

**Dôsledky klimatickej zmeny
a možné adaptačné opatrenia
v jednotlivých sektoroch**

Záverečná správa

**Doc. RNDr. Ing. Jozef Mindáš, PhD.
RNDr. Viliam Páleník, PhD., host. doc.
RNDr. Pavol Nejedlík, CSc.
(editori)**





EFRA – Vedecká agentúra pre ekológiu a lesníctvo	
Projekt	Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch
Zodpovedný riešiteľ	Doc. RNDr. Ing. Jozef Mind'aš, PhD.
Riešitelia	Doc. RNDr. Ing. Jozef Mind'aš, PhD. RNDr. Viliam Páleník, PhD., host. Doc. RNDr. Pavol Nejedlík, CSc. Prof. RNDr. Milan Lapin, CSc. RNDr. Pavel Šťastný, CSc. Prof. Ing. Jaroslav Škyarenina, CSc. Doc. RNDr. Bernard Šiška, PhD. RNDr. Oľga Majerčáková, CSc. RNDr. Juraj Majerčák, CSc. Prof. Ing. Ján Szolgay, PhD. Doc. Ing. Kamila Hlavčová, PhD. Prof. Ing. Július Novotný, CSc. Ing. Jaroslav Jankovič, CSc. Ing. Katarína Halzlová Ing. Jiří Balajka Ing. Tomáš Domonkos, PhD. Ing. Ivan Lichner Bc. Soňa Slobodníková Mgr. Miroslav Štefánik, PhD. Ing. Ivan Lichner Ing. Marek Radvanský Mgr. Tomáš Miklošovič Ing. Gabriela Dováľová, PhD. Ing. Martin Lábaj, PhD.

1. Úvod

Problematika klimatických zmien predstavuje v súčasnosti jednu z často diskutovaných otázok. Snaha celej spoločnosti o prispôsobenie sa týmto zmenám ako aj úsilie o zmierňovanie prebiehajúcich zmien klímy preto nadobúda na intenzite. Často používanými výrazmi v súvislosti s touto problematikou sú tzv. adaptácia a mitigácia. *Adaptácia* znamená prispôsobenie sa zmeneným podmienkam v dôsledku zmien klímy predstavuje zmierňovanie dopadu klimatických zmien, alebo snahu prispôbiť sa a naučiť sa žiť s klimatickými zmenami, t.j. ochranu pred ich negatívnymi vplyvmi a využívanie pozitívnych vplyvov vo svoj prospech. Zatiaľ čo *mitigácia* je zmierňovaním, resp. snahou o elimináciu klimatických zmien. Taktiež sa často definuje ako minimalizácia rozsahu budúcich klimatických zmien, t.j. zníženie množstva vypustených plynov vytvárajúcich skleníkový efekt, zvýšenie schopnosti odbúravať oxid uhličitý z atmosféry. Náklady mitigačných opatrení sú relatívne presne definované, avšak ocenenie nákladov adaptačných opatrení predstavuje v súčasnosti celospoločenskú a vedeckú výzvu.

Vo všeobecnosti možno povedať, že problém klimatických zmien už nie je v súčasnosti vnímaný len ako možná budúca hrozba, skôr je považovaný za jeden z najväčších environmentálnych problémov dnešnej doby. Pri analýze klimatických zmien sa výskumníci stretávajú s vysokým stupňom neistoty a táto neistota musí byť zohľadnená aj pri ich snahe o získanie rozumných odporúčaní a záverov hodnotenia negatívnych účinkov zmeny klímy na zložky životného prostredia, zdravie a ekonomiku krajiny. Štvrtá správa Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) konštatuje, že podľa mnohých zistení sú prebiehajúce zmeny globálneho klimatického systému spôsobené ľudskou činnosťou. V nadväznosti na Tretiu hodnotiacu správu IPCC (IPCC, 2001), ďalej prízvukuje, že ľudmi spôsobená zmena klímy bude mať vplyv nie len na rast celosvetovej teploty, ale zároveň bude viesť k zmenám v celom klimatickom systéme. Čo sa prejaví taktiež v intenzite a periodicite zrážok, zmenami v prúdení vetra, zvyšovaním morskej hladiny a zintenzívnením frekvencie extrémnych prejavov počasia. Dôsledky týchto dopadov sa prejavia diferencovane v rôznych častiach sveta.

Slovenská republika sa ratifikovaním Kjótskeho protokolu 31.05.2002 zaviazala splniť kvantitatívne redukčné záväzky emisie oxidu uhličitého a ďalších piatich skleníkových plynov v priebehu rokov 2008 až 2012. Kjótsky protokol predstavuje doplnok Rámcového dohovoru OSN o zmenách klímy (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Podľa podmienok protokolu, tento nadobudol platnosť v deväťdesiaty deň po termíne, v ktorom nie menej ako 55 zmluvných strán Konvencie zahrnutých v Prílohe I protokolu a zároveň krajín produkujúcich aspoň 55 % globálnych emisií CO₂ z roku 1990, predložilo ich nástroje ratifikácie, akceptácie, schválenia alebo dosiahnutia výsledkov. Protokol nadobudol platnosť vo februári 2005, potom, čo dohodu 18. novembra 2004 ratifikovalo Rusko a tým bola naplnená aj tzv. podmienka „55 %“.

Záväzok zníženia emisií skleníkových plynov predstavuje pre Slovensko, spolu s krajinami Európskej únie, zníženie emisií o 8 % v porovnaní s referenčným rokom 1990. Zo súpisu emisií za rok 2008, vyplýva, že Slovensko v tomto ohľade patrilo k päťici krajín, ktorým sa nepodarilo dosiahnuť zníženie oproti roku 2007, keď v roku 2008 vypustilo do ovzdušia o 1,1 % viac skleníkových plynov, čo bolo spôsobené najmä vrcholom ekonomickej konjunktúry.

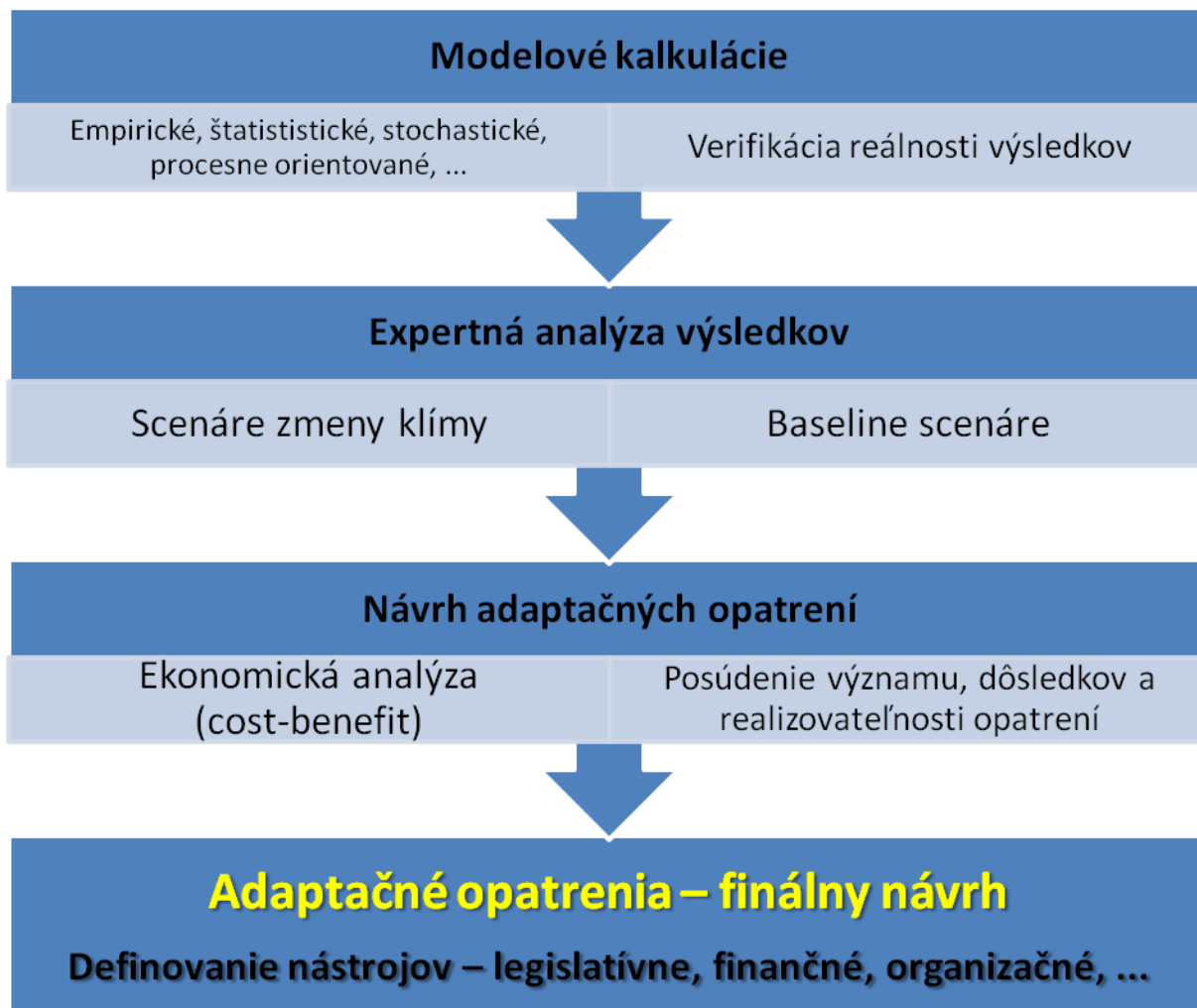
Cieľom predloženej správy je prvý širší odhad dôsledkov zmeny klímy na vybrané sektory národného hospodárstva a návrh rámcových adaptačných opatrení v SR, ktorý sa bude sústreďovať na preskúmanie dôsledkov a nákladov adaptačných opatrení najmä z makroekonomického pohľadu. Analyzovali sa dopady klimatických zmien na jednotlivé

sektory prírodných a humánných procesov. V jednotlivých odvetviach ekonomických činností sú: poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo, priemysel, energetika, vodné hospodárstvo, staveníctvo, doprava, ubytovanie a stravovanie, finančné služby, zdravotníctvo a ostatné služby. Vyhodnocovali sa aj väzby medzi jednotlivými odvetviami a ich zmeny spôsobené klimatickými zmenami.

Treba poznamenať, že tento projekt zďaleka nemohol obsiahnuť všetky aspekty a detaily tejto problematiky, z dôvodu finančných, časových a personálnych limitov. Táto správa sumarizuje súčasnú úroveň riešenia tejto problematiky na Slovensku a je jedným zo základných východísk pre pripravovanú národnú adaptačnú stratégiu. Vývoj poznania ide neustále dopredu a aj prístupy a metódy k definovaniu adaptačných opatrení musia byť do určitej miery flexibilné a mať v sebe potenciál pre ich prípadnú (nie zásadnú) modifikáciu podľa dosahovanej úrovne poznania väzieb jednotlivých sektorov na zmenu klímu.

2. Metodika

Vo všeobecnosti bude rámcová metodika riešenia úlohy sledovať postupnosť 4 krokov podľa nasledovnej schémy, ktorá bude generalizovane uplatnená pre všetky sektory:



Nakoľko rozpracovanie jednotlivých oblastí resp. sektorov z hľadiska dopadov zmeny klímy je značne rozdielne, bude sa uplatňovať diferencovaný prístup najmä v oblasti modelovania a expertných analýz. Podrobnejšie metodické zámery riešenia sú uvedené podľa jednotlivých sektorov.

2.1 Poľnohospodárstvo

Sucho možno definovať pre rôzne sektory hospodárstva aj v časovej následnosti (Hayes et al. 1999, Heim 2002). Pre účely tejto práce bol na úrovni meteorologickej (klimatickej) vybraný pre hodnotenie citlivosti územia Slovenska v podmienkach klimatickej zmeny klimatická vodná bilancia (E_0-R v mm), na úrovni poľnohospodárskej evapotranspiračný deficit (E_0-E v mm).

Meteorologické a fenologické dáta boli hodnotené pre dve obdobia s definovanou koncentráciou CO_2 v atmosfére podľa tabuľky 1.

Tab. 1 Predpokladané zmeny koncentrácie CO_2 k časovým horizontom

Koncentrácia CO_2		Časový horizont
1x CO_2	330 ppm	1961 – 1990
2x CO_2	660 ppm	2061 – 2090

Klimatické údaje pre riešenie úlohy za referenčný rad rokov (pre úroveň koncentrácie 1x CO_2) boli získané z databázy SHMÚ v Bratislave. Pre stanovenie energetickej a vlhovej zabezpečnosti, fenologických pomerov a agroklimatického produkčného potenciálu boli hodnotené: trvanie veľkého (VVO) a hlavného (HVO) vegetačného obdobia. Pre uvedené intervaly boli spočítané: fotosynteticky aktívne žiarenie (PAR v $kWh.m^{-2}$), suma priemerných denných teplôt (TS v $^{\circ}C$), úhrn atmosférických zrážok (R v mm), potenciálna a aktuálna evapotranspirácia (E v mm) a z nich odvodené charakteristiky.

Globálne žiarenie sa prepočíta na väčšine staníc SR podľa Savinov-Angströmovej metódy (cit in Španik, Tomlain, 1987), evapotranspirácia podľa Budyko - Zubenoka, (cit in Tomlain, 1977).

Termíny nástupu a ukončenia VVO a HVO boli stanovené numerickou metódou podľa Noseka, (1972). Veľké vegetačné obdobie (VVO) je ohraničené biologickým teplotným minimom (denným priemerom teploty vzduchu $T \geq 5,0^{\circ}C - TS5$). VVO svojim trvaním determinuje aj obdobie vegetačného pokoja (OVP), ktoré ohraničuje priemerná denná teplota vzduchu nižšia ako biologické teplotné minimum ($T < 5,0^{\circ}C$). Hlavné vegetačné obdobie (HVO) je ohraničené nástupom a ukončením priemernej dennej teploty $T \geq 10,0^{\circ}C - TS10$.

K analýzám vplyvu klimatickej zmeny na fenologické pomery VVO a HVO na Slovensku boli vytypované klimatické stanice tak, aby plošne rovnomerne pokrývali územie Slovenska do nadmorskej výšky ohraničujúcej možnú poľnohospodársku výrobu – 900 m n.m. Tieto analýzy reprezentujú približne 45000 km^2 územia SR.

Výber klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov a zabezpečenia vegetačného obdobia poľných plodín klimatickými prvkami je uvedený v tab. 2. Stanice reprezentujú územie SR z hľadiska v súčasnosti definovaných výrobných typov poľnohospodárskej produkcie.

Tab. 2 Zaradenie vybraných klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov poľných plodín podľa výrobných typov

Výrobná oblasť	Nadmorská výška v m n. m.	Klimatická stanica	Nadmorská výška v m n.m.
Kukuričná	<200	Somotor	100
		Hurbanovo	115
		Nitra	143
		Piešťany	165
		Kamenica n/C.	178
Repárska	200 – 350	Rimavská Sobota	214
		Prievidza	260
		Košice	230
		Sliač	330
Zemiakarská	300 – 650	Bardejov	304
		Sliač	330
Horská	>600	Liptovský Hrádok	640

Vstupné údaje pre GIS bude tvoriť bodové pole predstavujúce sieť meteorologických staníc na území SR. Pomocou interpolačnej techniky sa vypočítajú priestorové zmeny jednotlivých priemerných hodnôt klimatických údajov. Pre spracovanie podkladov sa využije interpolačná technika regularizovaný spline s tenziou a kríging. Na základe plošnej analýzy pomocou GIS sa vyhodnotia priestorové zmeny klimatických ukazovateľov pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2x CO₂.

Veľké vegetačné obdobie (VVO)

Veľké vegetačné obdobie (VVO) je ohraničené biologickým teplotným minimom (denným priemerom teploty vzduchu $T \geq 5,0$ °C). V podstate je to obdobie celoročnej produkcie biomasy i hospodárskej úrody. Stotožňuje sa s produkčným obdobím trvalých trávnych porastov, viacročných krmovín na ornej pôde, na teplotu menej náročných ovocných stromov a ostatných trvalých kultúr. VVO svojim trvaním determinuje aj obdobie vegetačného pokoja (OVP), ktoré ohraničuje priemerná denná teplota vzduchu nižšia ako biologické teplotné minimum ($T < 5,0$ °C). Je to obdobie, v ktorom je rastlina vo vegetačnom pokoji.

Hlavné vegetačné obdobie (HVO)

Hlavné vegetačné obdobie je ohraničené nástupom a ukončením priemernej dennej teploty $T \geq 10,0$ °C a je obdobím produkcie biomasy a tvorby úrody na teplotu náročných plodín ako kukurica siata (*Zea mays* L.), cukrovej repy (*Beta vulgaris* L.), ale tiež teplomilných rastlinných druhov.

Príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia (PAR)

Z fyziologického hľadiska k najúčinnejším charakteristikám sa radí fotosynteticky aktívne žiarenie (PAR), ktoré sa v podstate zhoduje s viditeľným žiarením – svetlom. Sumy PAR sú vhodným ukazovateľom pre hodnotenie podmienok rastlinnej výroby na Slovensku

Atmosférické zrážky (R)

Priestorové rozloženie úhrnu atmosférických zrážok (R), počet dní zo zrážkami podľa intenzity $R \geq 1,0\text{mm}$, $R \geq 5,0\text{mm}$ a $R \geq 10,0\text{ mm}$ za VVO a HVO na Slovensku.

Evapotranspirácia

Evapotranspirácia ako významná zložka vodnej bilancie prostredia je vhodným ukazovateľom pre posúdenie vlhových pomerov územia v časopriestorovom vyjadrení. Zatiaľ čo potenciálna evapotranspirácia môže byť využitá ako ukazovateľ pre stanovenie potreby vody pri maximálnej produktivite ekosystémov, presné stanovenie aktuálnej evapotranspirácie môže viesť k veľmi presným stanoveniam produkcie biomasy. Klimatická vodná bilancia bola tiež využitá ako ukazovateľ zavlaženia v krajinnom priestore, resp. kritérium suchosti územia v podmienkach SR.

Prakticky jedinou komplexnou možnosťou ako stanoviť reakciu plodín na zmenu klimatických podmienok bez realizácie nákladných pokusov je využitie simulačných modelov. Je zrejmé, že dôsledky klimatickej zmeny na rastlinnú výrobu budú výsledkom kombinovaného efektu jednotlivých faktorov, je potrebné, aby do hodnotenia okrem klimatických scenárov bude zahrnutý aj vplyv koncentrácie CO_2 v atmosfére, pôdnych vlastností a spôsobu hospodárenia. Z uvedeného vyplýva, že vhodné načasovanie vegetačného obdobia poľných plodín, ktoré vedie k optimálnemu využitiu príkonu žiarenia, môže byť účinným adaptačným opatrením na zmiernenie negatívnych dôsledkov zmeny klímy.

Hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny na rastlinnú výrobu bolo založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. DAISY je jednorozmerný model agroekosystému, ktorý na základe informácie o spôsobe hospodárenia a údajov o počasí simuluje rast plodiny, vodný režim, tepelný režim, bilanciu organickej hmoty a dynamiku dusíka v poľnohospodárskych pôdach. V rámci hydrologického cyklu sú modelované procesy akumulácie a topenia snehovej pokrývky, intercepcia, výpar z porastu, infiltrácia, výtopa, povrchový odtok, prúdenie vody v pôdnej matici, prúdenie v makropóroch a trubková drenáž. Model simuluje teplotu pôdy, zamrzanie a rozmrzanie pôdy. V rámci režimu roztokov model simuluje transportné, sorpčné a transformačné procesy. Zvláštny dôraz je kladený na režim dusíka v agroekosystémoch. Simulované sú procesy mineralizácie, imobilizácie, nitrifikácie, denitrifikácie, sorpcie NH_4 , odberu NO_3 a NH_4 a priesaku NO_3 a NH_4 . Tiež sú modelované procesy degradácie, sorpcie, odberu a transportu agrochemikálií ako sú pesticídy. V rámci rastlinnej produkcie je simulovaný rast a vývoj rastliny vrátane akumulácie sušiny a dusíka v rôznych častiach rastliny. Model umožňuje budovanie komplexných scenárov hospodárenia. Všeobecne možno povedať, že uplatnenie modelu je v hodnotení vplyvu rozličnej riadiacej praxe a stratégie hospodárenia na priebeh procesov a ich dôsledky na agroekosystém. Popis modelu, jeho konštrukcia a algoritmy sú uvedené v publikáciách autorov modelu Hansen et al. (1990), Hansen (2000) a Abrahamsen a Hansen (2000).

2.2 Lesné hospodárstvo

Lesy na Slovensku sú rozhodujúcim ekostabilizačným prvkom krajiny, významnou zložkou životného prostredia, trvalým zdrojom ekologických surovín, poskytovateľom nenahraditeľných služieb a funkcií a významným zdrojom zamestnanosti na vidieku. Jedným z najvážnejších problémov súčasnosti je globálna klimatická zmena, ktorej vplyv na lesné ekosystémy je dnes už nesporný.

Prvé úvahy o vplyve narastania koncentrácií skleníkových plynov a možných zmien klímy na lesné ekosystémy sa v slovenskom lesníckom výskume objavili koncom 80. rokov. Ale až riešenie projektu Národného klimatického programu Slovenskej republiky (NKP SR), ktorý začal v roku 1993 (ako pokračovanie NKP ČSFR) prinieslo v tomto smere výrazný posun dopredu. V rokoch 1993 až 1996 boli v rámci NKP SR z oblasti lesníctva vypracované 4 záverečné správy a 4 expertné správy. Završením 1. etapy riešenia tejto problematiky bol medzinárodný pracovný seminár „Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny“, ktorý sa uskutočnil vo februári 1995 vo Zvolene. Ďalší významný impulz riešenia tejto problematiky na kvalitatívne vyššej úrovni bolo zapojenie sa do projektu "U. S. Country Studies". Jedným z výsledkov tohto medzinárodného programu bolo aj vypracovanie strategickej štúdie o dôsledkoch klimatickej zmeny na lesy a lesné hospodárstvo Slovenska, ktorá bola vypracovaná na základe poverenia MP SR.

Otázky spojené s kvantifikáciou jej vplyvu na lesy a vyrovnávaním sa s jej dôsledkami predstavujú problematiku, ktorej riešenie nie je krátkodobé a ani jednoduché. Lesníctvo spadá do oblasti tzv. najproblémovejších sektorov vzhľadom na mimoriadne dlhú produkčnú dobu lesných porastov (cca 100 rokov). Znamená to, že v súčasnosti zakladané resp. obnovované nové lesné porasty budú dorastať do produkčnej zrelosti v úplne iných klimatických podmienkach, ktoré tento proces môžu významne negatívne ovplyvniť. Hlavná disproporcija spočíva v tom, že súčasné lesné porasty budú v reálnom kontakte s očakávanou zmenou klímy v budúcnosti. Rozšírenie poznatkov o týchto procesoch musí byť založené na kvalitnej experimentálnej báze a sústave ukazovateľov a indikátorov na identifikáciu a kvantifikáciu týchto zmien.

Problematika antropogénneho ovplyvňovania globálnych klimatických zmien, ako aj problematika vplyvov týchto zmien na rôzne ekosystémy a ich ekologickú stabilitu je v súčasnosti veľmi aktuálna a často diskutovaná. Dosiaľ však nebola vytvorená uspokojivá ucelená teória, ktorá by mohla vyústiť do modelu vplyvu očakávaných ekologických zmien vrátane antropogénnych vplyvov na lesné ekosystémy Slovenska.

V nadväznosti na medzinárodné záväzky Slovenska a štátnu environmentálnu politiku bol v roku 2000 na porade vedenia MP SR prerokovaný „Návrh dlhodobých opatrení, zohľadňujúcich adaptáciu SR na klimatickú zmenu, s ohľadom na Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene“. Následne vypracoval rezort MP SR materiál „Návrh adaptačných opatrení v pôdohospodárstve SR na klimatickú zmenu“, ktorý prerokovala vláda SR 11.4.2001 pod č. 2445/2001, a bez pripomienok ho zobrala na vedomie.

Materiál predstavoval zhrnutie poznatkov o energetickej bilancii zemskej atmosféry, skleníkovom jave, o dôsledkoch antropogénne podmieneného rastu emisií skleníkových plynov do ovzdušia – o klimatickej zmene. Očakávané dôsledky dopadu klimatickej zmeny na jednotlivé odvetvia pôdohospodárstva sa v ňom zapracovali do návrhov adaptačných opatrení, s realizáciou cez úlohy a opatrenia v danej oblasti, ktoré mali vyústiť do návrhov na vedeckovýskumné riešenie vybraných problematík.

Podľa modelov všeobecnej cirkulácie ovzdušia sa vyhotovili regionálne scenáre zmien klímy, ktoré sa transformovali do zmeny bioklimatických podmienok v GIS vrstvách ako základný východiskový materiál pre riešenie ďalších modelových výpočtov (rast a produkcia, vodná bilancia a pod.).

Súčasný stav stanovištných podmienok sa bude analyzovať s využitím všetkých dostupných údajov o lesnom prostredí vo forme digitalizovaných mapových podkladov (mapy pôdnych typov, mapy lesných typov, model terénu atď.) a databáz pre základnú parametrizáciu typologických jednotiek. Kombináciou s údajmi o aktuálnych klimatických parametroch, resp. s modelmi klímy podľa scenárov zmien klímy na celoštátnej a regionálnych úrovniach v rôznych časových horizontoch, sa vymedzia možné dopady na stanovištné podmienky. Pri analýze a hodnotení sa budú kombinovať metódy a podklady

bodového, plošného (modelové územia) a celoplošného spracovania údajov s využitím prostriedkov GIS.

Pri hodnotení stavu a vývoja lesných ekosystémov s ohľadom na globálne klimatické zmeny sa uplatnila kombinácia bodových a plošných metód zisťovania na modelových územiach, lokalitách a objektoch s využitím GIS prístupov, tematického mapovania a DPZ (Mind'áš, Škvarenina 1998).

Po vymedzení významných klimatických faktorov sa získali poznatky z niekoľkých dendroklimatických modelov, v ktorých sa kvantifikoval vplyv klímy na prírastok a rast stromov smreka, borovice a buka. Pre modelové lesné porasty pokrývajúce širokú škálu typov lesa (rovnorodé, rovnoveké, zmiešané, rôznoveké, výberkové) a vegetačnej zonality sa realizovali rámcové rastové prognózy pomocou jednotlivo stromového rastového simulátora pre rôzne klimatické scenáre.

Spracovali sa historické údaje z lesníckej hospodárskej evidencie o napadnutí porastov Slovenska podkôrnymi škodcami a vybranými druhmi listožravých škodcov. Uvedené informácie sa analyzovali vo vzťahu ku klimatickým údajom ako aj ďalším predispozičným faktorom premnoženia. V nadväznosti na fenologické zmeny sa zhodnotil kvalitatívny dopad týchto zmien na populačnú dynamiku modelových druhov podkôrných škodcov. V rámci riešenia sa dôraz kládol na skúmanie stúpajúceho infekčného tlaku modelových druhov húb v ťažiskových lesných ekosystémoch v súvislosti so stresujúcim vplyvom globálnej zmeny klímy na hostiteľskú drevinu. V smrečinách sa zdeterminovalo druhové spektrum húb z rodu *Armillaria*.

2.3 Vodné hospodárstvo

Pri riešení sa vychádzalo zo súhrnu prác a štúdií, v rámci ktorých bol analyzovaný možný vplyv zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné hospodárstvo v rôznych regiónoch a povodiach Slovenska v období po zostavení Štvrtej národnej správy Slovenskej republiky o zmene klímy a správy o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu. Ide o výsledky, ktoré boli spracované najmä pre potreby Ministerstva životného prostredia SR (MŽP SR), Národného klimatického programu SR (NKP SR) a získané počas riešenia grantového výskumu hlavne pre agentúry VEGA a APVV.

Na hodnotenie dôsledkov zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné hospodárstvo na Slovensku boli za uvedené obdobie používané tieto metodické postupy:

1. analýza hydrologického režimu z údajov inštrumentálneho obdobia, vrátane analýzy časových radov hydrometeorologických veličín a hľadania indikátorov pre zmeny podmienok tvorby odtoku,
2. modelovanie možných zmien hydrologického režimu na základe vedomostí o vzťahoch medzi charakteristikami klímy a hydrologickým režimom, vrátane tvorby klimatických scenárov a metód ich regionalizácie.

Tieto postupy sme metodicky využili aj na zhodnotenie dôsledkov zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné zdroje z pohľadu vodného hospodárstva.

2.4 Biodiverzita

Riešenie problematiky dôsledkov klimatickej zmeny a možných adaptačných opatrení pre sektor BIODIVERZITA má za cieľ prehĺbiť a rozšíriť doposiaľ získané poznatky najmä z oblastí ekológie, štruktúry a diverzity ekosystémov v meniacich sa prírodných podmienkach spôsobovaných zmenou klímy. Potreba riešenia tejto úlohy odráža trendy výskumu na európskej úrovni (séria projektov venovaných dopadom meniacich sa podmienok prostredia na jednotlivé zložky ekosystémov podporených v rámci rámcových programov EÚ ako

CECILIA, CLAVIER, ADAM, CIRCLE...), ako aj Národný lesnícky program SR, v ktorom predstavuje problematika klimatických zmien jeden z dôležitých konceptov (Rámcový cieľ 1 Priority 1, Priorita 4). Táto téma je mimoriadne významná v oblasti strednej a východnej Európy, kde sú očakávané dopady klimatickej zmeny výraznejšie a majú špecifickejší charakter, ako v iných regiónoch (BALAJKA a kol., 2005; BRÁZDIL, 2003; HÄNSEL a kol., 2004; KUNDZWICZ A HATTERMANN, 2006; KYSELÝ a kol., 2000). Biodiverzita je všeobecne považovaná za mimoriadne zraniteľný sektor najmä v stredoeurópskom regióne vzhľadom na obrovskú pestrosť ekosystémov, ich mimoriadnu cennosť a v neposlednom rade aj vysoký stupeň ohrozenosti disturbančnými faktormi (abiotickými či biotickými), ktoré vyvoláva klimatická zmena, alebo ktoré reagujú svojimi najmä škodlivými prejavmi na nové podmienky vzniknuté vplyvom klimatickej zmeny.

Termín „biologická diverzita“, alebo „biodiverzita“ nie je nový a veľa autorov už skúšalo definovať a hodnotiť diverzitu živých spoločenstiev. Napriek existencii množstva definícií však zostáva používanie výrazu „biodiverzita“ stále nejednoznačné. Najjednoduchšie definície chápu biodiverzitu ako druhové bohatstvo, čiže počet druhov v presne definovanej geografickej jednotke. Zložitejšie sa týkajú aj nižších, alebo vyšších úrovní ako je „druh“. V rámci Dohovoru o biodiverzite sa uvádza nasledovná definícia:

- *Biologická diverzita vyjadruje variabilitu živých organizmov zo všetkých zdrojov, medzi inými zo suchozemských, morských a ostatných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou. To obsahuje diverzitu vnútrodruhovou, medzidruhovou a ekosystémovú (Convention on Biological Diversity 1994).*

Biodiverzita sa vo všeobecnom zmysle vzťahuje na všetky aspekty rozmanitosti živého sveta. Špecificky sa používa na opis počtu druhov, rozsahu genetickej variability alebo počtu typov spoločenstiev prítomných v určitom území (Begon et al. 1996). Bruciamacchie (1996) uvádza definíciu Peeta (1974), podľa ktorého biodiverzita reprezentuje variabilitu (diverzitu) živých organizmov a zahŕňa geneticкую diverzitu, druhovú diverzitu, diverzitu vzťahov medzi živými spoločenstvami a diverzitu vzťahov medzi živými spoločenstvami a abiotickými zložkami prostredia. Podobne definuje biodiverzitu aj Wilson (1995), ktorý hovorí o rozmanitosti organizmov na všetkých úrovniach vrátane rozmanitosti ekosystémov, ktoré v sebe zahŕňajú spoločenstvá organizmov v určitom prostredí a fyzikálne podmienky v ktorých žijú.

Whittaker (in Bruciamacchie 1996) hovorí o troch úrovniach biologickej diverzity:

- **α -diverzita** - lokálna diverzita druhov (alebo ďalších ekologických prvkov) žijúcich na tom istom stanovišti, potenciálne súťažiacich o využitie tých istých zdrojov
- **β -diverzita** - zmena druhového zloženia medzi rôznymi biotopmi (podľa environmentálnych gradientov)
- **γ -diverzita** - diverzita veľkého územia (ekokomplexu)

Vyčerpávajúcim spôsobom pojednáva o definíciách biodiverzity, resp. biologickej diverzity Kaennel (1998), keď hovorí o „diverzite“ definícií týchto pojmov. Okrem „štandardných“ troch úrovní biodiverzity a alternatívneho prístupu delenia na diverzitu kompozičnú, štrukturálnu a funkčnú, uvádza aj veľké množstvo synonymných definícií a koncepčne príbuzných termínov.

Vzhľadom na rôznorodosť názorov, budeme sa v ďalších analýzach zaoberať biodiverzitou v kontexte Rámcového dohovoru OSN o biodiverzite (UN CBD) a budeme vychádzať predovšetkým zo správy za Slovensko pre HODNOTENIE VYKONÁVANIA AKČNÉHO PLÁNU EÚ PRE BIODIVERZITU (http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/bap_2010/1_SK_ACT_p art1_v1.pdf) a zo správy „HODNOTENIE BIODIVERZITY V EURÓPE“ (<http://www.eea.europa.eu/publications/assessing-biodiversity-in-europe-84>).

Doposiaľ sa veda na Slovensku prioritne zameriava na hodnotenie odoziev vybraných parametrov rastlín, drevín a živočíchov na dlhodobé zmeny klímy. Vzťahom medzi meniacimi sa podmienkami prostredia a biologickou diverzitou resp. ekologickou stabilitou ekosystémov sa venovala minimálna pozornosť. Pri tom mimoriadne cenné a často jedinečné druhy rastlín a živočíchov resp. spoločenstiev a ekosystémov sú globálnou klimatickou zmenou priamo ohrozované. Ak sa urýchlene nezrealizuje výskum vplyvu GKZ na biodiverzitu a nevytvorí sa na základe takéhoto výskumu systém adaptačných opatrení, vzácne a v mnohých oblastiach raritné spoločenstvá zaniknú a obnova či zveľadenie existujúcej biodiverzity už nebude možná. Preto je táto časť výskumného projektu metodicky veľmi náročná a stanovenie správneho metodického postupu si vyžiada preštudovať a analyzovať široké spektrum nie len výsledkov výskumu, ale aj strategických koncepčných a politických dokumentov prijatých na regionálnych a celosvetových fórach venujúcich sa GKZ a biodiverzite.

Rámcový metodický postup riešenia problematiky Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch na Slovensku vychádza z princípu jednotnej metodického schémy, ktorá má štyri rozhodujúce kroky: Modelové kalkulácie – Expertná analýza výsledkov – Návrh adaptačných opatrení – Adaptačné opatrenia a ich nástroje. Takáto štruktúra metodického postupu bola zvolená aj pre riešenie adaptačných opatrení pre sektor BIODIVERZITA.

Výber indikátorov pre hodnotenie vplyvu GKZ na druhovú a ekosystémovú biodiverzitu na Slovensku

- *Analýza existujúcich informácií a indikátorov o druhovej a ekosystémovej biodiverzite na Slovensku*
- *Výber vhodných identifikátorov biodiverzity a jeho zdôvodnenie*
- *Spracovanie časového trendu jednotlivých identifikátorov pre obdobie do r. 2009*

Modelové kalkulácie pre vybrané indikátory

- *Namodelovanie možných trendov vývoja biodiverzity v závislosti od vývoja zmeny klímy s využitím existujúcich modelov vývoja klímy v strednej Európe a modelov reakcie rastlín, drevín a živočíchov na klimatické zmeny*
- *Analýza vzťahu medzi indexami biodiverzity a klímou*
- *Verifikácia reálnosti zistených trendov*

Expertná analýza výsledkov

- *Scenáre vplyvu klímy na biodiverzitu s definovaním najcitlivejších druhov resp. spoločenstiev.*
- *Identifikácia senzitívnych vzácných druhov (najmä rastliny a živočíchy)*
- *Riziká migrácie druhov vo väzbe na faktor „klíma“*
- *Definovanie indikátorov hodnotenia vplyvu klimatickej zmeny na biodiverzitu - indikátory musia mať výpovednú hodnotu, mali by využívať existujúce dáta ktoré sa získavali aj v minulosti (historické údaje) a musí byť garancia že takéto dáta sa budú získavať aj v budúcnosti.*

Návrh adaptačných opatrení

- *Definovanie čo najširšej schémy adaptačných opatrení*
- *Osobitné definovanie adaptačných opatrení pre chránené územia*
- *Biologická realizovateľnosť navrhnutých opatrení*
- *Technická uskutočniteľnosť navrhnutých opatrení*
- *Ekonomická analýza nákladov na realizáciu navrhovaných opatrení*
- *Hierarchické zostavenie opatrení podľa dôležitosti a podľa realizovateľnosti*

Adaptačné opatrenia a ich nástroje.

- *Finálna verzia adaptačných opatrení, hierarchicky členených podľa dôležitosti vrátane definovania legislatívnych, finančných a organizačných nástrojov nutných pre ich realizáciu.*
- *Vytvorenie samostatnej koncepcie pre chránené územia s definovaním stratégie ochrany biodiverzity v podmienkach klimatickej zmeny a stanovenie osobitných adaptačných opatrení.*

2.5 Turistika

Turistika je dynamicky sa rozvíjajúci sektor, ktorý tvorí v značnej časti sveta a Európy významný zdroj príjmov. Turistické aktivity sú v mnohých prípadoch viazané na určité klimatické podmienky s garanciou čo najvyššej pravdepodobnosti výskytu. „Stabilita“ klimatických podmienok je kľúčovým faktorom ako z hľadiska investorov v turistickom ruchu, tak aj z hľadiska turistických operátorov.

Vzťahy medzi klímou resp. počasím sú pre bežných turistov relatívne jednoduché napr. dovolenka pri mori = teplo a slnečno, v zime na horách = dostatok snehu a slnko. Snaha o komplexnejšie hodnotenie väzieb medzi klímou (počasím) a turistickým potenciálom konkrétnej lokality (rezortu) vyplynula do hodnotenia týchto vzťahov pomocou „klimatických turistických indexov“ rôznej úrovne (Gongmei et al., 2009, DeFreitas 2007).

V roku 2001 Medzinárodná biometeorologická spoločnosť organizovala 1. Medzinárodné stretnutie venované klíme, turizmu a rekreácii, kde sa prezentovali dovtedajšie skúsenosti z evaluáciou klimatických a meteorologických podmienok pre turizmus. Zatiaľ sa nepodarilo vytvoriť generalizovaný index, ktorý by sumárne obsiahol všetky klimatické parametre vo vzťahu k hlavným turistickým aktivitám. Spravidla sú indexy konštruované pre konkrétne klimatické regióny (napr. Alpy) a konkrétny typ turistickej aktivity (horská turistika, lyžovanie, dovolenka pri mori atď.).

Nakoľko v súvislosti so zmenami klímy sa predpokladá aj výrazná zmena bioklimatických charakteristík viazaných aj na turistiku (IPCC 2007), je potrebné analyzovať tieto „turistické indexy“ vo vzťahu k očakávaným zmenám klímy a vyvodiť z toho príslušné konzekvencie pre investovanie v oblasti turizmu a turizmu samotného (Gongmei et al. 2009). Preto je potrebné v tejto oblasti postupovať nasledovne, v zmysle metodických postupov uvedených v prácach (Gongmei et al., 2009, DeFreitas 2007, Matzarakis, DeFreitas 2001):

- *Odvodiť klimatický turistický index (KTI) pre letné a zimné turistické aktivity a overiť ho v podmienkach Slovenska*
- *Realizovať kalkulácie KTI pre podmienky jednotlivých scenárov zmeny klímy*
- *Analyzovať vzťahy KTI v podmienkach zmeny klímy pre hlavné turistické regióny Slovenska*
- *Definovať opatrenia vedúce k udržaniu resp. posilneniu turistických aktivít na Slovensku v podmienkach zmeny klímy*

2.6 Zdravie obyvateľstva

Vplyv zmeny klímy na zdravie obyvateľstva je možné hodnotiť len v kontexte s ďalšími skupinami faktorov, ktoré v konečnom dôsledku determinujú zdravie človeka (obr.1). Napriek týmto multifaktoriálnym pôsobeniam, začali sa v posledných desaťročiach zhromažďovať indicie, že zmeny klímy súvisia s niektorými pozorovanými javmi, ktoré by mohli mať priamy (či nepriamy) vplyv na zdravie obyvateľstva (Halzlová 2008):

- zmeny v geografickej distribúcii niektorých vektorov prenosu infekčných ochorení (kliešte a niektoré druhy komárov),
- zmeny v distribúcii peľových alergénov
- viac ako 70000 predčasných úmrtí: 12 európskych štátov v dôsledku horúčav v lete 2003 v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi

V rámci 4. Hodnotiacej správy IPCC (2007) sa konštatuje, že prejavy klimatických zmien s dopadom na zdravie budú spojené predovšetkým v spojení s extrémnymi udalosťami ako sú vlny horúčav (kardiovaskulárne a respiračné ochorenia, dehydratácia organizmu, a to osobitne u najzraniteľnejších skupín populácie), záplavy (gastrointestinálne, respiračné, kožné ochorenia a úrazy). Správa predpovedá nárast kardiovaskulárnych a respiračných ochorení a úmrtí ako dôsledok klimatických zmien. Štúdie citované v správe IPCC ukazujú ako lesné požiare a cyklóny zvýšili počet prípadov s ťažkými popáleninami, srdcovými a dýchacími problémami.



