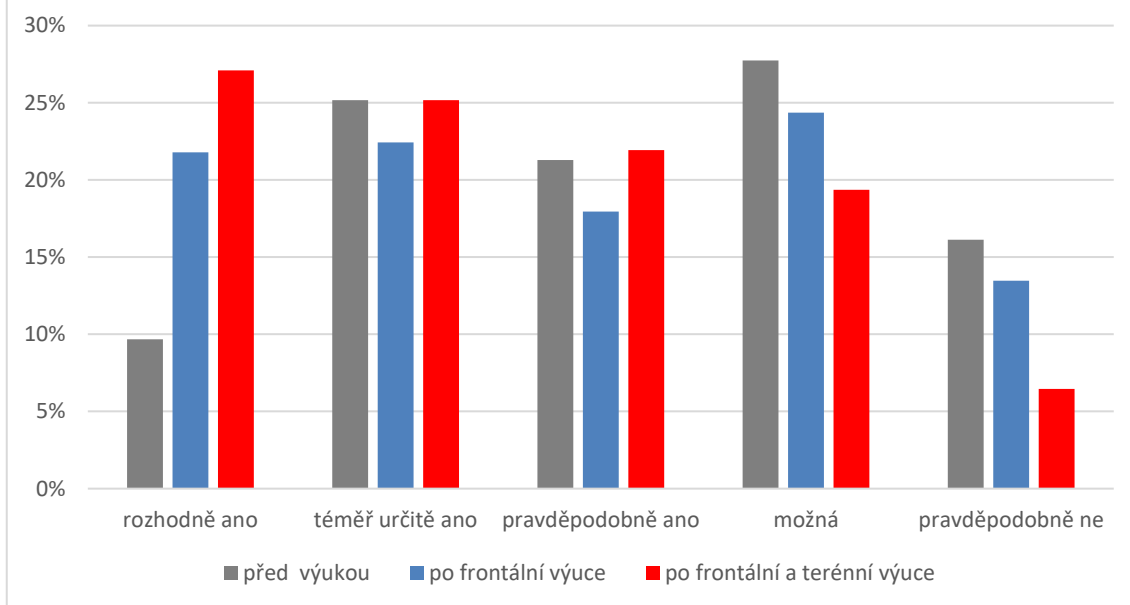
Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

7.2.8 Spolupráce

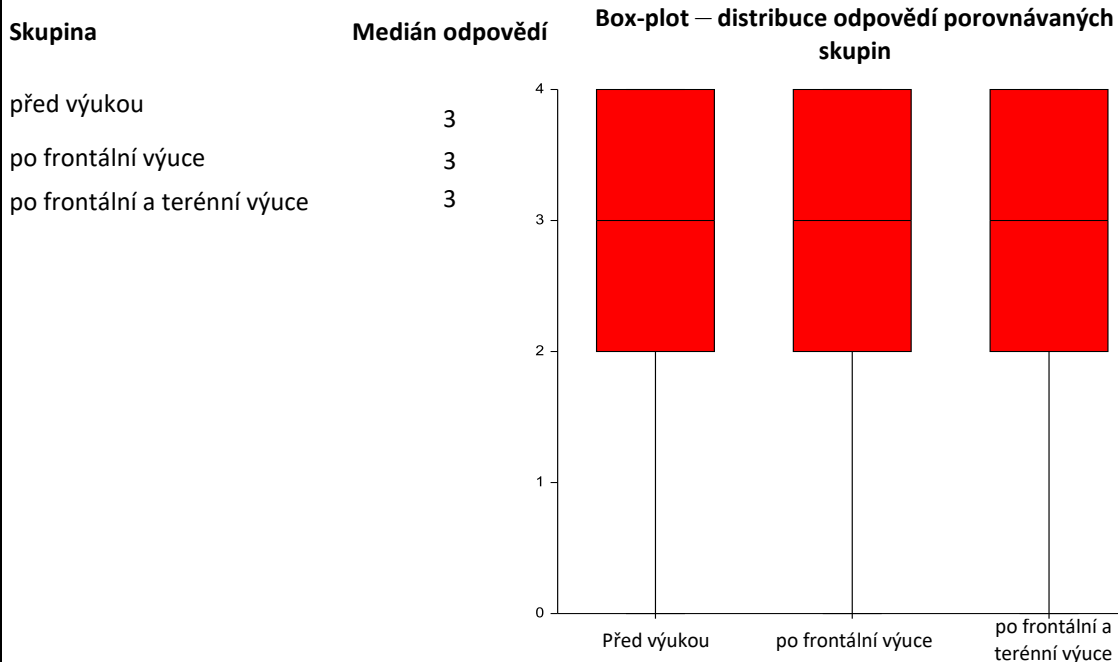
Zajímavé výsledky přinesla otázka týkající se spolupráce států a jejich zapojování do dohod o nevypuštění některých plynů do ovzduší, které by globální oteplování zmírňovalo. Po realizované výuce totiž klesal počet žáků, kteří odpovídali velmi výrazně. Tento pokles může být spojen se skutečností, že během výuky byli žáci seznámeni např. s Pařížskou klimatickou dohodou, a přestože v současné době tato mezinárodní dohoda platí, tak doposud nedokázala problematiku globálního oteplování efektivně řešit. Ochota žáků jednat, tj. volit politiky prosazující dohody mezi státy o zlepšení životního prostředí, se po realizované frontální výuce zvyšovala a doplňující terénní metoda výuky zaznamenala lepší výsledky. Z hlediska statistické významnosti ale rozdíly odpovědí porovnávaných skupin nebyly odlišné.



3.22 Volil(a) bych politiky ochotné podepsat s dalšími zeměmi dohody ke zlepšení životního prostředí, i kdybych díky tomu měl(a) méně peněz na utrácení.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "spolupráce"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	1,6682	0,43426	Yes
Corrected for Ties	2	1,8704	0,39252	Yes

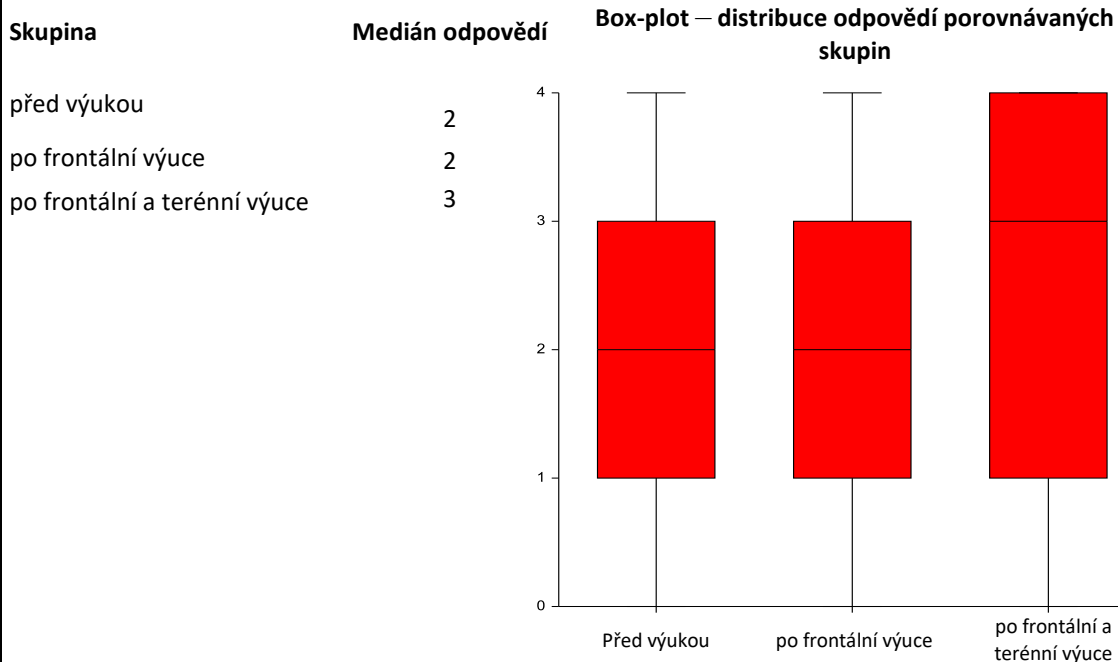
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	1,2889	1,0486
po frontální výuce	1,2889	0	0,2422
po frontální a terénní výuce	1,0486	0,2422	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "spolupráce"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	16,7339	0,00023	Yes
Corrected for Ties	2	17,5302	0,00016	Yes

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

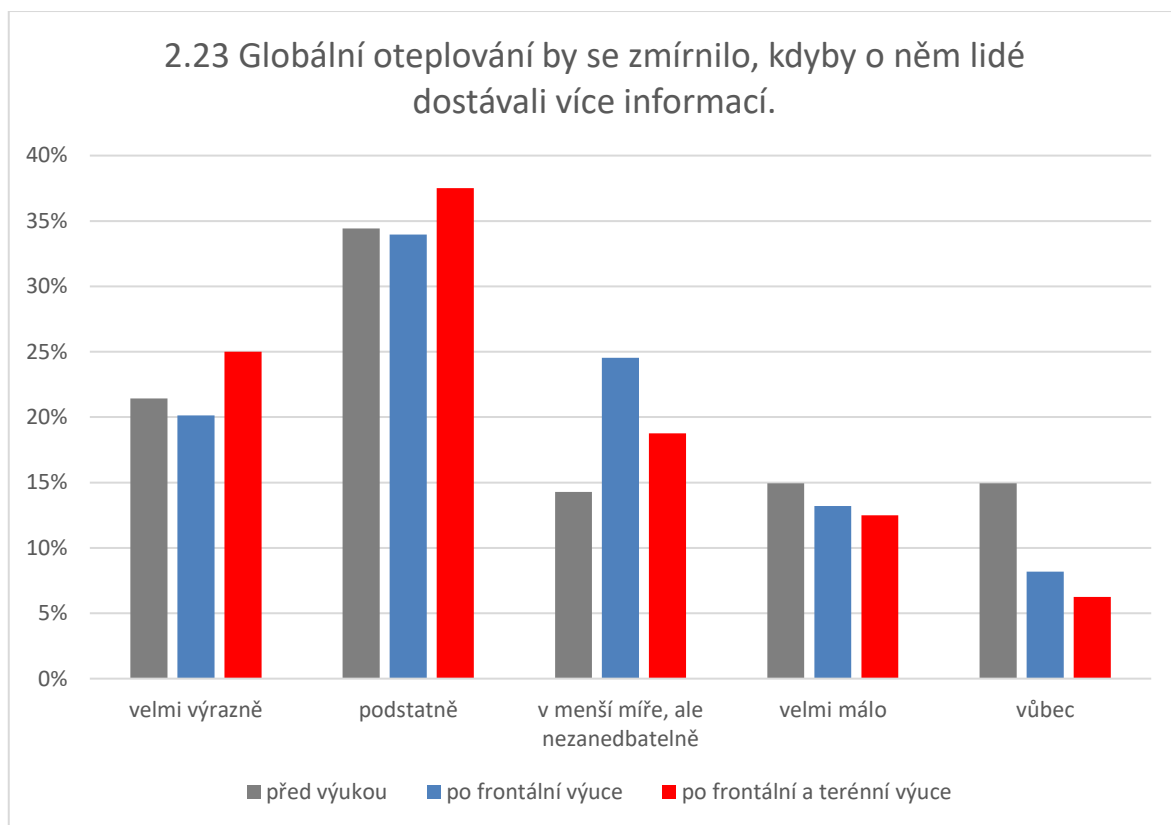
Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	2,0498	4,1866
po frontální výuce	2,0498	0	2,1435
po frontální a terénní výuce	4,1866	2,1435	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

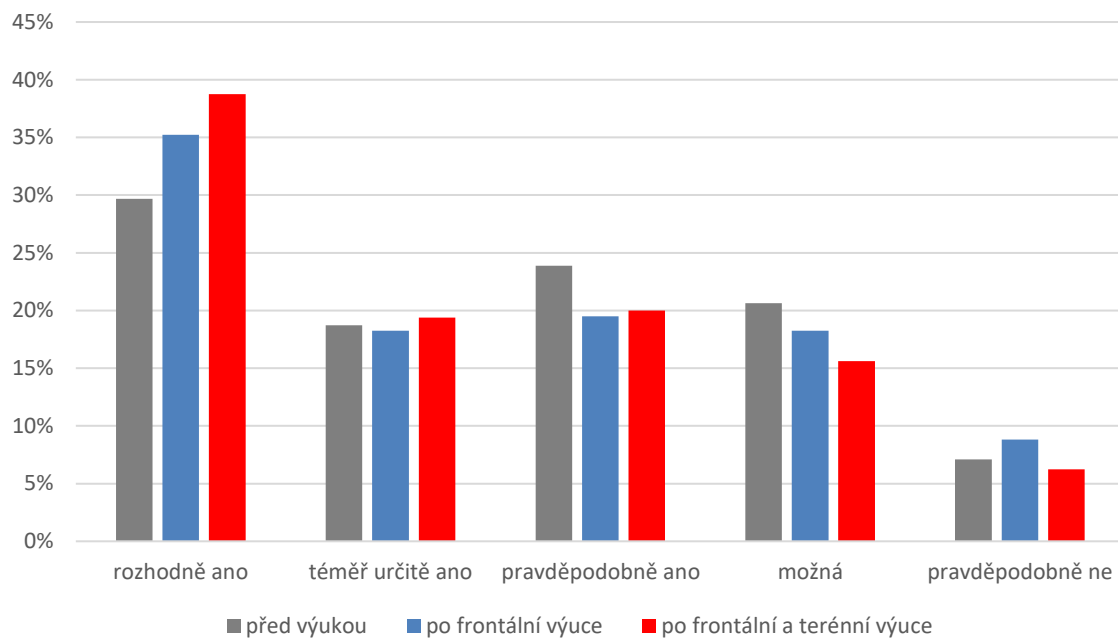
Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné, ale rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné jsou. Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

7.2.9 Vzdělání

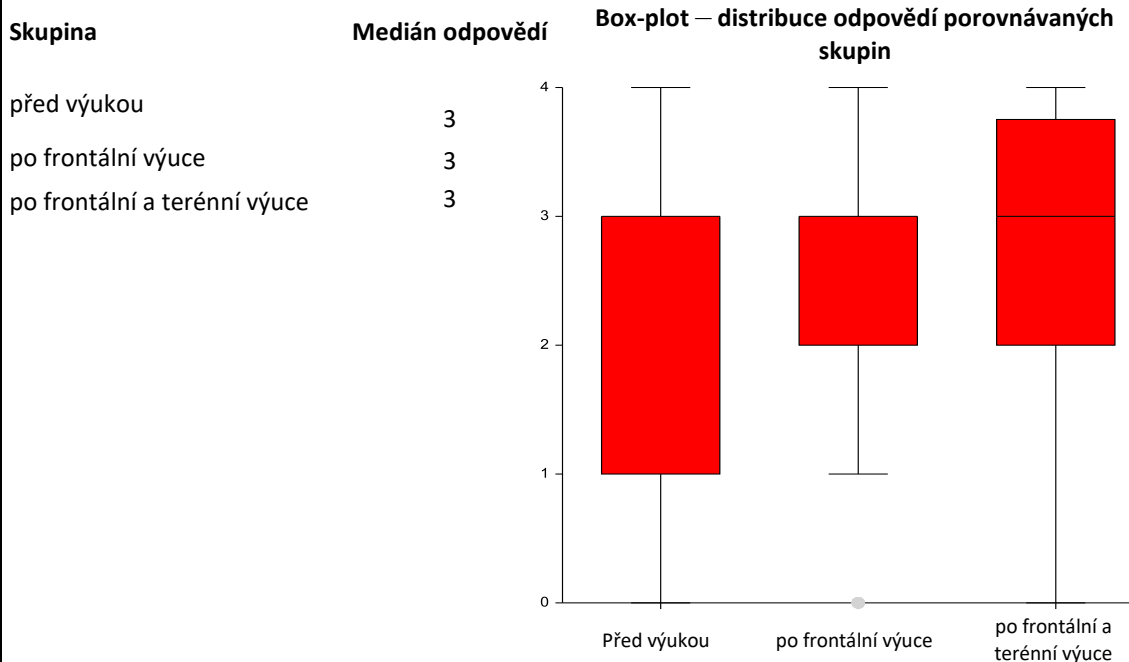
Zajímavé výsledky přinesla otázka z oblasti vzdělání, která se žáky tázala, zda by se globální oteplování zmírnilo, kdyby lidé o něm dostávali více informací. Pozitivní vliv totiž zaznamenala v názorech žáků pouze frontální výuka doplněná o terénní metodu výuky, zatímco samotná frontální výuka vykázala dokonce nižší pozitivní hodnoty než před samotnou výukou na začátku výzkumu. V otázce zaměřující se na ochotu žáků jednat, tj. zda by se žáci rádi dozvěděli více o tom, jak pomáhat životnímu prostředí, se efekt doplňující terénní výuky projevil více než u výuky frontální, byť i ta vykázala mírné zlepšení. Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin z hlediska statistické významnosti nebyly odlišné.



3.23 Rád bych se dozvěděl(a) více o tom, jak pomáhat životnímu prostředí, i kdyby to pro mě znamenalo práci navíc.



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "vzdělání"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	3,3361	0,18862	Yes
Corrected for Ties	2	3,5698	0,16781	Yes

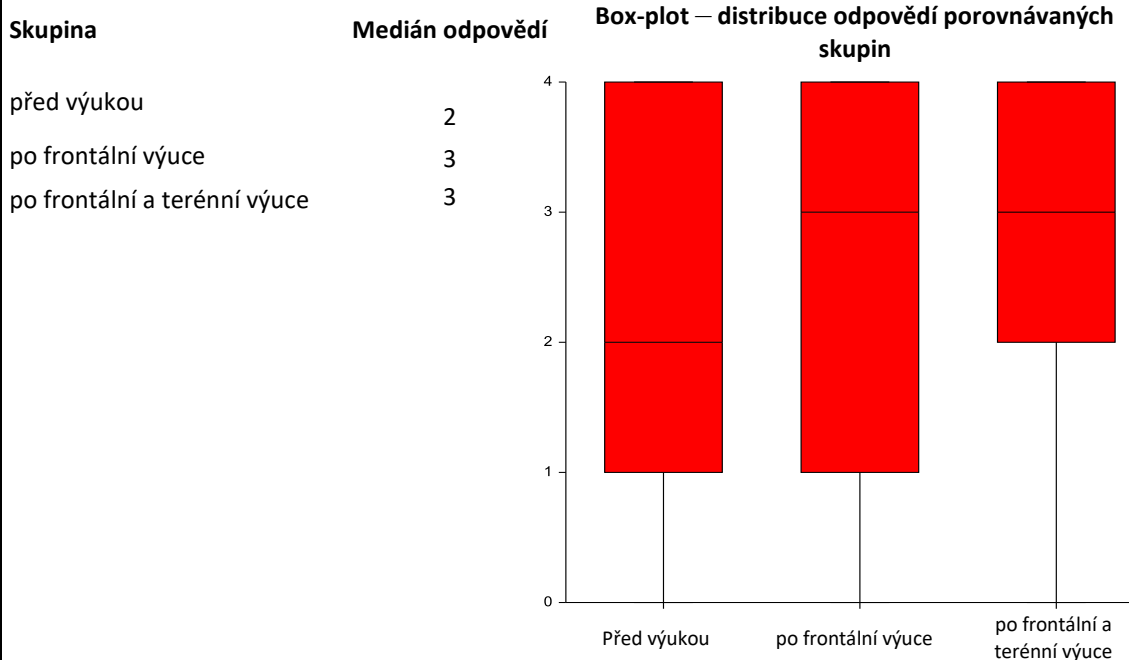
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,4188	1,7992
po frontální výuce	0,4188	0	1,3909
po frontální a terénní výuce	1,7992	1,3909	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "vzdělání"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	3,0049	0,22259	No
Corrected for Ties	2	3,2096	0,20093	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,7634	1,784
po frontální výuce	0,7634	0	1,026
po frontální a terénní výuce	1,784	1,026	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

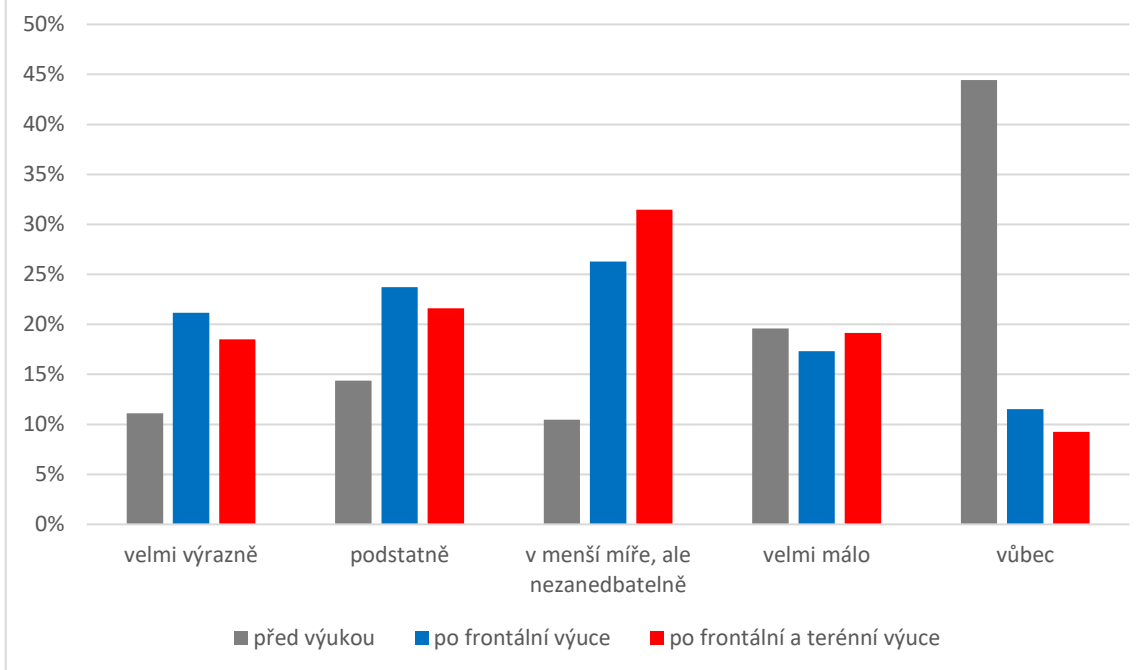
Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

7.2.10 Nevědecké (Irelevantní)

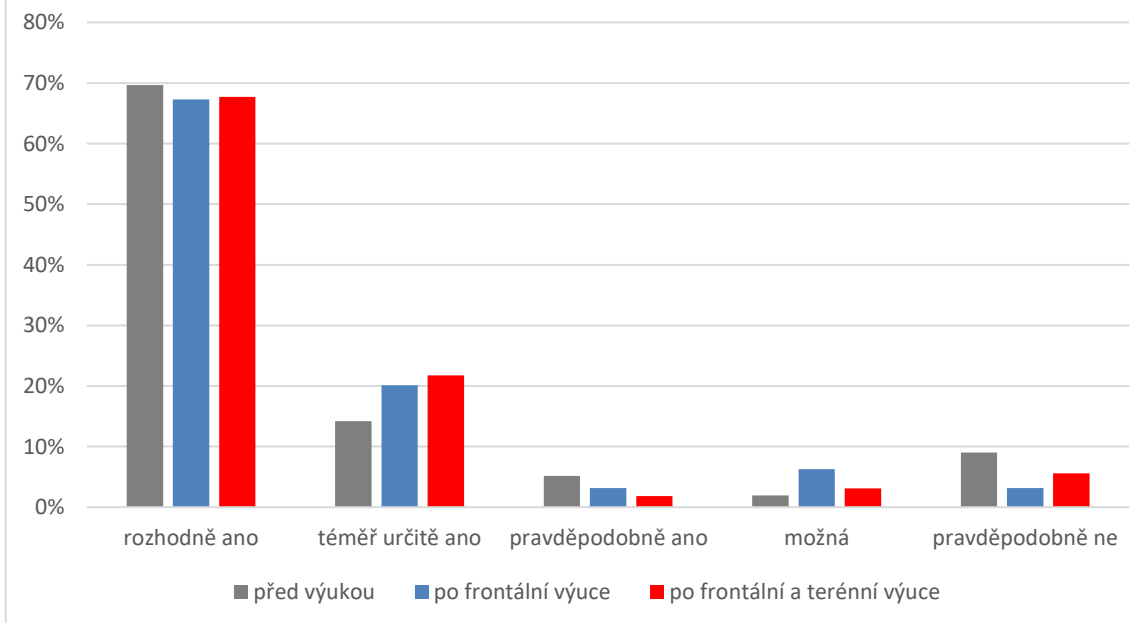
Součástí otázek v dotazníku byla také kategorie otázek, které nemají na globální oteplování žádný efekt. Jednalo se o skupinu 4 spárovaných dvojic otázek, které byly přiřazeny do kategorie s označením nevědecké. Otázky zjišťovaly, zda by se podle žáků zmírnilo globální oteplování, kdyby lidé neodhazovali odpadky na ulicích a zda by pomohlo vyčištění světového oceánu. Výuka, zejména frontální, vedla k více pozitivním názorům žáků, přestože ve skutečnosti by tato opatření prakticky nevedla ke zmírnění globálního oteplování. Je však možné, že žáci si otázku spojovali v souvislosti s potřebou třídění odpadů a skládkování, které na tuto problematiku vliv mají. Zajímavostí ale je, že ochota žáků neodhazovat odpadky na ulici nebo na pláži se s absolvovanou výukou nijak nezvyšovala. Je ale pravdou, že již hodnoty před výukou byly vysoce pozitivní, což může souviset se skutečností, že čeští občané patří v kategorii třídění odpadu mezi nejlepší v Evropě, a že třídění odpadů bývá zpravidla součástí i vzdělávacího procesu na základních školách.