Obr.1 Potenciálne zdravotné efekty klimatickej zmeny (EPA 2010 - upravené)

Najčastejšie prejavy klimatických zmien v Európskom regióne a ich zdravotné dôsledky sú sumarizované v nasledovnom prehľade:

Jav/úkaz	Vplyvy na zdravie
<i>Záplavy</i>	<i>Úmrtia, úrazy, infekčné ochorenia</i>
Výkyvy teplôt (extrémne vysoké teploty, veľmi nízke teploty)	Zhoršenie stavu ľudí s kardiovaskulárnym, respiračným ochorením, predčasné úmrtia, dehydratácia
<i>Vektory prenosu infekčných ochorení (komáre, kliešte)</i>	<i>Malária, tropická horúčka, Lymfská borelióza, encefalitída,</i>
UV žiarenie	Rakovina pokožky
<i>Vodou prenosné ochorenia</i>	<i>hepatitída, diarrhoea, cholera</i>
Peľové alergény	Alergická senzitivita, zhoršenie alergických stavov
<i>Suchá (potravinová bezpečnosť, dostupnosť pitnej vody)</i>	<i>Prípady salmonelóz</i>

Vplyv vysokých teplôt (najmä pri dlhšom trvaní) na zdravie bude jedným z najväčších problémov najmä vo veľkých mestských aglomeráciách. Teploty v Európe opakovane dosahujú 35 – 40°C (teplotné píky v r.2003 vyššie ako 40°C). V mesiaci august v tomto roku v dôsledku extrémne vysokej teploty zomrelo v Európskych krajinách viac ako 35 000 ľudí (len vo Francúzku 15 tisíc). Predikcie vplyvu vysokých teplôt predpovedajú pri náraste teplôt o 3°C v rokoch 2071-2100 86 tisíc úmrtí za rok len v dôsledku vysokých teplôt, pri náraste o 2,2°C 36 tisíc úmrtí (Veľká Británia). V Nemecku predpovedajú pre rok 2050 2800 úmrtí za rok tj. o 250% viac ako v súčasnosti. Predpokladajú sa aj ďalšie nepriaznivé interakcie vysokých teplôt a znečisteného ovzdušia. V EÚ 370 000 ľudí zomiera ročne kvôli znečistenému ovzdušiu predčasne, znečistené ovzdušie nielen zabíja, ale zhoršuje chronické respiračné ochorenia a kardiovaskulárne ochorenia, poškodzuje pľúcne tkanivo a prispieva k rakovine. Kombinovaný efekt vysokých teplôt + prízemný ozón + prachové častice (znečistené ovzdušie sa podieľa v rozsahu 5 – 12% na úmrtiach v dôsledku horúcich vln) v budúcnosti povedie k predčasným úmrtiam a nárastu ochorení (Halzlová 2008).

Pri infekčných ochoreniach sa bude meniť distribúcia vektorov infekčných ochorení. Niektoré tropické ochorenia sa objavujú aj v Európe. Možnosť zavlečenia malárie resp. tropických chorôb do južnej Európy predstavuje určitú hrozbu. Očakáva sa zvýšenie počtu dní, ktoré sú vhodné pre transmisiu malárie (napr. Portugalsko).

Suchá a záplavy nevyhnutne ovplyvnia zásobovanie bezpečnou pitnou vodou. Klimatické zmeny môžu ovplyvniť množstvo, kvalitu a dostupnosť pitnej vody. Extrémne udalosti (rozsiahle obdobie horúčav, suchá, nepravidelné zrážky, búrky, záplavy) môžu byť spúšťačom epidémií.

Najtážšie dopady sa predovšetkým prejavujú u najzraniteľnejších skupín populácie, v našich podmienkach sú to (Halzlová 2008):

- *starí ľudia, osamelo žijúci*

- *deti*
- *ľudia s nízkym príjmom a*
- *ľudia ktorí trpia určitým postihnutím.*

Na základe dostupných materiálov navrhujeme pre riešenie tejto problematiky realizovať nasledovné metodické postupy v zmysle práce CCSP (2008):

- *Hodnotenie zmien mortality vplyvom interakcie zmeny klímy – ozónu – polietavého prachu (PM_{2,5}): multi regresné modely*
- *Hodnotenie zmien výskytu a produkcie alergénov (najmä peľu) vo väzbe na zmeny fenologických prejavov rastlín a meteorologických faktorov ich distribúcie*
- *Expertná analýza potenciálnych epidemiologických rizík – komparatívna analýza pre výskyt extrémnych poveternostných situácií (sucho, povodne, búrkové javy)*
- *Expertná analýza potenciálnych epidemiologických rizík – komparatívna analýza pre výskyt šírenia „nových“ chorôb*

2.7 Doprava

V sektore dopravy je niekoľko oblastí, ktoré sú bezprostredne spojené s prejavmi počasia. Ide najmä o extrémne javy počasia (vysoké a nízke teploty, intenzívne búrky, snehové kalamity), ktoré spôsobujú vážne komplikácie u takmer všetkých druhov dopravy. Komplexnú analýzu potencionálnych efektov zmien klímy na dopravu urobili Koetse a Rietveld (2007) a je sumarizovaná v nasledovnom prehľade:

Doprava	Vplyv počasia	Dôsledky
Cestná doprava	Extrémy počasia (búrky, záplavy)	Odstávky cestných komunikácií, obchádzky, poškodenie cestnej infraštruktúry
	Zhoršené meteorologické podmienky (dážď, sneh, poľadovica, hmla, ...)	Zhoršenie bezpečnosti a plynulosti dopravy, dopravné zápchy
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zvýšené požiadavky na zimnú údržbu, poškodzovanie povrchu ciest
Letecká doprava	Extrémy počasia (búrky, záplavy)	Prerušenie prevádzky letísk, poškodenie zariadení, meškania letov
	Zhoršené meteorologické podmienky (dážď, sneh, poľadovica, hmla, ...)	Meškania letov
Železničná doprava	Extrémy počasia (búrky, záplavy)	Prerušenia dopravy, výluky, poškodenie infraštruktúry
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zvýšené požiadavky na zimnú údržbu, poškodzovanie koľají a výhybiek
Lodná doprava	Extrémy počasia (búrky, záplavy)	Prerušenia dopravy, poškodenie infraštruktúry
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zamŕzanie tokov – prerušenie vodnej cesty

Metodický postup bude spočívať v analýze vplyvu meteorologických extrémov na dopravu najmä v súvislosti s rizikom bezpečnosti dopravy ako aj možných ekonomických dôsledkov vplyvom zmenených podmienok pri zmene klímy. Využijú sa niektoré modelové postupy uvádzané v práci Koetse a Rietveld (2007).

2.8 Energetika

Energetická vízia pre Európsku úniu definuje základné východiská energetickej koncepcie a stratégie ochrany klímy pre 21. storočie, a ktorá sa bude musieť vyrovnáť s niekoľkými zásadnými výzvami:

- *Problém globálnych klimatických zmien vyžaduje rýchle a podstatné zníženie emisií skleníkových plynov, aby bolo možné stabilizovať ich koncentráciu v atmosfére na úrovni, ktorá zaručí obmedzenie nárastu priemernej globálnej teploty na 2°C oproti predindustriálnej ére.*
- *Obmedzené zásoby fosílnych palív a uránu spolu s očakávaným vysokým podielom ťažby v politicky nestabilných regiónoch prinášajú prehlbujúce sa problémy so zabezpečovaním energetických dodávok.*
- *Integrovaný globálny trh s energetickými komoditami a liberalizované energetické trhy v jednotlivých štátoch sa stretávajú s problémami nestálych cien, ktoré vedú ku zvýšeniu zraniteľnosti ekonomiky.*

Ako je z uvedeného zrejmé, kľúčové opatrenia a aktivity sú v oblasti energetiky fokusované predovšetkým do oblasti znižovania emisií skleníkových plynov. V úzadí zostáva otázka ako zmenená klíma ovplyvní nároky jednotlivých sektorov na energetiku. Posledná správa IPCC (2007) tiež tento problém explicitne nerieši, iba v náznakoch, pri niektorých kros-sektorálnych analýzach. Z hľadiska zmeny klímy a adaptácií sa spravidla riešia otázky „tepenej energetiky t.j. či sa v súvislosti so zmenou klímy zvýši resp. zníži energia potrebná na vykurovanie resp. na chladenie (air conditioning). Dôležitou oblasťou, ktorá sa objavuje v literatúre, je otázka dodávok elektrickej energie a jej výpadkov (blackouts) na regionálnej úrovni v dôsledku extrémov počasia (Cardell et al. 2007), čo v budúcnosti vzhľadom na rast extrémov počasia bude naberať na význame.

Komplexnejšie analýzy vplyvu zmien jednotlivých klimatických prvkov na energetický sektor zatiaľ chýbajú, aj keď niektoré analýzy na národnej úrovni sa už realizovali (napr. Cleto 2008). Ukázalo sa, že kľúčovým problémom je konštrukcia reálneho base-line scenára, ktorá musí zohľadňovať jednak vývoj energetických požiadaviek jednotlivých sektorov a jednak odhadnúť vývoj vnútornej štruktúry energetiky (fosílna palivá, jadrová energetika, obnoviteľné zdroje). Analýza pomocou modelu TIMES na príklade Portugalska ukázala, že klimatická zmena ovplyvní sezónne nároky na energetiku: scenáre predpokladajú zníženie energetickej potreby v období zimného polroka (o 5-16 %) a nárast energetických potrieb v letnom období (o 2%). Z hľadiska zmeny klímy sa významným ukázalo ovplyvnenie hydroenergetického potenciálu (vzhľadom na zmeny hydrologického režimu vodných tokov) (Cleto 2008).

Z hľadiska problematiky adaptácie energetiky na zmenu klímy navrhujeme analyzovať nasledovné problémy:

- *Zhodnotiť vývoj zimnej vykurovacej sezóny vo vzťahu k dĺžke vykurovacieho obdobia a sume záporných teplôt a jeho predikciu*
- *Zhodnotiť vývoj letných horúčav vo vzťahu k aktívnej klimatizácii bytov a budov a jeho predikciu*
- *Analyzovať frekvenciu regionálnych situácií „blackouts“ vo vzťahu k extrémom počasia a zhodnotiť potenciálny vývoj z hľadiska nárastu extrémov počasia*
- *Analyzovať „zraniteľnosť“ obnoviteľných zdrojov energie (slnko, vietor, voda) z hľadiska zmeny klímy*

2.9 Ekonomické analýzy

Priame dopady prejavujúce sa rastúcimi nákladmi, znížením produkcie alebo stratou trhového podielu sú relatívne ľahko identifikovateľné. Naproti tomu však súčasná komplexivita ekonomiky sťažuje definovanie kumulatívnych nepriamych a sektorálne prepojených ekonomických efektov. Neexistuje všeobecné pravidlo, ktoré by bolo schopné spoľahlivo určiť aký typ analýzy je potrebný pre uskutočnenie efektívnych politických rozhodnutí. Z tohto dôvodu sa na určenie týchto dopadov často používajú Input-output modely a pri problémoch veľkých rozmerov modely všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy (Computable general equilibrium), ktoré sú schopné analyzovať štrukturálne zmeny vyplývajúce zo zmien životného prostredia a trhových zmien v rámci hospodárstva ako aj zmien správania sa jednotlivých subjektov. Ekonomický model, ktorého snahou je zachytenie dopadov klimatickej zmeny musí predovšetkým brať do úvahy značné oneskorenie medzi momentom prijatia opatrenia a jeho výsledkami. Národy a ich politické reprezentácie sa musia rozhodnúť či v snahe o spomalenie klimatických zmien v priebehu ďalších desaťročí prijmu potrebné opatrenia už teraz.

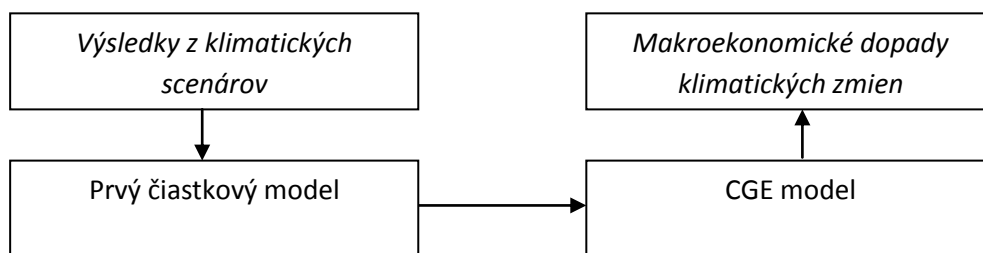
Tejto triede modelov sa v sérii prác a štúdií venovali Roson a kol., ktorí sa snažili analyzovať dopady klimatických zmien na rôzne odvetvia svetovej ekonomiky vrátane turizmu (Berritella a kol., 2006), zaplavenia prímorských pobrežných oblastí (Bosello a kol., 2007) a ľudského zdravia (Bosello a kol., 2006). Na analýzu dopadov klimatických zmien tím autorov neziskovej výskunnej organizácie FEEM – Fondazione Eni Enrico Mattei aplikoval model FEEM založený na verzii modelu GTAP-E (Global Trade Analysis Project), v ktorej je základný GTAP model rozšírený tak, aby v sebe zahrňoval aj časť modelujúcu emisie skleníkových plynov (Burniaux a Turong, 2002). Relevantné šoky reflektujúce dôsledky klimatických zmien budú detailnejšie charakterizované nižšie. Spomínané práce používajú komprataívno – statickú metodológiu GTAP-EF, ktorá je vylepšenou verzou GTAP-E. Táto metodológia je schopná modelovať vývoj globálnej ekonomiky v dlhom časovom horizonte (2010, 2030 a 2050) potrebnom pre modelovanie klimatických zmien v budúcnosti. V prvom kroku bol model nakalibrovaný na základe pojekcie databázy vytvorenej tímom autorov CoPS s predpokladom neexistencie dôsledkov klimatických zmien, ktorý predstavuje tzv. benchmark. Následne bol do tohto modelu zavedený šok založený na výsledkoch modelu FUND, ktorý predstavuje model honotenia dopadov klimatickej zmeny vyvinutý na Univerzite v Hamburgu. Na základe použitia tejto metodológie je možné porovnať rozdiely v hodnotách ekonomických premenných s ich honotami v benchmarkovom scenári vo vybraných rokoch.

V novších prácach modelári z FEEM používajú a popisujú zdokonalenú dynamizovanú verziu ich modelu, nazývanú ICES. ICES je založený na princípe rekurzívnej – dynamizácie so zreteľom na akumuláciu kapitálu a dlhu. Najprv je model nakalibrovaný na benchmarkovú hodnotu premenných v priebehu rokov 2001-50, bez vplyvov klimatických zmien a následne je benchmark vystavený očakávaným vplyvom klímy v tomto období. Dopady zahrnuté do modelu predstavujú efekty klimatických zmien na produktivitu poľnohospodárstva, dopyt po energii, ľudské zdravie, stúpanie morskej hladiny a turizmus. Tento modelový prístup je príkladom ako detailne je možné popísať efekty zmeny klímy pomocou rekurzívno-dynamického CGE modelu. Konštrukcia mnohých modelov si vyžaduje pre kvantifikovanie dopadov zmeny klímy iteratívnu interakciu medzi ich ekonomickými a klimatickými submodelmi, ako príklad je možné spomenúť (GIAM a GTEM). Analýza výsledkov modelu ICES uvádza, že efekty emisií sú predovšetkým distributívne, teda že emisie v niektorých odvetviach klesajú zatiaľ čo v iných rastú. Celková úroveň globálnych emisií sa však zásadne nemení čo naznačuje že v skutočnosti nie je veľký rozdiel v tom či je alebo nie je použitý iteratívny prístup.

Ďalšia práca z tejto kategórie je od autorov Carraro a Sgobbi (2008), v ktorej ilustrujú ako je možné využiť modely tohto typu v spojení s detailnými informáciami o efektoch klimatických zmien na národnej úrovni. Autori hodnotia priame ekonomické náklady zmeny klímy v štyroch regiónoch Talianska. Pri tomto hodnotení zohľadňujú náklady adaptačných opatrení, ktoré budú musieť byť vykonané (napr. rozšírenie umelého zasnežovania v Alpských oblastiach, vybudovanie hrádzi na ochranu Benátok proti stúpajúcej morskej hladine). Pre výpočet celkových dopadov priamich efektov na taliansku ekonomiku sú tieto dopady zavedené do globálneho CGE modelu FEEM. Tento model počíta s autonómnou adaptáciou, ktorá je výsledkom prispôsobenia sa jednotlivých agentov ekonomiky zmenám v relatívnych cenách implikovaným klimatickou zmenou, vrátane citlivosti obchodných tokov. Sú to práve tieto detailné informácie, ktoré sú potrebné pre dostatočne hlboké preskúmanie vplyvov klimatických zmien na národnej úrovni a pre vysvetlenie opodstatnenosti pokračovania v snahe o ich zmiernenie.

Analýzou, modelovaním a kvantifikáciou dopadov klimatických zmien na najrozličnejšie oblasti života sa začali zaoberať poprední svetoví ekonómovia už na začiatku deväťdesiatych rokov minulého storočia. Od vtedy vzniklo množstvo modelov, ktoré môžeme rozdeliť podľa toho, či umožňujú analyzovať dopad klimatických zmien na národnej alebo nadnárodnej úrovni, či sa jedná o modely agregované alebo štruktúrne alebo či sa jedná o modely ktoré umožňujú regionálne rozlíšenie alebo nie. Väčšina týchto modelov sa skladá z viacerých čiastkových modelov a najčastejšie fungujú na iteratívnom princípe. V štúdiu „Ekonomická analýza dopadov klimatickej zmeny na jednotlivé sektory a ekonomický odhad adaptačných opatrení, s analýzou neistôt“ budeme vychádzať z týchto modelov, pričom ich budeme modifikovať tak, aby umožnili kvantifikáciu nami požadovaných makroekonomických premenných na podmienky ekonomiky SR.

Navrhovaný prístup predstavuje model integrovaného hodnotenia založený na makroekonomickom štruktúrnom submodeli na národnej úrovni. Bude sa skladať z dvoch čiastkových modelov. Prvý čiastkový submodel bude určovať intenzitu dôsledkov vyplývajúcich z klimatických zmien. Výsledky tohto modelu budú vstupovať do makroekonomického štruktúrneho submodelu, ktorý bude v závislosti od charakteru a spôsobu financovania adaptačných opatrení kvantifikovať ich vplyv na vybrané makroekonomické agregáty ako HDP, zamestnanosť atď. ako na národnej tak aj na úrovni vybraných výrobných odvetví podľa klasifikácie ekonomickej činnosti. Tento štruktúrny model bude založený na princípe modelov všeobecnej vypočítateľnej ekonomickej rovnováhy, tzv. CGE model. Ako exogénny vstup budú do modelu vstupovať výsledky z klimatických scenárov pre základné klimatické prvky (teplota, zrážky atď.) pre rôzne emisné scenáre. Vývoj takéhoto integrovaného modelu všeobecnej ekonomickej rovnováhy predstavuje snahu autorov o konzistentné premostenie adaptácie sa na zmeny klímy a ekonomického správania sa. Hlavným predpokladom modelu je myšlienka, že klimatická zmena môže byť vysvetlená v kontexte ekonomického správania. Klimatické zmeny môžu viesť k zmenenej dostupnosti zdrojov v hospodárstve, alebo k posunom v dopyte po tovaroch a službách, a to tak v produkčnom sektore (posun v technológii produkcie) ako aj v konečnej spotrebe (posun v preferenciách). Výsledný posun z rovnováhy predchádzajúcej klimatickej zmene do novej rovnováhy nasledujúcej po klimatickej zmene je možné interpretovať ako adaptáciu.



Obr.2: Schéma integrovaného modelu hodnotenia

Zdroj: Autori.

Navrhovaný štruktúrny submodel bude modelom všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy pre voliteľný počet ekonomických sektorov. Z praktických dôvodov bude potrebné vhodne limitovať počet odvetví, ktoré ním budú modelované. Navrhovanou odvetvovou štruktúrou modelu je rozdelenie produkčnej časti hospodárstva na 11 odvetví, s prihliadnutím na detailnejšiu štruktúru tých sektorov, u ktorých sa predpokladá najvýznamnejšie postihnutie klimatickou zmenou. Ide predovšetkým o odvetvia, ktoré využívajú prírodné zdroje citlivé na klimatické podmienky, alebo sektory u ktorých je dopyt po ich tovaroch alebo službách ovplyvňovaný klimatickými podmienkami (jednotlivé odvetvia sú opísané v Tabuľke 3). Pre uvedené odvetvia bude nevyhnutné stanoviť hlavné dopady klimatických zmien a poukázať na niektoré sub-sektory pre ktoré budú tieto dopady výrazné.

Tab.3: Odvetvová štruktúra modelu

Odvetvová štruktúra	OKEČ (Sekcia/Divízia)
Poľnohospodárstvo	01 - Poľnohospodárstvo, poľovníctvo a súvisiace služby
Lesné hospodárstvo	02 - Lesníctvo, ťažba dreva a súvisiace služby
Priemysel	C - Ťažba nerastných surovín D - Priemyselná výroba
Energetika	40 Výroba a rozvod elektriny, pary a teplej vody
Vodné hospodárstvo	05 - Rybolov, chov rýb; služby v rámci rybolovu 41 - Úprava a rozvod vody
Stavebníctvo	F - Stavebníctvo
Doprava	I - Doprava, skladovanie, pošta a telekomunikácie
Ubytovanie a stravovanie	H - Hotely a reštaurácie
Finančné služby	J - Finančné sprostredkovanie
Zdravotníctvo	N - Zdravotníctvo a sociálna starostlivosť
Ostatné služby	G - Veľkoobchod a maloobchod, oprava motorových vozidiel, motocyklov a spotrebného tovaru K - Nehnutelnosti, prenájom a obchodné činnosti L - Verejná správa a obrana; povinné sociálne zabezpečenie M - Školstvo O - Ostatné spoločenské, sociálne a osobné služby P - Súkromné domácnosti s domácim personálom Q - Exteritoriálne organizácie a združenia

Zdroj: Autori.

Na rozdiel od mnohých iných modelov integrovaného hodnotenia, v ktorých sa dopady klimatických zmien agregujú do ukazovateľa „celkových nákladov škôd“, bude v predpokladanom modeli aplikovaný prístup v ktorom sa dopady zmeny klímy modelujú priamo pre príslušné ekonomické aktivity a makroekonomické premenné. Ďalším predpokladom na ktorom je modelový prístup založený bude obmedzená mobilita primárnych vstupov. Adaptácia tým pádom môže byť endogénne analyzovaná v zmysle základných predpokladov správania sa ekonomických agentov. Podľa možnosti sa pokúsime do modelu zapracovať aj netrhové dopady klimatických zmien, ktoré môžu v celkovom kontexte predstavovať významné efekty. Našou prvoradou snahou však bude vytvorenie „čisto“ ekonomického hodnotenia dopadov klimatických zmien. Väčšina integrovaných modelov zahŕňa dopady klimatických zmien pomocou agregovanej funkcie škôd. V takom prípade sú agregované „náklady poškodenia klímy“ odpočítané od produkcie hospodárstva. Implementácia dopadov do jednotlivých sektorov v modeli má výhodu oproti tomuto agregovanému prístupu v tom, že správanie sa subjektov ekonomiky je konzistentné s ich adaptáciou na zmeny klímy. Pri agregovanom prístupe je adaptácia na klimatickú zmenu chápaná ako niečo čo musí byť stanovené „mimo“ modelu. Pre vyhodnotenie celkových nákladov adaptačných opatrení na makroekonomickej úrovni bude potrebné aplikovať nové modelové nástroje. Model bude postavený na myšlienke, že prispôsobenie sa klimatickej zmene je možné interpretovať v ekonomickom kontexte. Klimatické zmeny budú mať za následok zmenu národného bohatstva a prejavia sa teda aj v hodnote prírodných zdrojov, kapitálu a pracovnej sily. Navrhovaný model sa bude líšiť od štandardných modelov všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy hlavne v ohľade, že integrovanie dopadov klimatických zmien bude do modelu zapracované sektor po sektore prostredníctvom zmien v jednotlivých produkčných funkciách. Z tohto dôvodu bude potrebné definovať pre každý sektor funkciu vplyvov. Napríklad pokles produkcie poľnohospodárstva z dôvodu suchého počasia môžeme interpretovať ako pokles produktivity výrobného faktora (kapitál, pôda, práca). Naproti tomu poškodenie budov alebo iných stavieb z dôvodu extrémnych javov je možné do modelu implementovať ako škodu na kapitálovom majetku v príslušnom odvetví.

Hlavnou výzvou modelovania adaptačných opatrení pomocou modelov všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy je skutočnosť, že trhy reagujú na akúkoľvek zmenu okamžite, bez času potrebného na adaptáciu, čo však v tomto prípade verne neodzrkadľuje realitu. V rámci tohto modelového prístupu je preto bez problémov možné kapitál, prácu a prírodné zdroje presunúť medzi jednotlivými sektormi ekonomiky a z tohto dôvodu bude potrebné zaviesť na mobilitu výrobných faktorov a tovarov dodatočné ohraničenia.

Model bude založený na externých štúdiách dopadov podľa zvolených odvetví resp. sektorov. Čo si bude vyžadovať komplexný súbor dopadových štúdií na základe ktorých bude možné popísať vzťah medzi klimatickými ukazovateľmi a ich dopadmi na jednotlivé sektory hospodárstva. V súčasnosti je takmer nemožné získať odhad nákladov spojených so zmenou klimatických podmienok v Slovenskej republike, nie to ešte nákladov spojených s adaptáciou sa na klimatickú zmenu, preto bude veľkou výzvou celého tímu autorov vstúpiť na neprebádané pole a začať budovať základy týchto odhadov ako v Slovenskom tak aj v medzinárodnom meradle.

Dopady klimatických zmien budú priradené jednotlivým aktivitám podľa ich charakteru. Vo všeobecnosti možno povedať, že spôsob akým sa jednotlivé sektory prispôbujú vplyvom klimatických zmien je možné rozdeliť do nasledovných kategórií:

- a) *Zmena vstupov v odvetví (produkčné sektory budú nútené na výrobu jednej jednotky produkcie využiť odlišnú kombináciu vstupov);*
- b) *Zmena dostupnosti primárnych zdrojov (kapitál, práca, pôda);*
- c) *Zmena v preferenciách.*

Dáta vstupujúce do modelu budú predstavovať zmeny v agregátnych objemoch produkcie jednotlivých odvetví, prislúchajúce klimatickej zmene, ktoré sa prejavia v zmenenej technológii. Pričom ceny budú slúžiť na agregáciu rôznych množstevných jednotiek outputu daného odvetvia. V tomto prípade budú objemy predstavovať celkové množstvá produkcie a zmeny a) – c) budeme interpretovať ako zmenu technológie v odvetví: klimatická zmena bude mať za následok zmenu objemu a zloženia vstupov pre produkciu daného množstva outputu. Je nutné poznamenať, že agregovanie firiem a konečných spotrebiteľov do odvetví a spotrebných sektorov predkladá, že existuje určité ekonomické správanie sa týchto subjektov, ktoré možno pomenovať ako „technológia“. Je to z dôvodu predpokladu, že každý agregát sa skladá z častí, ktorých produkčné náklady sú minimalizované. Z daného predpokladu v prípade jeho aplikovania na analýzu dopadov a adaptačných opatrení na zmenu klímy vyplývajú dva dôsledky.

Prvým je že technológia jednotlivých sektorov je výsledkom prispôbenia sa agregovanému sektoru celého hospodárstva. Uvedeme si jednoduchý príklad: pokiaľ zmena klímy spôsobí nižšiu úrodu danej plodiny, ale zároveň bude mať za následok potenciálny nárast produkcie dobytká, roľníci z najväčšou pravdepodobnosťou začnú väčšiu časť pôdy využívať na chovanie dobytká. Pretože hodnota tejto pôdy vzrastie pokiaľ bude využívaná efektívnejšie. Aby sme boli schopní odhadnúť do kedy bude prebiehať takáto substitúcia je potrebné použiť jednoduchú podmienku prvého rádu, a síce že marginálna hodnota pôdy používanej na chovanie dobytká sa rovná marginálnej hodnote pôdy využívanej na pestovanie plodiny. Substitúcia využitia pôdy bude v modeli dosiahnutá prostredníctvom exogénneho posunu v technológii sektoru poľnohospodárstva, napriek tomu táto zmena bude odzrkadľovať trhové správanie sa.

Druhým dôsledkom je, že opatrenia zmiernujúce dopady klimatických zmien budú implementované proaktívne, v prípade prevahy prínosov nad ich nákladmi. Inak povedané zmena technológie predstavujúca dopad klimatickej zmeny, by mala byť očistená od proaktívnej adaptácie. Analýza adaptácie prostredníctvom makroekonomických modelov neznamená, že celkové hodnotenie adaptácie je obchádzané, ale je nevyhnutné jasne rozlíšiť proaktívnu implementáciu adaptačných opatrení a samotnú autonómnu adaptáciu.

Nepriame dopady klimatickej zmeny vyplývajú z previazanosti jednotlivých produkčných odvetví hospodárstva. Jednými z mnohých príkladov môžu byť obnova škôd kapitálového majetku, ktorá spôsobí nárast dopytu po službách odvetvia stavebníctva alebo zmena produktivity poľnohospodárskej pôdy vyúsťujúca do zmien v dopyte po pracovnej sile a kapitáli, a tak ďalej. Tieto dopady vyjadrujú socio-ekonomické adaptačné procesy popísané modelom prostredníctvom racionálneho správania sa jednotlivých agentov. Správanie sa agentov bude výsledkom spôsobu akým bude modelovaný dopyt. V navrhovanom modeli bude dopyt modelovaný prostredníctvom tzv. vnorenej funkcie. Jedným z jej funkčných tvarov je CES (Constant Elasticity of Substitution) funkcia pozostávajúca z agregátu, Y_i , ktorý je outputom kombinácie dvoch alebo viacerých vstupných faktorov X_i , ktoré samotné sú buď agregátom alebo vstupným faktorom, závislosti od štruktúry vnorenej CES funkcie. Vo všeobecnosti možno tvar CES funkcie zapísať nasledovne:

V štruktúre vnorenej funkcie môžu agregáty a výrobné faktory vystupovať buď ako substitúty alebo medzi nimi vzťah substitúcie neexistuje. Výsledkom čoho je, že zmena v relatívnych cenách výrobných faktorov, ktorá bude mať za následok zmenu pomeru týchto vstupov v prípade predpokladu ich substitúcie, ktorý popisuje CES funkcia. K zmene v pomere vstupných faktorov nedôjde v prípade neexistencie možnosti substitúcie, ktorý je modelovaný pomocou Leontievovho tvaru produkčnej funkcie. Vstupy jednotlivých sektorov model popisuje ako agregáty domácich odvetví a importovanej produkcie zo zahraničia. Tieto tzv. Armingtonove agregáty modelujú substitúciu domácich dodávok prostredníctvom

importovaných vstupov prostredníctvom vhodnej úrovne substitúcie (zvyčajne relatívne vysokej).

Konečný dopyt bude v modeli reprezentovaný súkromnou a verejnou spotrebou, investíciami a exportom. Konečný dopyt môže byť ovplyvnený priamo klimatickou zmenou, napr. dopyt po elektrickej energii v súvislosti so zvýšenou potrebou klimatizácie priestorov v letných mesiacoch, naprotitomu však bude v opačnom smere ovplyvnená nižším dopytom po energii na kúrenie v zimnom období. Dopady na zdravie obyvateľstva sa prejavujú v dopyte po službách zdravotníctva, ako aj v agregátnej ponuke pracovných síl. Je pravdepodobné, že dôjde aj k zmene v správaní sa obyvateľstva v oblasti dopytu po službách turizmu.

Modelovanie dopadov na jednotlivé sektory

V prípade primárnych vstupov budú dopady popísané prostredníctvom zmenenej dostupnosti zdrojov (množstvo kapitálu alebo prírodných zdrojov, dostupnosť pracovnej sily). Pri popisovaní dopadov na produkciu, je možné v súlade so zmenou produktivity upraviť podielový parameter CES funkcie. Dopady na „sub-agregáty“ (agregáty na nižšej ako vrchnej úrovni vnorenej funkcie), či už CES alebo Leontievove, budú popísané pomocou úpravy parametra distribúcie dotknutého agregátu. Napríklad zmena dopytu po energii z dôvodu klimatických zmien bude mať za následok, že agregát produkcie obsahuje nižší podiel energie na jednotku agregátu, čo ovplyvní parameter distribúcie.

Prispôbenie sa modelu klimatickým zmenám bude znamenať jeho rekalibráciu na základe exogénnej informácie o klíme. Tieto zmeny budú stanovené nezávisle bez toho, aby sa počítalo s trhovým správaním. Dopadové štúdie ktoré budú vstupovať do modelu budú posudzované akoby odhadovali iba čiastkové dopady klimatických zmien na dané odvetvia. Preto bude výsledkom modelu vzniknutá nová rovnováha, ktorá bude v tomto kontexte interpretovaná ako adaptácia na klimatickú zmenu.

Jedným z kľúčových momentov modelovanie bude predstavovať odhad očakávaných ekonomických dopadov klimatickej zmeny na jednotlivé odvetvia hospodárstva. Predpokladáme, že odhady dopadov budú výsledkom detailného štúdia a aplikovania vstupných údajov predchádzajúcich etáp prognózovania a to najmä odhadov konkrétnych klimatických zmien a scenárov. Výsledky týchto odhadov budú použité na odhad funkcií sektorálnych dopadov. V súčasnosti je znalosť dopadov klimatických zmien do značnej miery len čiastková. Dostupné štúdie sú založené na rôznych scenároch a metódach, čo s častí vysvetľuje prečo sú ich výsledky odlišné. Preto bude potrebné vhodne zvoliť aplikovanú metodiku, aby čo najdôveryhodnejšie odzrkadľovala realitu slovenského ekonomického prostredia a aby bolo možné na základe tejto metodiky získať spoľahlivé a konzistentné odhady. Odhadnuté dopady budú implementované do CGE modelu sektor po sektore.

V súčasnosti je jednou z najčastejšie diskutovaných ekonomických činností v súvislosti s efektami klimatických zmien poľnohospodárstvo a jeho produktivita. Existuje veľké množstvo prác a dokumentov zaoberajúcich sa priamymi dôsledkami klimatických zmien na produkciu poľnohospodárstva, ako napríklad predpoklady budúcich výnosov pastvín a plodín. Pri aplikovaní výsledkov týchto šúdií ako šokov v modeloch všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy je najprv potrebné aby tieto šoky boli v súlade so scénárom klimatických zmien a následne aby sa odrazili v parametroch produkčnej funkcie odvetvia. Detailnosť špecifikácie sektoru poľnohospodárstva v mnohých CGE modeloch je dostačujúca na to aby šoky v produkčnej funkcii boli špecifické pre každý vstupný faktor (napr. technická zmena využitia pôdy). V iných prípadoch je možné násť aplikovanie šokov v celkovej produktivite. Ďalším rozmerom v modelovaní dopadov klimatických zmien pomocou CGE modelu danej krajiny sú svetové ceny poľnohospodárskych komodít. V prípade globálnych modelov sú tieto ceny endogénne dané modelom. Pri aplikovaní modelu na jednu krajinu je však potrebné aplikovať šoky na tvar exportno-dopytovej alebo importno-ponukovej krivky. V práci Bosello a kol. (2007) sú popísané prístupy zahrnutia dopytu po energii do hodnotenia

ekonomických efektov zmien klímy pomocou CGE. Šoky zavádzané do CGE modelu sú založené na ekonometrických odhadoch elasticít dopytu po rôznych druhoch energie s prihliadnutím na teplotu a implicitnú nelinearitu konkurujúcich si efektov využívania energie na kúrenie a chladenie. Ekonometrické odhady transformujú klimatické zmeny do zmien v dopyte po energii. Tieto dopytové šoky sú následne prenesené do parametrov zmeny dopytovej funkcie domácnosti resp. produkčných funkcií zahrnutých v CGE modeli. Dopadom klimatických zmien na chorobnosť a úmrtnosť v dôsledku klimatických zmien sa venuje veľké množstvo štúdií (Bosello, 2006). Výsledky týchto štúdií sú použité na vytvorenie scenárov chorobnosti a úmrtnosti na úrovni regionálnej dezagregácie CGE modelov. Dôsledky týchto scenárov na regionálnu ponuku práce predstavujú šoky zavádzané do CGE modelov. Taktiež sú používané šoky na parametre dopytových funkcií domácností a štruktúry vládnej spotreby, ktoré odzrkadľujú implicitný vplyv chorobnosti na súkromný a verejný dopyt po zdravotníckych službách.

Jednotlivé funkcie sektorálnych dopadov klimatických zmien budú modelované pre každé odvetvie zvlášť na základe odhadovaných dopadov klimatickej zmeny. Väčšina integrovaných modelov sa pri popisovaní dopadov obmedzuje na vplyv zmeny priemernej teploty. V našom modeli predpokladáme, že okrem vplyvu tejto premennej zahrnieme na popisovanie dopadov aj ďalšie charakteristiky ako sú priemerné ročné zrážky, spolu so zmenami niektorých ekonomických ako aj demografických ukazovateľov. Vzhľadom na charakter odhadovanej problematiky očakávame, že funkcie sektorálnych dopadov budú relatívne neurčité, a to tak z dôvodu istej neurčitosti vstupných dát ako aj preto, že voľba týchto funkcií bude z dôvodov čo možno najlepšej interpretovateľnosti smerovať k ich jednoduchosti.

3. Scenáre KZ na Slovensku

História riešenia problematiky klimatickej zmeny nemá dlhé trvanie. Až v roku 1979 sa rozhodla OSN, že je potrebné venovať antropogénne podmienenej globálnej zmene klímy zvýšenú pozornosť. V tom istom roku bol založený vedecky orientovaný Svetový klimatický program (WCP) a v roku 1988 aj čiastočne politicky orientovaný Medzivládny panel OSN pre klimatickú zmenu (IPCC). V roku 1991 bol rozhodnutím federálneho ministra pre životné prostredie založený Česko-Slovenský Národný klimatický program (NKP).

V rokoch 1993-2010 bolo v rámci NKP SR a spoluriešiteľských inštitúcií na Slovensku spracovaných niekoľko druhov klimatických scenárov pre obdobie 2001-2100. Niektoré mali formát scenárov zmien klimatických prvkov v tzv. časových horizontoch (30- alebo 50-ročných) so stredom v rokoch 2010, 2030 a 2075, iné mali tvar časových radov mesačných, sezónnych a ročných hodnôt, menšia časť z nich bola prezentovaná vo formáte časových radov denných hodnôt, extrémov a mimoriadnych poveternostných situácií (Lapin et al., 2004, 2006, 2008 a 2009). Najčastejšie sa používali ako zdrojové údaje na prípravu scenárov výstupy kanadských modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs) CGCM1, CGCM2 a CGCM3 a GCMs zo strediska GISS (USA). Niektoré scenáre boli spracované aj ako analógy na základe korelácie relatívne vyššej teploty vzduchu a výskytu iných klimatických prvkov. Ako charakteristiky pozorovanej klímy boli použité údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) prevažne z nejakého 30-ročného obdobia v rokoch 1951-2000 (občas aj z obdobia 1881-2000). Aplikácie uvedených scenárov v rôznych socio-ekonomických sektoroch na Slovensku sú zhrnuté v Národných správach SR o klimatickej zmene (posledná, 5. Národná správa o klimatickej zmene, vyšla v roku 2009).