Frontální i doplňující terénní metoda výuky přinesla pozitivní vliv také na názory žáků ohledně používání pesticidů v zemědělství, což může souviset s nedostatečným odlišením umělých hnojiv od pesticidů. Vliv některé z metod výuky na ochotu žáků jednat v této oblasti však již nebyl zaznamenán. Výraznější rozdíly frontální a doplňující terénní výuky nebyly zřejmé. Žáci byli také dotazováni, zda by případné používání klimatizace v domácnostech mohlo pomoci globální oteplování snižovat. Zde opět i po výuce mírně docházelo ke zvýšení pozitivního názoru žáků i ochoty jednat, byť je otázka vzhledem k možnosti zmírňování globálního oteplování zcela chybná. Je možné, že výsledky z této kategorie otázek ukazují, že je problematika tohoto učiva pro žáky poměrně náročná na pochopení, a ne zcela všichni žáci problematice dobře rozumí i po absolvované výuce. Z hlediska statistické významnosti nebyly, podobně jako v předchozích oblastech, zaznamenány odlišné odpovědi mezi porovnávanými skupinami.

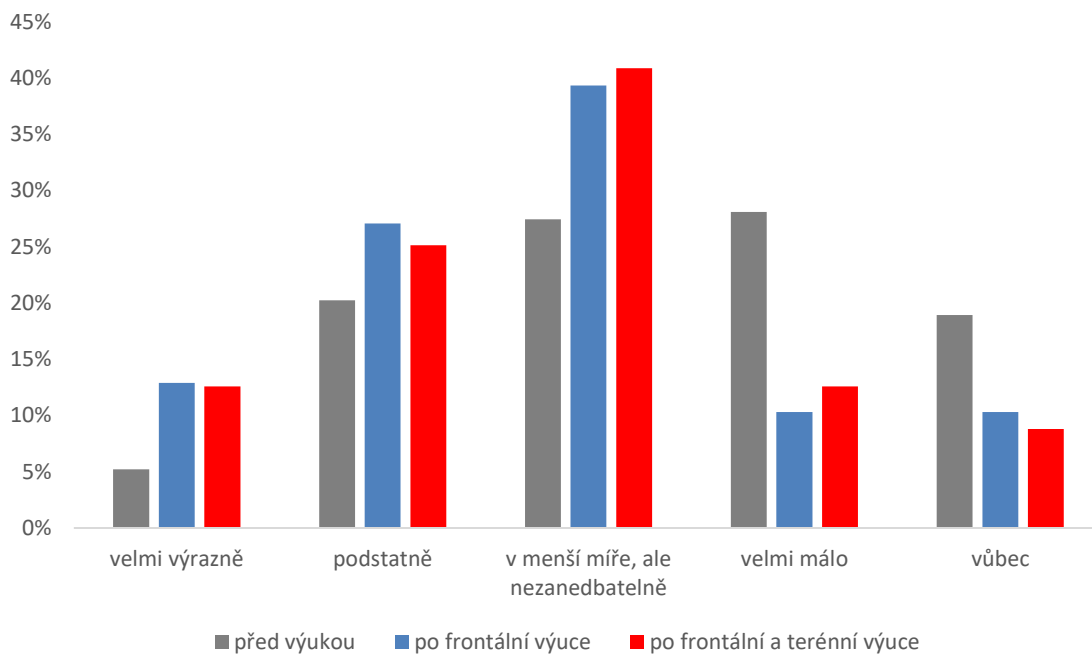
2.3 Pokud by lidé neodhazovali odpadky na ulicích, zmírnilo by se tím globální oteplování.



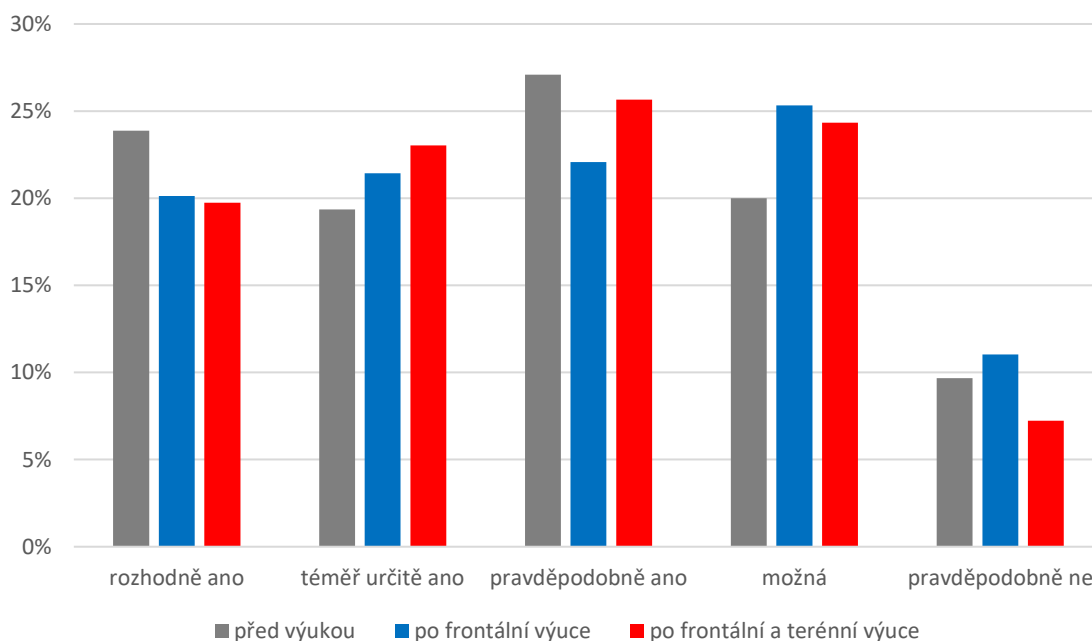
3.3 I když je to pro mě méně pohodlné, nikdy bych neodhazoval(a) odpadky na ulici.



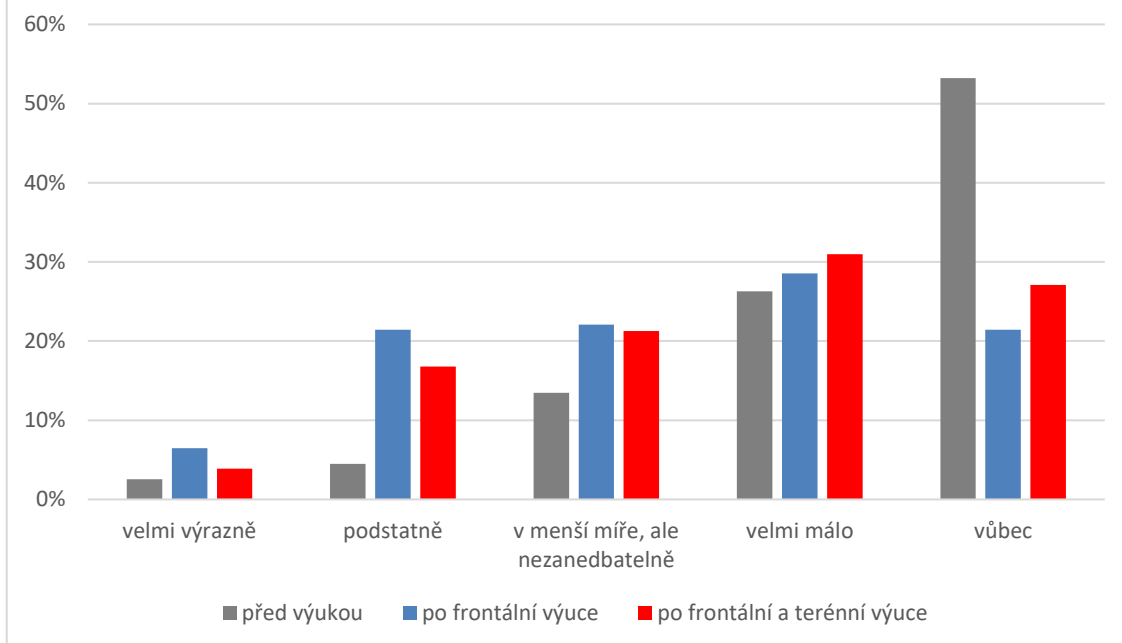
2.4 Pokud by zemědělci přestali používat pesticidy (postřiky proti hmyzu, který napadá plodiny), zmírnilo by se tím globální oteplování.



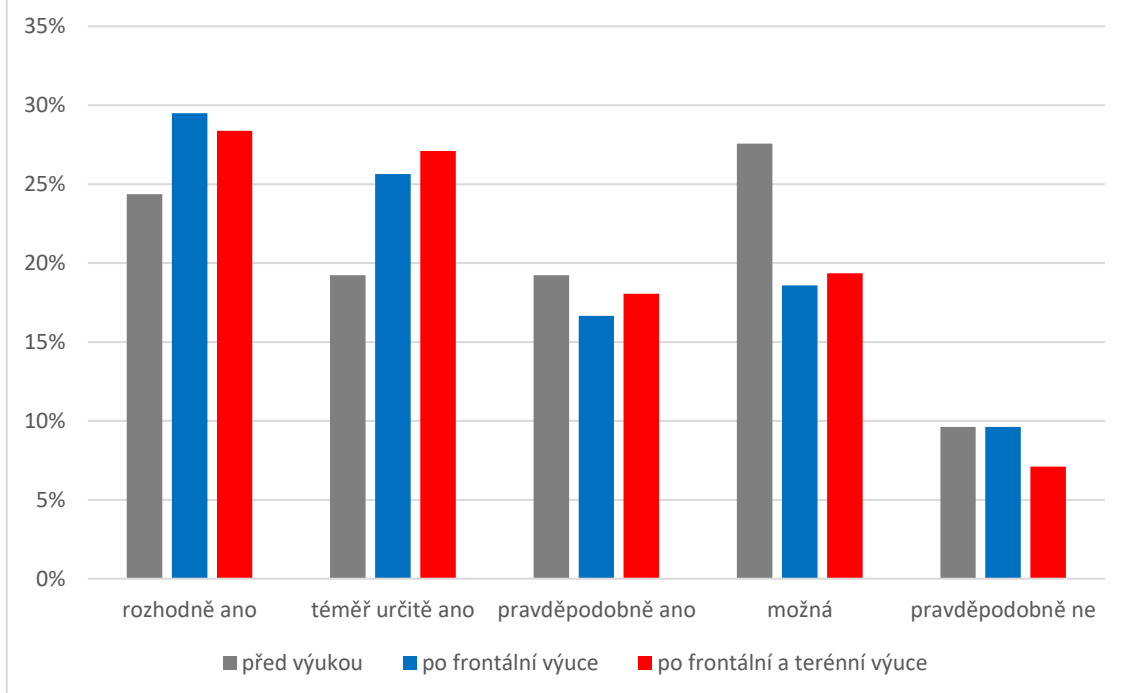
3.5 Přestože jsou dražší, kupoval(a) bych si potraviny pěstované bez použití pesticidů (postřiků proti hmyzu, který napadá plodiny).



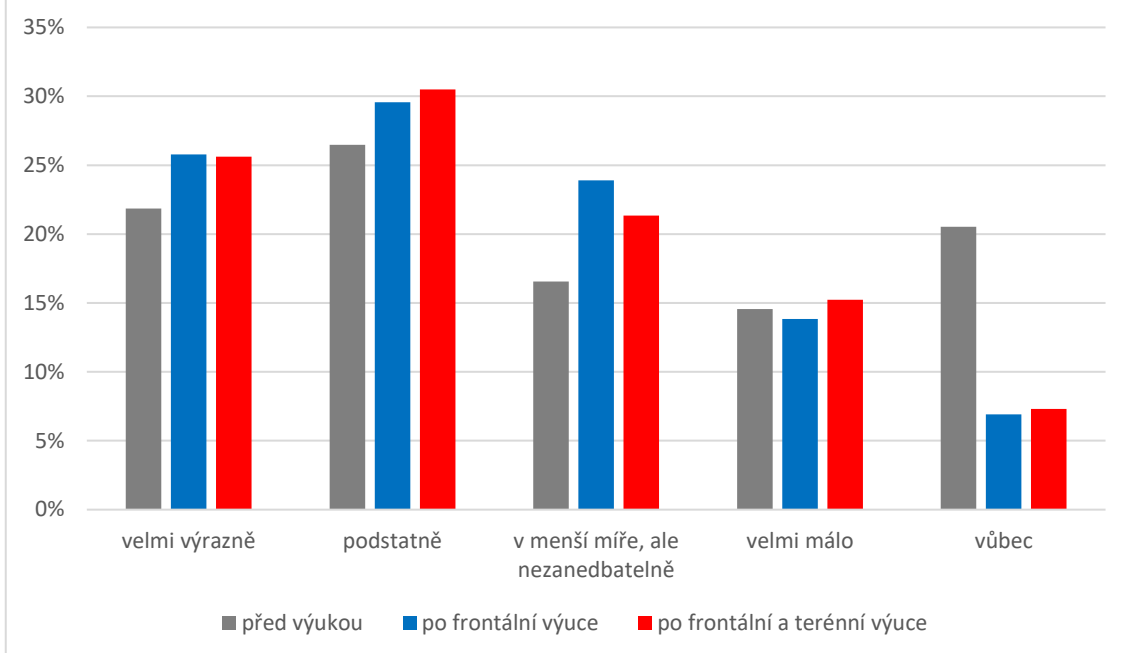
2.12 Pokud by si více lidí podařilo do domácnosti klimatizaci, zmírnilo by se tím globální oteplování.



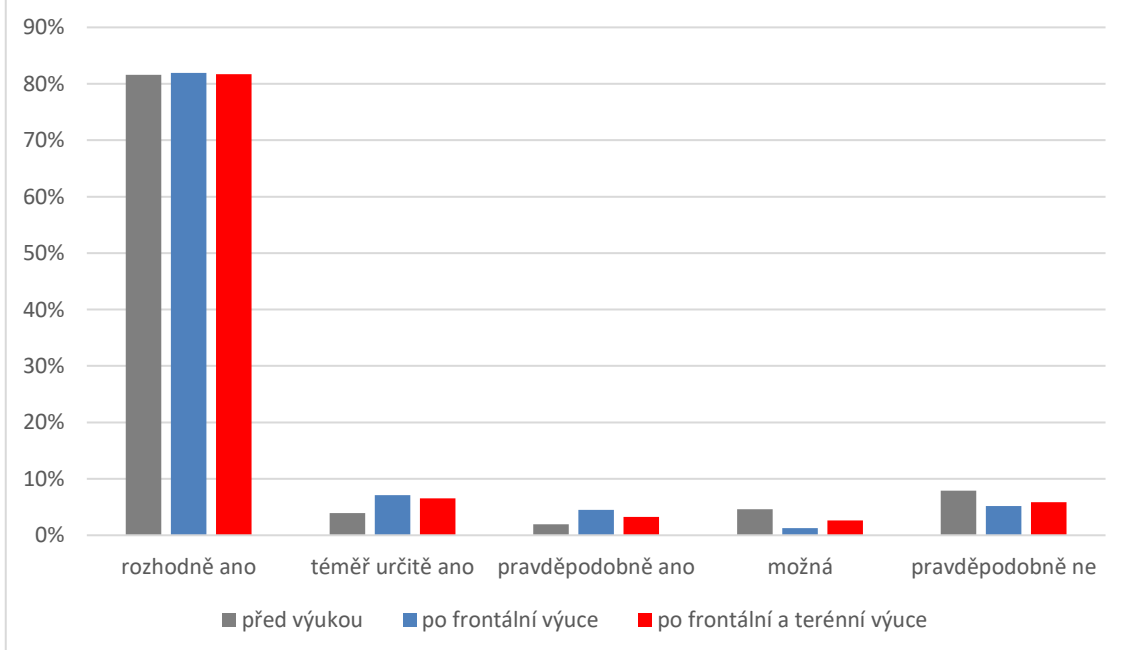
3.9. I kdyby mě to stálo více peněz, pořídil bych si domů klimatizaci.



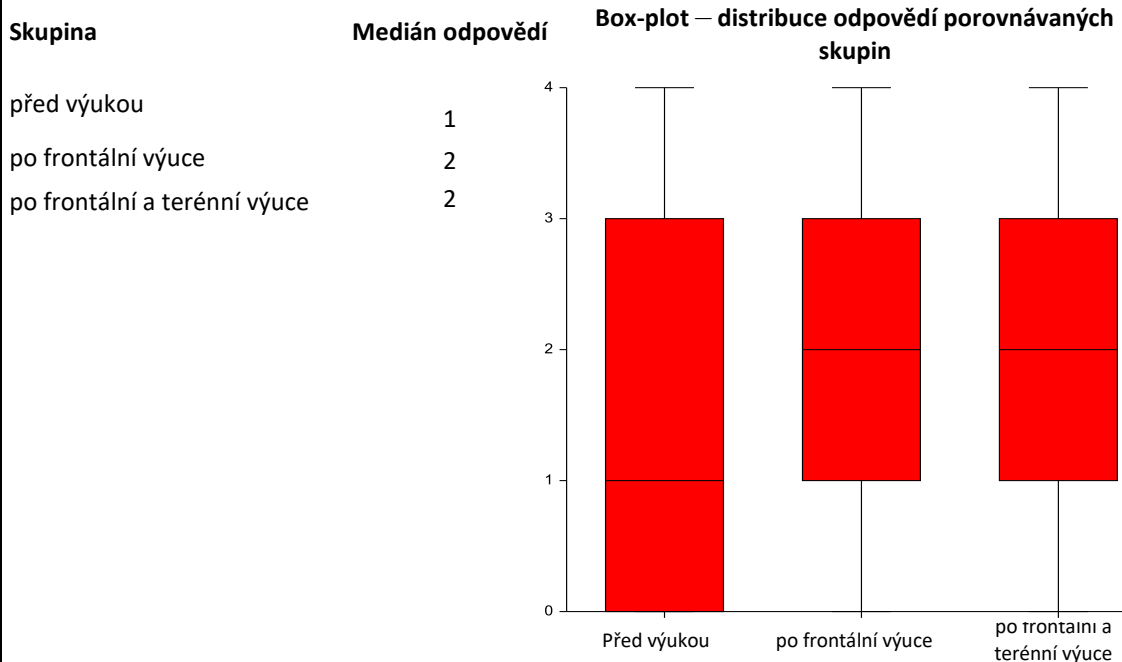
2.13 Pokud by byly vyčištěny světové oceány, zmírnilo by se tím globální oteplování.



3.12 I když je to pro mě méně pohodlné, odpadky bych na pláži neodhodil(a).



Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – názory žáků v oblasti "nevědecké"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	101,3037	0	Yes
Corrected for Ties	2	105,9106	0	Yes

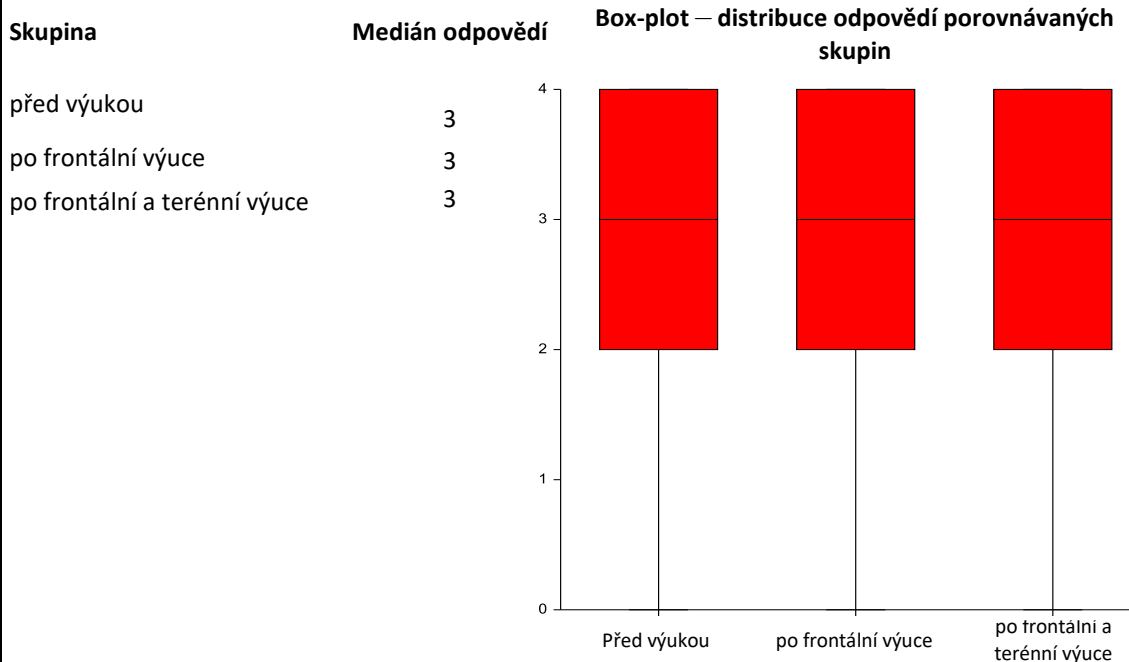
Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	9,3726	8,4196
po frontální výuce	9,3726	0	1,0162
po frontální a terénní výuce	8,4196	1,0162	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" jsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

Porovnání odpovědí zkoumaných skupin z hlediska statistické významnosti rozdílů mezi zkoumanými skupinami – ochota žáků jednat v oblasti "nevědecké"



Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks

Hypotheses

H0: All medians are equal.

H1: At least two medians are different.

Test Results

Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	2	0,9919	0,60899	No
Corrected for Ties	2	1,1435	0,56452	No

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	před výukou	po frontální výuce	po frontální a terénní výuce
před výukou	0	0,8179	1,0063
po frontální výuce	0,8179	0	0,1898
po frontální a terénní výuce	1,0063	0,1898	0

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

Závěr: Rozdíly odpovědí porovnávaných skupin "před výukou" a "po frontální výuce" nejsou mezi sebou statisticky významné stejně jako rozdíly odpovědí skupin "před výukou" a "po frontální a terénní výuce". Rozdíly odpovědí skupin "po frontální výuce" a "po frontální a terénní výuce" statisticky významné mezi sebou nejsou.

8 DISKUZE A ZÁVĚR

Globální klimatickou změnu můžeme již dnes považovat za jeden z největších globálních problémů lidské společnosti. Zároveň je velmi pravděpodobné, že důsledky tohoto celosvětového problému budou v následujících letech ještě sílit a ovlivní tak životy nastupující mladé generace mnohem více než generace současné. Příčinou klimatické změny je s vysokou mírou jistoty lidská činnost, zejména pak spalování velkého množství fosilních paliv, které zvyšuje koncentraci skleníkových plynů v atmosféře. Důsledky klimatických změn můžeme pozorovat již nyní. Zvyšující se průměrná globální teplota atmosféry, zvyšující se průměrná teplota světového oceánu, zvyšující se kyselost oceánské vody, zvyšování úrovně oceánské hladiny, tání pevninských a horských ledovců, mořského ledu a permafrostu, úbytek biodiverzity, četnější výskyt extrémních meteorologických jevů, změny charakteristických rysů počasí, hydrologických či atmosférických režimů jsou jen základním výčtem projevů změn, které prokazatelně pozorujeme nyní a budeme pravděpodobně ještě více pozorovat i v budoucnu. (IPCC, 2014)

Klimatická změna zasáhne také území České republiky, na kterém se stejně jako i v jiných místech na Zemi budou projevovat změny, jejichž důsledky budou zejména negativní. Stejně jako v jiných oblastech Evropy se bude zvyšovat průměrná roční teplota vzduchu. Změna teplotního režimu se projeví zvyšujícím se průměrným počtem dnů s vysokými teplotami, a naopak snížením průměrného počtu dnů s nízkými teplotami. Průměrný počet letních tropických dnů se bude zvyšovat, zatímco průměrný počet zimních mrazových a ledových dnů se bude snižovat. Roční množství spadlých srážek na území ČR se pravděpodobně mírně zvýší, avšak výraznější proměnu bude představovat změna charakteristického rozložení v průběhu roku s častějším výskytem delších, bezesrážkových období nebo naopak prudkých lijáků spojených s bouřkovou činností, které mohou mít za následek častější výskyt povodní. Právě častější výskyt suchých období bude představovat, spolu se zvyšujícími se teplotami a s tím spojeným vyšším výparem vody v krajině, problém zejména v oblasti hydrologického režimu vodních toků, ale také v sektoru zemědělství a lesnictví, ve kterém můžeme negativní projevy klimatické změny pozorovat již nyní. (CHMÚ, 2019)

Většina Čechů považuje změnu klimatu za závažný problém a většina z nich se domnívá, že klimatická změna v současnosti již probíhá. Česká veřejnost si uvědomuje pozitivní přínosy klimatických politik a podporuje především opatření omezující emise.