Veľká väčšina doterajších klimatických scenárov predpokladala nasledujúci očakávaný vývoj klímy do roku 2100 (za predpokladu splnenia stredne pesimistických globálnych scenárov emisie skleníkových plynov do atmosféry v intervale IPCC IS92a/b, SRES A2 až B2/B1):

1) Priemery teploty vzduchu by sa mali postupne zvyšovať o 2 až 4 °C v porovnaní s priemermi obdobia 1951-1980, pričom sa zachová doterajšia medziročná a medzisezónna časová premenlivosť. Trochu rýchlejšie by mali rásť denné minimá ako denné maximá teploty vzduchu, čo spôsobí pokles priemernej dennej amplitúdy teploty vzduchu. Scenáre nepredpokladajú výraznejšie zmeny v ročnom chode teploty vzduchu, v jesenných mesiacoch by ale mal byť rast teploty menší ako v zvyšnej časti roka.

2) Ročné úhrny zrážok by sa nemali podstatne meniť, skôr sa ale predpokladá mierny nárast (okolo 10%), predovšetkým na severe Slovenska. Väčšie zmeny by mali nastať v ročnom chode a časovom režime zrážok. V lete sa všeobecne očakáva slabý pokles úhrnov zrážok (predovšetkým na juhu Slovenska) a v zvyšnej časti roka slabý až mierny rast úhrnov zrážok (predovšetkým v zime a na severe Slovenska). V teplej časti roka sa očakáva zvýšenie premenlivosti úhrnov zrážok, zrejme sa predĺžia a častejšie vyskytnú málozrážkové (suché) obdobia na strane jednej a budú zrážkovo výdatnejšie krátke daždivé obdobia na strane druhej. Pretože sa očakáva teplejšie počasie v zime, tak až do výšky 900 m n.m. bude snehová pokrývka nepravidelná a častejšie sa budú vyskytovať zimné povodne. Snehová pokrývka bude zrejme v priemere vyššia iba vo výške nad 1200 m n.m., tieto polohy ale predstavujú na Slovensku menej ako 5% rozlohy, čo nemôže podstatne ovplyvniť odtokové pomery.

3) Doterajšie klimatické scenáre poskytujú aj údaje o možnom vývoji iných klimatických prvkov a charakteristík. Neočakávajú sa žiadne významné zmeny v priemeroch globálneho žiarenia, rýchlosti a smeru vetra. Vzhľadom na zosilnenie búrok v teplej časti roka sa očakáva častejší výskyt silného vetra, víchric a tornád v súvislosti s búrkami. Rovnako sa neočakávajú významné zmeny v priemeroch relatívnej vlhkosti vzduchu, zdá sa, že na juhu Slovenska zotrvá terajšia priemerná relatívna vlhkosť vzduchu vo vegetačnom období (asi

o 5% nižšia v porovnaní v priemermi z obdobia 1901-1980). Pretože sa ale zvýši teplota vzduchu, tak sa musí pri nezmenenej relatívnej vlhkosti vzduchu zvýšiť tlak vodnej pary a aj sýtosťný doplnok (asi o 6% na každý 1 °C oteplenia). To zapríčini rast potenciálnej evapotranspirácie vo vegetačnom období roka tiež asi o 6% na 1 °C oteplenia. Pretože sa na juhu Slovenska vo vegetačnom období roka úhrny zrážok podstatne nezvýšia, bude to mať za následok pokles vlhkosti pôdy. Navyše častejší výskyt intenzívnych zrážok nebude dostatočne prispievať k doplneniu pôdnej vlhkosti.

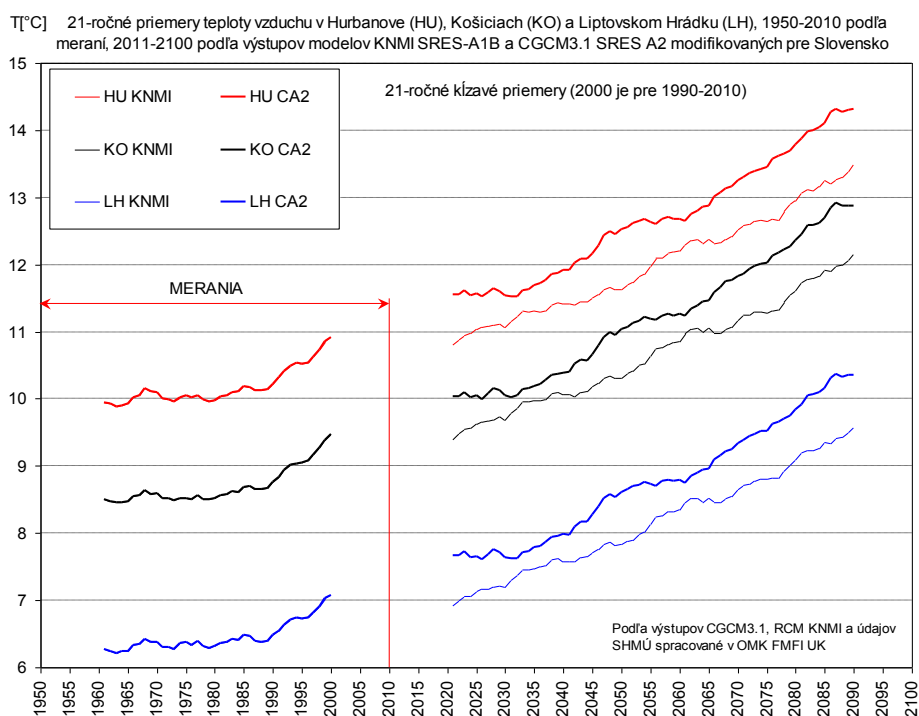
V roku 2010 navrhol SHMÚ po konzultácii s MŽP SR projekt so skráteným názvom „NKP 2011 – Adaptácie na klimatickú zmenu“, v rámci ktorého mali byť spracované nové klimatické scenáre pre Slovensko na báze výstupov najnovších modelov GCMs a tiež výstupov regionálnych cirkulačných modelov (RCMs). Na prípravu najnovších scenárov klimatickej zmeny pre Slovensko použili spracovatelia z Oddelenia meteorológie a klimatológie (OMK) FMFI UK v roku 2011 štyri modely všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs), pričom dva z nich sú globálne (Kanadský CGCM3.1 a Nemecký ECHAM5) a dva regionálne (Holandský KNMI a Nemecký MPI). Všetky modely majú vo výstupoch denné hodnoty viacerých prvkov od roku 1951 do roku 2100. Uvedené modely a výstupy boli vybraté na základe podrobnej analýzy 20 rôznych modelov, z ktorých bolo 15 RCMs a 5 GCMs. Celé riešenie týchto klimatických scenárov prebiehalo v úzkej spolupráci s SHMÚ a bral sa ohľad aj na iné podobné spracovania v zahraničí.

Uvedené modely GCMs a RCMs patria do najnovšej kategórie prepojených atmosféricko-oceánických modelov s viacerými ako 10 atmosférickými výškovými hladinami a viacerými ako 20 oceánickými hĺbkami výpočtu premenných v sieti uzlových bodov. Model CGCM3.1 má v blízkosti Slovenska 9 uzlových bodov, model ECHAM5 má v blízkosti Slovenska 12 uzlových bodov štvorcovej siete (asi 200x200 km) s úmerne tomu zhladenou orografiou. Regionálne modely KNMI a MPI predstavujú detailnejšiu integráciu dynamických rovníc atmosférickej a oceánickej cirkulácie v sieti uzlových bodov vo vzdialenosti 25x25 km, pričom okrajové podmienky riešenia rovníc preberajú z výstupov globálneho modelu ECHAM5. V priestore Slovenska majú modely KNMI a MPI až 19x10 uzlových bodov (190) a celkom reálnu orografiu s dobrým vyjadrením všetkých pohorí s väčším horizontálnym rozmerom ako 25 km.

Vlastný výpočet klimatických charakteristík a časových radov údajov klimatických scenárov pre obdobie 1961-2100 prebiehal vo viacerých krokoch podľa originálnej metodiky vyvinutej v OMK (Lapin et al., 2004 a 2006). Rozhodujúcim krokom bol výber emisných scenárov. V súlade s predchádzajúcimi štúdiami a odporúčaním Medzivládneho panelu OSN pre klimatickú zmenu (IPCC) bol vybraný ako pesimistickejší emisný scenár SRES A2 a optimistickejší scenár SRES B1. Regionálne modely používajú stredne pesimistický emisný scenár SRES A1B, ktorý dáva hodnoty klimatických prvkov po roku 2040 medzi scenáre SRES B1 (stredne nízka emisia skleníkových plynov) a A2 (stredne vysoká emisia skleníkových plynov). Scenár A1B sme použili aj pre Kanadský CGCM3.1. Do roku 2040 sú všetky scenáre SRES blízke, teda v pomerne úzkom intervale globálnej emisie skleníkových plynov. Celosvetová emisia fosílného uhlíka 28,9 Gt (mlrd. t) v r. 2100 sa predpokladá podľa SRES A2 (kumulatívne od roku 1990 až 1773 Gt) a 5,2 Gt podľa SRES B1 (kumulatívne 989 Gt), A1B je stredne pesimistický scenár s globálnym oteplením o 2,9 °C, A2 s oteplením o 3,8 °C, a B1 s oteplením o 2,0 °C do roku 2100 v porovnaní s rokom 1990.

Ďalším krokom bol výpočet interpolovanej hodnoty modelových výstupov pre každý deň do polohy jednotlivých meteorologických staníc SHMÚ z najbližších 4 uzlových bodov (pri úhrnoch zrážok sa použili ako scenáre hodnoty v najbližšom uzlovom bode, ktorý má podobnú orografiu ako daná stanica. Potom prebiehala vlastná modifikácia interpolovaných modelových výstupov podľa meraní SHMÚ v referenčnom období 1961-1990. Vychádzalo sa z odporúčaného postupu štatistického downscalingu (IPCC). Podľa metodiky OMK sa robí

korekcia priemerných hodnôt v nejakom kľzavom období okolo daného dňa a korekcia časovej variability denných hodnôt interpolovaných modelových hodnôt podľa charakteristík kľzavého variačného koeficientu (smerodajnej odchýlky v prípade teploty vzduchu). Tak sa dosiahne zblíženie priemerov a charakteristík variability modelových výstupov v období 1961-1990 s meranými údajmi. Ide o modifikáciu metodiky publikovanú v Lapin et al., (2006). Vo všeobecnosti boli korekcie relatívne malé a nenarušili podstatne fyzikálnu konzistentnosť vzťahov medzi jednotlivými prvkami vyplývajúcu z fyziky modelových výpočtov. Menšie korekcie boli v prípade regionálnych modelov KNMI a MPI. Rovnaké korekcie (štatistický downscaling) boli použité aj pre obdobie 1991-2100. Rozdiely medzi modelovými výstupmi a meraniami vyplývajú z niekoľkých príčin: odlišná nadmorská výška, odlišná orografia, nepresnosť modelu v interpretácii vplyvu oceánov, morí, kontinentov a pohorí na cirkulačné schémy a tým aj na zmeny meteorologických prvkov.



Obr. 3: 21-ročné kľzavé priemery teploty vzduchu v Hurbanove (HU, hore), Košiciach (KO, v strede) a Liptovskom Hrádku (LH, dole), 1950-2010 podľa meraní SHMÚ, 2011-2100 podľa výstupov modelov KNMI SRES-A1B a CGCM3.1 SRES A2 modifikovaných pre Slovensko.

Výsledné hodnoty modifikovaných výstupov klimatických prvkov sa následne testovali jednak podľa referenčného radu meraní použitého pri výpočtoch (1961-1990) a tiež podľa časového radu údajov z iného obdobia (v Hurbanove a na niektorých iných stanicach aj 1951-2010). Testovanie časových radov týchto údajov potvrdilo, že sú v súlade s pozorovanou klímou nielen v referenčnom období 1961-1990 ale aj v období 1991-2010 a v predchádzajúcich obdobiach pred rokom 1961. Scenáre ako časové rady denných údajov boli spracované pre 26 zrážkomerných staníc a 13 klimatologických staníc na Slovensku.

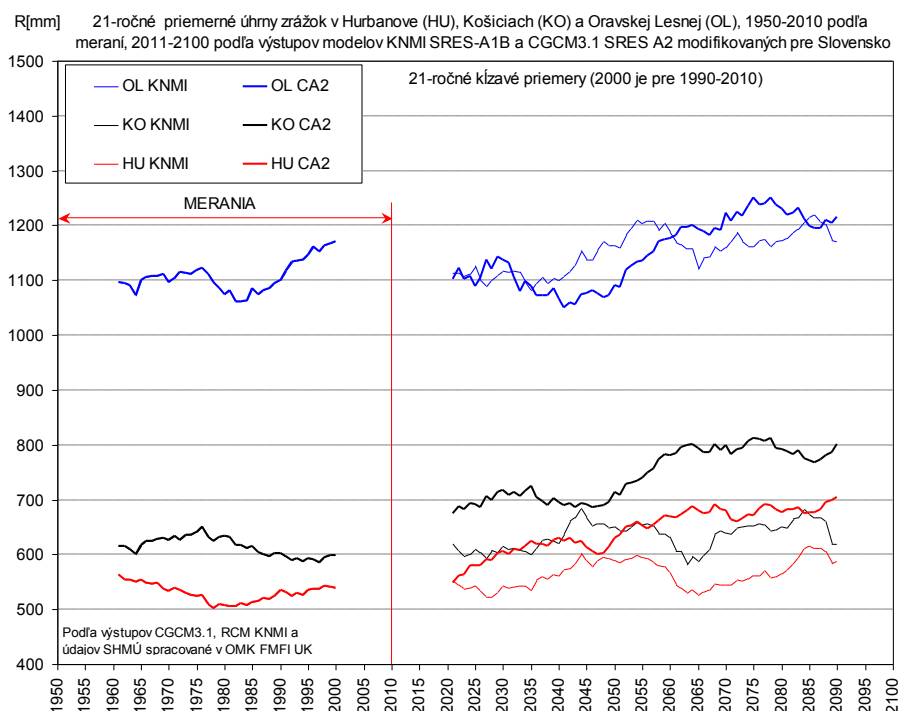
Tab. 4: Priemery meranej teploty vzduchu a scenáre pre Hurbanovo a Liptovský Hrádok

Priemery teploty vzduchu v Hurbanove podľa meraní v °C													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961-1990	-1,5	1,0	5,3	10,7	15,7	18,7	20,3	19,5	15,5	10,2	4,7	0,4	10,0
Scenáre zmeny teploty vzduchu v °C v porovnaní s obdobím 1961-1990 pre Hurbanovo													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Horizont	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu KNMI												
2025	0,89	1,24	0,87	0,77	0,66	0,93	0,76	0,96	0,95	1,43	0,18	0,08	0,81
2050	1,81	2,71	1,72	1,28	1,54	1,85	1,82	2,17	1,88	2,16	0,91	1,72	1,80
2075	3,22	3,20	2,56	2,02	2,51	3,16	3,38	3,20	2,60	2,98	2,00	2,86	2,81
	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu MPI												
2025	0,74	1,04	0,87	0,85	0,14	0,76	0,69	1,39	1,32	1,74	0,72	0,42	0,89
2050	2,12	2,95	1,95	1,25	0,79	1,37	1,42	2,65	2,34	2,54	1,56	1,83	1,90
2075	3,53	3,43	2,54	1,80	1,58	2,50	2,54	3,84	3,40	3,28	2,60	3,02	2,84
	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, A2												
2025	2,27	2,65	2,18	2,19	0,96	1,98	0,86	1,36	1,50	1,63	0,70	0,74	1,58
2050	2,64	2,88	2,77	3,40	1,83	1,97	1,62	2,70	2,17	2,40	1,93	1,63	2,33
2075	3,89	4,40	3,99	4,85	2,75	2,83	2,53	3,83	3,37	3,49	3,47	3,16	3,55
	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, B1												
2025	1,59	2,49	1,58	2,07	1,37	1,29	0,88	1,04	1,12	1,35	1,54	0,77	1,43
2050	2,27	2,92	2,37	2,72	1,65	1,74	0,97	1,53	1,54	1,90	2,18	1,56	1,94
2075	2,86	3,44	2,55	3,13	1,72	1,94	1,12	1,84	1,93	2,41	1,97	2,36	2,27

Priemery teploty vzduchu v Lipt. Hrádku podľa meraní v °C													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961-1990	-4,8	-2,5	1,3	6,6	11,7	14,7	16,1	15,2	11,8	6,9	1,8	-2,9	6,3
Scenáre zmeny teploty vzduchu v °C v porovnaní s obdobím 1961-1990 pre Lipt. Hrádok													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Horizont	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu KNMI												
2025	0,71	1,00	0,96	0,72	0,48	0,78	0,41	0,80	0,63	1,55	0,06	-0,25	0,66
2050	1,54	2,44	1,88	1,30	1,41	1,72	1,38	1,98	1,51	2,32	1,04	1,30	1,65
2075	2,73	2,86	2,64	2,03	2,39	2,96	2,85	2,98	2,29	3,11	2,08	2,51	2,62
	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu MPI												
2025	0,77	0,79	0,88	0,70	0,11	0,56	0,30	0,98	0,84	1,60	0,48	0,04	0,67
2050	2,03	2,64	1,99	1,20	0,80	1,30	1,06	2,18	1,81	2,45	1,50	1,32	1,69
2075	3,22	3,17	2,52	1,77	1,54	2,38	2,05	3,23	2,85	3,18	2,43	2,62	2,58
	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, A2												
2025	2,24	2,67	2,23	1,77	0,86	1,83	0,53	0,76	1,20	1,49	0,58	0,43	1,38
2050	2,58	2,86	2,81	3,00	1,81	1,83	1,19	2,12	1,85	2,17	1,67	1,27	2,10
2075	3,96	4,50	3,99	4,54	2,77	2,58	1,87	3,04	2,93	3,25	3,25	2,81	3,29
	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, B1												
2025	1,62	2,56	1,68	1,69	1,38	1,18	0,54	0,61	0,77	1,12	1,35	0,55	1,25
2050	2,40	2,98	2,41	2,39	1,63	1,50	0,55	0,96	1,19	1,67	2,01	1,29	1,75
2075	2,93	3,45	2,52	2,69	1,74	1,71	0,72	1,28	1,57	2,26	1,80	2,10	2,06

Štatistické spracovanie modifikovaných výstupov GCMs (scenárov jednotlivých prvkov) ukázalo, že štatistický downscaling neovplyvnil ani distribučnú krivku (hustotu pravdepodobnosti výskytu) denných hodnôt klimatických prvkov a dosiahla sa dobrá zhoda so štatistickými charakteristikami súborov meraných údajov. To dáva dobré predpoklady na odhad návrhových hodnôt viacerých klimatických charakteristík, vrátane zriedkavo sa vyskytujúcich hodnôt. Analýzu robili autori scenárov pre tri 50-ročné časové horizonty: 2025 (2001-2050), 2050 (2026-2075) a 2075 (2051-2100). Spracované boli tieto prvky: denné priemery teploty vzduchu, denné maximá teploty vzduchu, denné minimá teploty vzduchu,

denné priemery rýchlosti vetra, denné úhrny zrážok, denné priemery relatívnej vlhkosti vzduchu, denné priemery tlaku vodnej pary, denné priemery sýtostného doplnku a denné priemery hustoty toku globálneho slnečného žiarenia k zemskému povrchu.



Obr. 4: 21-ročné kĺzavé priemery úhrnov zrážok v Hurbanove (HU, dole), Košiciach (KO, v strede) a Oravskej Lesnej (OL, hore), 1950-2010 podľa meraní SHMÚ, 2011-2100 podľa výstupov modelov KNMI SRES-A1B a CGCM3.1 SRES A2 modifikovaných pre Slovensko.

V tejto časti prezentujeme iba výber z výsledkov spracovania najnovších modelov vo vyjadrení obrázkov časového priebehu 21-ročných kĺzavých priemery teploty vzduchu a úhrnov zrážok na troch stanicích (obr. 3 a 4), dvoch obrázkov so scenármi sýtostného doplnku (obr. 5 a 6), dvoch tabuliek s mesačnými scenármi zmien teploty vzduchu a úhrnov zrážok v časových horizontoch 2025, 2050 a 2075, iba pre 2 vybrané stanice (tab. 4 a 5), štatistické zhodnotenie ročných maxím a miním z denných priemerov teploty vzduchu (tab. 6) a ročných maxím z denných a mesačných úhrnov zrážok (tab. 7). Z uvedených podkladov je zrejmé, že prebiehajúce otepľovanie klímy by malo pokračovať, no ani jeden zo scenárov nepredpokladá taký rýchly trend rastu priemernej teploty aký sme zaznamenali v období 1975-2010. V súvislosti s otepľovaním klímy sa budú adekvátne meniť aj iné klimatické prvky, pričom zmeny úhrnov zrážok majú (podobne ako doteraz) najväčšie neistoty (obr. 4, tab. 5). Zväčšovanie extrémov teploty vzduchu a úhrnov zrážok je podľa scenárov evidentné, no nedosahuje taký rozsah ako predpokladajú analógové scenáre (Lapin et al., 2009). Na odhad pravdepodobnosti opakovania extrémov všetkých klimatických prvkov sme použili 3 modely (Pearson III, LogNormal a Gumbel), v tab. 4 a 5 prezentujeme iba odhad podľa rozdelenia Pearson III pre limitovaný rozsah extrémov priemernej teploty a úhrnov zrážok (zabezpečenie 1,0% vyjadruje priemernú pravdepodobnosť opakovania (prekročenia) 1x za 100 rokov a 2,0% znamená 1x za 50 rokov).

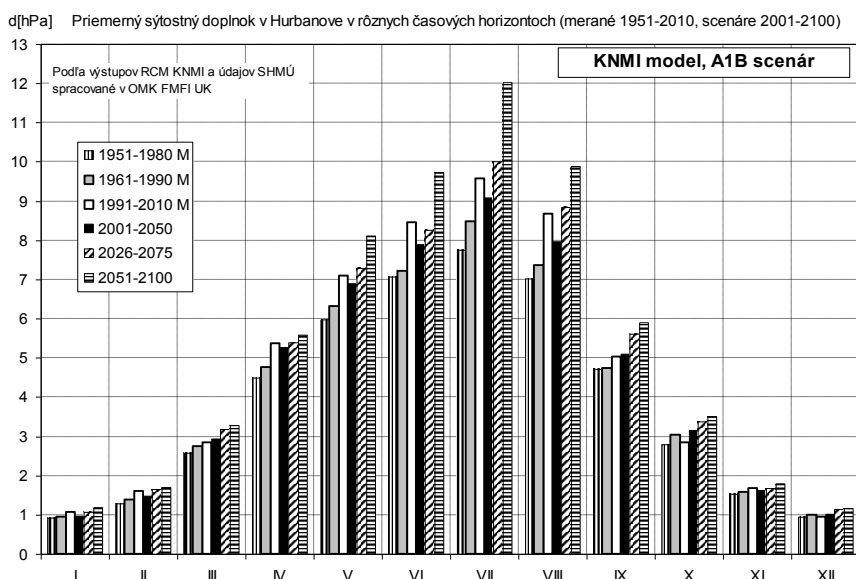
Uvedené dva scenáre CGCM3.1 A2 a KNMI A1B vyjadrujú najpravdepodobnejší interval budúceho vývoja klímy na Slovensku v súvislosti so zmenami skleníkového efektu atmosféry. Je potrebné zdôrazniť, že pri raste teploty vzduchu vo vegetačnom období o 1 °C je potrebný na vyrovnanú vodnú bilanciu aj rast ročného úhrnu zrážok asi o 100 mm. Ak je

rast úhrnov zrážok menší, tak dochádza k poklesu pôdnej vlhkosti na nížinách a k poklesu odtoku v horských polohách. Vodnú bilanciu môže komplikovať aj zmenený režim zrážkových úhrnov, zmenšený počet dní so zrážkami a rast počtu dní s intenzívnymi zrážkami tiež znižuje pôdnu vlhkosť aj pri raste celkových úhrnov zrážok. Uvedené časové rady denných hodnôt scenárov je možné použiť aj na analýzu mimoriadnych viacdenných epizód nepriaznivého počasia, ktoré sa môže vyskytnúť v budúcich desaťročiach. Takéto epizódy môžu mať ešte nepriaznivejšie dôsledky na socio-ekonomické sektory ako dlhodobý trend otepľovania klímy a zmeny režimu zrážok.

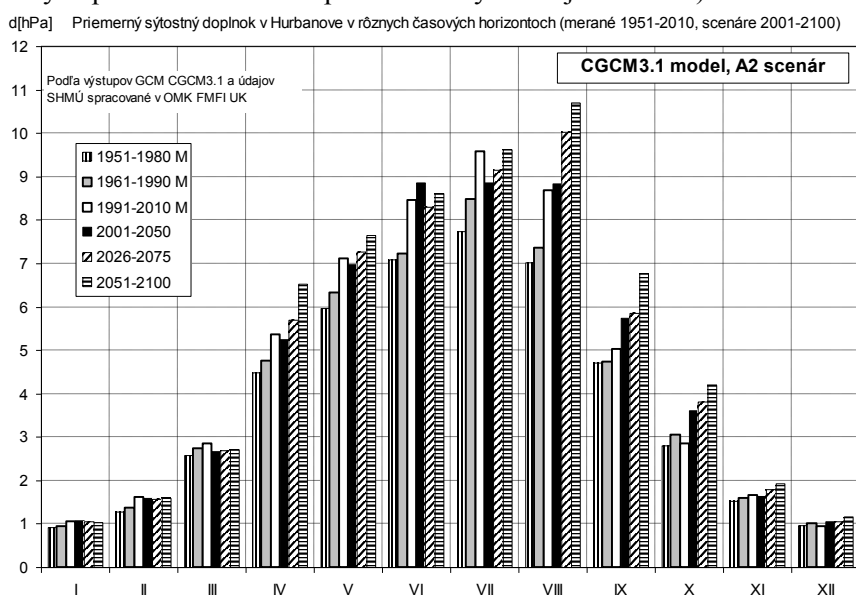
Tab. 5: Priemery meraných úhrnov zrážok a scenáre pre Hurbanovo a Oravskú Lesnú

Priemerné úhrny zrážok v Hurbanove podľa meraní v mm													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961-1990	34,0	34,1	26,6	38,9	55,7	60,9	50,7	57,7	38,9	32,2	53,8	39,8	523,4
Scenáre zmeny úhrnov zrážok v % v porovnaní s obdobím 1961-1990 pre Hurbanovo													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Horizont	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu KNMI												
2025	14,5	10,9	-20,0	-15,9	15,5	10,2	-2,0	18,4	15,4	27,2	1,4	31,4	9,5
2050	6,1	10,6	-13,9	1,2	21,6	1,9	-22,5	4,7	23,7	25,1	1,6	28,4	7,0
2075	25,7	26,9	1,9	7,1	17,8	-11,7	-36,1	-10,7	24,7	29,3	18,8	30,7	7,8
Horizont	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu MPI												
2025	1,6	15,1	-3,6	5,9	-11,5	-0,8	-8,2	-26,4	21,4	3,9	-5,6	36,7	0,4
2050	3,2	14,4	-3,2	21,5	-11,4	4,4	-15,5	-32,9	13,0	19,3	-10,9	34,8	0,4
2075	20,2	35,0	17,5	13,7	-16,9	-6,6	-19,1	-27,7	10,3	48,7	12,7	34,2	5,7
Horizont	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, A2												
2025	19,7	2,2	33,4	38,4	28,5	9,8	8,1	-25,7	11,0	-1,6	6,8	11,5	10,4
2050	41,6	11,2	62,2	59,5	36,0	15,4	3,3	-26,1	27,6	18,3	31,9	26,2	22,5
2075	64,3	27,6	74,5	47,9	29,6	19,9	4,5	-27,0	23,8	33,7	50,1	58,9	29,7
Horizont	Scenáre v Hurbanove v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, B1												
2025	4,7	-16,5	36,1	26,7	22,9	-5,2	9,1	-8,2	40,7	7,4	38,5	22,9	14,0
2050	24,6	-8,8	56,2	26,5	22,2	-0,1	7,3	-14,3	50,9	24,5	43,8	24,8	19,0
2075	57,9	3,9	59,9	27,3	40,2	10,6	9,5	-7,1	47,9	22,7	42,9	26,2	26,1

Priemerné úhrny zrážok v Oravskej Lesnej podľa meraní v mm													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961-1990	80,0	65,2	62,9	72,0	106,7	123,0	129,1	114,0	90,5	74,3	82,5	95,0	1095,1
Scenáre zmeny úhrnov zrážok v % v porovnaní s obdobím 1961-1990 pre Orav. Lesnú													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Horizont	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu KNMI												
2025	9,2	7,5	-18,0	-5,5	4,6	3,3	0,3	-6,3	18,8	1,7	4,8	13,7	3,1
2050	4,4	4,7	-13,2	5,9	7,2	2,3	-6,3	-6,9	16,9	4,5	7,6	22,1	3,9
2075	32,7	8,8	8,7	11,3	5,3	-15,3	-23,4	-1,8	13,7	11,1	26,0	31,1	6,5
Horizont	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu MPI												
2025	3,1	13,7	-7,8	-3,7	5,7	9,3	0,4	-6,8	9,3	-6,6	0,9	11,3	2,7
2050	1,9	11,2	-3,5	13,5	4,4	7,0	-1,2	-16,7	15,8	-1,5	-5,5	16,6	3,1
2075	23,4	14,8	17,7	13,1	0,5	-2,9	-1,5	-13,9	19,9	18,1	14,1	15,1	7,8
Horizont	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, A2												
2025	12,7	-4,7	3,7	19,8	6,3	-16,1	5,4	-17,8	-7,4	1,3	0,0	5,2	-0,3
2050	23,7	11,7	20,2	24,3	15,0	-10,5	-13,5	-29,2	-0,6	-1,2	24,2	5,6	3,0
2075	35,6	15,1	29,7	40,9	21,6	1,8	-12,9	-25,0	-9,5	-0,7	26,6	19,6	8,9
Horizont	Scenáre v Lipt. Hrádku v 50-ročných časových horizontoch podľa modelu CGCM3.1, B1												
2025	9,7	-12,5	4,9	9,9	1,8	-4,3	-1,9	1,2	-5,1	-11,0	10,3	0,0	0,1
2050	21,6	-3,4	27,1	22,4	9,3	0,4	-3,5	-3,8	8,4	-10,9	14,7	2,9	5,9
2075	31,0	5,7	30,1	34,1	11,8	-0,6	4,2	-11,9	8,0	-19,2	33,6	6,2	9,3



Obr. 5: Priemerný sýtočný doplnok [hPa] v Hurbanove v rôznych časových horizontoch (merané údaje SHMÚ sú z obdobia 1951-2010, scenáre sú spracované pre obdobie 2001-2100 na základe modifikovaných výstupov modelu KNMI podľa meraných údajov SHMÚ).



Obr. 6: Priemerný sýtočný doplnok [hPa] v Hurbanove v rôznych časových horizontoch (merané údaje SHMÚ sú z obdobia 1951-2010, scenáre sú spracované pre obdobie 2001-2100 na základe modifikovaných výstupov modelu CGCM3.1 podľa meraných údajov SHMÚ).

Aj najnovšia séria klimatických modelov predpokladá iba malé zmeny súm globálneho žiarenia, priemernej rýchlosti vetra a priemernej relatívnej vlhkosti vzduchu až do roku 2100. Tak sa, podobne ako pri doterajších scenároch, objavuje výrazný rast tlaku vodnej pary a sýtočného doplnku v mesiacoch vegetačného obdobia (obr. 5 a 6). Skutočné priemery sýtočného doplnku v období 1991-2010 v Hurbanove dokonca prevýšili scenáre pre obdobie 2001-2050, občas aj 2051-2100. Tiež sa vo výstupoch objavujú niekoľkodenné epizódy s veľmi výdatnými letnými zrážkami. Je známe, že pri raste teploty vzduchu o 1 °C počas letných cyklón a búrkových lejakov môže napršať až o 10% viac zrážok. Vyplýva to z fyzikálneho mechanizmu kondenzácie a formovania zrážok (Lapin et al., 2004, 2009).

V priebehu riešenia problematiky zmeny klímy na Slovensku sa skonštruoval celý rad scenárov zmeny klímy, a to hlavne v rámci Národného klimatického programu SR, ale aj v rámci ďalších projektov (napr. CECILIA). Treba konštatovať, že všetky doteraz odvodené scenáre zmeny klímy pre územie Slovenska dávajú kvalitatívne rovnaké zmeny základných klimatických charakteristík (rast priemerných ročných teplôt vzduchu, pokles úhrnov letných zrážok a pod.), líšia sa iba v ich kvantitatívnom vyjadrení. Preto, aj keď sa prezentujú výsledky modelových kalkulácií v jednotlivých sektoroch aj pre iné, než tu prezentované scenáre, modelové výsledky sa kvalitatívne neodlišujú a sú použiteľné pre analýzy dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení.

4. Indikátory klimatickej zmeny na Slovensku

Na Slovensku zatiaľ neboli jednoznačne definované indikátory zmeny klímy na národnej úrovni a nebol zatiaľ navrhnutý ani ucelený systém ich tvorby. Prístupy k definovaniu indikátorov klimatickej zmeny (KZ) sú rôzne: od prísne vedeckých komplexných indikátorov až po populárno-náučné relatívne jednoduché (ale zrozumiteľné) indikátory. Medzi základné požiadavky na indikátory KZ sú predovšetkým ich výpovedná hodnota (viazanosť na klímu), existencia historických údajov ako aj garancia dát do budúcnosti, aby sa príslušný indikátor mohol využiť ako verifikácia účinkov resp. dôsledkov zmeny klímy. Do značnej miery tieto indikátory slúžia na dokumentáciu a prezentáciu problematiky zmeny klímy smerom k decisnej sfére a verejnosti.

Výber indikátorov nie je proces jednoduchý nakoľko požiadavky na indikátory sú pomerne prísne a mali by spĺňať nasledovné kritériá:

- *Priama či nepriama väzba na klimatický systém*
- *Konzistentné, homogenizované a neprerušené údaje za dlhšie časové obdobie (minimálne 30-50 rokov)*
- *Garancia merania, sledovania či zaznamenávania údajov smerom do budúcnosti*
- *Dobrá výpovedná hodnota*

Práve tieto kritériá nám do značnej miery zužujú možnosť výberu indikátorov viazaných nie len na samotnú klímu, ale aj na ľudské aktivity priamo spojené s klimatickými, či meteorologickými podmienkami ako sú napr. poľnohospodárstvo, lesné a vodné hospodárstvo, ktoré sú priamo ovplyvňované procesmi v atmosfére.

Tento prvý návrh indexov zmeny klímy Na Slovensku vychádza z potreby unifikovať doteraz používané parciálne sektorové „indikátory“ do jednotného systému. Tento systém vychádza z dostupnosti údajov a významu jednotlivých sektorov resp. oblastí vo vzťahu ku zmene klímy. Návrh definuje 6 skupín indikátorov, a to:

A/ Klíma

B/ Hydrológia

C/ Poľnohospodárstvo a lesníctvo

D/ Ekosystémy

E/ Zdravie

F/ Ľudské aktivity

Návrh prezentuje prvú verziu indikátorov, ktoré spĺňajú požadované parametre a sú prezentované v grafickej aj textovej forme. Postupom času budú do systému pribúdať ďalšie ukazovatele, ktoré sa momentálne ešte overujú. Treba poznamenať, že tieto indikátory sú určené predovšetkým pre decisnú sféru, odbornú, ale aj laickú verejnosť a netreba ich chápať ako prísne vedecké. Účelom je prispôbená aj forma prezentácie týchto indikátorov.

Klimatické indikátory

Ročné úhrny atmosférických zrážok

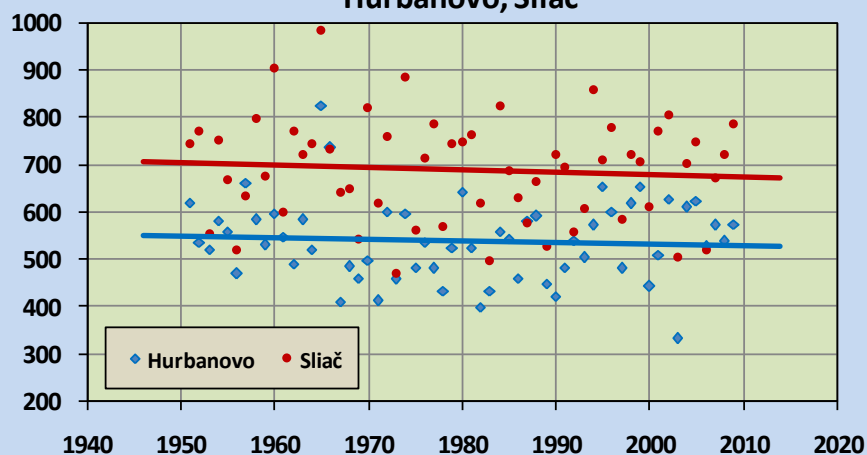
Ročný úhrn zrážok je jednou zo základných klimatických charakteristík. Ročné úhrny zrážok sa vyznačujú značnou medziročnou variabilitou, ktorá je determinovaná predovšetkým cirkulačnými pomermi v danom roku.

Dlhodobý režim zrážok (1951-2009) vykazuje regionálne odlišnosti. Južné oblasti západného stredného a východného Slovenska vykazujú mierne klesajúci trend (reprezentatívne stanice Hurbanovo, Sliach) na úrovni 3-5 % za posledných 60 rokov.

Naproti tomu horské oblasti a celá severná časť Slovenska sa vyznačujú stúpajúcim trendom zrážok (reprezentatívne stanice Telgárt, Oravská Lesná) od 2 do 15 % za posledných 60 rokov. Najvyšší percentuálny nárast zrážkových úhrnov pozorujeme na krajnom severe Slovenska (Kysuce, Orava, Tatranská oblasť, Zamagurie).

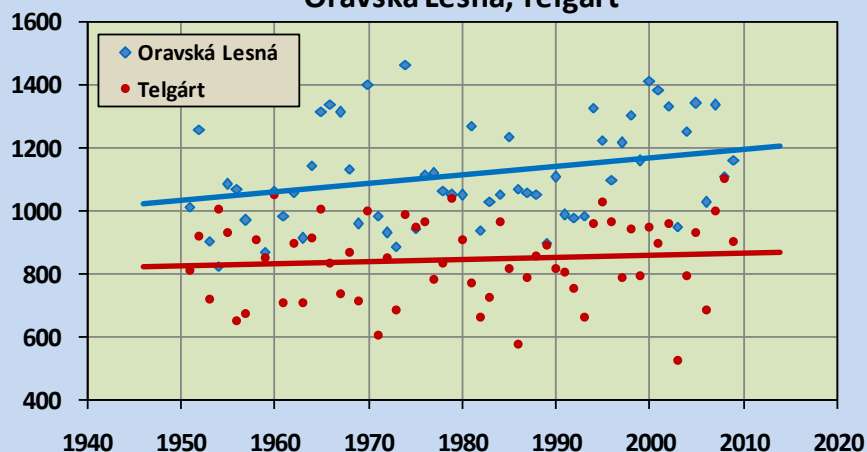
Ročné úhrny atmosférických zrážok (mm)

Hurbanovo, Sliach



Ročné úhrny atmosférických zrážok (mm)

Oravská Lesná, Telgárt



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

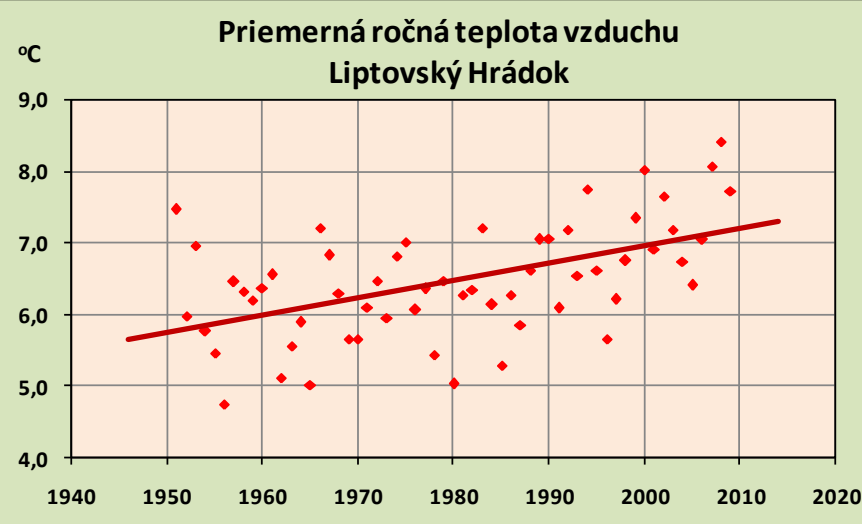
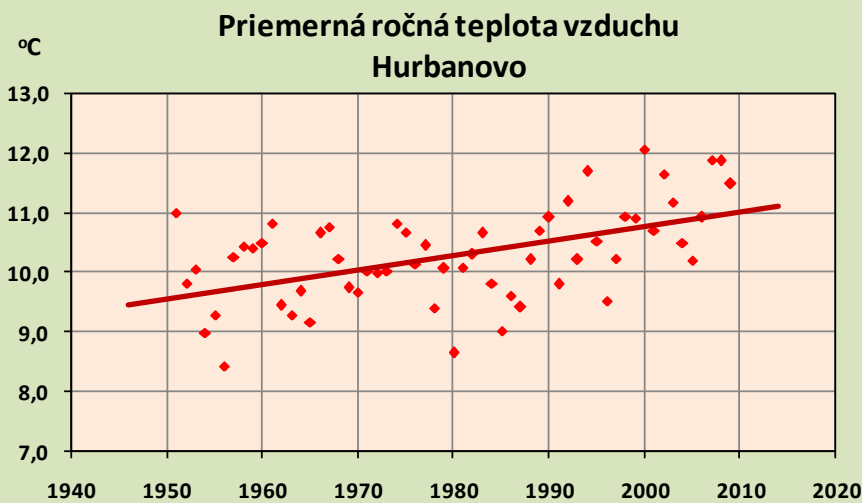
Atmosférické zrážky sú primárnou zložkou vodnej bilancie. Ich množstvo a časové rozloženie počas roka určujú vlhkosť a odtokové pomery územia, ktoré spolu s teplotnými pomermi vplývajú aj na vegetáciu. Slovensko, ležiace v miernom klimatickom pásme, má pomerne rovnomerné rozloženie zrážok počas roka, s minimom v zimných a jarných mesiacoch a maximom v letných. V dlhodobom priemere, najmenej zrážok (menej ako 600 mm) spadne v nížinných polohách a na krajnom juhu stredného Slovenska. V hrebeňových častiach našich pohorí ich ročný úhrn prevyšuje 1000 mm, v oblasti vysokých pohorí severného Slovenska až 2000 mm.