V oblasti adaptací na změnu klimatu obyvatelé České republiky upřednostňují přírodě blízká opatření na zadržování vody v krajině. Na druhou stranu však většinovou podporu pro klimatické politiky zároveň doprovází určitá skepse Čechů k efektivitě a smyslu individuálních aktivit v souvislosti s ochranou klimatu. Významná část veřejnosti se totiž domnívá, že svým chováním může pro zmírnění změny klimatu udělat jen velmi málo. Poměrně málo obyvatel proto podniká kroky ke zmírnění změny klimatu v oblasti spotřebního a dopravního chování, a ještě méně občanů se v otázce změny klimatu angažuje veřejně. (Krajhanzl, et al., 2018) Je potřeba rovněž zdůraznit, že v české populaci je stále zastoupena nemalá část klimaskeptického obyvatelstva, která nepovažuje změnu klimatu za závažný problém nebo tuto změnu dokonce popírá. (Vidomus, 2013)

Výsledky práce potvrdily řadu domácích i zahraničních výzkumů. Jako závažnou můžeme považovat skutečnost, že znalosti žáků základních škol v ČR v problematice globální klimatické změny nejsou dostatečné. Na tento problém poukázala již dříve řada vědeckých výzkumů, ale také závěrečných vysokoškolských prací. Kvalifikační práce *Klimatické změna pohledem žáků základních škol: znalosti a postoje* uvádí, že řadě důležitých pojmů ve vztahu k problematice globální klimatické změny žáci nerozumí, znalosti principu fungování skleníkového efektu a skleníkových plynů jsou nízké, což výsledky této práce jednoznačně potvrzují. (Stránská, 2017).

K podobným závěrům dospělo také vyhodnocení zeměpisné olympiády s názvem *Testování úrovně znalostí o změnách klimatu*, ve kterém autoři vycházeli již z dřívějších výzkumů, které zjistily, že u studentů přetrvávají často zkreslené či mylné představy. Výsledky testování poukázaly na nedostatečné znalosti českých studentů v této problematice a na nedostatečnou znalost zejména principu fungování skleníkového efektu a skleníkových plynů, nevhodné propojování skleníkového efektu s problematikou ozónové vrstvy. (Duží, 2012) Podobně chybné představy se rovněž objevily i ve výzkumu této práce, neboť více než polovina žáků nebyla schopna uvést žádné faktory způsobující globální klimatickou změnu a více než 40 % žáků nebylo schopno uvést jakýkoliv důsledek globální klimatické změny. Téměř 70 % žáků nedokázalo popsat princip fungování skleníkového efektu a více jak 70 % žáků nedokázalo správně uvést ani jeden skleníkový plyn. Pouze 15 % žáků dokázalo správně uvést představu, jak by to na Zemi vypadalo bez skleníkových plynů, zatímco ostatní žáci odpovídali chybně nebo vůbec.

Ve výzkumu se však objevily i další chybné představy, na které upozorňuje také Štros ve své kvalifikační práci *Klimatické změny ve výuce zeměpisu*, ve které poukazuje na přetrvávající chybné předpoklady žáků, jako např. souvislost změny klimatu se znečištěním ovzduší nebo záměna problematiky klimatické změny s ozónovou dírou, což žáci v menší míře uváděli také v tomto výzkumu. (Štros, 2011) Výzkum práce tedy potvrdil, že znalosti českých žáků základních škol nejsou v této problematice dostatečné.

Frontální výuka, přestože trvala pouze jednu vyučovací hodinu, vedla k výraznému zlepšení znalostí žáků. Pozitivní posun ve znalostech žáků se projevil prakticky ve všech otázkách. Po absolvování této metody výuky si byli žáci vědomi velkého významu vlivu skleníkových plynů a spalování fosilních paliv jako hlavních faktorů způsobujících klimatickou změnu. Žáci byli taktéž schopni uvést různé projevy a důsledky klimatické změny, a kromě tání ledovců a globálního oteplování dokázali uvést i jiné, méně známé projevy jako zvyšující hladinu oceánů, úbytek biodiverzity, častější požáry, změnu přírodních podmínek, sucho, záplavy a další. Více než polovina žáků dokázala po výuce správně nebo alespoň částečně správně popsat princip fungování skleníkového efektu a dále žáci také dokázali uvést příklady skleníkových plynů, a kromě oxidu uhličitého, který byl zmiňován nejčastěji, dokázali uvést i jiné, méně známé plyny jako ozón, metan, vodní pára, freony nebo oxid dusný. Více než polovina žáků také dokázala správně popsat, jak by to na Zemi vypadalo, kdyby atmosféra neobsahovala skleníkové plyny.

Efekt doplňující terénní výuky se ve znalostech žáků výrazněji neprojevil, ale na druhou stranu je potřeba zdůraznit, že praktická zkušenost s problémem v místním regionu vedla k uvědomění si důsledků klimatických změn v naší republice, kdy žáci mnohem výrazněji uváděli sucho a nedostatek vody, šíření kůrovce nebo změny vodního režimu jako projevy klimatické změny. Zaznamenané odpovědi žáků v provedeném výzkumu tedy potvrdili, že realizace terénní metody výuky skutečně vede k uvědomění si environmentálních problémů v místním regionu.

Právě na tento aspekt výuky kladla důraz autorka Duží, která ve své práci *Globální změna klimatu: možnosti didaktického zpracování tématu na úrovni středních škol* upozornila, že environmentální problémy by neměly být prezentovány pouze v abstraktní rovině, ale měly by být vyváženy konkrétní vizualizací problému, nejlépe na regionální úrovni. (Duží, 2012) K velmi podobnému závěru dospěli také Kopp a Beránková (2012) ve výzkumu *Testování úrovně znalostí o změnách klimatu*, ve kterém autoři uvádí, že při výuce

environmentálních problémů je žádoucí konkrétní zkušenost žáků s daným problémem, neboť právě osobní zkušenosti významně ovlivňují postoje a pro-environmentální chování žáků, a proto jako vhodnou doporučují výuku doplněnou o empirickou zkušenost, např. dopad klimatické změny v místním regionu. (Kopp, Beránková, 2012)

Právě v oblasti názorů žáků a ochotě žáků jednat přinesl výzkum zajímavá zjištění. Frontální metoda výuky přinesla stejně jako doplňující terénní metoda u většiny otázek pozitivní posun v názorech žáků a ochotě žáků jednat, avšak toto zlepšení nebylo tak výrazné jako u znalostí. Obě metody výuky pozitivně ovlivnily názory žáků ve výrazné většině sledovaných oblastí, avšak pozitivní přínos realizované výuky v ochotě žáků jednat nebyl zpravidla tak výrazný, nebo dokonce v některých oblastech chyběl úplně. U většiny otázek přinesla frontální výuka doplněná o terénní metodu výuky lepší výsledky, ale ne vždy byly rozdíly odpovědí odlišné z hlediska rozdílů statistické významnosti porovnávaných skupin.

Zajímavé bylo právě zjištění, že ochota žáků jednat v dané oblasti se ne vždy shodovala s jejich názory. Například v oblasti *dopravy* žáci nebyli příliš ochotni kupovat automobily na elektrický pohon nebo omezit automobilovou či leteckou dopravu, přestože většinou zastávali názor, že použití elektromobilů a omezení letecké a automobilové dopravy by podstatně zmírnilo globální oteplování. Míra ochoty žáků jednat byla tedy ve srovnání s názory žáků poměrně nízká, a to po absolvování jak frontální, tak i doplňující terénní metodě výuky.

Velmi podobně jako výsledky v oblasti dopravy dopadly také výsledky v oblasti *výroby elektřiny*. Žáci po absolvování frontální i doplňující terénní metodě výuky zastávali názor, že větší výroba elektrické energie z jaderných elektráren nebo obnovitelných zdrojů by velmi výrazně nebo podstatně snížila globální oteplování. Ochota žáků platit za takový typ výroby však byla obecně nižší, zejména u jaderných elektráren, a to po frontální i doplňující terénní metodě výuky.

K podobným zjištěním však vedly i jiné takto zaměřené výzkumy. Na skutečnosti, že se názory žáků či studentů ne vždy shodují s jejich ochotou jednat upozornil již průzkum Činčery a Štěpánka (2007), který naznačil, že pro-environmentální postoje jsou mezi studenty středních škol poměrně rozšířené, ale zároveň je mezi studenty málo rozšířené pro-environmentální jednání, zejména v oblastech vyžadující finanční nebo časovou investici. (Činčera, Štěpánek, 2007)

Velmi podobně také dopadl výzkum v rámci kvalifikační práce *Klimatická změna pohledem studentů středních škol: znalosti a postoje* autorky Kavkové (2008), která rovněž upozornila, že mezi názory žáků a ochotou žáků jednat v oblasti zmírňování globálního oteplování často nepanuje shoda, případně jsou žáci ochotni přijímat taková opatření, která na zmírňování klimatu nemají velký vliv. (Kavková, 2018)

Pozitivní efekt frontální i doplňující terénní metody výuky na názor žáků byl zaznamenán také v oblasti *domácí*. Většina žáků si totiž před výukou neuvědomovala význam energetické náročnosti budov na globální oteplování a po výuce si žáci mnohem více uvědomovali přínos opatření vedoucí ke snižování nákladů na vytápění nebo spotřebu energie. Poměrně hodně žáků bylo také ochotno si zateplít byt, i kdyby je to stálo peníze a poměrně hodně žáků bylo ochotno pořídit si domácí spotřebiče s menší spotřebou energie nebo šetřit energii v domácnostech. Zajímavostí ale je, že zvolená metoda výuky neměla na tyto odpovědi prakticky žádný vliv, což může být spojeno obecně se snahou žáků snižovat náklady na provoz domácností z důvodu finanční motivace, což je jev, který byl zaznamenán i v jiných podobně zaměřených výzkumech. (Lehnert et al., 2019), (Stránská, 2017)

V oblasti *osobní* žáci před výukou nepřikládali velký význam vlivu zemědělství na globální oteplování, přestože produkuje společně s lesnictvím a využitím půdy asi 24 % světových emisí skleníkových plynů a taktéž nepřikládali velký význam ekonomické spotřebě, byť průmysl celosvětově produkuje asi 21 % těchto emisí, což jsou hodnoty, které převyšují například emise skleníkových plynů z dopravy, neboť ty činí zhruba 14 %. (IPCC, 2014). K podobným zjištěním však dospěla také Stránská v rámci výzkumu své kvalifikační práce. (Stránská, 2017).

Za znepokojivé v této oblasti ale můžeme považovat poměrně vysokou míru neochoty žáků jednat pro-environmentálně, neboť efekt frontální ani doplňující terénní výuky nevedl výrazněji k vyšší ochotě žáků jednat v této oblasti a rozdíly odpovědí porovnávaných skupin nebyly po frontální ani doplňující terénní metodě výuky statisticky významné než odpovědi zaznamenané před výukou.

Poměrně nízký efekt výuky z hlediska ochoty žáků jednat byl zaznamenán také v oblasti *komunální*, která se zaměřovala na výsadbu stromů, třídění odpadů a používání umělých hnojiv. Výuka výrazně zvyšovala názory žáků v dané oblasti, ale neměla prakticky vliv na míru ochoty žáků jednat a podobně jako v předchozí oblasti nebyly rozdíly odpovědí porovnávaných skupin po frontální i doplňující terénní metodě výuky statisticky významné

než před výukou, což potvrzuje výše uvedená zjištění, že ochota žáků jednat se ne vždy shoduje s jejich názory. Na druhé straně pozitivní přínos výuky na názory žáků a zároveň také na ochotu žáků jednat se projevil v oblasti *legislativní a daně*. Frontální metoda výuky doplněná o terénní metodu přinesla mírně lepší výsledky než samotná výuka frontální, ale relativní posun v názorech žáků a ochotě žáků jednat byl znát u obou skupin žáků.

Za zajímavé lze považovat zjištěné výsledky v oblasti *spolupráce*, kde po realizované výuce dokonce klesal počet žáků, kteří věřili, že větší zapojení států do dohod o nevypouštění některých plynů do ovzduší by velmi výrazně zmírnilo globální oteplování. Na druhou stranu však žáci po realizované výuce byli více ochotní volit politiky ochotné podepsat s dalšími zeměmi dohody ke zlepšení životního prostředí, a to i kdyby díky tomu měli (žáci) méně peněz na utrácení. Doplnující terénní metoda výuky vedla ve srovnání s frontální výukou k lepším výsledkům, ale rozdíly odpovědí porovnávaných skupin nebyly mezi sebou statisticky významné. Terénní metoda výuky vedla k lepším výsledkům v názorech žáků a jejich ochotě jednat také v oblasti vzdělání, ale opět rozdíly odpovědí porovnávaných skupin nebyly mezi sebou statisticky významné.

Poslední oblast zvaná *nevědecká (irelevantní)* obsahovala několik otázek, které neměly na globální oteplování prakticky žádný vliv. Jednalo se např. o zmírňování globálního oteplování prostřednictvím nevyhazování odpadků na ulicích, vyčištěním světového oceánu, využitím klimatizace v domácnostech nebo snižováním používání pesticidů v zemědělství. Přestože by tyto činnosti jistě nevedly ke zmírnění globálního oteplování, mnoho žáků po frontální i doplnující terénní výuce odpovídalo více pozitivně než před výukou.

Tyto výsledky pravděpodobně ukazují, že ne všemu učivu žáci po absolvování jedné vyučovací hodiny frontální metody výuky dobře rozuměli, a že globální klimatická změna je pro žáky skutečně poměrně složité téma, které vyžaduje delší časovou dotaci a kvalitní přípravu učitele. Podobné tvrzení nabízí také Duží, podle které se jedná o jedno z nejkomplicovanějších témat nejen pro samotné žáky a studenty, ale také pro pedagogy, neboť kromě výukových cílů je zde kladen velký důraz na cíle postojevé, tj. vytváření postojů a hodnot k dané problematice (Duží, 2012).

Problémem může být také skutečnost, že ne všichni učitelé se této problematice věnují. Samotný výzkum tyto informace sice nezjišťoval, ale z dostupné literatury je patrné, že většinou je tato problematika zmíněna v rámci hodin zeměpisu (geografie) jen okrajově nebo jako součást rozšíření jiných témat, která jsou tradičnější. Sami učitelé potom navíc

podhodnocují ve svých odhadech vliv člověka na změnu klimatu a jsou opatrní v podpoře obnovitelných zdrojů. Problémem může být ale také nedostatečná učební podpora učitelů, neboť většina učebnic se této problematice nevěnuje vůbec nebo jen velmi okrajově. (Štros, 2011). Na tento problém upozornila také Kulichová v kvalifikační práci *Klimatická změna jako téma školního vzdělávání*, ve které konstatovala, že současné učebnice se této problematice nevěnují dostatečně a prakticky žádná komplexně. (Kulichová, 2014)

Za velký problém však můžeme považovat, že problematika globální klimatické změny není zakotvena pevně v rámcových vzdělávacích programech a každá škola se této problematice v rámci školních vzdělávacích programů může věnovat v různé míře nebo dokonce vůbec. Na potřebu ukotvit tuto problematiku povinně do školních vzdělávacích programů proto upozorňuje kromě Kulichové také Lehnert (2019), který zdůrazňuje důležitost úpravy školních vzdělávacích programů, které v současné době toto téma nereprezentují dostatečně. Otázkou zůstává, zda sami učitelé mají v této oblasti vzdělání dostatečné znalosti nebo ucelenou učební podporu, která by jim pomohla v orientaci této poměrně složité problematice.

Na druhé straně však musíme mít na paměti, že právě škola a učitelé hrají zásadní roli při formování osobních postojů, přesvědčení a zvyšování povědomí o příslušných informacích a problémech. Škola by proto měla poskytovat mladé generaci adekvátní environmentální výchovu a podporovat jejich pro-environmentální chování. Podle rozsáhlého výzkumu *Czech students and Mitigation of Global Warming* jsou navíc čeští studenti obecně skeptičtější ohledně užitečnosti navrhovaných opatření ve zmírňování globálního oteplování a patří mezi méně ochotné, v širším mezinárodním kontextu, účastnit se skutečných procesů, které by mohly zlepšit globální oteplování. (Lehnert et al., 2019).

Výzkum práce tedy potvrdil, že znalosti žáků základních škol v problematice globální klimatické změny nejsou dostatečné, a že realizovaná frontální výuka jednoznačně zvýšila znalosti žáků v této problematice a pozitivně ovlivnila jejich názory na zmírňování globálního oteplování. Frontální výuka doplněná o terénní metodu výuky vedla žáky k uvědomění konkrétních projevů a důsledků probíhající klimatické změny v místním regionu a ve většině případů také vedla k více pozitivním názorům ve vztahu ke zmírňování globálního oteplování, byť ve většině sledovaných oblastí nebyly rozdíly odpovědí odlišné od výuky frontální z hlediska statistické významnosti porovnávaných skupin.

Frontální metoda výuky a ani doplňující terénní metoda výuky sice nevedla k větší ochotě žáků jednat ve všech sledovaných oblastech, přesto ji ale nemůžeme považovat za zbytečnou, neboť z dostupné literatury a jiných výzkumů vyplývá, že se jedná o důležitou součást pro-environmentálního rozvoje žáků, který je tolik žádoucí a který by měla škola jako výchovně vzdělávací instituce poskytovat. Otázkou zůstává, jestli realizovaná frontální výuka byla v rámci tohoto výzkumu časově dostatečná a jestli realizovaná terénní výuka odrážela aktuální projevy klimatické změny na území České republiky, neboť na přelomu května a června roku 2021 nebyly vzhledem k příznivé hydrometeorologické situaci v krajině pozorovány její výraznější projevy.

Je třeba zároveň dodat, že návrhy terénní výuky vycházely z *Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR a analýzy dopadů predikovaných scénářů změny klimatu na území ČR*. Jednotlivé návrhy terénní výuky v místním regionu proto nereflektovaly všechny projevy a důsledky globální klimatické změny a nebyly zaměřeny na obsah otázek dotazníkového šetření podle použité metodiky. Můžeme tedy pouze spekulovat, zda by případná frontální metoda výuka s větší časovou dotací nevedla ještě k lepším výsledkům nebo zda by lepší výsledky nezaznamenala terénní výuka realizovaná v období, kdy by projevy klimatické změny v krajině byly více nápadné.

I přes tyto nejistoty můžeme konstatovat, že vliv výuky problematiky globální klimatické změny bez ohledu na zvolenou metodu byl pro žáky jednoznačně přínosný, neboť absolvovaná výuka zvýšila znalosti žáků v této problematice a také pozitivně zvýšila názory žáků ve vztahu ke zmírňování globálního oteplování. Menší míra ochoty žáků jednat v některých oblastech pouze zdůrazňuje důležitost školního vzdělávání v této problematice. Z dostupné literatury totiž vyplývá, že zejména učitelé a školy by měly hrát klíčovou roli při předávání vědecky podložených informací, ale také by měly žákům pomoci formovat jejich názory a postoje v této nelehké a velmi široké problematice.

Závěrem můžeme konstatovat, že zavedení učiva problematiky globální klimatické změny do školních vzdělávacích programů základních škol, respektive do rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání, by bylo nejen přínosné, ale také žádoucí, neboť se již delší dobu jedná o celospolečenské téma a projevy globální klimatické změny jsou každým dnem stále více patrné. Dnešní mladá generace bude jejím silicím projevům a důsledkům čelit pravděpodobně více než generace současná, a proto by měla být dobře připravena, aby dokázala tuto problematiku racionálně řešit a toto nelehké období úspěšně překonat.

Věnováno planetě Zemi

Právě v těchto dnech (od 31. října 2021 do 13. listopadu 2021) probíhá ve skotském městě Glasgow 26. konference OSN o změně klimatu. Lze očekávat, že se smluvní strany Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu opět dohodnou na přijetí nových ambiciózních plánů a závazků. Zda se podaří naplnit hlavní cíl organizátorů konference – udržení globálního oteplení pod hranici 1,5 °C ukáže až čas.



Planeta Země při pohledu z geostacionární dráhy (NASA, 2021).

...jaká bude záležít na každém z nás!

Mgr. David Ranoš

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Acot, P. (2005). *Historie a změny klimatu: od velkého třesku ke klimatických katastrofám*. Praha: Karolinum.
- Barros, V. (2006). *Globální změna klimatu*. Praha: Mladá fronta.
- Behringer, W. (2010). *Kulturní dějiny klimatu: od doby ledové po globální oteplování*. Praha, Litomyšl: Paseka.
- Cílek, V. (2019). *Věk nerovnováhy: klimatická změna, bezpečnost a cesty k národní resilienci*. Praha: Academia.
- Cílek, V. (2020). *Jak přejít řeku*. Praha: Dokořán.
- Fagan, B. (2007). *Malá doba ledová: jak klima formovalo dějiny v letech 1300-1850*. Praha: Academia.
- Flannery, T. (2007). *Měníme podnebí: minulost a budoucnost klimatických změn*. Praha: Dokořán.
- Giannelová, V. (2020). *Říkejte mi Greta, aneb Návod, jak společně zachránit svět*. Praha: CPress.
- Gore, A. (2007). *Nepříjemná pravda: naše planeta v ohrožení - globální oteplování a co s ním můžeme udělat*. Praha: Argo.
- Hofmann, E. (2003). *Integrované terénní vyučování*. Brno: Paido.
- Jermář, M. (2011). *Globální změna: cesta ze světového chaosu do budoucnosti*. Praha: Aula.
- Kopecký, V., & Eberle, J. (2011). *Jak učit o změně klimatu?* Praha: Asociace pro mezinárodní otázky.
- Maňák, J., & Švec, V. (2003). *Výukové metody*. Brno: Paido.
- Metelka, L., & Tolasz, R. (2009). *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí.
- Moldan, B. (2015). *Podmaněná planeta*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum.
- Vysoudil, M. (1997). *Meteorologie a klimatologie pro geografy*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.

Wallace-Wells, D. (2020). *Neobyvatelná Země: život po oteplení*. Brno: Host.

KAVKOVÁ, Kristýna. *Adaptace na změnu klimatu pohledem žáků a studentů*. Olomouc, 2020. diplomová práce (Mgr.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta

KAVKOVÁ, Kristýna. *Klimatická změna pohledem studentů středních škol: znalosti a postoje*. Olomouc, 2018. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta

STRÁNSKÁ, Christina. *Klimatická změna pohledem žáků základních škol: znalosti a postoje*. Olomouc, 2018. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta

KULICHOVÁ, Kateřina. *Klimatická změna jako téma školního vzdělávání*. Olomouc, 2014. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta

ŠTROS, Martin. *Klimatické změny ve výuce zeměpisu*. Praha, 2011. diplomová práce (Mgr.). UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Přírodovědecká fakulta

ŠTROS, Martin. *Soubor textů k problematice globálních klimatických změn pro účely geografického vzdělávání*. Praha, 2009. bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Přírodovědecká fakulta

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2014: *Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Vlny horka. Vcelku zřídkaový projev změny klimatu. Zabíjí ale ve velkém. Ekolist.cz [online]. 21.9.2018 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/kultura/zpravy-kultura/vlny-horka-vcelku-zridkavy-projev-zmeny-klimatu-zabiji-ale-ve-velkem>

Global risk of deadly heat: Nature Climate Change. In: Nature asia [online]. 20.6.2017 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.natureasia.com/en/research/highlight/11960>

Rekordní vlna veder v Kanadě si vyžádala přes stovku úmrtí. Podle meteorologů jsou na vině klimatické změny. IRozhlas [online]. 30.6.2021 [cit. 2021-8-6]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/kanada-vlna-veder-umrti-rekordni-teploty_2106300742_elev

Na Sicílii naměřili evropský teplotní rekord. Novinky.cz [online]. 11.8.2021 [cit. 2021-10-7]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/zahranicni/evropa/clanek/na-sicilii-namerili-evropsky-teplotni-rekord-40368798>

Čína čelí nejhorším záplavám za několik let. IDnes.cz [online]. 16.7.2020 [cit. 2021-10-7]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/cina-zaplavy-deste-chu-pej-cena-jidla-potraviny.A200715_142818_zahranicni_jhr

DENNIS, Brady a Chris MOONEY. Scientists nearly double sea level rise projections for 2100, because of Antarctica. In: The washington post [online]. 20.3.2016 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/03/30/antarctic-loss-could-double-expected-sea-level-rise-by-2100-scientists-say/?arc404=true>

New NOAA technical report reveals global sea level rise scenarios through 2100. In: NOAA RESEARCH NEWS [online]. 6.12.2012 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/1458/New-NOAA-technical-report-reveals-global-sea-level-rise-scenarios-through-2100>

HINKEL, Jochen, Daniel LINCKE, a kol. Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [online]. 4.3.2014 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.pnas.org/content/111/9/3292>