Klimatické indikátory

Priemerná ročná teplota vzduchu

Priemerná ročná teplota vzduchu je základnou klimatickou charakteristikou, ktorá dokumentuje teplotné pomery daného územia. Priemerná ročná teplota vzduchu sa vyznačuje značnou medziročnou variabilitou, ktorá je determinovaná predovšetkým cirkulačnými a radiačnými pomermi v danom roku.

Dlhodobý režim teploty vzduchu vykazuje (na rozdiel od úhrnov zrážok) rovnaký trend na celom území Slovenska, a to rastúci trend teploty vzduchu (stanice Hurbanovo, Liptovský Hrádok). Trendový nárast priemernej ročnej teploty vzduchu za obdobie 1951-2009 je približne 1,4°C.



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Časové a priestorové rozloženie teploty vzduchu významne ovplyvňuje životný cyklus rastlín, živočíchov a aj človeka. Slovensko, ležiace v miernom klimatickom pásme, má charakteristický ročný chod teploty vzduchu s letným maximom v júli a zimným minimom v januári. Priemerné ročné teploty vzduchu sú na Slovensku determinované predovšetkým nadmorskou výškou. Južné oblasti Slovenska sa vyznačujú priemernou ročnou teplotou okolo 10 °C, táto s rastúcou nadmorskou výškou postupne klesá až na -2 °C (Lomnický štít).

Klimatické indikátory

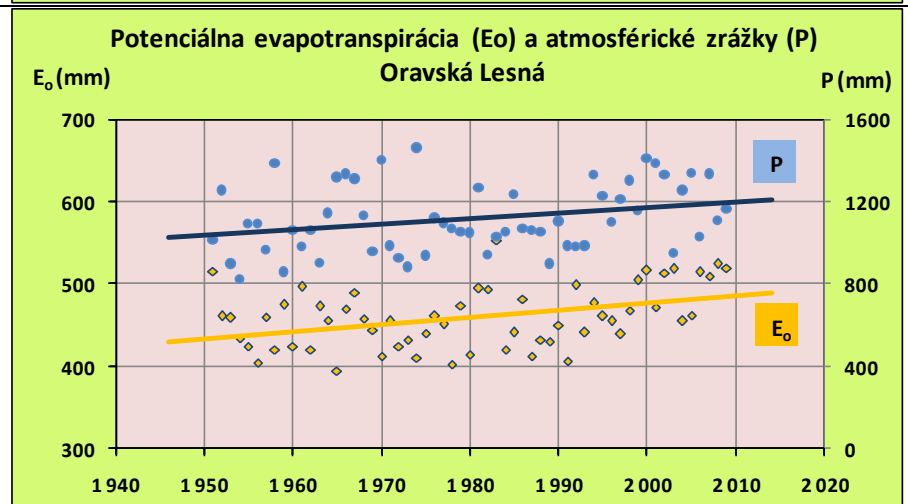
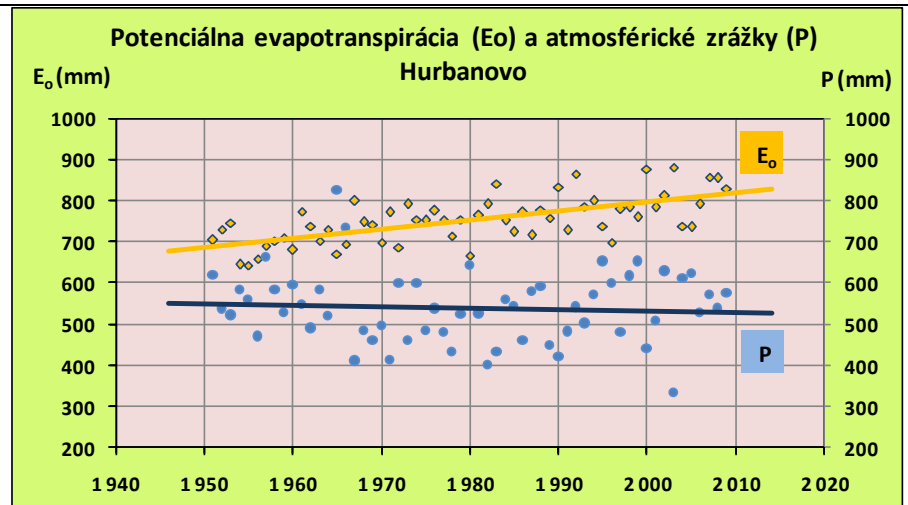
Potenciálna evapotranspirácia (E_o)

Potenciálna evapotranspirácia predstavuje hodnotu potenciálneho výparu vody, t.j. množstva vody, ktoré by sa mohlo za daných meteorologických podmienok vypariť pri dostatku vody.

Keďže potenciálna evapotranspirácia je primárne určená radiačným režimom atmosféry a podobne ako teplota vzduchu vykazuje stúpajúci trend na celom území Slovenska.

Pre južné oblasti Slovenska môžeme konštatovať nárast potenciálnej evapotranspirácie na úrovni okolo 16% za obdobie 1951-2009 (stanica Hurbanovo). Je potrebné upozorniť na skutočnosť, že vzhľadom na klesajúci trend zrážok dochádza k zhoršovaniu vodnej bilancie krajiny v tejto časti Slovenska.

Naproti tomu sever Slovenska má o niečo miernejší trend nárastu potenciálnej evapotranspirácie cca 10% (stanica Oravská Lesná). Vzhľadom k rastúcemu trendu zrážok a ich celkovým úhrnom, neznamená rast potenciálnej evapotranspirácie problém z hľadiska celkovej vodnej bilancie krajiny, aj keď dôjde k nárastu hodnôt reálneho výparu.



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Najvyššie sumy potenciálnej evapotranspirácie, prevyšujúce v priemere 700 mm, sú na najteplejšom území Slovenska, jeho juhozápadnej časti. Najnižšie, pod 500 mm, sú v stredných a vrcholových polohách našich pohorí. Porovnaním údajov ročných súm zrážok a potenciálnej evapotranspirácie vidíme, že ročný úhrn zrážok v horských oblastiach prevyšuje potenciálnu evapotranspiráciu, čím vytvára možnosti k celoročne tečúcim potokom a riekam na našom území. Na nížinách je to opačne. Reálny výpar je v skutočnosti nižší ako potenciálny a závisí od vlhkosti vrchných vrstiev pôdy, z ktorej sa výpar realizuje. Preto v nižších polohách nie je taký veľký rozdiel medzi zrážkami a výparom. Ročný chod výparu sleduje zhruba ročný chod teploty vzduchu s minimom v zimných a maximom v letných mesiacoch.

Hydrologické indikátory

Priemerné ročné prietoky

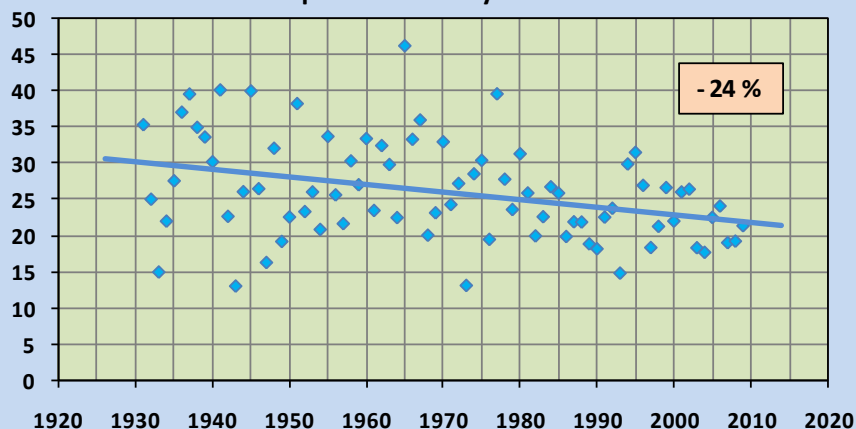
Priemerný ročný prietok patrí k základným hydrologickým charakteristikám povrchových tokov. Odtok je v rovnici vodnej bilancie daný rozdielom medzi jej najväčšími členmi – zrážkami a výparom. Jeho formovanie je modifikované viacerými faktormi, najmä vegetačnou pokrývkou a tiež časťou vody, ktorá vsakuje pod zemský povrch a dopĺňa zásoby podzemných vôd (infiltrácia).

Prítomnosť vody v prameňoch, či tokoch v zimnom období dáva obraz o retardačných účinkoch v procese odtoku, daných vlastnosťami horninového a pôdneho prostredia v jednotlivých povodiach.

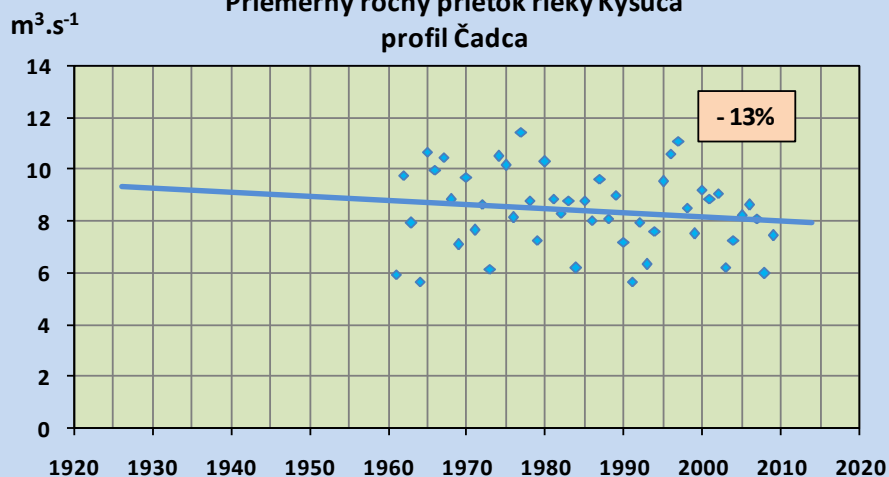
Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že trend priemerných ročných prietokov na Slovensku je klesajúci. Najmenší pokles evidujeme v povodiach na severe Slovenska na úrovni 13 % (rieka Kysuca – profil Čadca), v povodiach stredného a južného Slovenska je pokles citeľnejší, a to na úrovni 16 – 24 % (povodie Hrona – profil Banská Bystrica a povodie Slanej – profil Lenartovce).

Pokles priemerných ročných prietokov je výsledkom zhoršujúcej sa vodnej bilancie krajiny, najmä vplyvom zvyšujúceho sa výparu v dôsledku nárastu teplôt vzduchu.

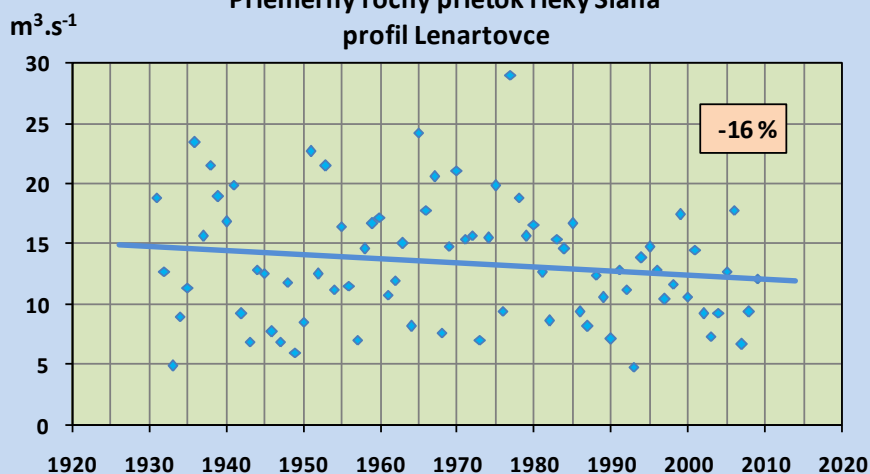
Priemerný ročný prietok rieky Hron
profil Banská Bystrica



Priemerný ročný prietok rieky Kysuca
profil Čadca



Priemerný ročný prietok rieky Slaná
profil Lenartovce



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

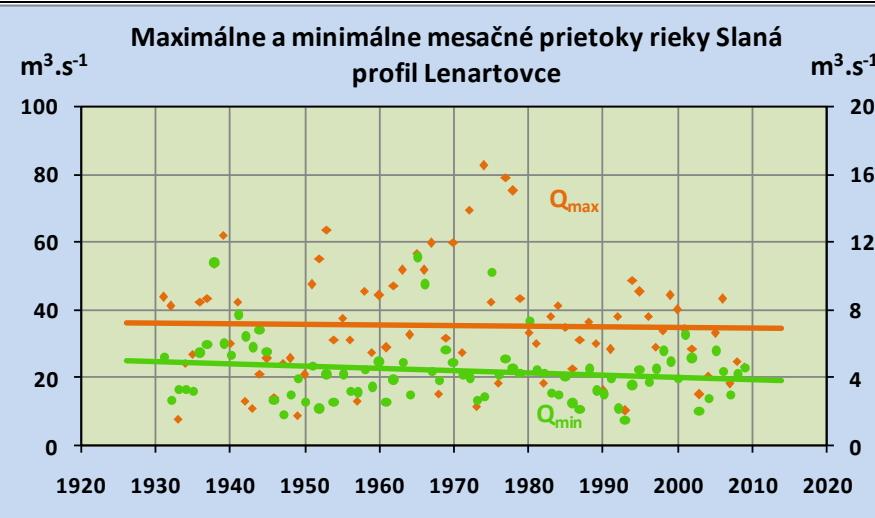
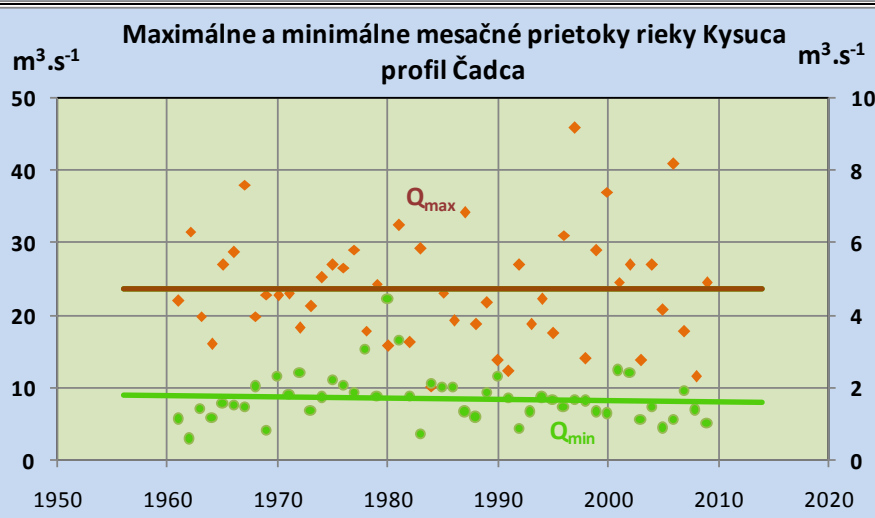
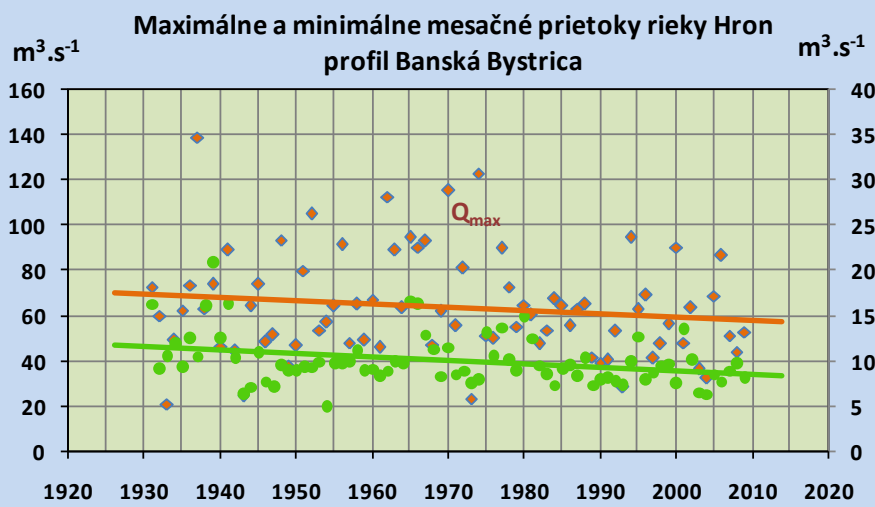
Hydrologické indikátory

Maximálne a minimálne mesačné prietoky

Režim maximálnych a minimálnych mesačných prietokov nám dáva obraz o rozptyle hodnôt odtoku na mesačnej úrovni.

Maximálne a minimálne mesačné prietoky vo všeobecnosti vykazujú miernejšie trendy poklesu r.fesp. Až stagnácie oproti priemerným ročným prietokom.

Najvýraznejší trend vykazuje povodie Hrona (profil Banská Bystrica), kde maximálne aj minimálne mesačné prietoky klesajú rovnakým trendom. V povodí Kysuce (profil Čadca) sa režim týchto prietokov prakticky nemení. V povodí Slanej vykazujú hodnoty minimálnych mesačných prietokov klesajúci trend, zatiaľ čo maximálne mesačné prietoky sa prakticky nemenia.



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Poľnohospodárstvo a lesníctvo

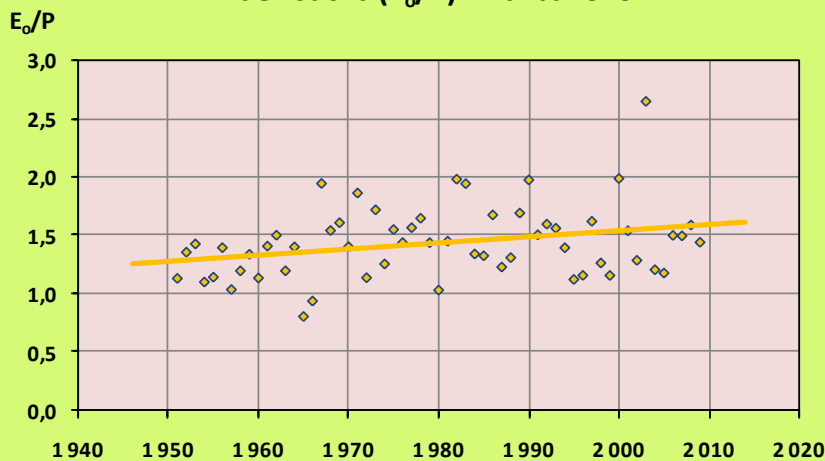
Index sucha

Index sucha E_o/P vyjadruje vzťah medzi energetickými možnosťami prízemnej vrstvy ovzdušia a zrážkovými vstupmi v uvažovanej oblasti. Index E_o/P dokáže veľmi citlivo reagovať na zmeny bioklimatických podmienok aj na relatívne malom území Slovenska. BUDYKO (1980 ex Škvarenina et al. 2009) uvádza, že ak je $E_o/P > 1$ územie začína mať arídny charakter (lesostep, step). Ak je hodnota indexu v intervale $0,3 < E_o/P < 1$ charakterizuje sa bióm ako lesný. Pri hodnote $E_o/P < 0,3$ má ekosystém charakter tajgy (tundry), v našom ponímaní aj horského lesa temperátnej zóny, uvedené rozdelenie plne platí aj na Slovensku.

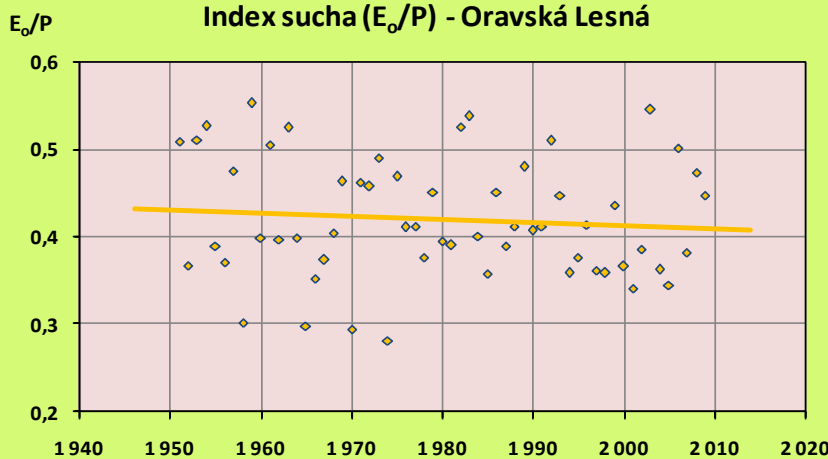
Hodnoty indexu sucha pre oblasť juhozápadného Slovenska (stanica Hurbanovo) ukazujú trend nárastu indexu sucha, ktorý sa za obdobie 1951-2009 zvýšil o hodnotu 0,3, pričom prakticky všetky hodnoty sú vyššie ako 1, čo svedčí o zvyšujúcej sa aridizácii tohto územia, čo platí pre celú južnú časť Slovenska. Je to spôsobené rastom potenciálnej evapotranspirácie a poklesom atmosférických zrážok.

Naproti tomu sever Slovenska sa vyznačuje miernou humidizáciou (pokles indexu sucha o hodnotu 0,1), predovšetkým z dôvodu rastu úhrnov atmosférických zrážok (stanica Oravská Lesná).

Index sucha (E_o/P) - Hurbanovo



Index sucha (E_o/P) - Oravská Lesná



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

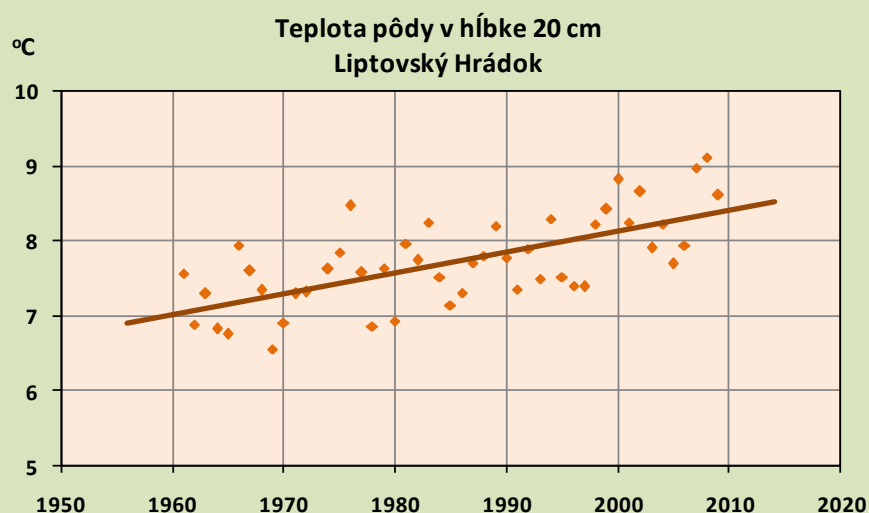
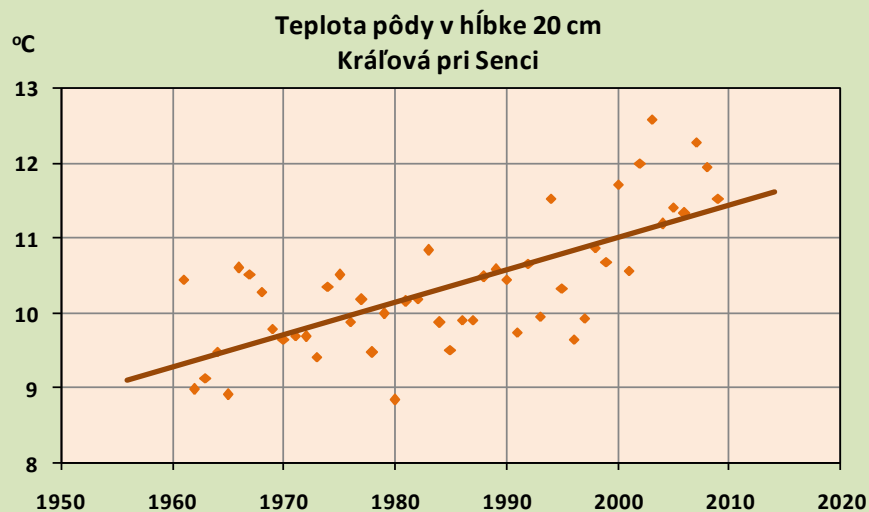
Meteorologický a bioklimatologický slovník definujú sucho z viacerých hľadísk. V princípe však ako stav nedostatku vody v pôde, rastlinách a atmosfére. Sucho predstavuje zložitý komplex činiteľov, ktorých pôsobením vzniká nedostatok vlhky a v poľnohospodárstve a lesníctve predstavuje významný poveternostný stresový faktor agrárnych a lesných ekosystémov. Možno povedať, že jeden z najvýznamnejších, nakoľko okrem priamych škôd prísuškami rastlín vyvoláva celý rad ďalších synergicky podmienených efektov (nadmerná transpirácia, úpal kôry, úhyn rastlín, predčasný opad asimilačných orgánov, predčasný nástup jesenných fenofáz rastlín, nedostatočný vývoj budúročných vegetatívnych a generatívnych púčikov, poškodzovanie a narušovanie jemných koreňových systémov, blokovanie mykorízy, obmedzenie mikrobiálnej činnosti pôdy a jej zakysľovanie, nadmerná eutrofizácia vôd, premnoženie biotických škodcov, lesné požiare a pod. (Mindáš, Škvarenina 2010)

Poľnohospodárstvo a lesníctvo

Teplota pôdy

Teplota pôdy je dôležitou bioklimatickou charakteristikou, ktorá má vplyv na pôdno-vlhkostný režim a mineralizačné a dekompozičné procesy v poľnohospodárskych a lesných pôdach.

Teplota pôdy závisí od meteorologických podmienok najmä žiarenia, teploty vzduchu, zrážok a snehovej pokrývky. Na celom území Slovenska pozorujeme trend nárastu teploty pôdy, ktorý je o niečo vyšší v teplejších oblastiach Slovenska: $+2^{\circ}\text{C}$ (stanica Kráľová pri Senci) oproti chladnejším oblastiam Slovenska: $+1,4^{\circ}\text{C}$ (stanica Liptovský Hrádok).



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Pôdna respirácia je kľúčovým komponentom globálneho uhlíkového cyklu a v súčasnosti, vzhľadom na vysoké uhlíkové zásoby v pôdach, je hlavným zdrojom neistôt pri bilanciách terestriálneho uhlíka v ekosystémoch. Pôdna a koreňová respirácia sú závislé na pôdnej teplote a pôdnej vlhkosti. Rast pôdnej teploty znamená nárast hodnôt pôdnej respirácie, a tým aj zvýšenú emisiu CO_2 z pôdy.

Poľnohospodárstvo a lesníctvo

Poškodenie lesov – vietor, sneh, námraza

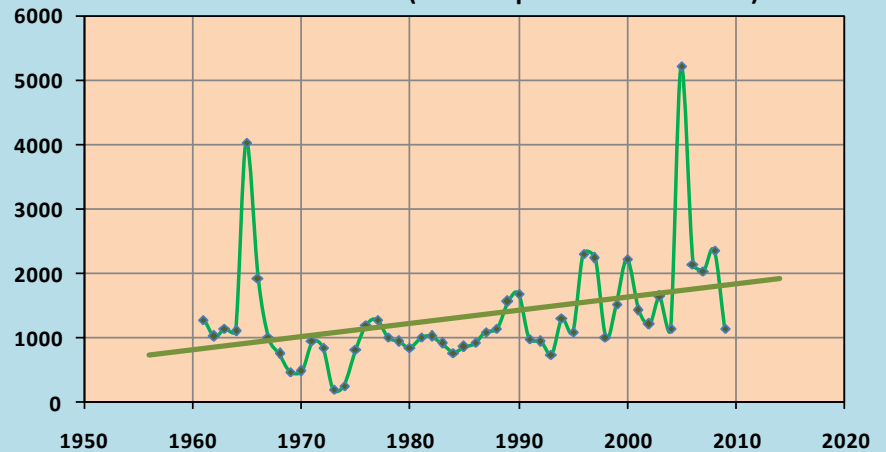
Zo samostatne pôsobiacich činiteľov každoročne najväčšie škody na lesných porastoch spôsobuje vietor. Zvyčajne ide o prepadavý typ vetra a dýzové efekty zrýchleného vzdušného prúdenia. Na rýchlosť vetra teda vplýva nielen pohyb vzdušných mäs s výrazne rozdielnym tlakom vzduchu, ale aj orografia terénu. Stromy sú vyvrátené s koreňmi alebo zlomené v rôznej časti kmeňa.

Poškodenie snehom v zimnom období sa vyskytuje predovšetkým u ihličnatých porastov do 50 rokov, ktoré sú ohrozené najmä ťažkým mokrým snehom. Poškodené stromy majú spravidla zlomené vrcholce v 2 – 3 m dĺžke; kalamita je zvyčajne rozptýlená.

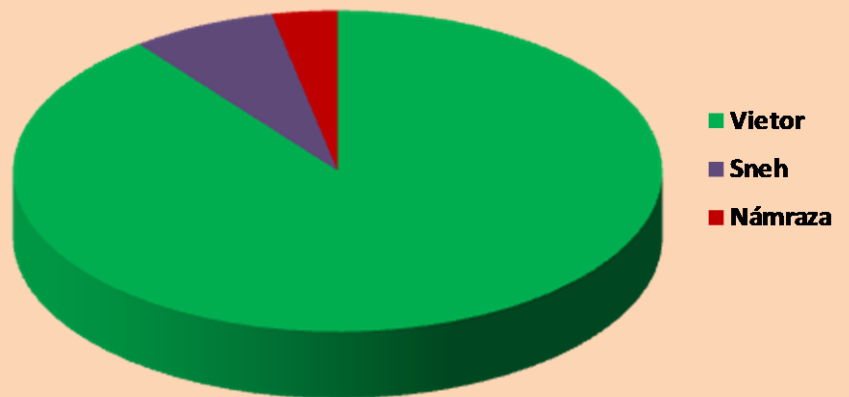
Poškodzovanie lesných drevín námrazou je špecifické najmä pre horské lesy, výnimočne sa vyskytne aj v nižších polohách.

Vývoj náhodných ťažieb spôsobených mechanicky pôsobiacimi abiotickými činiteľmi má jednoznačne stúpajúci trend najmä vďaka poškodzovaniu vetrom, ktorý sa na poškodzovaní podieľa takmer 80-timi percentami (Konôpka J., Konôpka B., 2009).

Vývoj náhodnej ťažby v dôsledku pôsobenia vetra, snehu a námrazy v lesoch Slovenska (v tis. m³ poškodeného dreva)



Podiel mechanicky pôsobiacich abiotických škodlivých činiteľov



Zdroj údajov: Lesnícka ochranná služba – NLC Zvolen

Maximálny objem vetrových náhodných ťažieb sa zaznamenal v roku 2005 (5,18 mil. m³ drevnej hmoty), čo bol dôsledok rozsiahlej vetrovej kalamity z novembra 2004 vo Vysokých a Nízkych Tatrách. Maximálny objem snehových náhodných ťažieb bol v r.2006 (460 tisíc m³, kalamita zo zimy 2005-2006). Z lesných drevín sú vetrom poškodzované najmä smrek a jedľa, v menšej miere buk. Pri snehu je najviac poškodzovanou drevinou borovica a smrek, menej buk a jedľa (Konôpka J., Konôpka B., 2009).

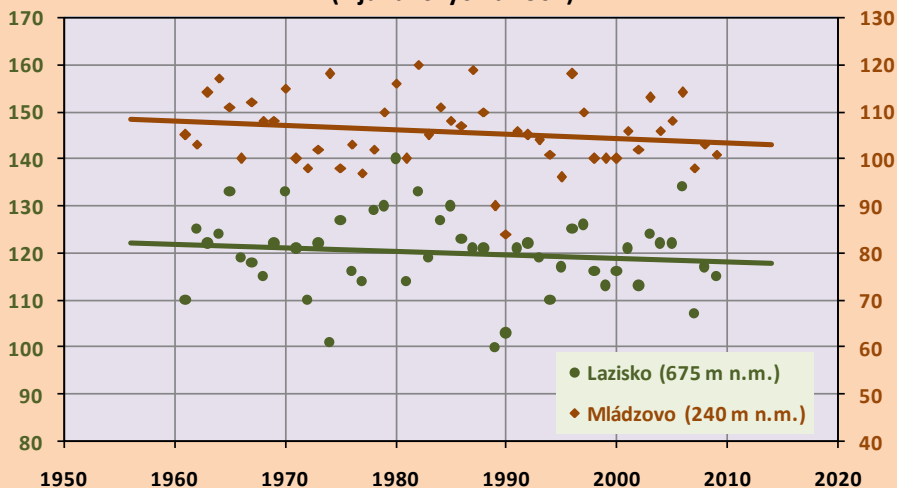
Ekosystémy

Životné prejavy rastlín (fenofázy)

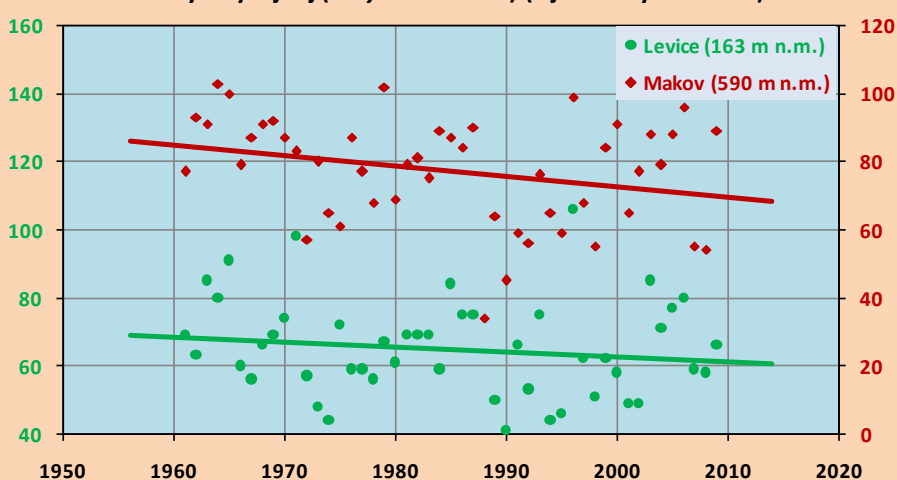
Väčšina našich rastlinných druhov, najmä dreviny, je viazaná vývojom svojich fenofáz na vývoj meteorologických podmienok v danom vegetačnom období. U väčšiny fenofáz, najmä jarných, je ich vývoj odrazom vývoja teplotných podmienok, preto je možné dlhodobé pozorovanie vybraných fenofáz použiť na indikáciu dlhodobých zmien klímy, najmä v oblastiach, kde priame klimatologické merania absentujú.

Ako indikátory sledovania zmien klímy sme vybrali druhy *Prunus spinosa* (trnka) a *Corylus avellana* (lieska) vo fáze kvitnutia. V prípade trnky je za obdobie 1961-2009 pozorovaný mierny pokles t.j. skorší nástup fenofáz na úrovni 3-6 dní, pričom väčší posun sa pozoroval v teplejších oblastiach (lokalita Mládzo). U liesky je tento efekt odlišný a výraznejší, väčší posun nastal v chladnejších oblastiach (lokalita Makov) o 14 dní, menej to bolo v teplejších oblastiach (Levice) o 8 dní.

**Vývoj fenofázy začiatku kvitnutia trnky (*Prunus spinosa*)
(v juliánskych dňoch)**



**Vývoj fenofázy začiatku kvitnutia samčích kvetov
liesky obyčajnej (*Corylus avellana*) (v juliánskych dňoch)**



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Fenológia je veda o priebehu periodicky sa opakujúcich životných prejavov organizmov a o vzťahu fenologických fáz k vývoju biometeorologických a ekologických podmienok. Fenologická fáza je významný, dobre pozorovateľný, periodicky sa opakujúci životný prejav rastlín alebo živočíchov, ktorý súvisí so striedaním ročných období.

Praktické aplikácie fenológie sú napr.: v boji proti škodcom, vo zvyšovaní produkcie semien, závlahovom hospodárstve, pri obnove lesa v mrazových a extrémnych polohách a iné. Fenológia napr. lesných drevín nachádza svoje uplatnenie aj pri monitorovaní zdravotného stavu lesov a bioindikácii zmien klímy v rámci dlhodobých pozorovaní.

Ľudské zdravie

Vlny horúceho počasia

Biometeorologické podmienky môžu pri špecifických podmienkach významne ovplyvniť aj človeka a jeho zdravie.

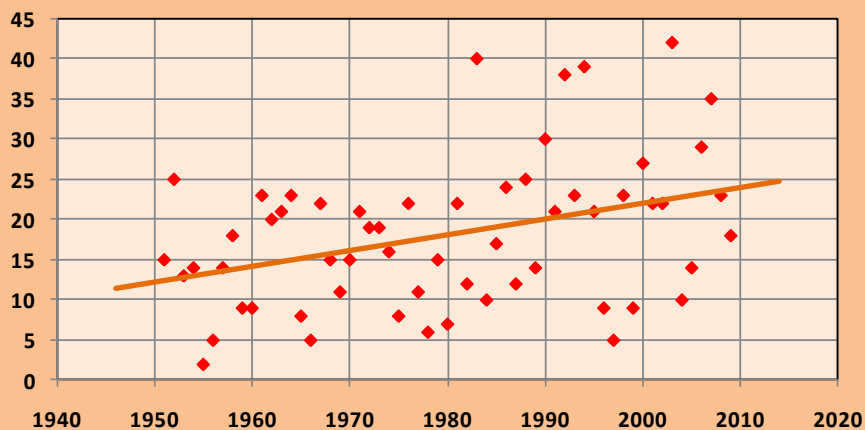
Jedným z biometeorologických faktorov, ktoré môžu spôsobiť značné zdravotné komplikácie, najmä u starších ľudí a ľudí s dýchacími a kardiovaskulárnymi problémami, sú periódy horúceho počasia s maximálnymi teplotami vzduchu nad 30 °C.

Horúce počasia spôsobuje u ľudí predovšetkým ohrozenie vodného režimu a prehriatie organizmu.

Celková dehydratácia a prehriatie organizmu môžu spôsobiť vážne zdravotné komplikácie. Netýka sa to len vonkajšieho priestoru, ale aj nedostatočne izolovaných a klimatizovaných budov. Stúpajúca teplota v miestnosti môže viesť okrem iného k poklesu výkonnosti a koncentrácie, spôsobiť bolesti hlavy, závrat, únavu, srdcové problémy alebo vysoký krvný tlak.