JEVREJENA, Svetlana a a kol. Flood damage costs under the sea level rise with warming of 1.5 °C and 2 °C. Environmental Research Letters [online]. 4.7.2018 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aacc76>

BURKE, Laretta a a kol. Reefs at Risk Revisited. World Resources Institute [online]. 2011 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://files.wri.org/s3fs-public/pdf/reefs_at_risk_revisited_executive_summary.pdf

SOS: Is Climate Change Suffocating Our Seas? National Science Foundation [online]. 12.6.2009 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.nsf.gov/news/special_reports/deadzones/climatechange.jsp

Half the World to Face Severe Water Stress by 2030 Unless Water Use Is "Decoupled" from Economic Growth, Says International Resource Panel. United Nations Environment Programme [online]. 21.3.2016 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/half-world-face-severe-water-stress-2030-unless-water-use-decoupled>

2.1 billion people lack safe drinking water at home, more than twice as many lack safe sanitation. World Health Organisation [online]. 2017, 12.7.2017 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.who.int/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

Chart: Globally, 70% of Freshwater is Used for Agriculture. World Bank Blogs [online]. 2017, 22.3.2017 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://blogs.worldbank.org/opendata/chart-globally-70-freshwater-used-agriculture>

RAHMSTORF, Stefan a a kol. Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation. Nature Climate Change [online]. 2015, 23.3.2015 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/nclimate2554>

AGHAKOUCHAK, Amir a a kol. Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. Science Direct [online]. 2014, 9.7.2014 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0380133014002688>

HOLLAND, Greg a Cindy L. BRUYÈRE. Recent intense hurricane response to global climate change. Springer Link [online]. 2013, 15.3.2013 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-013-1713-0>

Living Planet Report 2014. World Wildlife Fund [online]. 2014 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2014>

ROMM, Joe. Science: Second '100-year' Amazon drought in 5 years caused huge CO2 emissions. If this pattern continues, the forest would become a warming source. Think Progress [online]. 8.2.2011 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://archive.thinkprogress.org/science-second-100-year-amazon-drought-in-5-years-caused-huge-co2-emissions-if-this-pattern-7036a9074098/>

- MCCARTHY, Niall. Record Number Of Wildfires Burning In The Amazon. Statista [online]. 26.8.2019 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/19089/number-of-wildfires-recorded-in-brazils-amazon-rainforest/>
- VAN DER WERF, G.R. a a kol. CO2 emissions from forest loss. EScholarship University of California [online]. 2009 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://escholarship.org/uc/item/52n993mq>
- Pentagon: The 2014 Quadrennial Defense Review. Climate State [online]. 2014 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <http://climatestate.com/2014/03/05/the-2014-quadrennial-defense-review/>
- Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration. The World Bank [online]. 2014 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2018/03/19/groundswell---preparing-for-internal-climate-migration>
- Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu
- Pařížská dohoda. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda
- Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- Změna klimatu v ČR. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf
- Očekávané dopady změny klimatu v ČR. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap11.pdf
- Strategie adaptačního chování. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap12.pdf

Adaptace na změnu klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26].

Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/adaptace_na_zmenu_klimatu

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z:

https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie

Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu

Mitigace změny klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/mitigace_zmeny_klimatu

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy [online]. [cit. 2020-11-26]. Dostupné z:

<https://www.msmt.cz/vzdelavani/zakladni-vzdelavani/ucebni-dokumenty>

Školský zákon. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy [online]. [cit. 2020-11-26].

Dostupné z: <https://www.msmt.cz/dokumenty-3/skolsky-zakon>

Czech Students and Mitigation of Global Warming: Beliefs and Willingness to Take Action. Environmental Education Research [online]. 2.15.2019, [cit. 2020-11-26]. Dostupné z:

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/ceer> Email: CEER-peerreview@journals.tandf.co.uk

KOPP, Jan a Lucie BERÁNKOVÁ. Testování úrovně znalostí o změnách klimatu. Informace České geografické společnosti [online]. 2012 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z:

https://archive.geography.cz/informace-cgs/wp-content/uploads/2012/03/icgs012012_kopp.pdf

SKALÍK, Jan. Climate Change Awareness and Attitudes Among Adolescents in the Czech Republic. Envigogika [online]. 2015 [cit. 2020-11-26]. Dostupné z:

<https://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/view/472>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Aktualizace Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR z roku 2015. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2019 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/\\$FILE/OEO_K-Aktualizovana_studie_2019-20200128.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/$FILE/OEO_K-Aktualizovana_studie_2019-20200128.pdf)

AKADEMIE VĚD ČR. Klimatická změna – fenomén současnosti. Akademie věd České republiky [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

<https://www.avcr.cz/opencms/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/2020-04-Klimaticka-zmena.pdf>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Politika ochrany klimatu v ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2017 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/\\$FILE/OEO_K-POK-20170329.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/$FILE/OEO_K-POK-20170329.pdf)

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Politika ochrany klimatu v ČR - manažerské shrnutí. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2017 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/\\$FILE/OEO_K_POKMS_20180105.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/$FILE/OEO_K_POKMS_20180105.pdf)

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2015 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

[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)

Iniciativa Paktu. Pakt starostů a primátorů v oblasti Klimatu a Energetiky [online]. [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.paktstarostuaprimatoru.eu/>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. Integra Consulting: Dokumentace vyhodnocení vlivů Politiky ochrany klimatu v ČR na životní prostředí a veřejné zdraví [online]. 2016 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/\\$FILE/OEO_K-dokumentace_SEA-20161202.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/politika_ochrany_klimatu_2017/$FILE/OEO_K-dokumentace_SEA-20161202.pdf)

VIDOMUS, Petr. Česká klimaskepse: úvod do studia. Sociální studia / Social Studies [online]. 2013 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

https://journals.muni.cz/socialni_studia/article/view/5978/5090

KRAJHANZL, Jan, Tomáš CHABADA a Renata SVOBODOVÁ. Vztah české veřejnosti k přírodě a životnímu prostředí. Reprezentativní studie veřejného mínění. Muni space [online].

2018 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://munispace.muni.cz/library/catalog/view/1001/3110/767-2/#preview>

Česká republika Overview. EURYDICE [online]. 2020 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/czech-republic_cs

Česká republika: Organizace, správa a řízení. EURYDICE [online]. 2020 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/organisation-and-governance-21_cs

KOPP, Jan a Lucie BERÁNKOVÁ. Testování úrovně znalostí o změnách klimatu. Česká geografická společnost [online]. 2012 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://archive.geography.cz/informace-cgs/wp-content/uploads/2012/03/icgs012012_kopp.pdf

KROUFEK, Roman a Monika LÁTOVÁ. The Environmental Literacy of Pre-service Teachers of Primary School in The Czech Republic. Research Gate [online]. 2014 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <file:///C:/Users/NB201113/Downloads/KroufekLatova2014ELOfpreserviceteachersofprimaryschoolintheCzechrepublic.pdf>

MATĚJČEK, Tomáš a Jan BARTOŠ. Environmentální gramotnost učitelů a studentů učitelství. Research Gate [online]. 2012 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: file:///C:/Users/NB201113/Downloads/Matejcek_Bartos_2012.pdf

SKAMP, Keith, Edward BOYES a Martin STANISSTREET. Global Warming Responses at the Primary Secondary Interface 2. Potential Effectiveness of Education. Research Gate [online]. 2009b [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/47374279_Global_Warming_Responses_at_the_Primary_Secondary_Interface_2_Potential_Effectiveness_of_Education

ČINČERA, Jan a Petr ŠTĚPÁNEK. Výzkum ekologické gramotnosti studentů středních odborných škol. Research Gate [online]. 2007 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/270552624_Vyzkum_ekologicke_gramotnosti_studentu_strednich_odbornych_skol

DUŽÍ, Barbora. Globální změna klimatu: možnosti didaktického zpracování tématu na úrovni středních škol. Research Gate [online]. 2012 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

<https://www.researchgate.net/publication/269527448> Globalni zmena klimatu moznosti didaktickeho zpracovani tematu na urovni strednich skol

JIE LI, Christine a Martha C. MONROE. Exploring the essential psychological factors in fostering hope concerning climate change. Taylor and Francis online [online]. 2017 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504622.2017.1367916>

OJALA, Maria. Hope and climate change: The importance of hope for environmental engagement among young people. Research Gate [online]. 2011 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z:

<https://www.researchgate.net/publication/233240076> Hope and climate change The importance of hope for environmental engagement among young people

SKALÍK, Jan. Climate Change Awareness and Attitudes Among Adolescents in the Czech Republic. Research Gate [online]. 2015 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/290502754> Climate Change Awareness and Attitudes Among Adolescents in the Czech Republic

CHI CHEN, a kol. China and India lead in greening of the world through land-use management. Research Gate [online]. 2019 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: https://www.nature.com/articles/s41893-019-0220-7.epdf?author_access_token=dO8GvjWMOJ_NCv3kTyZysdRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PW_RtkOfOQVoFXMhNwHq5j0lySceRZOEFkWZvhFAEI_FhvCOPvGI2HJA0AvK-cWOtnr87ZQn_96CJYYzNTY72Wr2TIuWiqI8RTR8irFEG-TMA%3D%3D

FAO. The State of the World's Forests 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations [online]. 2020 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/ca8985en/CA8985EN.pdf>

Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). Česká meteorologická společnost [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>

2019/2020 Nejhlubší sluneční minimum kosmické éry. Česká astronomická společnost [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/slunecni-soustava/2019-2020-nejhlubsi-slunecni-minimum-kosmicke-ery.html?hledat=slune%C4%8Dn%C3%AD%20skvrny%202020>

Solar Cycle Progression. SPACE WEATHER PREDICTION CENTER [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>

Vývoj koncentrace CO₂ v atmosféře. Fakta o klimatu [online]. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/koncentrace-co2>

Změna klimatu. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace#>

Pozorovací síť. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/opv/stanice.html>

Povrchový odtok: Vodní stav. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/09-povrch-odtok.html#vodni-stav

Sucho: Hydrologické sucho. Monitoring sucha a jeho dopadů [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://stavsucha.cz/about-drought/>

Smrk ztepilý. Wikipedie [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Smrk_ztepil%C3%BD

Lýkožrout smrkový - Ips typographus. Kůrovcové info [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.kurovcoveinfo.cz/skudci/lykozrout-smrkovy>

Lýkožrout severský – Ips duplicatus. Kůrovcové info [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.kurovcoveinfo.cz/skudci/lykozrout-seversky>

Hodnocení velikosti sucha. Monitoring sucha a jeho dopadů [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://stavsucha.cz/about-indicators/>

Sucho. Monitoring sucha a jeho dopadů [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://stavsucha.cz/about-drought/>

Sucho: Půdní sucho. Monitoring sucha a jeho dopadů [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://stavsucha.cz/about-drought/>

Expertní posouzení dopadu sucha. Intersucho [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/dotaznik/>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Vlastní návrh frontální výuky globální klimatické změny

Testy změny klimatu. In: EUROLAB [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.eurolab.com.tr/cs/sektorel-test-ve-analizler/cevre-testleri/iklim-degisimi-testleri>

Klimatický systém. In: Wikipedie [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/collapse/comments/av8yew/cumulative_co2_emissions_17512015/

415: The Most Dangerous Number. In: Rolling Stone [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.rollingstone.com/politics/politics-news/climate-change-mauna-loa-carbon-dioxide-measurement-834627/>

VĚDA: Klima – lidský faktor. In: Neviditelný pes [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: https://neviditelnypes.lidovky.cz/veda/veda-klima-lidsky-faktor.A101215_000323_p_veda_wag

Skleníkový efekt. In: Počasí.cz [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.pocasicz.cz/aktuality-o-pocasi/aktuality-471/sklenikovy-efekt-1902>

Znečištěné ovzdušie nám všetkým skrakuje život o niekoľko rokov. In: Techpit [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://techpit.sk/zneistenie-ovzdušia-skrakuje-zivot/>

Doprava v Kalifornii. In: Odcestovat [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <http://odcestovat.cz/destinace/severni-amerika/usa-kalifornie/doprava/>

Climate change. In: Wikipedia [online]. [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change

Severní pól bude do roku 2050 ve vodě. In: Nedd.cz [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://nedd.tiscali.cz/severni-pol-bude-do-roku-2050-ve-vode-343252>

Pohlcování záření, Skleníkový efekt, Koloběh uhlíku v přírodě [online]. In: . [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/gw/jev/zivotice_sk12.html

Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2018. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>

Jižní Moravu sužuje největší sucho za posledních padesát let. In: IDnes.cz [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/brno/zpravy/jizni-moravu-suzuje-nejvetsi-sucho-za-poslednich-padesat-let.A090924_151407_brno_krc