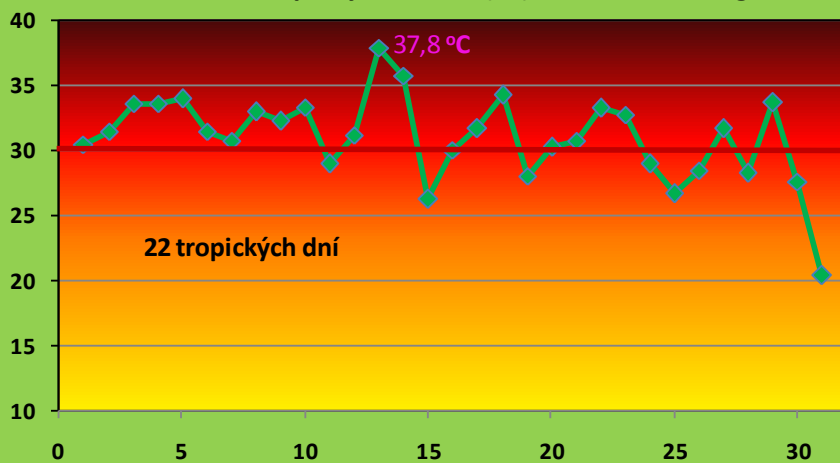
Ako ukazovateľ rizika vplyvu horúceho počasia na človeka sme vybrali počet tropických dní, ktorý má jednoznačne stúpajúcu tendenciu (Bratislava). Na Slovensku sú reálne ohrozené vlnami horúčav predovšetkým veľké mestské aglomerácie na juhozápadnom a južnom Slovensku, vzhľadom na vytváranie efektov tepelného mestského ostrova. Ako príklad doteraz „najhorúcejšieho“ mesiaca uvádzame august 2003 v Bratislave s 22 tropickými dňami.

Počet tropických dní v Bratislave



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Maximálne denné teploty vzduchu (°C) - Bratislava - August 2003



V auguste roku 2003 zasiahla západnú a strednú Európu vlna horúceho počasia, ktorá vo viacerých európskych mestách spôsobila markantné zvýšenie úmrtnosti prevažne starších ľudí vo veku nad 75 rokov. Najhoršia vlna horúčav (1.-20. august) zasiahla francúzske metropolu Paríž, kde sa úmrtnosť oproti priemeru zvýšila o 190 %, v celom Francúzsku o 55 %. Najohrozenejšou skupinou boli osamelo žijúce ženy (belošky) nad 75 rokov (Cadot et al. 2007).

Teploty vzduchu v Paríži, v tom čase prekračovali 40 °C. Najteplejšími časťami mesta boli zastavané a priemyselné komplexy (stred a juh Paríža), malé parky vykazovali oproti okoliu nižšie teploty o 2-3 °C a veľké parkové komplexy boli až o 4-5 °C chladnejšie. Modelové štúdie pre Paríž ukázali, že zvýšenie plochy parkovej vegetácie o 1 % by znížilo extrémny teplotný o 0,2 °C (Dousset et al., 2010)

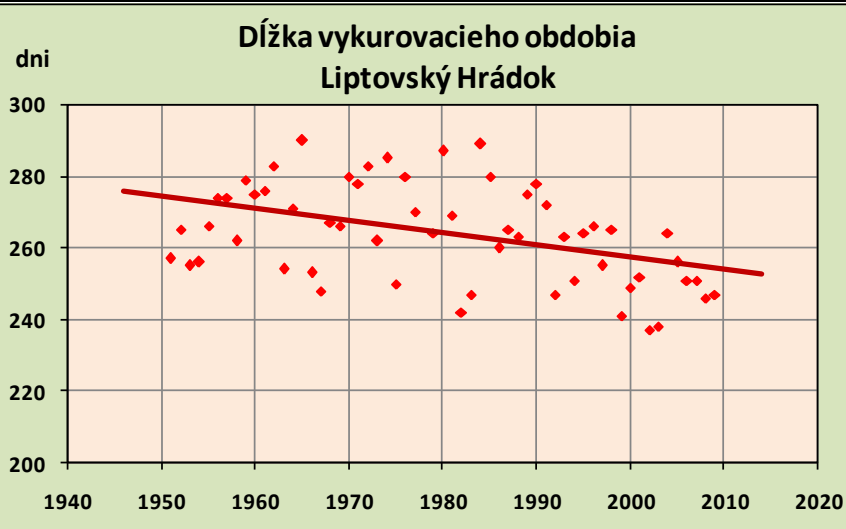
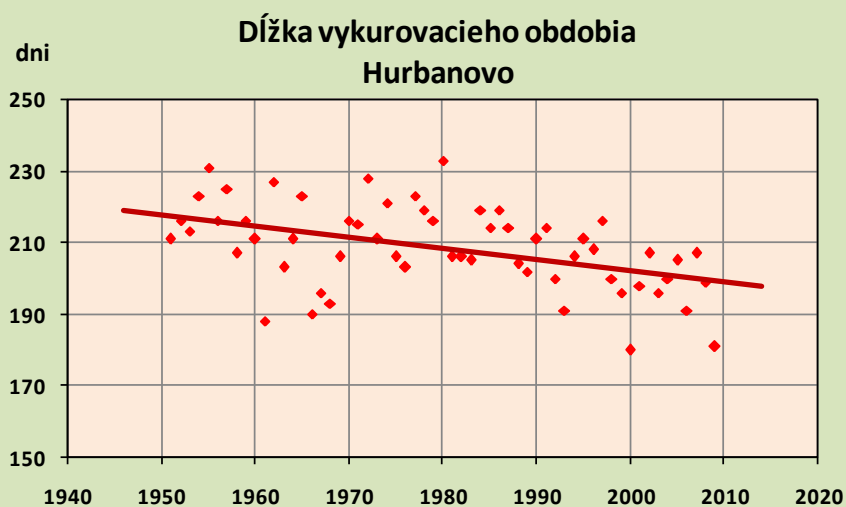
Ľudské aktivity - energetika

Dĺžka vykurovacieho obdobia

Dĺžka vykurovacieho obdobia je dôležitým ukazovateľom tepelného energetického hospodárstva pre zabezpečovanie vykurovania domov a bytov a je určovaná vonkajšou teplotou vzduchu.

V najteplejších oblastiach Slovenska sa dĺžka vykurovacieho obdobia pohybovala v rozpätí 190 – 230 dní v roku, pričom môžeme pozorovať jednoznačný trend poklesu dĺžky vykurovacieho obdobia, ktorá poklesla za obdobie 1951-2009 o 19 dní (lokalita Hurbanovo).

Podobne aj v severných oblastiach Slovenska (lokalita Liptovský Hrádok) sa dĺžka vykurovacieho obdobia skraca, a to za obdobie 1951-2009 o 20 dní.



Zdroj údajov: Slovenský hydrometeorologický ústav

Vykurovacie obdobie začína, ak vonkajšia priemerná denná teplota vzduchu vo vykurovacom období klesne počas dvoch za sebou nasledujúcich dní pod 13 °C a podľa predpovede vývoja počasia nemožno očakávať zvýšenie vonkajšej priemernej dennej teploty v nasledujúcom dni nad túto hodnotu. **Vykurovacie obdobie končí**, ak vonkajšia priemerná denná teplota vzduchu vo vykurovacom období vystúpi počas dvoch za sebou nasledujúcich dní nad 13 °C a podľa predpovede vývoja počasia nemožno očakávať pokles vonkajšej priemernej dennej teploty v nasledujúcom dni pod túto hodnotu.

Vykurovacie obdobie je spravidla od 1.9. do 31.5..

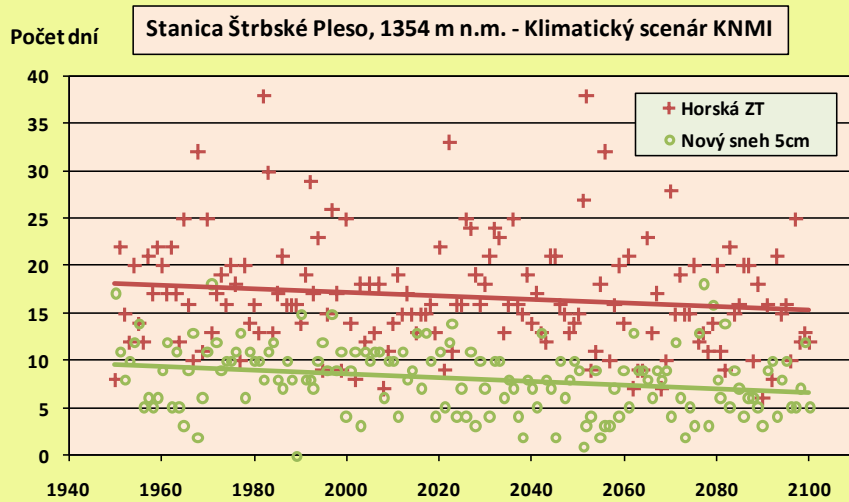
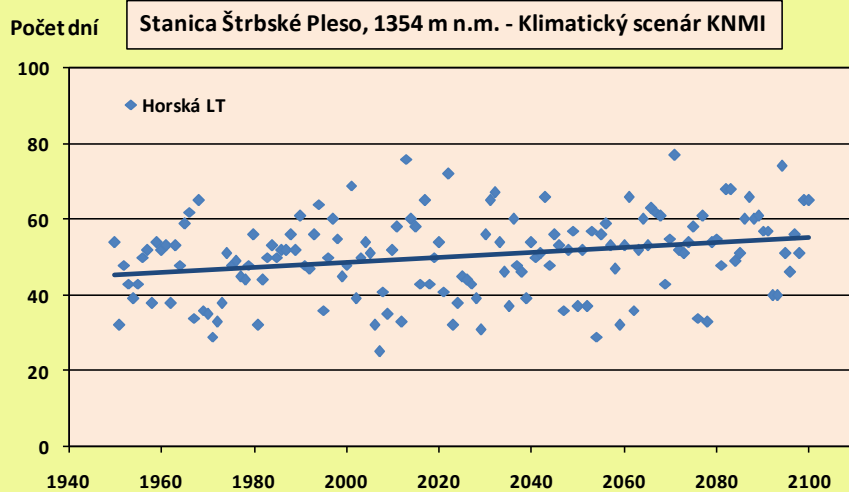
Ľudské aktivity - turizmus

Klimatické podmienky pre letnú a zimnú turistiku

Turizmus je dôležitou súčasťou národného hospodárstva a pre rozvoj vidieckych regiónov je kľúčovým faktorom ich socioekonomického rozvoja. Jedným z dôležitých limitujúcich faktorov rozvoja turistických voľnočasových aktivít sú aj klimatické podmienky, ktoré v dlhodobom rámci determinujú turistický potenciál danej lokality.

Analýza počtu dní s priaznivými podmienkami pre letnú horskú turistiku ukázala, že tento indikátor vykazuje pozitívny trend nárastu počtu týchto dní, a teda podľa scenárov zmeny klímy, môžeme predpokladať zvyšovanie (klimatického) potenciálu pre letné turistické aktivity v horských oblastiach Slovenska.

Naproti tomu, v zimnom období sa podmienky pre zimnú horskú turistiku budú zhoršovať, a to jednak z hľadiska snehových podmienok (pokles sneženia a vytvárania snehovej pokrývky) ako aj z hľadiska prevádzkovania horskej zimnej turistiky (alpské a bežecké lyžovanie, skialpinizmus a pod.).



Zdroj údajov: Lapin a kol. 2011

Klimaticky vhodné dni na turistiku

Letná turistika - hory

GR ≥ DP
rýchlosť vetra ≤ 3 m/s
úhrn zrážok ≤ 1 mm

Zimná turistika – hory

Tmin ≥ -10 °C
Tmax ≤ +5 °C
GR ≥ DP
rýchlosť vetra ≤ 3 m/s
úhrn zrážok ≤ 1 mm

Tmax – maximálna denná teplota
Tmin – minimálna denná teplota
Tmean – priemerná denná teplota
GR – globálne žiarenie
DP – dlhodobý priemer

Záver

Prezentované indikátory zmeny klímy ilustrujú aktuálne trendy vývoja klimatického a hydrologického systému na Slovensku ako aj trendy vývoja klimaticky podmienených indexov v oblasti poľnohospodárstva a lesníctva, ekosystémov, zdravia a ďalších ľudských aktivít, ktoré jednoznačne dokumentujú zmeny, ktoré sa udiali za posledných zhruba 60 rokov. Indikátory dokazujú, že časové zmeny majú identifikovateľnú trendovú zložku, ktorá súvisí s meniacimi sa podmienkami klímy na území Slovenska. Je na nás ako s týmito poznatkami naložíme a aké prijmeme opatrenia na minimalizáciu dopadov týchto zmien na hospodárstvo a obyvateľov Slovenska.

5. Dôsledky klimatickej zmeny vo vybraných sektoroch

5.1. Poľnohospodárstvo

5.1.1. Základné informácie

Poľnohospodárstvo je výraznou mierou ovplyvňované vonkajšími faktormi prostredia najmä pôdnoklimatickými podmienkami. Orná pôda zaberá 1,5 mil. ha, čo predstavuje 60% poľnohospodársky využívanej pôdy. Spôsob využitia pôdy závisí nielen od miestnych prírodných podmienok, ale ovplyvňujú ho viaceré iné faktory, napr. dopravná vzdialenosť od odberateľov, mechanizácia a automatizácia výroby. Iným typom zón sú vinohradnícke a chmeliarske oblasti. Základom poľnohospodárskej výroby je rastlinná výroba. Ešte v 90-tych rokoch bola štruktúra rastlinnej výroby pomerne stabilná. Zhruba polovicu osevnej plochy tvorili obilniny (pšenica, jačmeň, raž, ovos), 25-30% plochy tvorili krmoviny a krmne okopaniny (ďatelina, lucerna, krmná a cukrová repa) a zvyšok tvorili technické plodiny (najmä olejiny), zemiaky a zelenina. Po vstupe Slovenska do Európskej únie sa štruktúra rastlinnej výroby postupne mení, vzhľadom na uplatňovanie niektorých princípov spoločnej poľnohospodárskej politiky EÚ. Stúpa podiel technických plodín, najmä olejín, znižuje sa výmera osevnej plochy zemiakov, strukovín a zeleniny. Nerovnováha na komoditných poľnohospodárskych trhoch spôsobuje značné medziročné zmeny v osevných plochách.

Živočišna výroba na svoju produkciu spotrebuje veľkú časť rastlinnej výroby, čiže je energeticky náročnejšia. Chov hospodárskych zvierat sa sústreďuje hlavne do veľkovýkrmní. Čiastočné uvoľnenie cien potravinárskych produktov sa prejavilo najmä na zvýšení cien výrobkov živočišnej výroby. Odrazilo sa to aj v postupnom znížení celkovej trhovej produkcie živočišnej výroby.

Výmera **využívanej poľnohospodárskej pôdy** sa dlhodobo znižuje, v súčasnosti predstavuje okolo 1,9 milióna hektárov. Pokles výmery poľnohospodársky využívanej pôdy súvisí hlavne s urbanizačným tlakom a výstavbou infraštruktúry (napr. diaľnice), ale aj s postupnou premenou poľnohospodárskych pozemkov na lesné pozemky, najmä v horských a podhorských oblastiach v dôsledku útlmu poľnohospodárskych aktivít v krajine.

Výmera prenajatej poľnohospodárskej pôdy predstavovala 82 % z celkovej pôdy. **Trh s pôdou** je pomalý dôsledku nevyrovnaných vlastníckych vzťahov k pozemkom. V súčasnosti je viac ako 360 tis. ha pôdy neznámych vlastníkov. Výmera ekologicky obrábanej pôdy v súčasnosti dosahuje úroveň 7,5 % na poľnohospodársky využívanej pôde. **Zamestnanosť** v poľnohospodárstve sezónne kolíše, v súčasnosti poľnohospodárstvo zamestnáva okolo 65 tisíc osôb. Postupne stúpa počet pracovníkov v stredných a starších vekových kategóriách, vo vzdelanostnej štruktúre pozvoľne klesá počet pracovníkov so základným vzdelaním, vyučených a so stredoškolským vzdelaním a mierne sa zvyšuje počet s vysokoškolským vzdelaním.

5.1.2. Dôsledky klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo

Poľnohospodárstvo veľmi citlivo reaguje na variabilitu klímy a extrémny počasie, akými sú suchá, silné búrky a záplavy. Ľudská činnosť už ovplyvnila chemické a fyzikálne atmosférické vlastnosti, akými sú teplota, zrážky, koncentrácia oxidu uhličitého (CO₂) a prízemného ozónu a očakáva sa, že táto tendencia bude ďalej pokračovať (IPCC, 2007). Rastlinná výroba môže mať úžitok z teplejšej klímy, ale zvýšenie výskytu sucha, záplav a horúčav bude predstavovať výzvu pre pestovateľov. Globálne klimatické zmeny môžu spôsobiť, že sa niektoré regióny stanú nevhodné pre pestovanie plodín.

Faktory, ktoré spájajú globálne klimatické zmeny a poľnohospodársku produkciu:

- nárast priemernej teploty vzduchu
- zmeny úhrnov a rozloženia atmosférických zrážok,
- stúpajúca koncentrácia CO₂,
- úroveň znečistenia ovzdušia (napr. troposférickým ozónom, PM 2,5 a PM10),
- zmena v klimatickej variabilite a výskyt extrémnych udalostí

Predpokladané globálne klimatické zmeny sa v podmienkach Slovenska budú premietat' hlavne do zmeny teplotnej a vlhovej zabezpečnosti rastlinnej výroby, zmeny fenologických pomerov, zmeny fyzikálnych a chemických vlastností pôd, zmeny podmienok prezimovania a zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín (Špánik, Šiška et al., 2004; Šiška, Takáč, 2009).

Nárast priemernej teploty vzduchu môže predĺžiť vegetačné obdobie v oblastiach s relatívne chladnou jarou a jeseňou, nepriaznivo ovplyvniť úrody v oblastiach, kde už letné horúčavy limitujú produkciu, zvýšiť intenzitu výparu z pôdy a zvýšiť možnosť výskytu silného sucha (IPCC, 2007a). Pre vegetačné obdobia ohraničené fyziologicky významnými teplotami všeobecne platí skorý nástup a posun ukončenia a tým aj ich predĺženie (Šiška, Špánik, Tomlain, 2000, Šiška, Takáč, 2009). Zmena atmosférických podmienok prostredia sa prejavuje v živých systémoch veľmi rôznorodo a komplexne. Odozva dôsledkov zmeny klímy v sektore poľnohospodárstva môže byť v podmienkach SR vnímaná tak ako jav pozitívny, tak aj negatívny. Zvýšené teploty a atmosférické zrážky môžu podporiť rast úrod v jednej oblasti, ale môžu tiež vytvoriť zóny sucha a zvýšiť riziko erózie na inom mieste. Pôda môže aj absorbovať CO₂ z atmosféry (sequestrácia uhlíka) a tak zmierniť globálne otepľovanie, ale zvýšené teploty môžu podporiť aj rozklad biomasy a tak zvýšiť emisie CO₂, oxidu dusného a metánu.

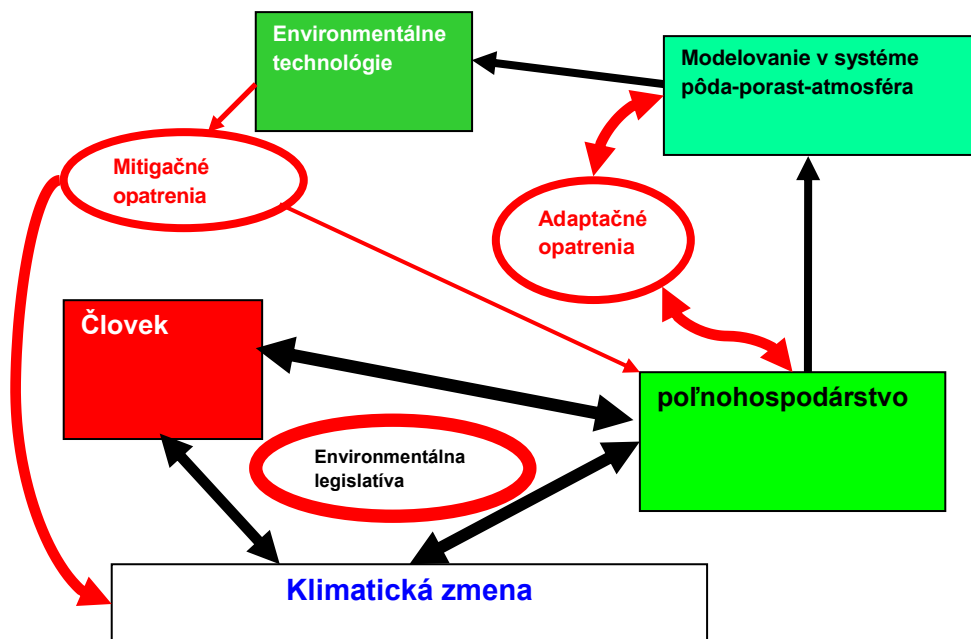
O sektore poľnohospodárstva sa vo vzťahu ku klimatickej zmene píše skôr ako o sektore, ktorý bude poznačený jej dôsledkami. Menej sa zdôrazňuje, že tento sektor je aj zdrojom emisií plynov, ktoré klimatickú zmenu vyvolávajú, najmä metánu (CH₄), oxidu dusného (N₂O) a amoniaku (NH₃).

Postavenie poľnohospodárstva vo vzťahu ku klimatickej zmene má teda dve polohy:

- 1, je zdrojom emisií niektorých skleníkovu aktívnych plynov
- 2, je odvetvím, ktoré znáša negatívne dôsledky klimatickej zmeny

Preto sa rozlišujú aj 2 skupiny opatrení na zmiernenie negatívnych dôsledkov klimatickej zmeny:

1. Mitigačné opatrenia - ich cieľom je znížiť možné emisieskleníkových plynov a amoniaku
2. Adaptačné opatrenia – ich cieľom je prispôbiť a pripraviť sa možným podmienkam klimatickej zmeny



Obr. 7 Vzťah adaptačných a mitigačných opatrení ku klimatickej zmene a environmentálnym problémom

Obidve skupiny opatrení sú súčasťou stratégie Medzivládneho panelu pre klimatické zmeny v boji proti klimatickým zmenám (IPCC, 2007).

Na Slovensku boli v uplynulom desaťročí predmetom výskumu predovšetkým modelové štúdie možných zmien agroklimatických podmienok, analýza produkcie poľných plodín v podmienkach klimatickej zmeny ako aj testovanie možných adaptačných opatrení na zmiernenie jej negatívnych dôsledkov. Vyhodnotené boli aj emisie skleníkového aktívneho plynu z poľnohospodársky využívaných plôch a chovov hospodárskych zvierat. V rámci Slovenska bola špeciálna pozornosť venovaná Podunajskej nížine. V rámci správnej poľnohospodárskej praxe boli tiež zohľadnené mitigačné opatrenia s priamym prepojením na legislatívne opatrenia. Uvedeným skutočnostiam je prispôbená aj štruktúra správy.

Dôsledky klimatickej zmeny na regionalizáciu rastlinnej výroby

Meteorologické a fenologické údaje k riešeniu etapy boli hodnotené pre dve obdobia z definovanou koncentráciou CO₂ v atmosfére podľa tabuľky 6.

Tab. 6 Predpokladané zmeny koncentrácie CO₂ pre hodnotené časové horizonty

Koncentrácia CO ₂		Časový horizont
1xCO ₂	330 ppm	1961 – 1990
2xCO ₂	660 ppm	2071 – 2100

Klimatické údaje pre riešenie úlohy za referenčný rad rokov (pre úroveň koncentrácie 1xCO₂) boli získané z databázy SHMÚ v Bratislave. Pre stanovenie energetickej a vlhovej zabezpečnosti, fenologických pomerov a agroklimatického produkčného potenciálu bolo vybrané trvanie veľkého vegetačného obdobia. Veľké vegetačné obdobie (VVO) je ohraničené biologickým teplotným minimom (denným priemerom teploty vzduchu T_{≥5,0} °C). VVO svojim trvaním determinuje aj obdobie vegetačného pokoja (OVP), ktoré

ohraničuje priemerná denná teplota vzduchu nižšia ako biologické teplotné minimum ($T < 5,0$ °C). Nástup a ukončenie VVO boli stanovené numerickou metódou podľa Noseka, (1972). V tomto intervale bolo spočítané: fotosynteticky aktívne žiarenie (PAR v $kWh \cdot m^{-2}$), suma priemerných denných teplôt ($TS5$ v °C), úhrn atmosférických zrážok (R v mm), evapotranspirácia (E v mm) a z nich odvodené charakteristiky.

K analýzám vplyvu klimatickej zmeny na fenologické pomery VVO na Slovensku boli vytypované klimatické stanice tak, aby plošne rovnomerne pokrývali územie Slovenska do nadmorskej výšky ohraničujúcej možnú poľnohospodársku výrobu – 900 m n.m. Tieto analýzy reprezentujú približne 45000 km^2 územia SR.

Výber klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov a zabezpečenia vegetačného obdobia poľných plodín klimatickými prvkami je uvedený v tab. 1.2. Stanice reprezentujú územie SR z hľadiska v súčasnosti definovaných výrobných typov rastlinnej výroby.

Klimatické údaje z vybraných klimatických staníc pre obdobie rokov s koncentráciou $2xCO_2$ podľa scenárov klimatickej zmeny boli spracované podľa výsledkov modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM20 (SRES B2) (MELO, 2001).

Tab. 7 Zaradenie vybraných klimatických staníc pre hodnotenie zmien fenologických pomerov poľných plodín podľa výrobných typov rastlinnej výroby

Výrobná oblasť	Nadmorská výška v m n. m.	Klimatická stanica	Nadmorská výška v m n.m.
Kukuričná	<200	Somotor	100
		Hurbanovo	115
		Nitra	143
		Piešťany	165
		Kamenica n/C.	178
Repárska	200 – 350	Rimavská Sobota	214
		Prievidza	260
		Košice	230
		Sliač	330
Zemiakarská	300 – 650	Bardejov	304
		Sliač	330
		Liptovský Hrádok	640
Horská	>600	Liptovský Hrádok	640

Vstupné údaje pre GIS analýzy tvorilo bodové pole predstavujúce sieť meteorologických staníc na území SR. Pomocou interpolačnej techniky boli vypočítané priestorové zmeny jednotlivých priemerných hodnôt klimatických údajov. Pri spracovávaní daných podkladov bola využitá interpolačná technika regularizovaný spline s tenziou a kriging. Na základe plošnej analýzy pomocou GIS boli vyhodnotené priestorové zmeny klimatických ukazovateľov pre podmienky klímy $1xCO_2$ a $2x CO_2$.

Trvanie vegetačného obdobia

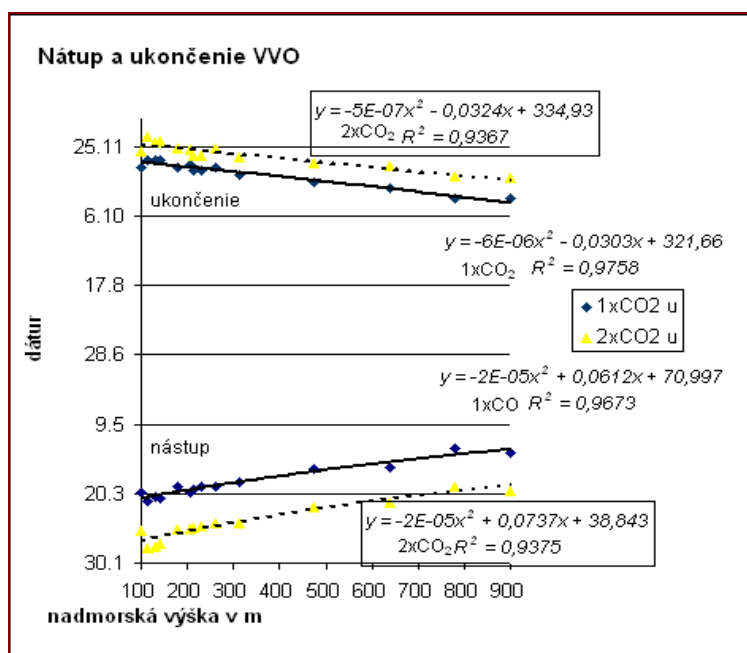
Z výsledkov riešenia vyplýva, že extrémny nástupu, ukončenia a trvania VVO na území Slovenska ohraničujú južné – najnižšie polohy Slovenska obyčajne reprezentované

klimatickou stanicou Hurbanovo a najvyššie položené polohy reprezentované klimatickou stanicou Telgárt.

Na základe analýzy jednotlivých rokov vyplýva, že ku koncu hodnoteného obdobia môže v podmienkach Podunajskej nížiny veľké vegetačné obdobie pretrvávať aj počas celej zimy. Táto skutočnosť môže nepriaznivo ovplyvniť prezimovanie niektorých ovocných drevín. Smerom na sever, hlavne vplyvom vzostupu nadmorskej výšky sa nástup VVO postupne urýchľuje, ukončenie oneskoruje a trvanie výrazne mení. Z priebehu trendových čiar nástupu a ukončenia VVO vyplýva (obr.8), že výraznejším zmenám budú podliehať termíny začiatku VVO, keď v celom výškovom profile možno očakávať v podmienkach klímy 2xCO₂ uskorenie asi o 28 dní v porovnaní s podmienkami klímy 1xCO₂.

Táto skutočnosť má závažné dôsledky pre prezimujúce porasty poľných plodín (pšenica letná forma ozimná (*Triticum vulgare* L.), kapusta repková pravá forma ozimná (*Brassica napus* L.), nakoľko posúva ich vegetačné obdobie do mesiacov z nižším príkonom žiarenia, čo negatívne ovplyvňuje potenciál tvorby ich biomasy.

Trvanie VVO typického pre kukuričnú výrobnú oblasť v referenčnom období 1xCO₂ - 235 dní a viac reprezentovalo asi 34 % celkovej plochy výrobných oblastí, v podmienkach klímy 2xCO₂ sa bude vyskytovať prakticky na celej ploche, pričom trvanie VVO v najnižších polohách Podunajskej nížiny, Východoslovenskej nížiny a Záhoria presiahne v priemere 275 dní.



Obr. 8 Závislosť nástupu a ukončenia VVO od nadmorskej výšky pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂ vo výškovom profile SR

Zmeny teplotných pomerov vo VVO

Teplota ako základná charakteristika energetickej zložky prostredia podmieňuje fotosyntézu, dýchanie, príjem živín, a iné procesy, ktoré rozhodujú a produkcii organickej hmoty – úrody. Charakteristiky teploty boli preto povýšené do kategórie ukazovateľov rajonizácie poľnohospodárskej rastlinnej výroby.

Tab. 7 Zabezpečenie VVO fotosynteticky aktívnym žiarením (PAR), teplotnou sumou (TS5) a zrážkami (R) pre výrobné oblasti rastlinnej výroby a podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂

Výrobná oblasť	PAR [kWh.m ⁻²]		R [mm]		TS5 [°C]	
	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂	1xCO ₂	2xCO ₂
Kukuričná	460 – 500	510 – 560	400 – 460	500 – 530	3200 - 3400	4000 - 4400
Repárska	435 – 460	485 – 510	460 -510	530 -580	2900- 3200	3650 – 4000
Zemiakarská	400 – 435	465 – 485	510 -560	580 -650	2300 - 2900	3150 – 3650
Horská	<400	<465	>560	>650	<2300	<3150

Predpokladané otepľovanie výrazne ovplyvní aj súčasnú regionalizáciu poľnohospodárskej výroby a pásmovitosť rozmiestnenia poľných i záhradníckych plodín. V južných - najnižšie položených častiach Slovenska sa TS5 zvýši v podmienkach klímy 2xCO₂ (Stanica Hurbanovo) o 22 %, smerom k vyššie položeným oblastiam Slovenska však relatívne zabezpečenie VVO teplotnými sumami rastie a dosahuje zvýšenie až o 45 %. Z priestorových zmien rozloženia TS5 na Slovensku pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂ vyplýva, že v podmienkach klímy 1xCO₂ TS5>3200 °C bola dosahovaná na ploche 12 880 km² (27 %). V podmienkach klímy 2xCO₂ tieto parametre bude spĺňať viac ako 35 000 km² územia SR, čo predstavuje viac ako 80 % hodnoteného územia. To umožní posun pestovania teplotne náročnejších plodín z dnešných podmienok Podunajskej a Východoslovenskej nížiny až do polôh kotlín Liptova a Turca (posun z 200 m na 650 m).

Príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia (PAR)

Slnčné žiarenie fotochemickými účinkami vyvoláva v rastlinných orgánoch syntetické reakcie v procese fotosyntézy podmieňujúce tvorbu úrod a fyzikálnymi účinkami tieto procesy urýchľuje, alebo spomaľuje. Z fyziologického hľadiska k najúčinnjším charakteristikám sa radí fotosynteticky aktívne žiarenie (PAR), ktoré sa v podstate zhoduje s viditeľným žiarením – svetlom.

V zmysle použitých regionálnych výstupov scenárov klimatickej zmeny príkon žiarenia v podmienkach meniacej sa klímy nepodlieha tak dramatickým zmenám ako iné klimatické prvky. Všeobecne platí, že sumy PAR za VVO na Slovensku v podmienkach klímy 2xCO₂ narastajú. Vplýva na to hlavne faktor času, teda predlžovanie VVO vplyvom uskorenia nástupu a oneskorenia ukončenia, ale tiež zmena oblačnosti spôsobená zmeneným režimom vlhkosti vzduchu.

V južných, najnižších polohách Slovenska sa PAR za VVO v podmienkach klímy 2xCO₂ zvýši o 49 kWh.m⁻², t.j. o 10 %, v najvyšších poľnohospodársky využívaných polohách o 60 kWh.m⁻², t.j. o 15 %.

V podmienkach klímy 1xCO₂ v najteplejších oblastiach SR boli dosahované hodnoty PAR>475 kWh.m⁻² na ploche 13 573 km² (30 %), v podmienkach klímy 2xCO₂ tieto parametre bude spĺňať viac ako 28 300 km² územia SR, čo predstavuje viac ako 63 % hodnoteného územia. Všetky poľnohospodárske výrobné typy by v podmienkach klímy 2xCO₂ mali byť zabezpečené počas VVO príkonom PAR>450 kWh.m⁻².

Zmena zabezpečenia rastlinnej výroby atmosférickými zrážkami (R)

Voda je základnou stavebnou zložkou rastlinných orgánov v ktorých plní významné životné funkcie. V bunkách rastlín vytvára disperzné prostredie pre koloidné plazmy, v ktorých prebiehajú všetky biochemické procesy látkovej výmeny, rastu a ďalšie procesy ich životnej činnosti. Voda sprostredkováva transport živín i vznikajúcich zlúčenín. Významnou je tiež jej termoregulačná funkcia. Voda má preto v agroklimatickej rajonizácii nezastupiteľnú funkciu.

Podľa modelu CCCM20 predpoklady zmien zrážkových úhrnov jednotlivých mesiacov roka nie sú rovnaké. Rozdiely v úhrnoch zrážok sú tiež určené nadmorskou výškou hodnoteného územia. Pri hodnotení zrážkových úhrnov za VVO pôsobí však, podobne ako aj pri ostatných charakteristikách, faktor času. Za predlžujúce sa vegetačné periódy nahromadí sa vyšší zrážkový úhrn.

V podstate platí na Slovensku vzrast zrážkových úhrnov pre podmienky klímy $2xCO_2$, na nížinách južného a východného Slovenska je to o 65 - 80 mm, t.j. o 15 - 20 % na severnom Slovensku o 65 - 128 mm, t.j. o 12 - 20 %.

Zabezpečenie VVO zrážkami rastie a v podmienkach klímy $2xCO_2$ by mali všetky výrobné oblasti dostávať atmosférické zrážky $Z > 480$ mm. Táto skutočnosť by mala priaznivo ovplyvniť produkčný potenciál plodín využívajúci teplotné podmienky VVO (napr. hustosiate obilniny, krmoviny a trvalé trávne porasty).

Zmeny evapotranspirácie

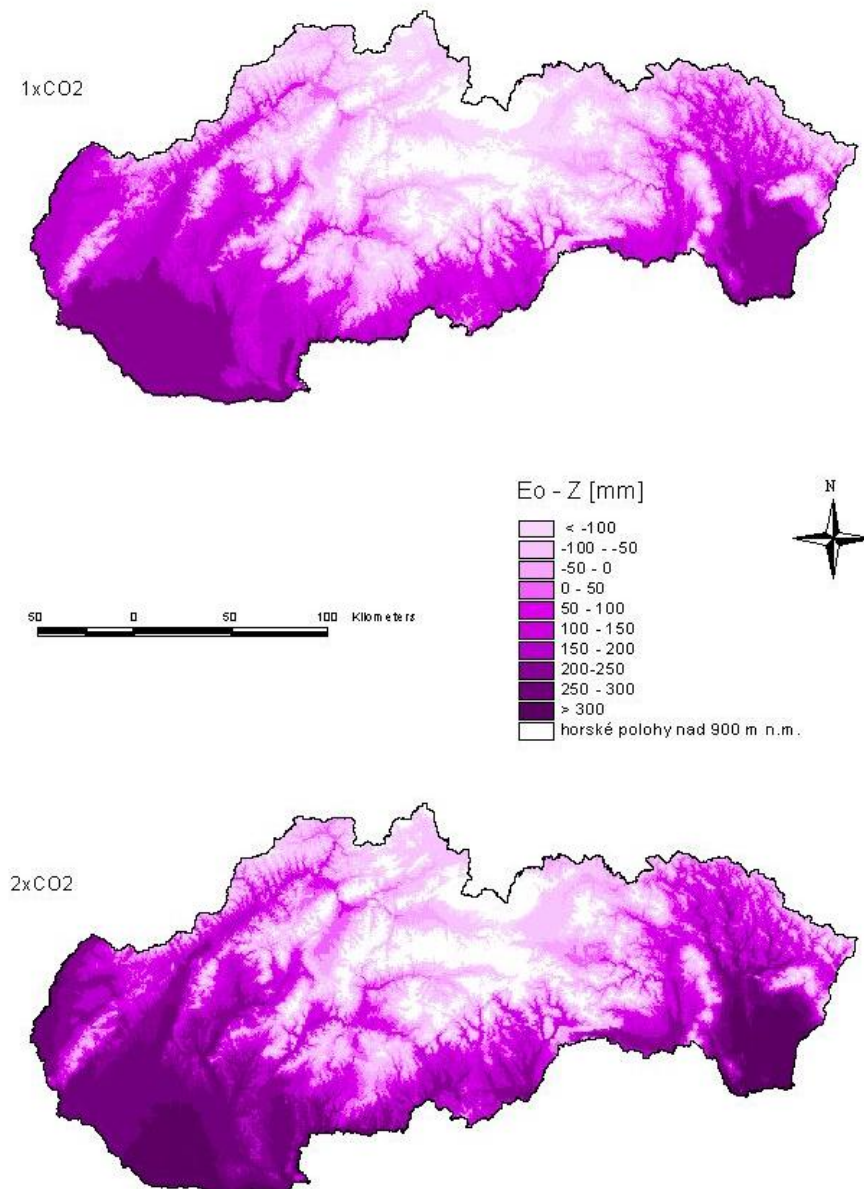
Evapotranspirácia ako významná zložka vodnej bilancie prostredia je vhodným ukazovateľom pre posúdenie vlhových pomerov územia v časopriestorovom vyjadrení. Zatiaľ čo potenciálna evapotranspirácia môže byť využitá ako ukazovateľ pre stanovenie potreby vody pri maximálnej produktivite ekosystémov (ŠIŠKA, 1992), presné stanovenie aktuálnej evapotranspirácie môže viesť k veľmi presným stanoveniam produkcie biomasy (VIDOVIČ, NOVÁK 1985). Predpokladané zvyšovanie teploty vzduchu, ale aj predlžovanie VVO spôsobujú jednoznačne rast E_0 v podmienkach klímy $2xCO_2$ na celom území Slovenska. Na juhu Slovenska vzrastie E_0 za VVO o 150 mm, t.j. o 23 %, na severe až o 127 mm, t.j. o 30 % (Telgárt). Na celom poľnohospodársky využiteľnom území možno očakávať $E_0 > 500$ mm, v najteplejších územiach SR (juh Podunajskej nížiny a najnižšie polohy Východoslovenskej nížiny) možno očakávať úhrny E_0 prevyšujúce 800 mm. Tak vysoké úhrny E_0 vyvolávajú potrebu efektívneho hospodárenia s vodnými zdrojmi a budovanie závlah na väčšine územia SR ak sa má eliminovať nepriaznivý dosah zvýšeného výparu na tvorbu úrod.

Tab. 8 Úhrny potenciálnej evapotranspirácie (E_0) a klimatickej vodnej bilancie (E_0-R) vo VVO pre výrobné oblasti rastlinnej výroby a podmienky klímy $1xCO_2$ a $2xCO_2$

Výrobná oblasť	E_0 [mm]		E_0-R [mm]	
	$1xCO_2$	$2xCO_2$	$1xCO_2$	$2xCO_2$
Kukuričná	600 – 660	720 – 810	150 – 220	200 – 300
Repárska	550 – 600	650 – 720	50 – 150	110 – 200
Zemiakarská	450 – 550	570 – 650	-80 – 50	-50 – 110
Horská	<450	<570	<-80	<-50

Klimatická vodná bilancia a jej zmeny

Úhrny atmosférických zrážok (R v mm), potenciálna evapotranspirácia (E_0 v mm) a klimatická vodná bilancia ($E_0 - R$ v mm) boli aj v stredoeurópskom priestore predmetom štúdia viacerých autorov v poslednom období (DUBROVSKÝ et al., 2009, HLÁSNÝ, BALÁŽ 2008, TOMLAIN, 1997, TOMLAIN et al., 2003, TRNKA et al., 2007), čiastočne boli hodnotené aj v kontexte poľnohospodárskych výrobných oblastí, resp. vegetačných stupňov na Slovensku (ŠIŠKA, TAKÁČ 2006, ŠKVARENINA et al., 2008).



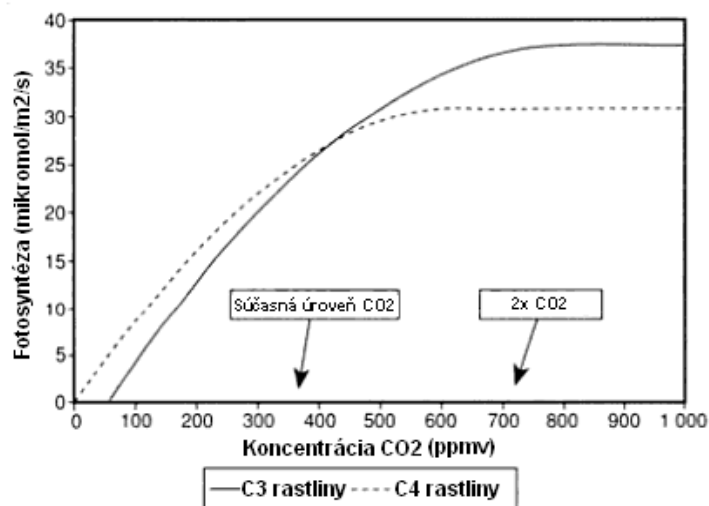
Obr. 9 Klimatická vodná bilancia ($E_0 - Z$) v mm vo veľkom vegetačnom období (VVO) pre podmienky klímy $1xCO_2$ a $2xCO_2$ (podľa CCCM20) na území SR

Dostupnosť vody pre poľnohospodársku prvovýrobu je v krajinnom priestore možno hodnotiť viacerými ukazovateľmi. V rámci agroklimatického členenia Slovenska bol pre účely agroklimatickej rajonizácie zavedený klimatický ukazovateľ zavláženia, ktorý je rozdielom medzi potenciálnou evapotranspiráciou a zrážkami v troch letných mesiacoch (KURPELOVÁ et al., 1975). Vzhľadom k skutočnosti, že v podmienkach meniacej sa klímy sa výskyt letných dní posúva v závislosti od nadmorskej výšky ako do jarných, tak aj jesenných mesiacov, rozdiel medzi potenciálnou evapotranspiráciou a zrážkami bol hodnotený počas celého trvania vegetačného obdobia. Vo VVO sa tento ukazovateľ vo výškovom profile SR výrazne mení tak ako sa menia úhrny E_0 a R . V podmienkach klímy $2xCO_2$ boli zistené rozdiely v náraste tohto ukazovateľa v teplejších podmienkach južného Slovenska v priemere o 70 mm (t.j. +30 %). Nulové hodnoty ukazovateľa sa posunú z úrovne 550 na 650 m n. m. Vývoj sucha definovaného týmto ukazovateľom dobre popisuje obr. 2. Ak v referenčnom časovom intervale rokov 1961 -1990 boli nedostatkom vody počas VVO postihované územia na ploche 21 300 km², tak v podmienkach zmenenej klímy ($2xCO_2$) sa takéto územia vyskytnú na ploche 30300 km², čo je nárast o 42%. V podmienkach zmenenej klímy významná časť územia (8800 km²) v poľnohospodársky najvýznamnejších oblastiach bude charakterizovaná priemerným deficitom $E_0-R > 250$ mm. Takéto deficity sa v podmienkach klímy $1xCO_2$ prakticky nevyskytovali.

2. Modelové hodnotenie dôsledkov zmeny klímy a možných opatrení na rastlinnú výrobu

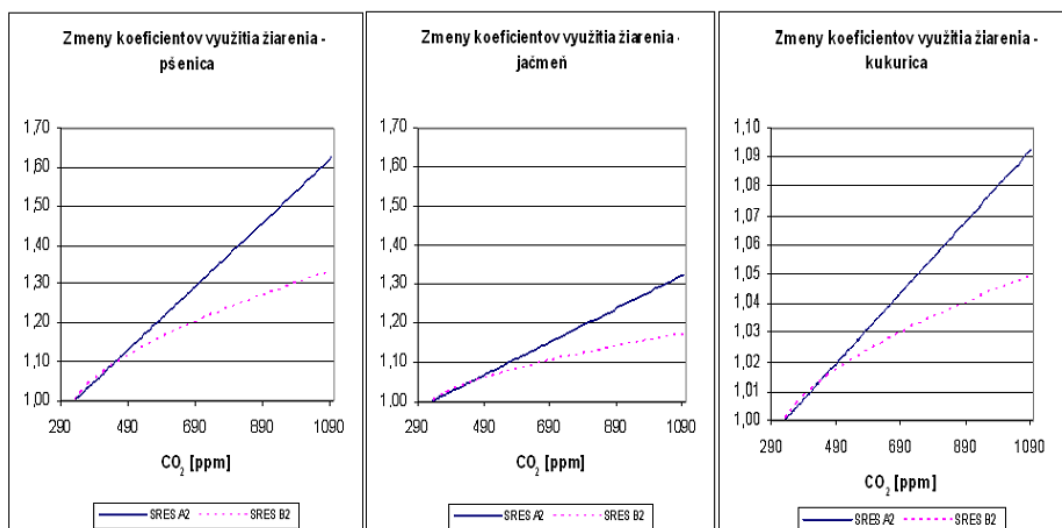
V rámci impaktových štúdií vplyvu zmien klímy na rastlinnú produkciu sa rozoznáva tzv. priamy, nepriamy a kombinovaný vplyv zvýšenej koncentrácie CO_2 na tvorbu fytohmoty rastlín. **Priamy** vplyv často označovaný ako CO_2 -fertilizačný efekt (DHAKHWA et al., 1997) sa vzťahuje k zvýšenej intenzite fotosyntézy a následne zvýšenej využiteľnosti vody rastlinou. Experimentálne bolo dokázané, že na dvojnásobné zvýšenie koncentrácie CO_2 rastliny reagujú zvýšením rýchlosti fotosyntézy v rozpätí 30 - 50 % (WOODWARD et al., 1991, IDSO, IDSO, 1994), pričom stimulačný efekt nie je viazaný len na prostredie radiačne nasýtené (LONG, DRAKE, 1991). Zvýšenie rýchlosti fotosyntézy sa potom prejavuje i v náraste fytohmoty.

Emisné scenáre SRES A2 a SRES B2 predpokladajú odlišný nárast koncentrácie CO_2 , čo podmieňuje okrem fyzikálnych aj fyziologické procesy. Podľa emisných scenárov je potom možné zostrojiť krivky potenciálneho vplyvu CO_2 na produkciu biomasy poľných plodín (obr. 11).



Obr. 10 Schematický efekt koncentrácií CO₂ na C3 a C4 rastliny (podľa Wolfe, Erickson, 1993, cit. in: Bazzaz, Sombroek, 1996)

V porovnaní s C3 rastlinami je rastový stimulačný efekt koncentrácie CO₂ pri C4 rastlinách nižší, ale nie nulový. Rastové odozvy alebo nárast hmotnosti sušiny na dvojnásobné množstvo plynu boli 41 % pri C3, 22 % pri C4 a 15 % pri CAM rastlinách (Wittwer, 1995).



Obr. 11 Zmeny koeficientov využitia žiarenia podľa emisných scenárov SRES A2 a SRES B2 pre vybrané porasty poľných plodín (Šiška, Takáč, 2006)

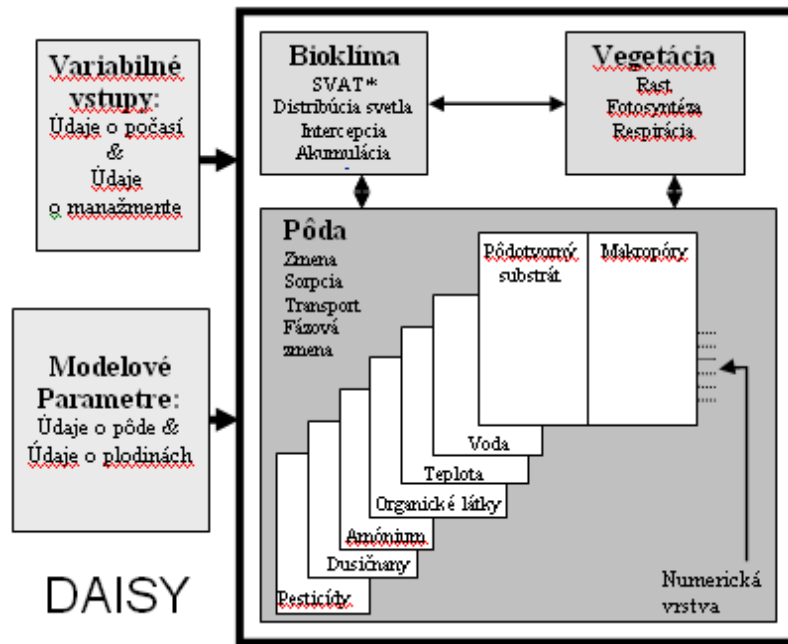
Z uvedeného vyplýva, že vhodné načasovanie vegetačného obdobia poľných plodín, ktoré vedie k optimálnemu využitiu príkonu žiarenia, môže byť účinným adaptačným opatrením na zmiernenie negatívnych dôsledkov zmeny klímy.

Za **nepriamy** vplyv sa považuje vplyv zmeny meteorologických prvkov (klimatického systému) vyvolaných skleníkovým efektom CO₂ – klimatickej zmeny (MEARNS et al., 1997). Najvhodnejším prostriedkom na štúdium klimatického systému a jeho zmien sú klimatické modely všeobecnej cirkulácie atmosféry (General Circulation Models – GCMs) Regionálne výstupy GCMs neumožňujú tvorbu podrobných scenárov zmeny klímy v lokálnom meradle a preto na regionálnej úrovni sú dopĺňané scenármi získanými štatistickými metódami (MELO, 2004).

Pre štúdium dôsledkov klimatickej zmeny je potrebné vyhodnotiť oba účinky spoločne, nakoľko rastlinná výroba je ovplyvňovaná nielen fyzikálnymi, ale aj chemickými dôsledkami zvýšenej koncentrácie najmä CO₂ v atmosfére. Spoločný vplyv zvýšenej koncentrácie CO₂ na fotosyntézu i zmeny chodu meteorologických prvkov je potom vplyvom **kombinovaným**. Hodnotenia dôsledkov klimatickej zmeny v oblasti poľnohospodárstva je preto potrebné stanoviť k časovým horizontom definovaným podľa predpokladanej koncentrácie skleníkového aktívnych plynov. Prakticky jedinou komplexnou možnosťou ako stanoviť reakciu rastlín na zmenu klimatických podmienok bez realizácie nákladných pokusov je využitie rastových simulačných modelov. Tieto odhady majú význam predovšetkým pre dlhodobé strategicko-ekonomické plánovanie produkčných procesov. O oblasti Strednej Európy existuje niekoľko modelových štúdií dôsledkov klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo (Trnka et al., 2007, Žalud et al., 2010, Kersebaum et al., 200? a iní), keď v Slovenskej republike boli možné dôsledky zmeny klímy na produkčný proces vyhodnotené vo viacerých prácach riešených v rámci U.S. COUNTRY STUDIES PROGRAM (ŠPÁNIK et al., 1997.), resp. Národného klimatického programu SR (ŠIŠKA, MALIŠ, 1997, ŠPÁNIK, ŠIŠKA et al., 2004, Takáč, Šiška, 2010).

Zmeny úrod poľných plodín v podmienkach zmeny klímy na Podunajskej nížine

Hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny na rastlinnú výrobu bolo založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. DAISY je jednorozmerný model agroekosystému, ktorý na základe informácie o spôsobe hospodárenia a údajov o počasí simuluje rast plodiny, vodný režim, tepelný režim, bilanciu organickej hmoty a dynamiku dusíka v poľnohospodárskych pôdach. V rámci hydrologického cyklu sú modelované procesy akumulácie a topenia snehovej pokrývky, intercepcia, výpar z porastu, infiltrácia, výtopa, povrchový odtok, prúdenie vody v pôdnej matici, prúdenie v makropóroch a trubková drenáž. Model simuluje teplotu pôdy, zamrzanie a rozmrzanie pôdy. V rámci režimu roztokov model simuluje transportné, sorpčné a transformačné procesy. Zvláštny dôraz je kladený na režim dusíka v agroekosystémoch. Simulované sú procesy mineralizácie, imobilizácie, nitrifikácie, denitrifikácie, sorpcie NH₄, odberu NO₃ a NH₄ a priesaku NO₃ a NH₄. Tiež sú modelované procesy degradácie, sorpcie, odberu a transportu agrochemikálií ako sú pesticídy. V rámci rastlinnej produkcie je simulovaný rast a vývoj rastliny vrátane akumulácie sušiny a dusíka v rôznych častiach rastliny. Model umožňuje budovanie komplexných scenárov hospodárenia. Všeobecne možno povedať, že uplatnenie modelu je v hodnotení vplyvu rozličnej riadiacej praxe a stratégie hospodárenia na priebeh procesov a ich dôsledky na agroekosystém. Popis modelu, jeho konštrukcia a algoritmy sú uvedené v publikáciách autorov modelu HANSEN et al. (1990), HANSEN (2000) a ABRAHAMSEN A HANSEN (2000).

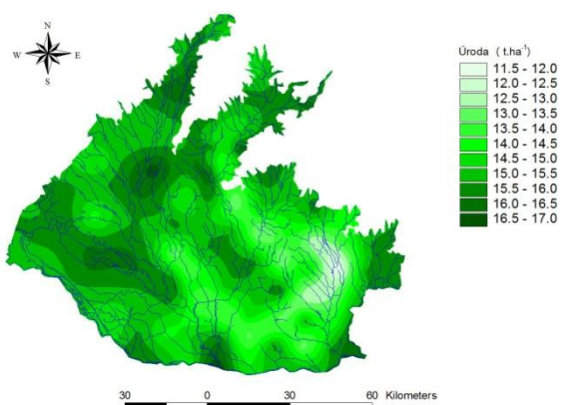
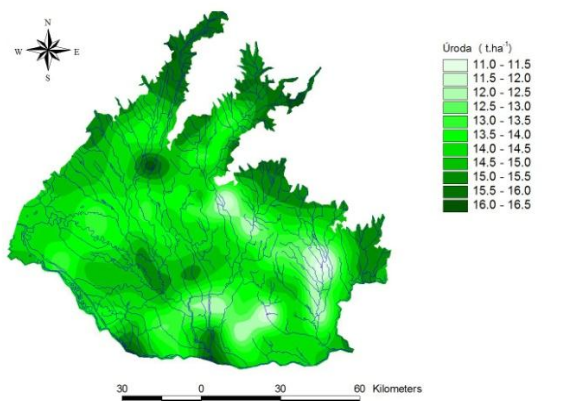


Obr. 12 Schematické znázornenie modelu DAISY (pozn. SVAT = soil – vegetation – atmosphere transport) (Hansen, 2002)

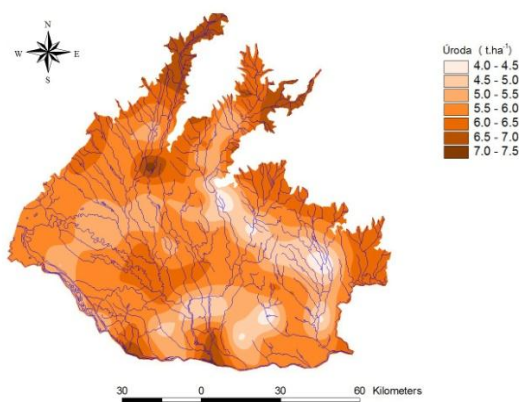
Na väčšine územia Podunajskej nížiny (75,5 %) je možné očakávať nárast priemerných hospodárskych úrod pšenice letnej f. ozimnej do obdobia rokov 2071 – 2100 v porovnaní s referenčným obdobím rokov 1971 – 2000. Nárast nadzemnej fytohmoty je možné očakávať na ploche 82,7 % územia do obdobia rokov 2071 – 2100 (Malatinská, 2010).

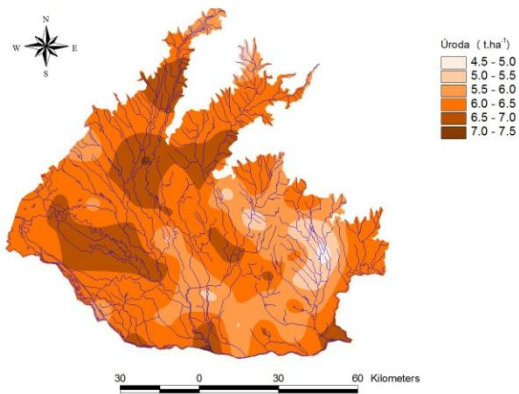
V tomto období možno tiež očakávať rast priemerných hospodárskych úrod jačmeňa siateho f. jarnej na väčšine územia Podunajskej nížiny (72,7 %) Nárast nadzemnej fytohmoty je možné očakávať až na ploche 93,6 % (Malatinská, 2010).

Rast priemerných úrod zrna ako aj nadzemnej biomasy kukurice siatej na zrna však možno očakávať len na veľmi malej ploche (2,7%). Nárast úrod zrna a fytohmoty je evidentný pri plodinách pšenica letná f. ozimná a jačmeň jarý. Pre väčšinu vyhodnocovaných bodov (body regionalizovaných hodnôt klimatických údajov a GCM scenárov v sieti 10x10 km, obr.19) možno očakávať pokles úrod súčasných odrôd kukurice siatej na zrna do roku 2100 oproti referenčnému obdobiu rokov 1971 – 2000 (Malatinská, 2010).

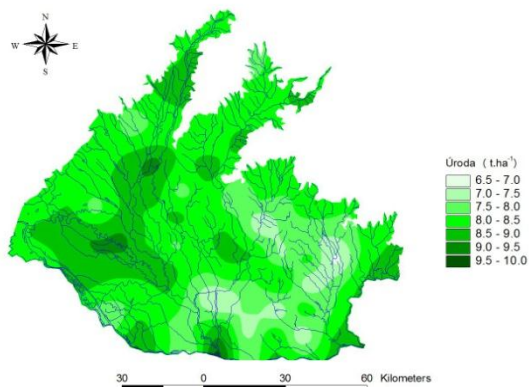
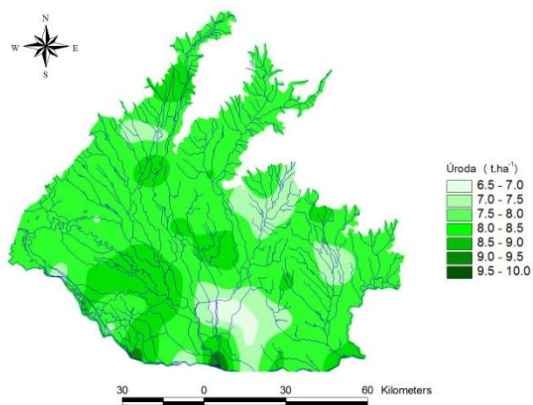


Obr. 13 Zmeny úrod nadzemnej fytohmasy pšenice v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)

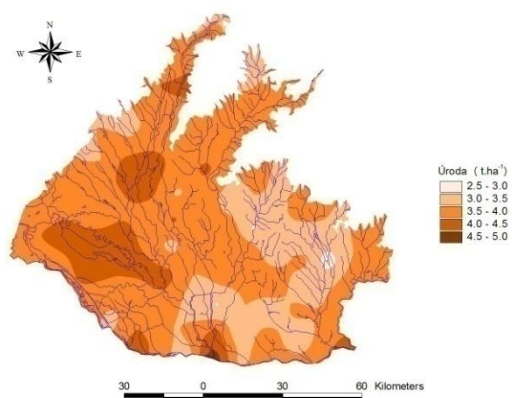
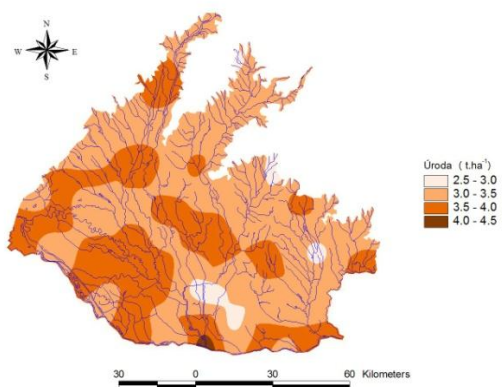




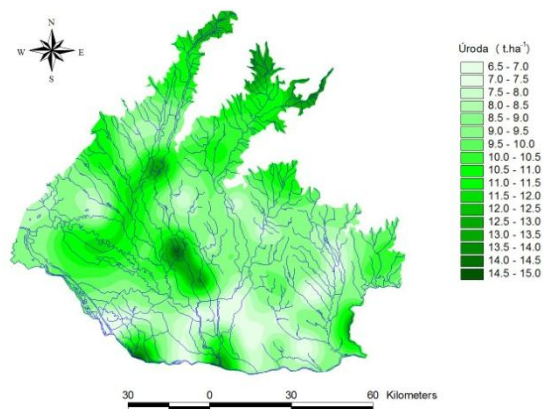
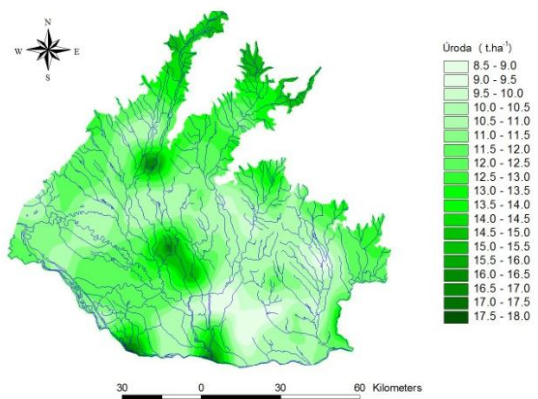
Obr. 14 Zmeny úrod zrna pšenice v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)



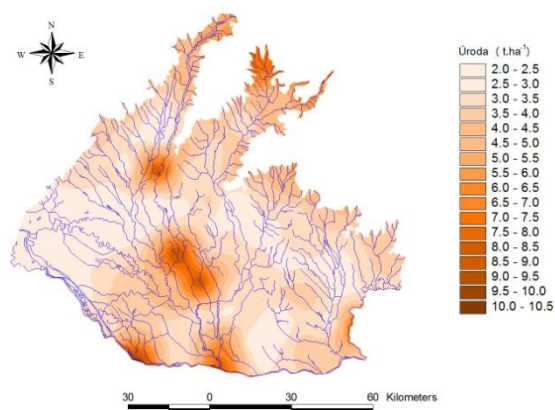
Obr. 15 Zmeny úrod nadzemnej fytohmasy jačmeňa v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)

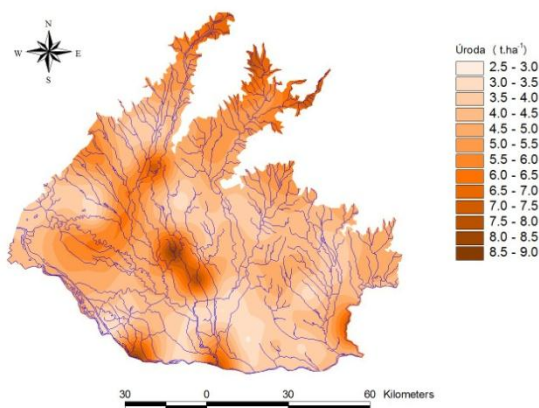


Obr.16 Zmeny úrod zrna jačmeňa v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)



Obr. 17 Zmeny úrod nadzemnej fytoomasu kukurice v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)



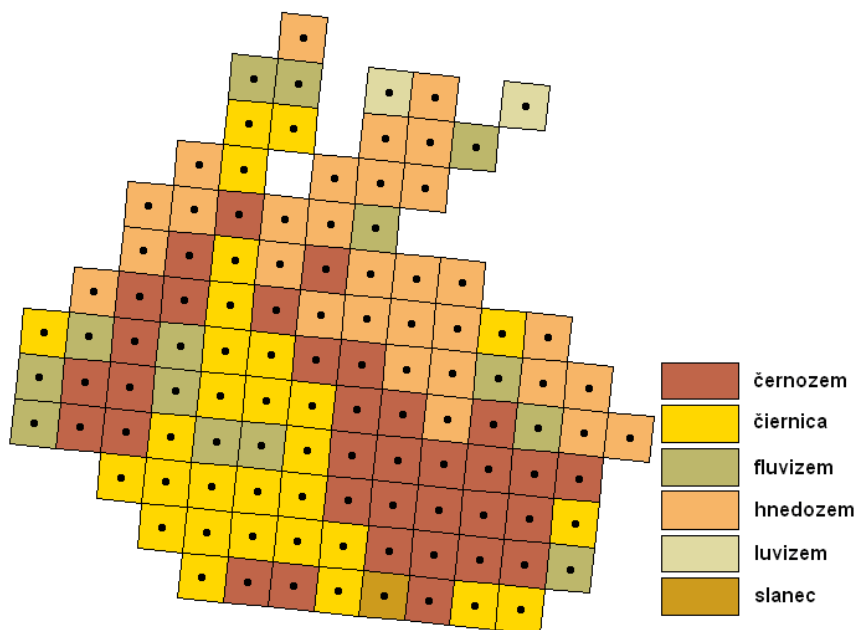


Obr. 18 Zmeny úrod zrna kukurice v období 1971 – 2000 (hore) vs 2071 – 2100 (dole) (Malatinská, 2010)

Variabilita úrod sledovaných plodín úzko súvisí s dostupnosťou pôdnej vody, ktorá sa v podmienkach klimatickej zmeny podľa scenárov klimatickej zmeny bude znižovať a tým aj limitovať úrody plodín. Najvyššie úrody sa v rámci Podunajskej nížiny dosiahli v južnej časti územia v blízkosti rieky Dunaj (Žitný ostrov) a pozdĺž väčších vodných tokov, akými sú Váh a Nitra.

Predpokladaný nárast koncentrácie CO₂ vo vzduchu a nárast rýchlosti fotosyntézy pozitívne ovplyvňujú úrody pšenice letnej f. ozimnej a jačmeňa jarného. Naopak, úrody kukurice siatej na zrno podľa výsledkov simulácií do obdobia rokov 2071 – 2100 klesnú (Malatinská, 2010).

Variabilita úrod poľných plodín je podmienená okrem dostupnosti vody aj pôdnymi pomermi. V oblasti Podunajskej nížiny sa vyskytujú 4 prevládajúce pôdne typy (početnosť výskytu vo štvorci 10x10 km v okolí každého bodu podľa databázy výberových sond komplexného prieskumu pôd): černoziem, hnedozem, čiernica a fluvizem (Obr. 19) (Malatinská, 2010).



Obr. 19 Schematické znázornenie rozmiestnenia pôdnych typov na Podunajskej nížine (Malatinská, 2010)

Výsledky simulácií pre reprezentatívne pôdne profily pre pôdny typ fluvizem ukazujú, že v podmienkach zmeny klímy dochádza k postupnému nárastu úrod zrna a celkovej nadzemnej fytomasy pšenice letnej f. ozimnej do časového obdobia rokov 2071 – 2100 v porovnaní s referenčným obdobím. Úrody zrna a nadzemnej fytomasy jačmeňa jarného v porovnaní s referenčným obdobím mierne klesnú do obdobia rokov 2021 – 2050 a potom do obdobia rokov 2071 – 2100 narastajú. Priemerné úrody zrna, ako aj nadzemnej fytomasy kukurice siatej na zrno majú klesajúcu tendenciu. Vplyv koncentrácie CO₂ vo vzduchu nie je taký výrazný ako pri pšenici a jačmeni, lebo kukurica má odlišný typ fotosyntézy (C4) (Malatinská, 2010).

Výsledky simulácií pre reprezentatívne pôdne profily pre pôdny typ hnedozem ukazujú, že dochádza k poklesu úrod zrna a celkovej nadzemnej fytomasy pšenice letnej f. ozimnej do časového obdobia rokov 2021 – 2050 v porovnaní s referenčným obdobím a ich následnému nárastu do obdobia 2071 – 2100. Úrody zrna jačmeňa jarného budú do obdobia 2021 – 2050 stúpať, následne však do obdobia 2071 – 2100 poklesnú, avšak stále budú vyššie, než v referenčnom období. Po počiatočnom miernom poklese úrod nadzemnej fytomasy do obdobia 2021 – 2050 dochádza k ich nárastu do obdobia 2071 – 2100 v porovnaní s referenčným obdobím. Na vybraných pôdnych profiloch dochádza k postupnému poklesu úrod zrna aj celkovej nadzemnej fytomasy kukurice siatej na zrno do obdobia 2071 – 2100 (Malatinská, 2010).

Z výsledkov simulácií pre reprezentatívne pôdne profily pre pôdny typ černoziem vyplýva, že úrody zrna a celkovej nadzemnej fytomasy pšenice letnej f. ozimnej sa budú do obdobia 2021 – 2050 zvyšovať, následne v ďalšom období dôjde k ich poklesu (okrem bodu 5108, kde do obdobia 2071 – 2100 stále stúpajú). V období rokov 2071 – 2100 však budú stále vyššie ako v referenčnom období. Úrody zrna a fytomasy jačmeňa jarného do obdobia 2071 – 2100 stúpnu v porovnaní s referenčným obdobím. Priemerné úrody zrna kukurice siatej na zrno sa v prvom období mierne zvýšia a následne budú klesať do obdobia 2071 – 2100, resp. postupne klesať, pričom v poslednom období sú nižšie ako v referenčnom. Priemerné úrody nadzemnej fytomasy postupne klesajú do obdobia rokov 2071 – 2100 resp. v prvom sledovanom období stúpajú a od roku 2071 klesajú, pričom v poslednom období dosahujú nižšie hodnoty ako v referenčnom (Malatinská, 2010).

Výsledky simulácií pre pôdny typ čiernica naznačujú nárast úrod zrna a fytomasy pšenice letnej f. ozimnej do obdobia 2071 – 2100 v porovnaní s referenčným obdobím. Do tohto obdobia postupne narastajú okrem bodu 5703 (pôdny profil ílovitá hlina na ílovitej hline), kde v období 2021 – 2050 klesnú a následne od roku 2071 stúpnu. Je to pravdepodobne spôsobené horšími hydrofyzikálnymi vlastnosťami pôdy. Vzostup úrod zrna je viditeľný aj pri jačmeni jarnom, kedy sa v priemere zvýšia o 4 až 10 % do obdobia 2071 – 2100 vzhľadom k referenčnému obdobiu. Úrody fytomasy jačmeňa jarného sa v do obdobia 2021 – 2050 budú znižovať a následne sa do obdobia rokov 2071 – 2100 zvýšia približne o 10 % oproti referenčnému obdobiu. Do obdobia 2071 – 2100 budú postupne úrody zrna a nadzemnej fytomasy kukurice siatej na zrno klesať (Malatinská, 2010).

Možno konštatovať, že najvyššie úrody všetkých sledovaných plodín sa prejavili v oblastiach s prevládajúcim pôdnym typom čiernica, resp. v severnejších častiach územia Podunajskej nížiny aj na hnedozemiach (Malatinská, 2010).

Výsledky simulácií na všetkých typoch pôd potvrdzujú, že dátum plnej zrelosti jednotlivých plodín (v tomto prípade zhodný s dátumom zberu) sa posúva do skorších termínov (skrátene obdobia od sejby po plnú zrelosť). Tento jav je spôsobený očakávaným postupným narastaním teploty vzduchu. V prípade pšenice letnej f. ozimnej je to priemerne o 17 dní do obdobia rokov 2071 – 2100 v porovnaní s obdobím 1971 – 2000. Posun dátumu plnej zrelosti u jačmeňa predstavuje približne 5 dní, u kukurice siatej na zrno je to približne 14 dní (Malatinská, 2010).

Dôsledky klimatickej zmeny na vodný režim pôdy a závlahovú potrebu v Podunajskej nížine

Keďže voda je kritickým činiteľom pre úrody plodín, pozitíva zvýšenej koncentrácie CO₂ v atmosfére môžu byť potlačené, ak sa voda stane limitujúcim faktorom. Naše hlavné produkčné oblasti sa nachádzajú v nížinách, pre ktoré sú typické nižšie zrážkové úhrny ako sú úhrny potenciálnej evapotranspirácie a tak je prirodzené, že pri hodnotení dôsledkov zmeny klímy na poľnohospodársku výrobu v Slovenskej republike bola od začiatku riešenia tejto problematiky u nás zdôrazňovaná úloha vodného režimu pôdy. Podľa modelového výpočtu s použitím scenárov všeobecnej cirkulácie atmosféry sa vlhkosť pôdy bude v mesiacoch apríl až október znižovať, pričom najväčší pokles vlhkosti pôdy možno očakávať v mesiacoch júl až september (TOMLAIN, 1997). V horizonte roku 2075 by sa podľa scenárov zmeny klímy mala priemerná vlhkosť pôdy v letnom polroku na Záhorskej nížine a na juhu Podunajskej nížiny pohybovať pod úrovňou 50 % VVK, na severe Podunajskej nížiny, v Juhoslovenských kotlinách a na Východoslovenskej nížine okolo 60 % VVK (TAKÁČ, 2003).

Doplňková závlaha je aj v súčasnosti nevyhnutnou podmienkou optimalizácie vodného režimu pôdy pre potreby poľnohospodárskej výroby v južných regiónoch Slovenska. Potreba vody pre závlahu v podmienkach klimatickej zmeny bude významne rásť. Kos (1970) pre mesačné časové rady z 10 meteorologických staníc v Československu vypočítal, že zmena teploty o 1.5 °C mala za následok priemerné zvýšenie potreby závlahovej vody o 20 až 35 %, kým zmena o 4.5 °C spôsobila zdvojnásobenú potrebu závlahovej vody za súčasných podmienok. Podľa simulácií pre zavlažovanú pšenicu a sóju v Modene bolo potrebné na udržanie súčasných hospodárskych úrod za klimatickej zmeny o 60 – 90 % viac závlahovej vody (TUBIELLO et al., 2000).

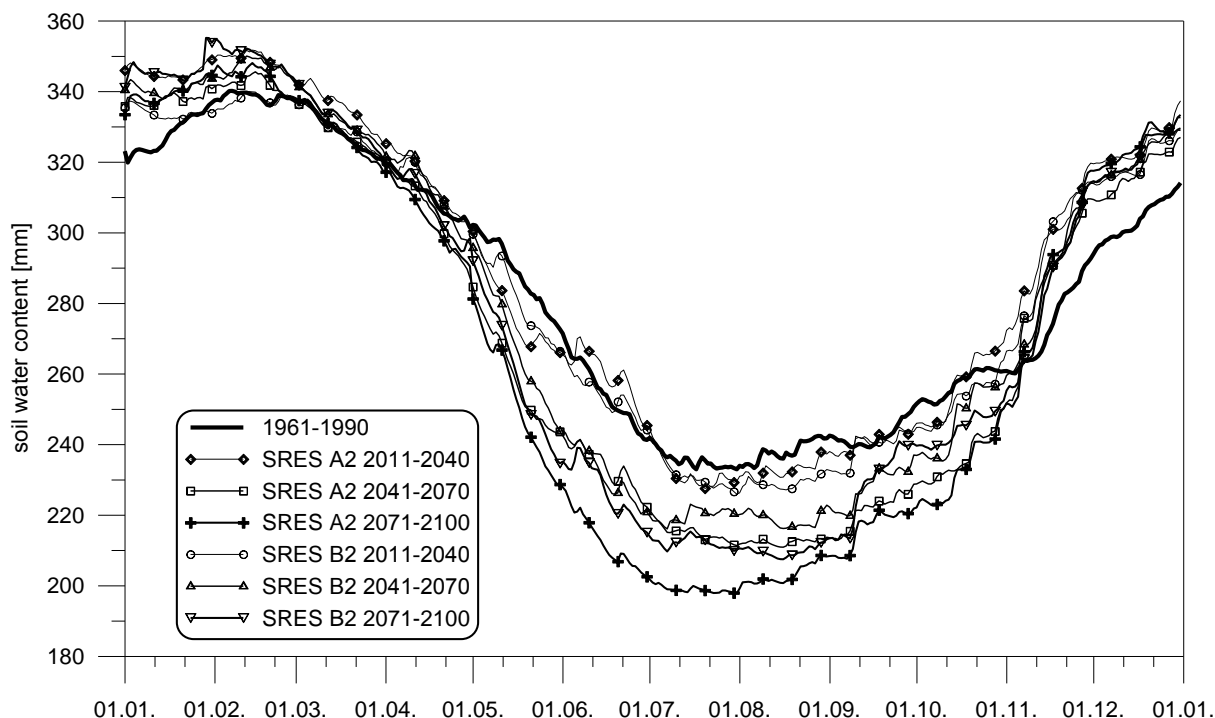
Hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny na rastlinnú výrobu bolo založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. Model umožňuje budovanie komplexných scenárov hospodárenia. Popis modelu, jeho konštrukcia a algoritmy sú uvedené v publikáciách autorov modelu (Hansen et al., 1990, Hansen, 2000).

Numerické simulácie modelom DAISY boli vykonané pre referenčné obdobie 1961 – 1990 a pre emisné scenáre klimatickej zmeny SRES A2 a SRES B2 (ďalej A2 a B2) podľa výstupov modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM 2000. Pre numerické simulácie boli využité 20 – ročné rady denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférických zrážok z meteorologickej stanice Hurbanovo, ktorá je všeobecne považovaná za reprezentatívnu pre oblasť Podunajskej nížiny. Pre simulácie podľa obidvoch emisných scenárov boli na OMK FMFI UK Bratislava vytvorené rady denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférických zrážok pre obdobie 2001 – 2100 (Lapin et al., 2005).

Hodnotené plodiny (kukurica siata (na zrno); jačmeň siaty, jarný; lucerna siata; pšenica letná, forma ozimná; cukrová repa; zemiaky) boli usporiadané do osevných postupov s rôznymi variantmi hnojenia a závlahy. V simuláciách so závlahou boli závlahové dávky aplikované v automatickom závlahovom režime pri poklese zásoby pôdnej vody v koreňovej zóne plodiny pod 50 % využiteľnej vodnej kapacity (VVK). Frekvencia aplikácie závlahovej dávky poľných plodín bola limitovaná dolnou hranicou 10 dní, pri závlahe zemiakov postrekom 7 dní a pri kvapkovej závlahe zemiakov 2 dni. Tento reštrikčný predpoklad bol zvolený preto, lebo v budúcnosti v súvislosti so zmenou klímy sa očakáva obmedzenie zdrojov vody pre závlahu. Začiatok a koniec závlahovej sezóny bol definovaný vývojovou fázou plodiny. Cieľom nebolo pokrytie vlhovej potreby plodiny počas jej celého vegetačného obdobia, ale len v dôležitých fázach tvorby hospodárskej úrody.