List of countries by carbon dioxide emissions. In: Wikipedia [online]. [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Annual_CO2_emissions%2C_OWID.svg

List of countries by carbon dioxide emissions. In: Wikipedia [online]. [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: [CO2 emissions per capita, 2017 \(Our World in Data\) - List of countries by carbon dioxide emissions per capita - Wikipedia](https://www.worldometers.info/world-facts/carbon-dioxide-emissions-per-capita/)

Kauzální nexus změny klimatu. In: EPA [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/kausalni-nexus-zmeny-klimatu/>

Náhrada palmového oleje se v laboratoři vyrábí podobně jako pivo. Nápad amerického startupu podpořil Bill Gates. In: Český rozhlas [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://plus.rozhlas.cz/nahrada-palmoveho-oleje-se-v-laboratori-vyrabi-podobne-jako-pivo- Napad-8217504>

Radiación solar y radiación de la Tierra. In: Geografía [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://todogeografia.com/articulo/radiacion-solar-y-radiacion-terrestre>

Global Climate Change Projections. In: Climate Change In Australia [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/en/climate-campus/global-climate-change/global-projections/>

Body, z ktorých niet návratu, sa nebezpečne blížia. In: SME [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://komentare.sme.sk/c/22589263/body-z-ktorych-niet-navratu-sa-nebezpecne-blizia.html>

Historical carbon dioxide emissions from global fossil fuel combustion and industrial processes from 1758 to 2018 (in million metric tons)*. In: Statista [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/264699/worldwide-co2-emissions/>

Greta Thunbergová. In: Wikipedie [online]. [cit. 2021-9-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Greta_Thunberg#/media/File:Greta_Thunberg_4.jpg

Pracovní list č. 1 Monitoring stavu vodní hladiny blízkého toku

Síť monitoringu povrchových vod. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hydro/>

Hlásná a předpovědní povodňová služba: Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php

Vodočet. In: Wikipedie [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodo%C4%8Det>

In: Seznam mapy [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

Povrchový odtok: Vodní stav. Klimatologie a hydrogeografie pro učitele [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/09-povrch-odtok.html#vodni-stav

Hlásná a předpovědní povodňová služba. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307319

Hlásná a předpovědní povodňová služba: Aktuální informace - Stavby a průtoky na tocích. In: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/vodnosti/vodnosti.html#priklad>

Pracovní list č. 2 Monitoring stavu místních jehličnatých lesů

Mapa ploch s rizikem šíření kůrovců. In: Kůrovcová mapa.cz [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.kurovcovamapa.cz/>

Škůdci kmene a větví jehličnanů. In: Atlas poškození dřevin [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://atlasposkozeni.mendelu.cz/kategorie/137-skudci_kmene_a_vetvi_jehlicnanu.html

In: Seznam mapy [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

Smrk ztepilý. In: Wikipedie [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Smrk_ztepil%C3%BD

Smrk ztepilý. In: Wikipedie [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Smrk_ztepil%C3%BD

Lýkožrout smrkový. In: Atlas poškození dřevin [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/444-lykozrout_seversky.html

Lýkožrout smrkový. In: Chovzvirat.cz [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://www.chovzvirat.cz/zvire/1222-lykozrout-smrkovy/>

Lýkožrout smrkový. In: Atlas poškození dřevin [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/444-lykozrout_seversky.html

Lýkožrout severský. In: Chovzvirat.cz [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://www.chovzvirat.cz/zvire/1275-lykozrout-seversky/>

Lýkožrout severský. In: Atlas poškození dřevin [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/444-lykozrout_seversky.html

Lýkožrout smrkový. In: Atlas poškození dřevin [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/444-lykozrout_seversky.html

Pracovní list č. 3 Monitoring půdního sucha v zemědělské krajině

In: Seznam mapy [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

Nahlížení do katastru nemovitostí. In: Český úřad zeměměřičský a katastrální [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberParcelu/Parcela/InformaceO>

Přehledová mapa ČR. In: Český úřad zeměměřičský a katastrální [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <http://sgi-nahliznidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>

In: Mapy.cz [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd. In: Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://pedologie.czu.cz/dokumenty/Kriteria_pro_hodnoceni_vlastnosti%20pud.pdf

Sucho v okresech. In: Intersucho [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/sucho-v-okresech/>

Sucho v okresech: Okres Opava. In: Intersucho [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/sucho-v-okresech/?region=opava>

Diskuze a závěr

Earth from Space. NASA Earth observatory [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/0/885/modis_wonderglobe_lrg.jpg

11 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

% – procenta

' – minuta

° – stupeň

°C – stupeň Celsia

AOGCM – Atmosphere Ocean General Circulation Models

apod. – a podobně

Ar – argon

ARPEGE – Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle

AV ČR – Akademie věd ČR

CFC – chlorofluorocarbons

cm – centimetry

CO₂ – oxid uhličitý

CORDEX – Coordinated Regional Downscaling Experiment

CVVM – Centrum pro výzkum veřejného mínění

ČR – Česká republika

EP – Environmentální poradenství

EPICA – European Project for Ice Coring in Antarctica

ES – Evropská směrnice

ETAP – Environmental Technologies Action Plan

ETS – Emission Trading System

EU – Evropská unie

EVVO – Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta

FAO – Food and Agriculture Organization

GCM – General Climate Model

GCM – Global Climate Model

GISP – Greenland Ice Sheet Project

GRACE – Gravity Recovery and Climate Experiment

Gt – gigatuny

GW – gigawatty

ha – hektar

HDP – hrubý domácí produkt

HFC – hydrofluorocarbons

HPH – hrubá přidaná hodnota

CH₄ – metan

CHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

IPCC – International Panel for Climate Change

ISO – International Organization for Standardization

ISSP – International Social Survey Programme

km – kilometry

m – metry

m² – metr čtvereční

MIT – Massachusetts Institute of Technology

mj. – mimo jiné

mm – milimetry

MŠMT – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Mt – megatuny

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

N₂ – dusík

N₂O – oxid dusný

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NGRIP – Northern Greenland Ice Core Project 2

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

O₂ – kyslík

OSN – Organizace spojených národů

PFC – perfluorocarbons

pH – míra kyselosti

PJ – petajoul

POH – Plán odpadového hospodářství

ppb – parts per billion

ppm – parts per million

RCM – Regional Climate Model

RCP – Representative Concentration Pathways

RVP ZV – rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

Sb. – sbírka

SCM – Simple Climate Models

SEK – Státní energetická koncepce

STEM – Středisko empirických výzkumů

SWPC – Space Weather Prediction Center

ŠVP – školní vzdělávací programy

tj. – to jest

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

USA – Spojené státy americké

W – watt

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 - Seznam základních škol zapojených do výzkumu

Tabulka č. 2 - Spárované otázky druhé a třetí části dotazníku

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Dotazník



KATEDRA GEOGRAFIE

Přírodovědecká fakulta | **Univerzita Palackého v Olomouci**

Milí žáci, rádi bychom se dozvěděli něco o vašem postoji k problematice globální klimatické změny. Výhodou tohoto dotazníku je, že žádná odpověď není špatně ☺ Děkujeme za spolupráci.

Škola:

Ročník (třída):

Pohlaví: muž/žena

Část 1 – napiš nebo nakresli odpověď

Které faktory způsobují klimatickou změnu?

Dokážeš uvést některé projevy a důsledky klimatické změny? Pokud ano, vyjmenuj:

Na jakém principu funguje tzv. skleníkový efekt?

Které plyny se podílí na vytváření skleníkového efektu?

Zamysli se a popiš, jak by to na Zemi vypadalo, kdyby atmosféra neobsahovala skleníkové plyny:

Část 2 – zakroužkuj jednu odpověď podle svého názoru

2.1 Pokud by na Zemi bylo vysazováno více stromů, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.2 Pokud by si lidé lépe zateplili své byty, neunikalo by z nich tolik tepla a zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.3 Pokud by lidé neodhazovali odpadky na ulicích, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.4 Pokud by zemědělci přestali používat pesticidy (postřiky proti hmyzu, který napadá plodiny), zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.5 Pokud by lidé používali elektromobily namísto aut se spalovacím motorem (na naftu, benzín...), zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.6 Pokud by si lidé pořídili domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s menší spotřebou energie, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.7 Kdyby lidé spotřebovávali méně elektřiny v domácnostech, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.8 Pokud by lidé více třídili odpad, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.9 Pokud by lidé jedli méně masa, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.10 Pokud bychom k výrobě energie více využívali jaderné elektrárny, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.11 Pokud by zemědělci přestali používat umělá hnojiva obsahující dusík, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.12 Pokud by si více lidí pořídilo do domácností klimatizaci, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.13 Pokud by byly vyčištěny světové oceány, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.14 Pokud by lidé zvládli kupovat si méně nových věcí a vystačili si s tím, co mají, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.15 Pokud bychom k výrobě energie více využívali vítr, slunce a mořské vlnění, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.16 Pokud by lidé tolik nejezdili auty, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.17 Pokud by lidé nevyhazovali tolik jídla, zmírnilo by se tím globální oteplování

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.18 Pokud by lidé jedli více regionálních potravin namísto potravin dovážených ze zahraničí, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.19 Pokud by lidé méně létali letadlem, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.20 Pokud by politici přijali vhodné nové zákony, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.21 Pokud by politici zvýšili daně a použili získané peníze na vhodná opatření, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.22 Pokud by se státy více zapojovaly do dohod o nevypouštění některých plynů do ovzduší, zmírnilo by se tím globální oteplování.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

2.23 Globální oteplování by se zmírnilo, kdyby o něm lidé dostávali více informací.

a) velmi výrazně b) podstatně c) v menší míře, ale nezanedbatelně d) velmi málo e) vůbec

Část 3 – zakroužkuj jednu odpověď podle svého postoje

3.1 I kdyby to znamenalo více času a méně pohodlí, snažil(a) bych se využívat autobus a vlak namísto auta.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.2 I kdybych měl(a) maso velmi rád(a), byl(a) bych ochoten jíst méně masitých jídel.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.3 I když je to pro mě méně pohodlné, nikdy bych neodhazoval(a) odpadky na ulici.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.4 I kdybych musel platit vyšší daně, myslím si, že by na Zemi mělo být vysazováno více stromů.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.5 Přestože jsou dražší, kupoval(a) bych si potraviny pěstované bez použití pesticidů (postřiků proti hmyzu, který napadá plodiny).

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.6 Abych šetřil(a) elektrinou, vypínal(a) bych věci, když je nepoužívám.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.7 Přestože je to pro mě méně pohodlné, raději bych odpad třídil, než vyhazoval vše do jedné popelnice.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.8 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si potraviny vypěstované bez použití umělých hnojiv.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.9 I kdyby mě to stálo peníze, pořídil bych si domů klimatizaci.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.10 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektrinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn jadernými elektrárnami.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.11 I kdyby to znamenalo nemít vždy tu nejnovější výbavu či módu, zvládl(a) bych kupovat si nové věci méně často.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.12 I když je to pro mě méně pohodlné, odpadky bych na pláži neodhodil(a).

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.13 Byl(a) bych ochoten/ochotná zaplatit za elektrinu více, pokud by byl její větší podíl vyráběn z větru, slunce a mořského vlnění.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.14 I kdyby mě to stálo peníze, zateplil(a) bych si byt tak, aby z něj neunikalo tolik tepla.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.15 I kdyby to bylo dražší, koupil(a) bych si domácí spotřebiče (např. ledničku, pračku...) s nižší spotřebou energie.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.16 Vybral(a) bych si auto na elektrický pohon, i kdyby bylo dražší.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.17 I kdyby mě to stálo více peněz, kupoval(a) bych si regionální potraviny.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.18 I když je to méně pohodlné, cestoval bych na dovolenou vlakem nebo autobusem namísto letadla.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.19 Dojedl bych jídlo z předchozího dne, i kdybych na něj neměl(a) již takovou chuť jako na čerstvé

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.20 Ve volbách bych volil(a) politiky, kteří prosazují zákony lépe chránící životní prostředí, i kdybych musel(a) omezit některé věci, které mám rád(a).

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.21 Volil(a) bych politiky prosazující zvýšení daní ve prospěch zlepšení životního prostředí, i kdybych díky tomu měl(a) méně peněz na utrácení.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.22 Volil(a) bych politiky ochotné podepsat s dalšími zeměmi dohody ke zlepšení životního prostředí, i kdybych kvůli tomu musel změnit svůj životní styl.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne

3.23 Rád bych se dozvěděl(a) více o tom, jak pomáhat životnímu prostředí, i kdyby to pro mě znamenalo práci navíc.

a) rozhodně ano b) téměř určitě ano c) pravděpodobně ano d) možná e) pravděpodobně ne