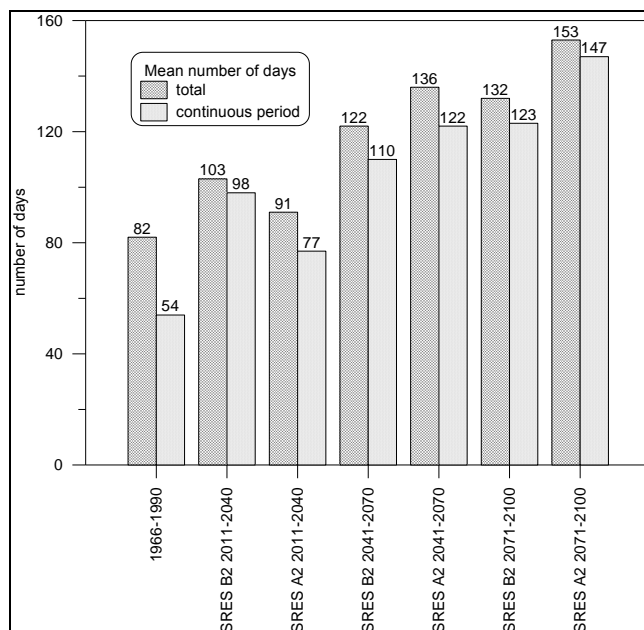
Vlhkosť pôdy patrí k najdynamickejším pôdnym vlastnostiam. Z dlhodobého hľadiska má vlhkosťný režim pôd v nížinách cyklický charakter. Maximálny obsah vody v pôde sa vyskytuje koncom zimy alebo začiatkom jari v závislosti od charakteru zimných zrážok a termínu topenia snehovej pokrývky, minimálna zásoba vody v pôde býva v letných mesiacoch. Podľa výsledkov simulácií podľa hodnoty mediánu, t. j. každý druhý rok, je integrálny obsah vody v pôde pod hodnotou 50 % využiteľnej vodnej kapacity (VVK) od konca júna takmer až do konca septembra. Podľa hodnoty horného kvartilu, t. j. 3 zo 4 rokov, je zásoba vody v pôde pod hodnotou 50 % VVK od začiatku júla do konca druhej dekády septembra.

Podľa štatistickej analýzy výsledkov simulácií vykonaných podľa scenárov klimatickej zmeny sa zvýši variabilita obsahu vody v pôde v priebehu roka. Vo vegetačnom období, hlavne v letných mesiacoch, sa prehĺbi nedostatok vody v pôde, čo okrem poklesu priemerného obsahu vody v pôde (obr. 20), potvrdzuje pokles hodnôt dolného aj horného kvartilu, mediánu a priemeru vo vegetačnom období, zvlášť výrazne v období od mája do septembra. Podľa hodnôt horného kvartilu, t. j. v 3 zo 4 rokov, v horizonte rokov 2071 – 2100 bude zásoba vody v horizonte 0 – 100 cm hlboko pod 50 % VVK od polovice júna do polovice septembra, podľa scenára A2 až do konca septembra. Na druhej strane, vyskytnú sa aj roky, keď zásoba vody v pôde neklesne pod hodnotu 50 % VVK.



Obr. 20 Ročný chod priemerného integrálneho obsahu vody v horizonte 0 – 100 cm [mm] na Podunajskej nížine v období 1961-1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Podľa použitých scenárov zmeny klímy sa zvýši počet dní s vlhkosťou pôdy pod 50 % VVK (obr. 21). Predĺži sa aj trvanie súvislého obdobia s vlhkosťou pôdy pod touto hranicou. Najdlhšie súvislé obdobie s integrálnym obsahom vody v pôde pod 50 % VVK bolo simulované v Podunajskej nížine podľa scenára B2 a trvalo od konca mája do polovice decembra. Najčastejšie bol simulovaný obsah vody v pôde menší ako 50 % VVK v júli a v auguste, v priemere viac ako 20 dní, najviac podľa scenára A2 v období 2071 – 2100, a to v júli až 31 dní a v auguste 30 dní. Tento trend predlžovania suchých období je pozorovateľný už v súčasnosti. Podľa simulácií sa na Podunajskej nížine zvýšil priemerný počet dní s obsahom vody v pôde menej ako 50 % VVK v období 1986 – 2005 v porovnaní s obdobím 1966 – 1985 o 4 dni, pričom trvanie súvislého obdobia sa predĺžilo až o 12 dní (TAKÁČ, 2007).



Obr. 21 Priemerný počet dní s obsahom vody v horizonte 0 – 100 cm menším ako 50 % VVK v období 1961-1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Tab. 9 Priemerné ročné úhrny potenciálnej evapotranspirácie ET_0 , vlhovej potreby plodín V_c a aktuálnej evapotranspirácie ET na Podunajskej nížine v období 1966 – 1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Scenár	Obdobie	ET_0	V_c	ET
	1966 – 1990	819	892	481
SRES A2	2011 - 2040	852	915	542
	2041 - 2070	881	942	514
	2071 - 2100	918	978	502
	2011 - 2040	851	915	521
SRES B2	2041 - 2070	860	921	530
	2071 - 2100	879	937	546

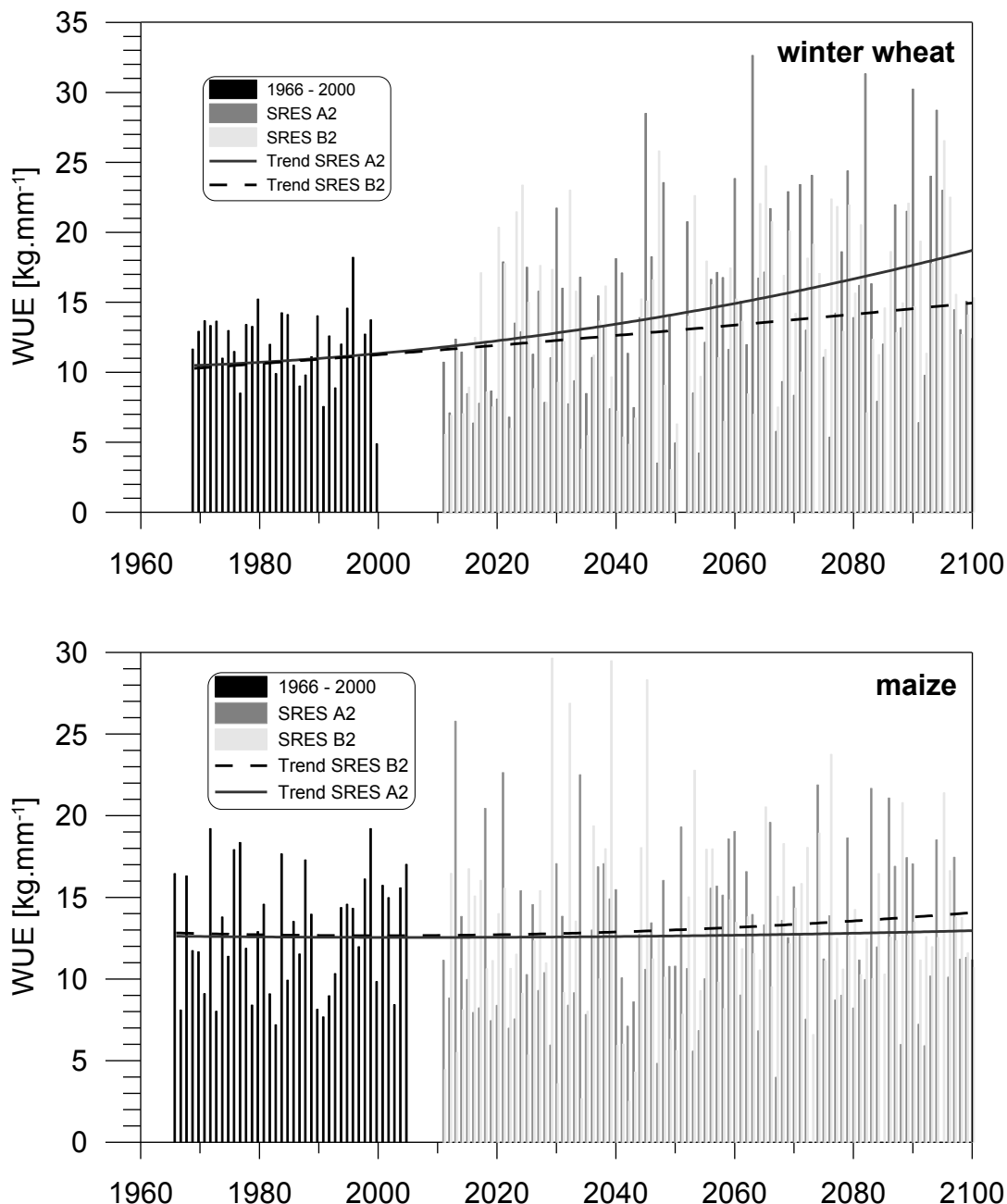
Vzhľadom na bilanciu vody v pôde je významným faktorom evapotranspirácia charakterizujúca tok vody zo zemského povrchu do atmosféry. Priemerné ročné úhrny potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie ET_0 a ET vypočítané pre referenčný klimatický rad a podľa scenárov klimatickej zmeny sú spolu s priemernými ročnými úhrnmi vlhovej potreby plodín V_c uvedené v tab. 9. Ako vidieť, ročné úhrny ET_0 sa zvýšia o 7 % podľa scenára klimatickej zmeny B2 a o 12 % podľa scenára A2. Priemerné ročné úhrny V_c pre obdobie 2071 – 2100 sú vyššie o 5 % (scenár B2), resp. o 10 % (scenár A2) ako v referenčnom období. Väčšie zvýšenie V_c v období od sejby do zberu možno očakávať pre plodiny s vegetačným obdobím v letných mesiacoch (napr. kukurica) ako pre obilniny a plodiny s vegetačným obdobím v jarých mesiacoch (tab. 10). Ročné úhrny ET podľa scenára B2 sa budú postupne zvyšovať, podľa scenára A2 po počiatočnom výraznom zvýšení budú v dôsledku nedostatku vody v pôde klesať (tab. 9 a 11). Na druhej strane, v dôsledku narastajúcej koncentrácie CO_2 sa zvýši produkčná účinnosť využitia vody WUE u plodín s fotosyntetickým metabolizmom C3 (obr. 21), kým nárast WUE u plodín s fotosyntetickým metabolizmom C4 je nepatrný (obr. 22).

Tab. 10 Priemerné úhrny vlahovej potreby plodín V_c od sejby do zberu na Podunajskej nížine v období 1966 – 1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Scenár	Obdobie	Ozimná pšenica	Jarný jačmeň	Kukurica
	1966 – 1990	548	427	649
SRES A2	2011 - 2040	561	439	666
	2041 - 2070	568	436	687
	2071 - 2100	589	458	721
SRES B2	2011 - 2040	558	435	668
	2041 - 2070	561	434	672
	2071 - 2100	569	439	683

Tab. 11 Priemerné úhrny aktuálnej evapotranspirácie ET od sejby do zberu na Podunajskej nížine v období 1966 – 1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Scenár	Obdobie	Ozimná pšenica	Jarný jačmeň	Kukurica
	1966 – 1990	412	270	396
SRES A2	2011 - 2040	472	319	429
	2041 - 2070	424	293	389
	2071 - 2100	427	294	356
SRES B2	2011 - 2040	437	304	403
	2041 - 2070	421	291	401
	2071 - 2100	435	307	413

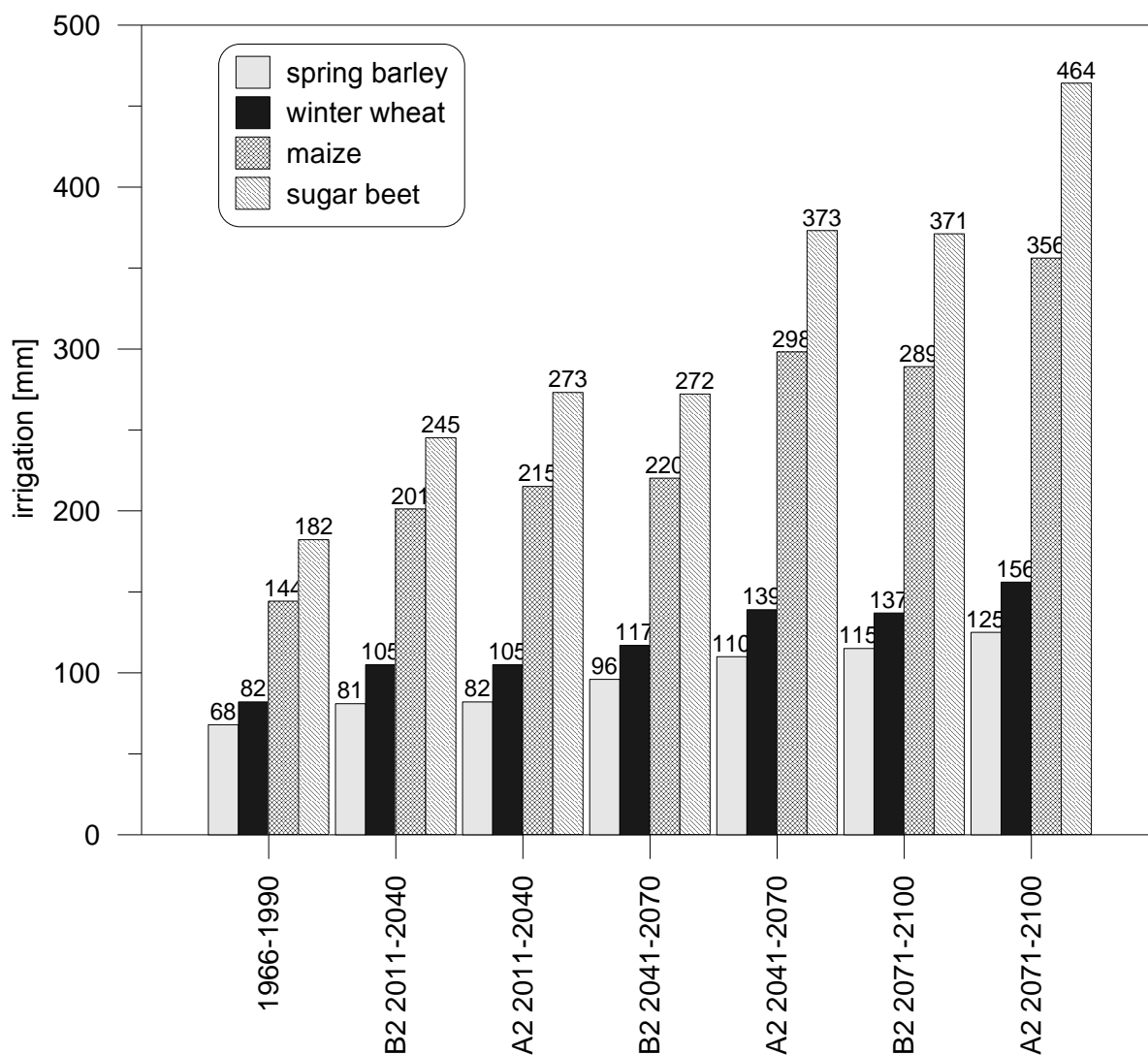


Obr. 21 Produkčná účinnosť využitia vody ozimnou pšenicou (hore) a kukuricou (dole) WUE [kg.mm⁻¹] v období 1966-2000 a podľa scenárov klimatickej zmeny

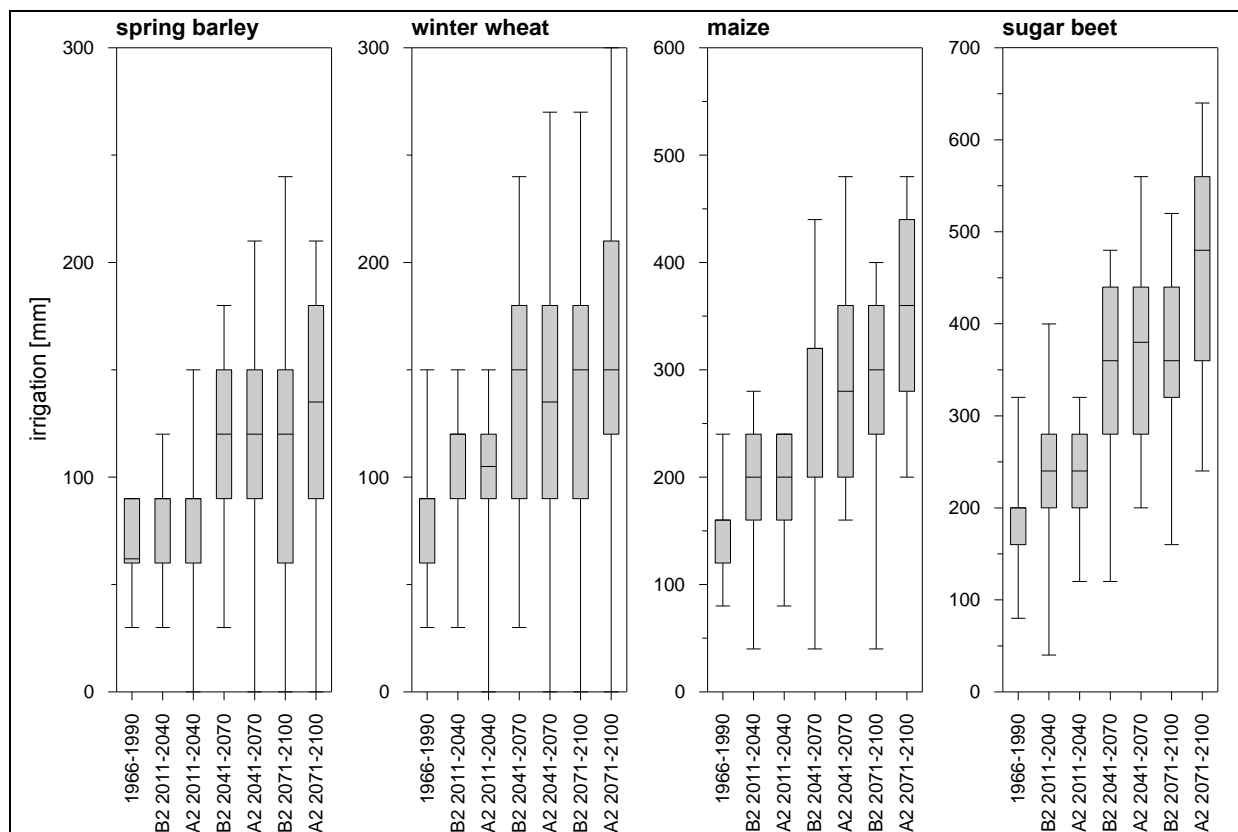
Zrážkové úhrny a ich rozloženie v priebehu vegetačného obdobia sú nepostačujúce na pokrytie rastúcej vlhovej potreby plodín a preto je potrebné pre dosiahnutie optimálnych úrod doplniť chýbajúce množstvo vody závlahou. Priemerné simulované množstvo dodanej závlahovej vody pre jednotlivé plodiny v referenčnom období a vo vybraných časových horizontoch scenárov klimatickej zmeny je graficky znázornené na obr. 22. Ako vidieť, potreba závlahovej vody sa bude podľa scenárov klimatickej zmeny postupne zvyšovať. V jednotlivých časových horizontoch bolo jednotlivým plodinám v automatickom závlahovom režime na Podunajskej nížine dodané podľa scenára B2 o 21 – 105 % a podľa scenára A2 o 20 – 155 % väčšie priemerné množstvo závlahovej vody ako v referenčnom období. Podľa jednotlivých plodín bol simulovaný najväčší nárast dodanej závlahovej vody pre cukrovú repu, a to o 56 – 105 % v jednotlivých časových horizontoch podľa scenára B2 a o 50 – 155 % podľa scenára A2. Podľa oboch scenárov boli zistené veľké rozdiely medzi

závlahovou potrebou plodín v jednotlivých rokoch. Postupné zvyšovanie variability závlahovej potreby všetkých hodnotených plodín podľa oboch scenárov je vidieť z obr. 23.

Podľa výsledkov simulácií možno očakávať zmeny v rozložení závlahovej potreby v priebehu vegetačného obdobia. Priemerný termín prvej závlahovej dávky sa posunie na skorší dátum na Podunajskej nížine o 7 – 27 dní v závislosti od plodiny, scenára a časového horizontu. Podobne aj najskorší termín prvej závlahovej dávky sa posunie na skorší dátum o 11 – 38 dní v závislosti od plodiny, scenára a časového horizontu (tab. 10). V dôsledku skoršieho začiatku závlahovej sezóny sa postupne predĺži trvanie závlahovej sezóny jednotlivých plodín (tab. 11). Závlaha teda môže byť v podmienkach klimatickej zmeny limitujúcim faktorom rastlinnej produkcie v prípade obmedzených vodných zdrojov.



Obr. 22 Priemerná závlahová potreba poľných plodín [mm] v období 1966-1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny



Obr. 23 Základné štatistické charakteristiky závlahovej potreby poľných plodín [mm] v období 1966-1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Tab. 12 Najskorší (n) a priemerný (p) dátum aplikácie prvej závlahovej dávky jednotlivých plodín na Podunajskej nížine v období 1966 – 1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Scenár	Obdobie	Jarný jačmeň		Ozimná pšenica		Kukurica		Cukrová repa	
		n	p	n	P	n	p	N	p
	1966 – 1990	9. 5.	20. 5.	13. 5.	23. 5.	23. 6.	6. 7.	6. 6.	15. 6.
SRES A2	2011 - 2040	27. 4.	10. 5.	17. 4.	6. 5.	7. 6.	25. 6.	19. 5.	9. 6.
	2041 - 2070	21. 4.	6. 5.	11. 4.	2. 5.	28. 5.	14. 6.	7. 5.	28. 5.
	2071 - 2100	20. 4.	5. 5.	8. 4.	2. 5.	30. 5.	9. 6.	30. 4.	21. 5.
SRES B2	2011 - 2040	28. 4.	11. 5.	19. 4.	5. 5.	16. 5.	22. 6.	16. 5.	8. 6.
	2041 - 2070	26. 4.	13. 5.	21. 4.	10. 5.	30. 5.	16. 6.	6. 5.	28. 5.
	2071 - 2100	23. 4.	7. 5.	18. 4.	6. 5.	31. 5.	13. 6.	8. 5.	27. 5.

Tab. 13 Priemerné trvanie závlahového obdobia vybraných plodín (dni) na Podunajskej nížine v období 1966 – 1990 a podľa scenárov klimatickej zmeny

Scenár	Obdobie	Jarný jačmeň	Ozimná pšenica	Kukurica	Cukrová repa
	1966 – 1990	24	30	41	64
SRES A2	2011 - 2040	26	41	46	67
	2041 - 2070	30	40	60	89
	2071 - 2100	33	40	67	108
	2011 - 2040	26	41	50	67
SRES B2	2041 - 2070	31	41	59	88
	2071 - 2100	31	34	64	96

Podľa oboch emisných scenárov SRES A2 a SRES B2 príde v jednotlivých časových horizontoch k zvýšeniu priemerných ročných úhrnov potenciálnej evapotranspirácie, aktuálnej

evapotranspirácie a vlhovej potreby plodín. V dôsledku narastajúcej koncentrácie CO₂ sa zvýši produkčná účinnosť využitia vody u plodín s fotosyntetickým metabolizmom C3.

Podľa výsledkov simulácií agroekologickým modelom DAISY sa vo vegetačnom období prehĺbi nedostatok vody v pôde. Zvýši sa počet dní vo vegetačnom období s vlhkosťou pôdy pod 50 % VVK. Potreba závlahovej vody sa bude podľa scenárov klimatickej zmeny postupne zvyšovať. V dôsledku skoršieho začiatku závlahovej sezóny sa postupne predĺži trvanie závlahovej sezóny jednotlivých plodín. Závlaha teda môže byť v podmienkach klimatickej zmeny limitujúcim faktorom rastlinnej produkcie v prípade obmedzených vodných zdrojov.

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania agroklmatických podmienok poľnohospodárskej výroby na Slovensku sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor poľnohospodárstva pre vybrané geomorfologické celky.

Oblasť	Geomorfologické celky	Riziko
1	Malé Karpaty, Biele Karpaty, Považský Inovec, Záhorská nížina, Podunajská nížina, Považské podolie, Podunajská pahorkatina, Pohronský Inovec	***
2	Lučensko-košická zníženina, Krupinská planina, Javorie, Matransko-Slanská oblasť a priľahlé kotliny	**
3	Východoslovenská nížina, Vihorlatské vrchy	**
4	Poloniny, Nízke Beskydy, Východné Beskydy, Spišská Magura	0
5	Stredné Beskydy, Západné Beskydy, Javorníky	0
6	Tatry, Nízke Tatry, Chočské vrchy, Malá Fatra- Krivánska a priľahlé kotliny	0
7	Slovenské rudohorie, Branisko a priľahlé kotliny	0
8	Veľká Fatra, Malá Fatra-Lúčanská, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Starohorské vrchy, Poľana a priľahlé kotliny	0
9	Vtáčnik, Trábeč, Strážovské vrchy, Žiar	0
Riziko negatívneho vplyvu KZ 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko		

5.1.3. Adaptačné opatrenia v poľnohospodárstve

Rastové modely sú nielen nástroje pre posúdenie účinkov zmien klímy, ale súčasne sú využívané aj ako prostriedok pre stanovenie účinných adaptačných opatrení. Len štyri agrotechnické opatrenia je možné aplikovať ako účinné adaptačné mechanizmy pre zmiernenie negatívnych a pre využitie pozitívnych účinkov zmeny klímy (ROSENZWEIG, PARRY, 1994, ŽALUD, 2002, Trnka et. al, 2010, ŠPÁNIK et al., 2000):

- zmenu pestovanej plodiny,
- zmenu odrody
- posun termínu sejby
- využitie závlahových systémov.

Zmena pestovanej plodiny

Takýto radikálny krok bude možný v regiónoch s vyššou nadmorskou výškou, kde zvýšenie teplotného komfortu umožní pestovanie plodín, ktoré sú dnes typické pre najteplejšie regióny Slovenska. Reálne sa dá predpokladať výraznejšie zastúpenie kukurice siatej a repy cukrovej v osevných postupoch, prípadne iných teplomilných rastlín.

Zmena odrôd

Ako reálna ukázala možnosť využitia nových odrôd kukurice siatej (s vyšším FAO číslom v regiónoch, kde kukurica bola pestovaná, nakoľko termické podmienky determinujúce trvanie hlavného vegetačného obdobia umožnia pestovanie tejto plodiny. Potenciál kukurice siatej prekonávať obdobia s nedostatkom vlhky počas vegetačného obdobia ako aj široké možnosti jej zaradenie do osevných postupov je predpokladom pre rastúci význam v rastlinnej výrobe v podmienkach klimatickej zmeny na Slovensku. Hustosiate obilniny, ktoré dnes dominujú rastlinnej výrobe na Slovensku budú tiež vyžadovať zmenu odrôd. Súčasný typy odrôd pšenice letnej formy ozimnej by v podmienkach klimatickej zmeny dozrievali asi o 4 týždne skôr. Tento posun sa premieta aj do zníženého príkonu radiačnej energie počas vegetačného obdobia a tým aj potenciálu tvorby úrody.

Rizikovým sa pravdepodobne stane aj obdobie prezimovania, nakoľko v podmienkach teplejšej klímy sa toto skrúti a mladé rastliny na to nemusia byť dobre pripravené. Poklesy teplôt počas vegetačného obdobia pod bod mrazu budú veľmi pravdepodobne častejšie (kvôli posunu začiatku vegetačného obdobia k začiatku kalendárneho roka na jar pri nezmenených predpokladoch výskytu mrazov v dôsledku trvania dňa a noci) a tak poškodenie mrazmi, alebo chladom budú musieť byť zohľadnené aj pri výbere (šľachtení) nových odrôd. Lepšie využitie príkonu žiarenia počas vegetačného obdobia je možné dosiahnuť aj výberom odrôd s dlhším vegetačným obdobím. Tu sa však objavuje riziko posunu vegetačného obdobia do mesiacov s vysokou pravdepodobnosťou výskytu teplôt, ktoré môžu zabrániť presunu látok z rastliny do hospodárskej úrody. Takéto výsledky už boli v rámci modelových simulácií s ozimnou pšenicou pre podmienky klímy $2xCO_2$ zistené. Výsledkom tak môže byť tvorba vysokých úrod biomasy s malým podielom hospodárskej úrody. Výber vhodnej odrody pšeníc tak bude musieť zohľadniť nielen meniace sa podmienky prezimovania, ale aj podmienky dozrievania.

Posun termínu sejby

Modelové situácie ukázali, že v agroklimatických podmienkach Slovenska termín výsevu jačmeňa siateho formy jarnej je výhodné prispôbiť nástupom priemernej dennej teploty $T \geq 5$ °C. Zachovanie súčasných termínov sejby by mohlo priniesť riziko vysokej teploty počas ontogenézy porastu najmä počas citlivých fenofáz, ako aj vysušený povrch pôdneho profilu v oblasti osivového lôžka a tým malého počtu kľúčiacich semien ako aj nepravidelného vzhádzania a následného vývinu porastu (ŠIŠKA, 1998). Nástup jari v zmysle scenárov klimatickej zmeny bude pravdepodobne veľmi rýchly v porovnaní dnešnými podmienkami. Podobne ako pre pšenicu platí, že lepšie využitie príkonu žiarenia počas vegetačného obdobia je možné dosiahnuť aj výberom odrôd s dlhším vegetačným obdobím. Tu sa však takisto objavuje riziko posunu vegetačného obdobia do mesiacov s vysokou pravdepodobnosťou výskytu teplôt, ktoré môžu zabrániť presunu látok z rastliny do hospodárskej úrody.

Využitie závlahových systémov

Predpoklad rozšírenia závlahových systémov je v súčasnosti jedným z najčastejšie uvažovaných adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dôsledkov meniacej sa klímy. Využitie závlahových systémov však vyžaduje dostatok vody a je pravdepodobné, že potreby poľných plodín budú uspokojené len čiastočne. Napriek možnému nedostatku závlahovej vody je toto opatrenie najlepšie prepracovaným opatrením

Efekt adaptačných opatrení na stabilizáciu úrod poľných plodín v podmienkach klimatickej zmeny

Jarný jačmeň

V dôsledku oteplenia nastane posun fenofáz. Podľa scenára B2 by sa malo urýchliť kvitnutie a zber jarného jačmeňa v desaťročí 2041 - 2050 v porovnaní s referenčným obdobím 1966 – 1985 v priemere o 10 dní, podľa scenára A2 v priemere o 13 dní (Šiška, Takáč 2008).

Tab. 14 Priemery hospodárskych úrod jarného jačmeňa [t.ha⁻¹] podľa variantov závlahy a hnojenia v jednotlivých regiónoch v referenčnom období 1966 – 1985

Oblasť	Nehnojené nezavlažované	Hnojené nezavlažované	Hnojené zavlažované
Podunajská nížina	3.05	4.22	5.83
Východoslovenská nížina	1.23	4.71	5.10
Severoslovenské kotliny	2.05	3.52	3.52

Tab. 15 Variačné koeficienty hospodárskych úrod jarného jačmeňa v regiónoch na nezavlažovanej a zavlažovanej pôde v období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

Oblasť	Variant	1966-1985	SRES A2		SRES B2	
			2011-2030	2031-2050	2011-2030	2031-2050
Podunajská nížina	Zavlažovaný	0.090	0.070	0.050	0.063	0.067
	Nezavlažovaný	0.242	0.275	0.323	0.333	0.384
Východoslovenská nížina	Zavlažovaný	0.092	0.136	0.104	0.116	0.092
	Nezavlažovaný	0.184	0.302	0.220	0.218	0.301
Severoslovenské kotliny	Nezavlažovaný	0.122	0.135	0.176	0.097	0.079

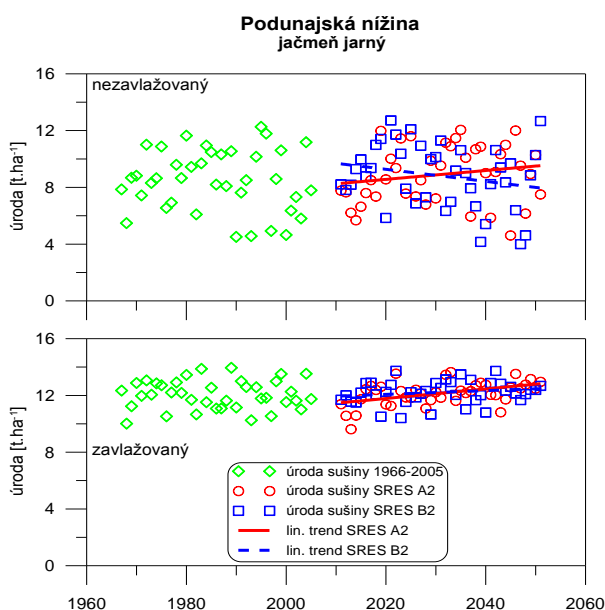
Z porovnania simulovaných úrod v jednotlivých regiónoch podľa variantov závlahy a hnojenia vyplynulo (tab. 14), že v referenčnom období 1966-1985 boli úrody jarného jačmeňa v Podunajskej nížine priaznivo ovplyvnené klimatickými pomermi, pričom boli limitované dostupnosťou vody v použítom pôdnom profile. Na Východoslovenskej nížine boli úrody jarného jačmeňa okrem vody determinované pôdnymi vlastnosťami a čiastočne limitované aj vodou. V Liptovskej kotline boli úrody jarného jačmeňa limitované klimatickými pomermi a pôdnymi vlastnosťami.

Simulované úrody jarného jačmeňa podľa oboch scenárov kolísali. Na nezavlažovanej pôde je možné v nížinách podľa oboch použitých scenárov očakávať nárast variability hospodárskych úrod jarného jačmeňa (tab. 15).

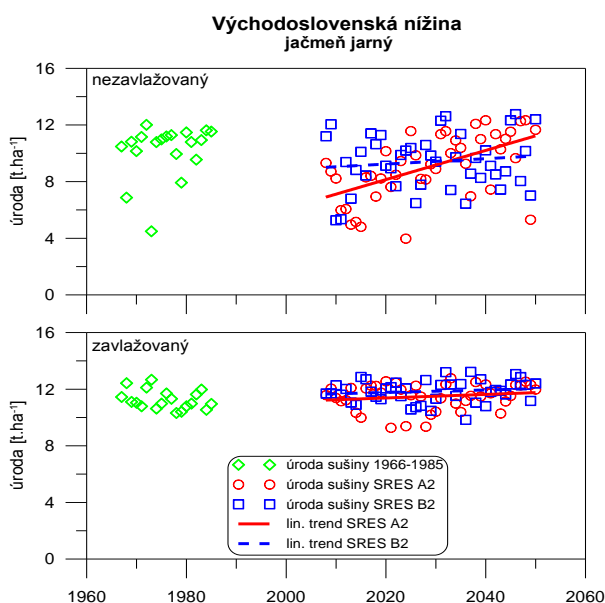
Vypočítané úrody podľa scenárov boli primárne determinované koncentráciou CO₂ v atmosfére. V scenároch sa však prejavili niektoré negatívne tendencie vo vývoji prvkov atmosférického prostredia, čo v konečnom dôsledku viedlo často k depresii vypočítaných úrod. Rast úrod všeobecne nezodpovedá teoretickým rastom koeficientov využitia žiarenia.

Výsledky simulácií preukázali, že pôsobenie jednotlivých uvažovaných faktorov na úrody je interaktívne. Nedostatok vody alebo dusíka, resp. s nedostatkom vody spojená nedostupnosť dusíka, sa prejavila poklesom úrod. Jačmeň vykazoval menšie nárasty biomasy a hospodárskych úrod aj preto, že jeho vegetačné obdobie bolo v rámci modelových situácií posúvané k začiatku roka, teda do obdobia s nižšími príkonmi globálneho žiarenia. Podľa výsledkov simulácií bez závlahy pri zohľadnení dusíka je fertilizačný účinok CO₂ na úrody nadzemnej biomasy jarného jačmeňa zrejmy podľa scenára SRES A2, ktorý predpokladá väčší nárast koncentrácie CO₂ v atmosfére. Podľa scenára SRES B2 v Podunajskej nížine je efekt CO₂ v neskorších časových horizontoch nepostačujúci na kompenzáciu negatívnych vplyvov ostatných faktorov prostredia a po počiatočnom náraste úrod v období 2011 – 2030

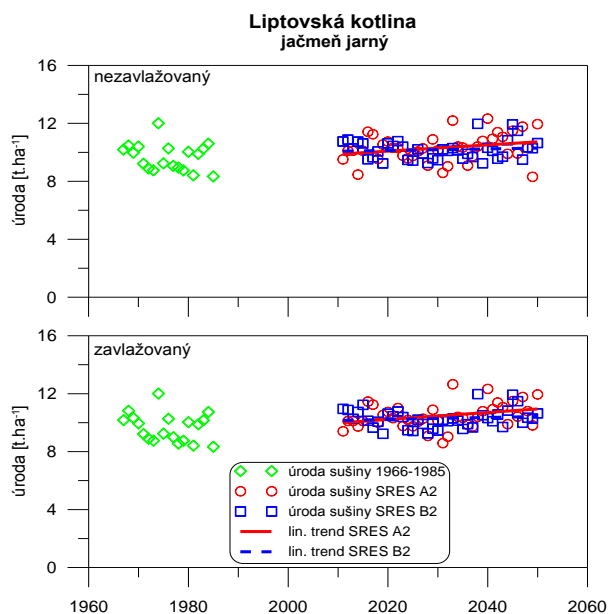
v porovnaní s referenčným obdobím bol simulovaný pokles úrod v období 2031 – 2050 pod úroveň referenčného obdobia. Na Východoslovenskej nížine a v Liptovskej kotline je aj podľa scenára SRES B2 naznačený nepatrný nárast úrod.



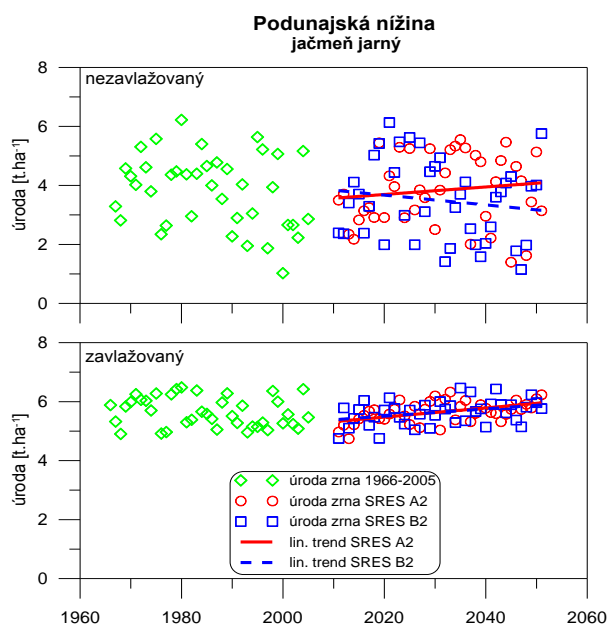
Obr. 24 Simulované úrody sušiny nadzemnej časti jarného jačmeňa [t·ha⁻¹] v Podunajskej nížine v období 1966 – 2005 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



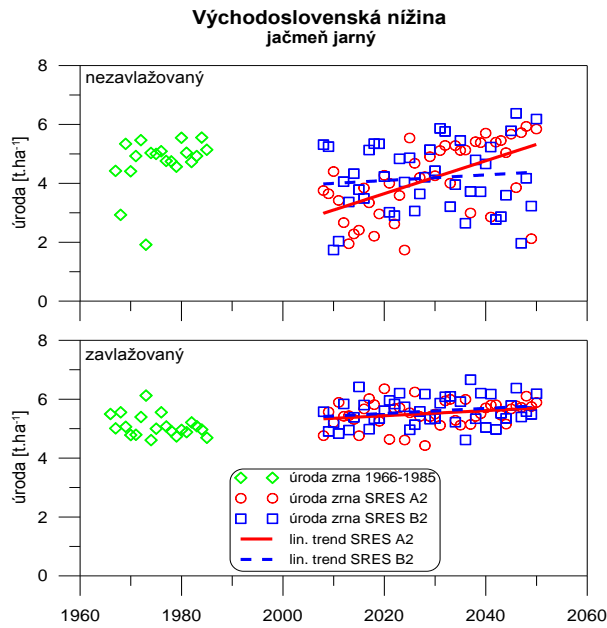
Obr.25 Simulované úrody sušiny nadzemnej časti jarného jačmeňa [t·ha⁻¹] na Východoslovenskej nížine v referenčnom období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



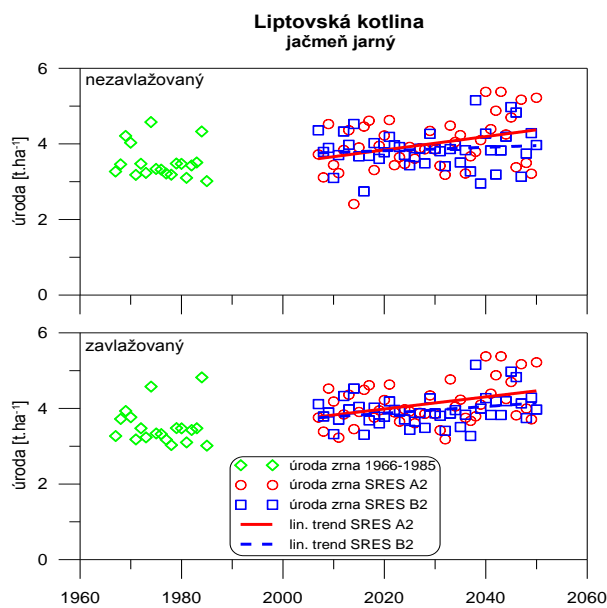
Obr. 26 Simulované úrody sušiny nadzemnej časti jarného jačmeňa [t.ha⁻¹] v Liptovskej kotline v referenčnom období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr. 27 Simulované hospodárske úrody jarného jačmeňa [t.ha⁻¹] v Podunajskej nížine v období 1966 – 2005 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr.28 Simulované hospodárske úrody jarného jačmeňa [t·ha⁻¹] na Východoslovenskej nížine v referenčnom období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr. 29 Simulované hospodárske úrody jarného jačmeňa [t·ha⁻¹] v Liptovskej kotline v referenčnom období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

Tab. 16 Priemerný podiel zrna na úrode nadzemnej biomasy jarného jačmeňa \bar{x} [%] a smerodajná odchýlka σ vo vybraných regiónoch na nezavlažovanej pôde v referenčnom období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2

Oblasť	1966 – 1985		SRES A2				SRES B2			
	\bar{x}	σ	2011-30		2031-50		2011-30		2031-50	
			\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Podunajská nížina	48	5.2	43	5.1	42	6.9	40	7.5	36	7.1
Východoslovenská nížina	46	3.5	44	9.7	46	9.2	44	7.0	44	9.0
Severoslovenské kotliny	36	2.7	38	3.7	39	4.8	38	2.7	38	3.5

Nárast úrody biomasy podľa scenárov zmeny klímy je na nezavlažovanej pôde tvorený hlavne nárastom úrody slamy. Na nezavlažovanej pôde v nížinách bol simulovaný pokles podielu zrna na úrode o 2 – 12 % v porovnaní s referenčným obdobím. Na Východoslovenskej nížine bol na zavlažovanej pôde vypočítaný priemerný podiel zrna podľa scenárov vyšší ako v referenčnom období a na Podunajskej nížine nižší o 1 – 2 %. Nižší podiel zrna na úrode pravdepodobne súvisí s výskytom vysokých teplôt v období dozrievania, čo spôsobuje predčasné dozrievanie a zabraňuje účinnému presunu asimilátov z tela rastliny do zrna (Šiška, 1997). Podľa získaných výsledkov by sa na nezavlažovanej pôde mala zvýšiť variabilita tejto charakteristiky, najviac na Východoslovenskej nížine (tab. 16).

Hlavným limitujúcim faktorom úrod jarného jačmeňa v nížinných oblastiach sa javí byť voda, ako to naznačujú aj hodnoty relatívnej evapotranspirácie a deficitu evapotranspirácie. Pri simuláciách so živinami a vodou nestresovanými plodinami boli vypočítané úrody podľa scenárov klimatickej zmeny primárne determinované koncentráciou CO₂ v atmosfére, keď nárast úrod biomasy k časovému horizontu 2075 predstavoval 27 % a nárast hospodárskych úrod jarného jačmeňa k tomuto časovému horizontu 24 % (Šiška, Takáč a Igaz, 2004). Podľa výsledkov simulácií s limitovanou závlahou pri zohľadnení dusíka je fertilizačný účinok CO₂ na úrody jarného jačmeňa potlačený, hlavne podľa scenára SRES B2, ktorý predpokladá menší nárast koncentrácie CO₂ v atmosfére.

Doplnková závlaha je nevyhnutnou podmienkou optimalizácie vodného režimu pôdy a stabilizácie úrod jarného jačmeňa. Simuláciami s nelimitovaným závlahovým režimom bolo zistené zvýšenie závlahovej potreby jarného jačmeňa v nížinných regiónoch o 3 – 20 % v závislosti od pôdnych podmienok, lokality, použitého scenára a časového horizontu. Podľa týchto simulácií sa posunie začiatok závlahovej sezóny v nížinách na skorší termín o 2 – 20 dní v závislosti od použitého scenára a časového horizontu (Takáč, 2001). Na druhej strane, bude priemerná produkčná účinnosť závlahy na hospodársku úrodu jarného jačmeňa klesať, i keď sa v suchých rokoch zvýšia maximálne hodnoty produkčnej účinnosti závlahy na 4.1 – 4.3 kg.m⁻³.

Podľa štatistického vyhodnotenia výsledkov simulácií bol interakčný vplyv závlahy a hnojenia na výšku hospodárskych úrod jarného jačmeňa preferovaný pred vplyvom jedného z týchto faktorov. Interakčným vplyvom závlahy a hnojenia boli simulované úrody jarného jačmeňa na Podunajskej nížine zvýšené v období 2011 – 2030 o 85 – 90 % a v období 2031 – 2050 o 95 – 110 %.

Ozimná pšenica

Priemerné simulované úrody ozimnej pšenice v referenčnom období v jednotlivých regiónoch Slovenska sú zhrnuté v tab. 3.9. Výsledky simulácií potvrdili, že v daných klimatických podmienkach sa v referenčnom období najvyššie úrody dosahovali na hnojených a zavlažovaných pôdach. Výška hospodárskych úrod bola v prvom rade ovplyvnená

dostupnosťou N v pôde a na Podunajskej a Záhorskej nížine aj dostatkom vody. Najvyššia variabilita hospodárskych úrod ozimnej pšenice bola simulovaná na hnojenej a nezavlažovanej pôde na Záhorskej a Podunajskej nížine. V týchto dvoch regiónoch závlaha významne prispievala k stabilizácii výšky hospodárskych úrod v referenčnom období.

Tab. 17 Priemery simulovaných hospodárskych úrod ozimnej pšenice [t.ha⁻¹] podľa variantov závlahy a hnojenia v jednotlivých regiónoch v referenčnom období 1966 – 1985

Oblasť	Nehnojené nezavlažované	Hnojené nezavlažované	Hnojené zavlažované
Podunajská nížina	3.59	5.17	7.29
Záhorská nížina	2.52	5.23	6.82
Východoslovenská nížina	2.55	6.37	6.30
Severoslovenské kotliny	1.97	5.07	-

Viacerí autori, zaoberajúci sa modelovým hodnotením klimatickej zmeny (napr. Šiška a Mališ, 1997) dospeli k záveru, že v dôsledku oteplenia nastane posun fenofáz do obdobia s nižším prikonom globálneho a fotosynteticky aktívneho žiarenia, čo ovplyvní tvorbu hospodárskych úrod pšenice. Tieto predpoklady potvrdili aj výsledky simulácií vykonané modelom DAISY. Podľa scenára B2 by sa malo urýchliť kvitnutie ozimnej pšenice v desaťročí 2041 - 2050 v porovnaní s referenčným obdobím v priemere o 9 dní a zber o 13 dní, podľa scenára A2 by malo kvitnutie v desaťročí 2041 – 2050 nastať skôr o 13 dní a zber o 17 dní.

Tab. 18 Variačné koeficienty hospodárskych úrod ozimnej pšenice v regiónoch na nezavlažovanej a zavlažovanej pôde v období 1966 – 1985 a podľa a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

Oblasť	Variant	1966-1985	SRES A2		SRES B2	
			2011-2030	2031-2050	2011-2030	2031-2050
Podunajská nížina	Zavlažovaný	0.095	0.085	0.088	0.106	0.103
	Nezavlažovaný	0.189	0.320	0.354	0.357	0.451
Východoslovenská nížina	Zavlažovaný	0.092	0.136	0.104	0.116	0.092
	Nezavlažovaný	0.103	0.385	0.250	0.257	0.344

Simulované úrody ozimnej pšenice podľa scenárov zmeny klímy podobne ako u jarného jačmeňa podľa oboch scenárov kolísali. Rozptyl simulovaných úrod sa podľa scenárov výrazne zvýšil (tab. 17). Vypočítané úrody podľa scenárov boli primárne determinované koncentráciou CO₂ v atmosfére. V scenároch sa však prejavili niektoré negatívne tendencie vo vývoji prvkov atmosférického prostredia, čo v konečnom dôsledku viedlo často k depresii vypočítaných úrod. Rast úrod pšenice všeobecne nezodpovedá teoretickým rastom koeficientov využitia žiarenia.

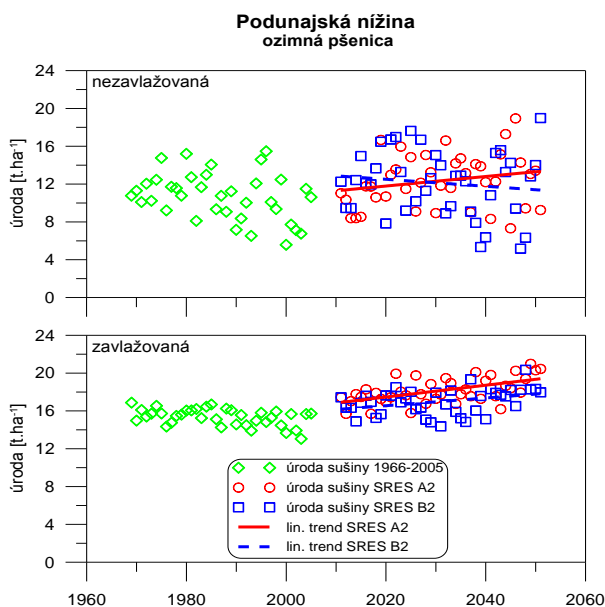
Výsledky simulácií preukázali podobne ako pri jarnom jačmeni, že pôsobenie jednotlivých uvažovaných faktorov na úrody je interaktívne. Nedostatok vody alebo dusíka, resp. s nedostatkom vody spojená nedostupnosť dusíka, sa prejavila poklesom úrod. Podľa výsledkov simulácií bez závlahy pri zohľadnení dusíka je fertilizačný účinok CO₂ na úrody nadzemnej biomasy ozimnej pšenice zrejmy podľa scenára SRES A2, ktorý predpokladá väčší nárast koncentrácie CO₂ v atmosfére. Podľa scenára SRES B2 v Podunajskej nížine je efekt CO₂ v neskorších časových horizontoch nepostačujúci na kompenzáciu negatívnych vplyvov ostatných faktorov prostredia. Na Východoslovenskej nížine je aj podľa scenára SRES B2 naznačený nepatrný nárast úrod. Významne sa zvýši variabilita tzv. harvest indexu reprezentujúceho podiel zrna na úrode sušiny (tab. 18).

Výsledky simulácií teda ukázali okrem už avizovaného vplyvu fertilizačného účinku zvýšenej koncentrácie CO₂ a klimatických faktorov (Šiška, Takáč a Igaz, 2004) aj významný vplyv dusíka na tvorbu hospodárskych úrod pšenice. Získané výsledky nasvedčujú, že sa

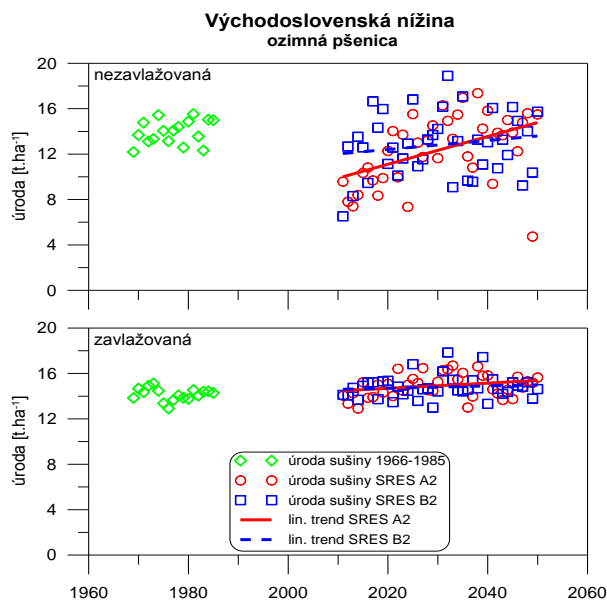
zvýši produkčná účinnosť hnojenia dusíkom, a to hlavne v závlahových podmienkach. V mimoriadne suchých rokoch možno očakávať zvýšenie produkčnej účinnosti závlahy, keď maximálne hodnoty produkčnej účinnosti závlahy podľa simulácií dosiahli podľa jednotlivých scenárov 4.3 – 4.6 kg.m⁻³.

Tab. 19 Priemerný podiel zrna na úrode nadzemnej biomasy ozimnej pšenice \bar{x} [%] a smerodajná odchýlka σ vo vybraných regiónoch na nezavlažovanej pôde v referenčnom období 1966-1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2

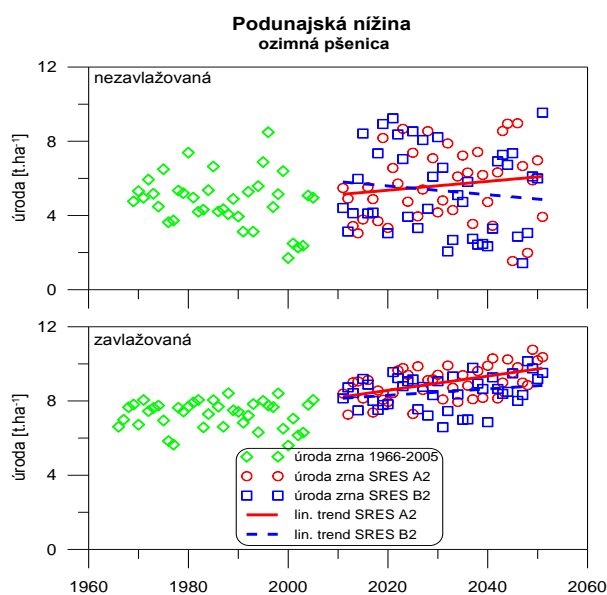
Oblasť	1966 – 1985		SRES A2				SRES B2			
	\bar{x}	Σ	2011-30		2031-50		2011-30		2031-50	
			\bar{x}	σ	\bar{x}	Σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Podunajská nížina	44	5.6	45	6.4	44	9.9	45	8.1	39	8.8
Východoslovenská nížina	46	2.2	42	11.0	48	11.6	46	9.2	44	11.5



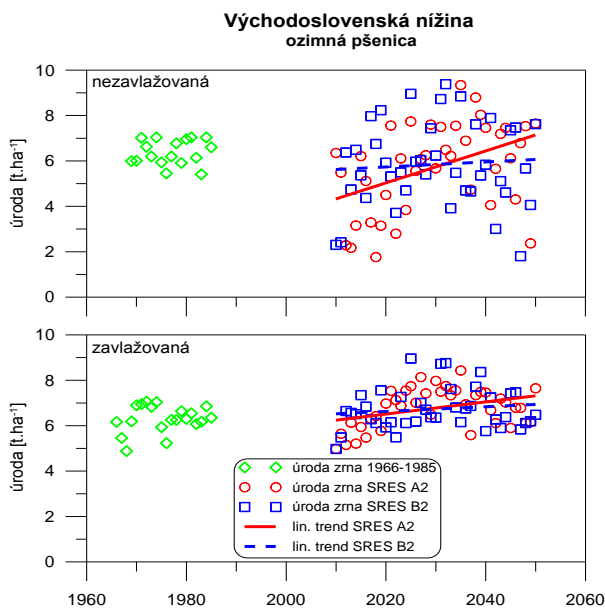
Obr. 30 Simulované úrody sušiny nadzemnej časti ozimnej pšenice [t.ha⁻¹] v Podunajskej nížine v období 1966 – 2005 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr. 31 Simulované úrody sušiny nadzemnej časti ozimnej pšenice [t.ha⁻¹] na Východoslovenskej nížine v období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr. 32 Simulované hospodárske úrody ozimnej pšenice [t.ha⁻¹] v Podunajskej nížine v období 1966 – 2005 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr. 33 Simulované hospodárske úrody ozimnej pšenice [$t \cdot ha^{-1}$] na Východoslovenskej nížine v období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

V hodnotenom období 2001 – 2050 sa podľa scenára SRES A2 vplyv hnojenia na výšku úrod nad $5 t \cdot ha^{-1}$ odzrkadlil 24-krát; vzájomný vplyv závlahy a hnojenia na úrodu nad $5 t \cdot ha^{-1}$ 36-krát.

Pri výške úrody nad $7 t \cdot ha^{-1}$ je vplyv vzájomného pôsobenia oboch faktorov a vplyv samotného hnojenia zhodný. Podľa scenára SRES B2 boli simulované úrody nad $5 t \cdot ha^{-1}$ vplyvom obidvoch činiteľov v 40-tich prípadoch, vplyvom hnojenia v polovičnom množstve. Podľa dvadsaťročných priemerov zvýšenie úrod vplyvom vzájomného vplyvu závlahy a výživy znamenalo zvýšenie úrod o 105 – 110 %.

Kukurica

Kukurica je v porovnaní s inými hodnotenými plodinami špecifická, nakoľko podľa typu fotosyntézy patrí do skupiny rastlín C4, ktoré sú menej citlivé na zmeny koncentrácie CO_2 . Priemerné simulované úrody kukurice v jednotlivých regiónoch Slovenska sú zhrnuté v tab. 20. Výška hospodárskych úrod bola v prvom rade ovplyvnená dostatkom vody. Vyššia variabilita hospodárskych úrod kukurice v referenčnom období bola na základe simulácii zistená na nezavlažovanej pôde. Závlaha prispievala k stabilizácii výšky hospodárskych úrod v referenčnom období. Hnojenie bez závlahy malo minimálny vplyv na výšku hospodárskych úrod.

V dôsledku oteplenia nastane posun fenofáz kukurice. Už pre obdobie 1986 – 2005 bol simulovaný termín kvitnutia skôr o 2 dni ako v referenčnom období 1966 – 1985 a termín zrelosti dokonca o 1 týždeň skôr. Podľa scenára SRES B2 by sa malo v desaťročí 2041 - 2050 v porovnaní s referenčným obdobím urýchliť kvitnutie v priemere o 11 dní a zrelosť kukurice o 22 dní, podľa scenára SRES A2 v priemere kvitnutie v priemere o 2 týždne a zrelosť o 27 dní.

Na základe výsledkov hospodárskych úrod kukurice podľa jednotlivých scenárov nebol zistený preukazný trend. Priemerné úrody v jednotlivých desaťročiach podľa obidvoch scenárov kolísali. Na nezavlažovanej pôde sa zvýšila variabilita simulovaných úrod (obr. 34). Fertilizačný účinok koncentrácie CO_2 vzhľadom na typ fotosyntézy kukurice sa na simulovaných úrodách neprejavil. Na nezavlažovaných pôdach na Podunajskej nížine bol

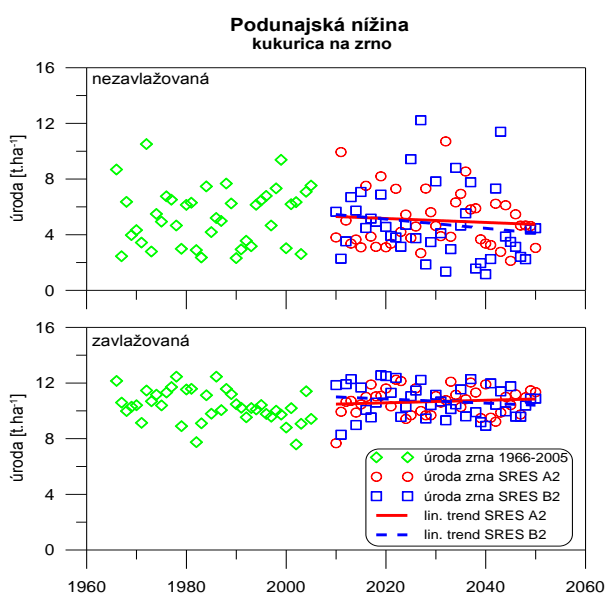
simulovaný mierny pokles úrod, na Východoslovenskej nížine mierny nárast. Bol zaznamenaný rast variability úrod zrna kukurice. Na zavlažovanej pôde boli simulované úrody zrna podľa scenárov na úrovni referenčného obdobia. Priemerné zvýšenie úrod vplyvom závlahy bolo 105 – 110 %.

Tab. 20 Priemery hospodárskych úrod kukurice [$t \cdot ha^{-1}$] podľa variantov závlahy a hnojenia v jednotlivých regiónoch v referenčnom období 1966 – 1985

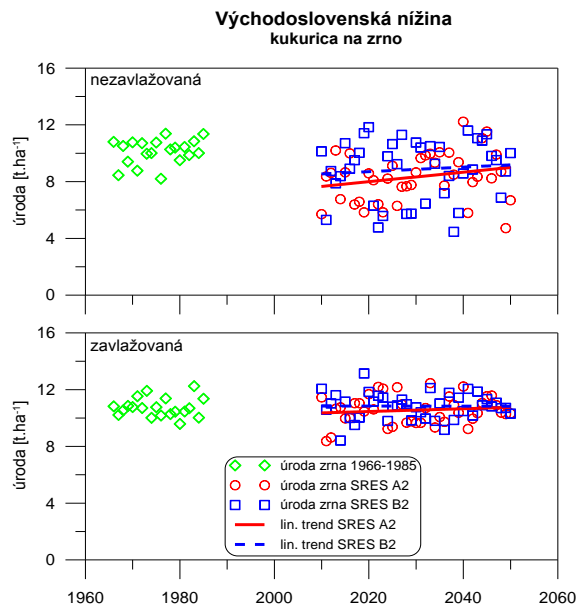
Oblasť	Nehnojené nezavlažované	Hnojené nezavlažované	Hnojené zavlažované
Podunajská nížina	5.10	5.16	10.58
Záhorská nížina	7.85	7.94	10.19
Východoslovenská nížina	10.05	10.12	10.74

Tab. 21 Variačné koeficienty hospodárskych úrod kukurice v regiónoch na nezavlažovanej a zavlažovanej pôde v období 1966 – 1985 a podľa a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

Oblasť	Variant	1966-1985	SRES A2		SRES B2	
			2011-2030	2031-2050	2011-2030	2031-2050
Podunajská nížina	Zavlažovaný	0.111	0.076	0.078	0.114	0.076
	Nezavlažovaný	0.415	0.399	0.398	0.464	0.627
Východoslovenská nížina	Zavlažovaný	0.061	0.073	0.071	0.091	0.067
	Nezavlažovaný	0.085	0.163	0.200	0.260	0.214



Obr. 34 Simulované hospodárske úrody kukurice [$t \cdot ha^{-1}$] v Podunajskej nížine v období 1966 – 2005 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.



Obr.35 Simulované hospodárske úrody kukurice [$t \cdot ha^{-1}$] na Východoslovenskej nížine v období 1966 – 1985 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a SRES B2.

5.1.4. Ekonomická analýza adaptačných opatrení v poľnohospodárstve

V oblasti poľnohospodárstva boli ekonomické kalkulácie realizované pre dve skupiny adaptačných opatrení, a to:

- využívanie závlahových systémov pre zabezpečenie vodného režimu rastlinnej výroby,
- realizácia ochranných a obranných opatrení v oblasti integrovanej ochrany rastlín.

Úroveň jednotlivých nákladových položiek sa odvodila s publikovaných údajov Zelenej správy za rok 2009.

Investičné náklady zahŕňajú nasledovné nákladové položky:

- rekonštrukcia závlahových systémov,
- nákup mobilných závlahových zariadení,
- nákup strojov pre zabezpečenie prevádzky a mobility závlahových systémov.

Prevádzkové náklady kalkulujú s realizáciou závlah na výmere 892 tisíc ha v horizonte roku 2050 pri závlahovej dávke 50 – 200 mm vo vegetačnom období a s realizáciou ochranných opatrení (aplikácia mechanických, chemických a biologických opatrení ochrany rastlín) na výmere cca 1 mil. ha ornej pôdy ročne.

Celkový odhad potreby investičných nákladov sa pohybuje v relatívne širokom intervale 5,5 – 13,8 mil. € ročne a ročné prevádzkové náklady na tieto opatrenia predstavujú v prvom priblížení 5,4 – 65,7 mil. €.

Odhad ekonomických parametrov adaptačných opatrení treba považovať za veľmi rámcový a v budúcnosti bude treba tieto parametre ďalej spresňovať so zakalkulovaním regionálnych ekonomických diferencií a súčasne bude potrebné zohľadniť nákladovosť a efekty konkrétnych projektov adaptačných opatrení.

Pri modelovaní dopadov klimatickej zmeny na sektor poľnohospodárstva v zmysle aplikovaného modelu, detailnejšie popísaného v časti 2.9 „Ekonomické analýzy“ tejto správy bol sektor poľnohospodárstva je v zmysle odvetvovej štruktúry (OKEČ) modelu definovaný ako oddiel 01 – Poľnohospodárstvo, poľovníctvo a súvisiace služby. Poľnohospodárstvo

predstavuje na Slovensku, podobne ako je tomu v mnohých ďalších krajinách Európy, najväčšieho užívateľa pôdy ako výrobného faktora.

Poľnohospodárstvo predstavuje z pohľadu tvorby hrubého domáceho produktu na úrovni 3,5% v roku 2010 jeden z najmenších ekonomických odvetví podľa uvedeného ukazovateľa. Súčasne bolo v tomto odvetví v priebehu poslednej dekády možné zaznamenať neprehliadnuteľný trend znižovania zamestnanosti a to najmä v spojitosti s rastom produktivity práce v tomto odvetví. Na celkovú výkonnosť poľnohospodárstva budú v budúcnosti spolu s klimatickými faktormi (nárast primernej teploty, zmena v zrážkovom cykle, rast koncentrácie CO₂) aj ďalšie faktory, ktoré ovplyvnia produktivitu tohto odvetvia a to predovšetkým technologický pokrok, úroveň rozvoja ľudského kapitálu a dynamika svetových cien poľnohospodárskej produkcie.

Vzhľadom na relatívne vysokú variabilitu projekcií možného budúceho vývoja klimatických faktorov boli v rámci modelovania ekonomických dopadov klimatickej zmeny vytvorené dva alternatívne varianty. Jeden ktorý zohľadňuje možnosť negatívnejšieho vývoja zapríčineného predovšetkým extrémnymi výkyvmi počasia a teda so sebou prinášajúceho aj vyššie negatívne dopady – vysoký scenár. A ako protiklad k tomuto extrémnemu scenáru bol vytvorený variant s relatívne miernymi dopadmi klimatickej zmeny na ekonomickú výkonnosť hospodárstva – nízky scenár.

V rámci týchto možných alternatívnych scenárov dopadov klimatickej zmeny bolo vypracovaných 6 podscenárov: BS - základný teoretický podscenár, ktorý predstavuje určitý potenciálny možný budúci vývoj modelovaných ukazovateľov bez vplyvu klimatickej zmeny. NA - predstavuje variant ktorý je prognózou vývoja v prípade vplyvu klimatickej zmeny a zachovania pôvodného správania ekonomických agentov. V prípade realizácie adaptačných opatrení na vyrovnanie sa s klimatickou zmenou sa predpokladalo, že vzhľadom na predpokladané výkyvy dopadov v jednotlivých rokoch, bude potrebné vynaložiť náklady v určitom rozsahu, a preto bola odhadnutá ich horná (HO) a dolná úroveň (DO).

Vzhľadom na nevyhnutnosť financovania výdavkov spojených s realizáciou projektov v súvislosti s adaptačnými snahmi Slovenskej republiky o minimalizáciu dopadov klimatickej zmeny sa predpokladali dva možné varianty:

- adaptačné opatrenia budú financované prostredníctvom finančných zdrojov Európskej únie – EU
- zavedenie dodatočného zdanenia domácej produkcie vo výške celkových nákladov realizácie adaptačných opatrení – d

Podľa správy IPCC (2001) „Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability“ sektor poľnohospodárstva už v histórii ukázal enormnú schopnosť prispôbiť sa sociálnym a environmentálnym stimulom, ktoré sú podobné tým klimatickým. Preto je možné predpokladať, že ani budúca zmena klímy nebude neprekonateľnou komplikáciou v ďalšom rozvoji poľnohospodárstva.

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamestnanosť zvolených odvetví. Výsledky jednotlivých modelových scenárov dopadov klimatickej zmeny a možných pozitívnych odoziev odvetvia na realizáciu adaptačných opatrení sú predmetom nižšie uvedenej analýzy.

V ďalšom texte sa budeme venovať analýze scenárov pri predpoklade vyšších dopadov klimatickej zmeny. Zameriame sa predovšetkým na produkciu poľnohospodárstva a zamestnanosť v tomto odvetví. Pri porovnaní hypotetického scenára a scenára bez realizácie akýchkoľvek adaptačných opatrení by došlo v roku 2050 k škodám spôsobeným na objeme produkcie približne na úrovni 1,2 mld. EUR ročne. Percentuálny podiel produkcie

poľnohospodárstva na celkovej produkcii SR v sledovanom období postupne klesá a v roku 2050 predstavovala 2,1%.

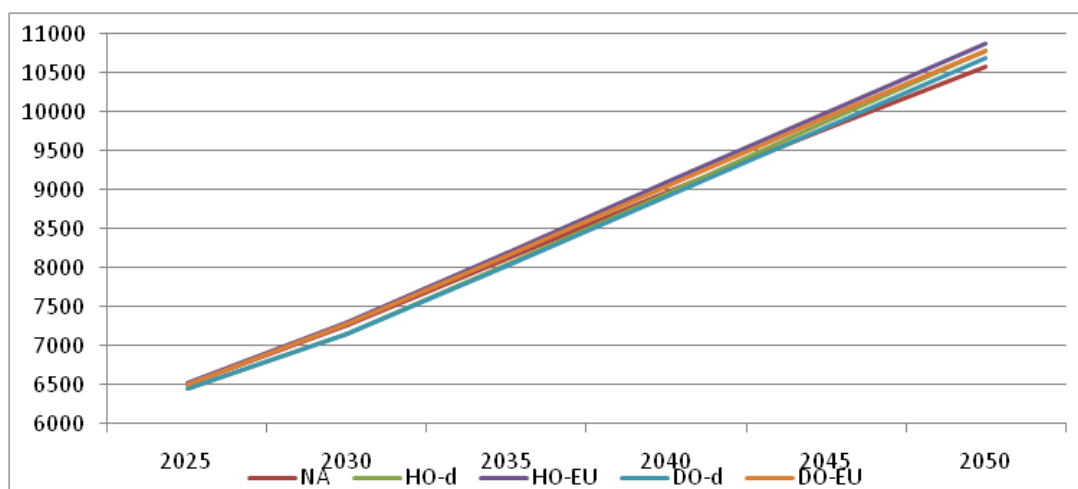
V prípade realizácie adaptačných opatrení sa výsledky modelových simulácií vyvíjajú relatívne odlišne, tento vývoj je zobrazený na grafe 36. Na produkciu poľnohospodárstva má v dlhodobom horizonte realizácia adaptačných opatrení pozitívny vplyv. Pri financovaní adaptačných opatrení zo zdrojov Európskej únie sa výsledky adaptačných opatrení dostavia prakticky okamžite vzhľadom na to že nedochádza k dodatočnému zaťažovaniu ekonomiky potrebou získania finančných prostriedkov. Adaptačné opatrenia vyššieho rozsahu financované zo zahraničných zdrojov sú schopné v horizonte prognózy odstrániť až jednu štvrtinu predpokladaných dopadov klimatickej zmeny.

Tab. 20: Vývoj produkcie v sektore poľnohospodárstva podľa jednotlivých scenárov (v mil. EUR, vysoký scenár)

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	4027	4027	4027	4027	4027	4027
2015	4697	4684	4615	4685	4615	4685
2020	5670	5626	5578	5632	5577	5630
2025	6605	6503	6454	6519	6449	6514
2030	7461	7267	7159	7305	7146	7292
2035	8446	8115	8050	8189	8025	8164
2040	9502	8965	8955	9093	8913	9050
2045	10613	9791	9871	9995	9803	9926
2050	11777	10577	10788	10883	10684	10779

Zdroj: výpočty autorov

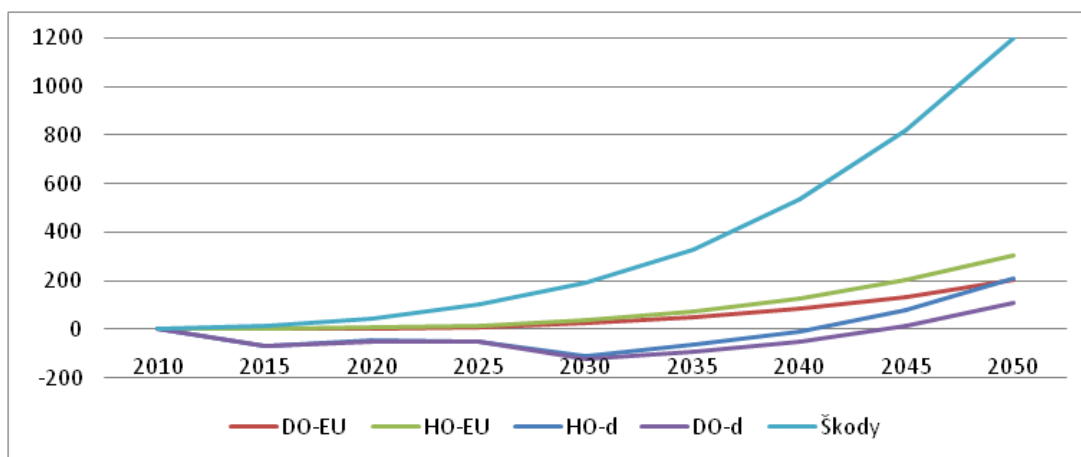
V prípade financovania adaptačných opatrení dodatočným zdanením subjektov ekonomiky vo výške nákladov adaptačných opatrení sa pozitívne dopady vynakladania prostriedkov na adaptačné opatrenia prejavujú až v priebehu poslednej dekády prognózovaného obdobia. V prípade horného odhadu výdavkov na adaptačné opatrenia je to približne rok 2040 a pri vynakladaní nižšieho objemu prostriedkov je to zhruba v roku 2045. Z uvedených výsledkov je možné dospieť k záveru, že v začiatkoch realizácie adaptačných opatrení je vhodnejšie na ich financovanie využiť dostupné zahraničné zdroje a postupne podľa potreby prípadne pristúpiť aj k získaniu zdrojov formou daňových príjmov.



Obr. 36: Vývoj produkcie poľnohospodárstva podľa scenárov zohľadňujúcich horný odhad dopadov klimatickej zmeny (v mil. EUR)

Zdroj: výpočty autorov

Na nasledujúcom grafe 37 je vidieť porovnania dopadov klimatickej zmeny (škôd) a možných prínosov jednotlivých variant adaptačných opatrení pri predpoklade vyšších dopadov.



Obr. 37: Vývoj škôd spôsobených klimatickou zmenou a prínosov realizácie jednotlivých scenárov adaptačných opatrení (v mil. EUR, vysoký scenár)

Zdroj: výpočty autorov

V poľnohospodárstve bude pretrvávajúť trend postupného poklesu zamestnanosti aj napriek nárastu produkcie. Pokles zamestnanosti bude, aj v tomto prípade, spôsobený postupným rastom produktivity práce, ktorý bol relatívne zabrzdený najmä v priebehu deväťdesiatich rokov a nedostatkom pracovných síl na trhu práce, ktorý bude dôsledkom očakávaného demografického vývoja. Rast celkovej produkcie v poľnohospodárstve bude tak ťahaná predovšetkým rastom produktivity práce a modernizáciou technického vybavenia. Odhliadnuc od tejto skutočnosti pohľad na zamestnanosť prináša, vo vzťahu k jednotlivým scenárom, podobné závery ako pohľad na celkovú produkciu v sektore. Nasledujúca tabuľka obsahuje informácie o vývoji zamestnanosti podľa jednotlivých scenárov.

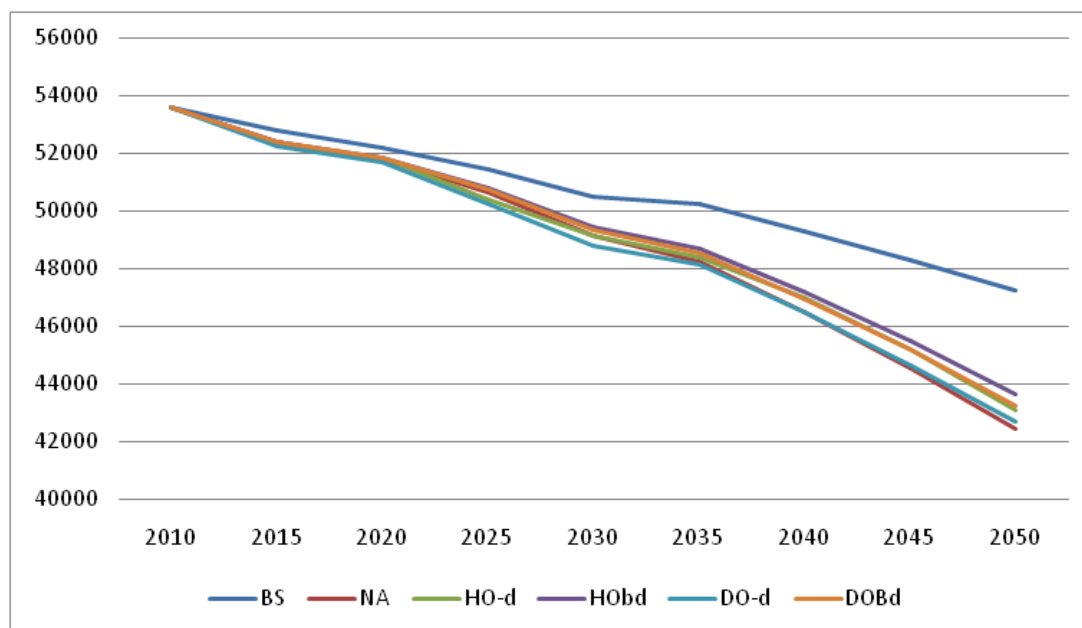
Tab. 21: Vývoj zamestnanosti v poľnohospodárstve podľa jednotlivých scenárov (vysoký scenár, počet zamestnancov)

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	53591	53591	53591	53591	53591	53591
2015	52787	52375	52316	52380	52267	52379
2020	52222	51818	51823	51867	51675	51850
2025	51442	50647	50382	50776	50222	50733
2030	50482	49167	49134	49423	48795	49337
2035	50233	48264	48396	48702	48161	48555
2040	49294	46516	46994	47178	46476	46956
2045	48292	44552	45172	45480	44646	45167
2050	47244	42423	43093	43652	42687	43237

Zdroj: výpočty autorov

Z tabuľky 21 vidieť, že vplyvom klimatickej zmeny by v porovnaní s BS scenárom mohlo dôjsť k zániku až približne 5000 pracovných miest v sektore poľnohospodárstva. Realizáciou adaptačných opatrení vo väčšom predpokladanom rozsahu by prispelo k záchrane viac ako 1200 pracovných miest v prípade financovania so zdrojov Európskej únie a 600 pracovných miest pri financovaní dodatočným zdanením. V prípade použitia menšieho

objemu finančných prostriedkov na realizáciu adaptačných opatrení by došlo k rádovo nižším počtom zachránených pracovných miest.



Obr. 38: Vývoj zamestnanosti v poľnohospodárstve podľa jednotlivých scenárov (vysoký scenár, počet zamestnancov)

Zdroj: výpočty autorov

Dopady adaptačných opatrení financovaných dodatočným zdanením na zamestnanosť by v priebehu veľkej časti referenčného obdobia boli neutrálne až mierne negatívne, vzhľadom na skutočnosť, že dodatočné zdanenie by primárne spôsobilo mierne zníženie stavu zamestnanosti a v strednom až dlhodobom horizonte by sa prejavili multiplikatívne efekty, ktoré by zvýšili zamestnanosť nad referenčnú úroveň zamestnanosti v prípade nerealizácie akýchkoľvek adaptačných opatrení. V prípade vyšších výdavkov na adaptáciu financovaných daňami by došlo k prejavu pozitívnych účinkov na zamestnanosť okolo roku 2030 a pri nižšej intenzite adaptačných opatrení by sa tak stalo až začiatkom posledného desaťročia prognózovaného obdobia.

Klimatická zmena výrazne ovplyvní ekonomickú výkonnosť sektoru poľnohospodárstva, ktorý predstavuje významného obhospodarovateľa pôdy a zabezpečovateľa potravinovej stability Slovenskej republiky. Pri pohľade na možný vývoj produkcie odvetvia sa v roku 2050 pravdepodobne dostavia negatívne dopady klimatickej zmeny v rozsahu od 0,6 – 1,2 mld. EUR (pokles o 5,1% - 10,2%) v závislosti na intenzite. Pričom realizáciou adaptačných opatrení je možné v roku 2050 zachrániť 190 – 306 mil. EUR produkcie, čo predstavuje zhruba tretinu až štvrtinu možných negatívnych dopadov. Pričom kumulatívne by došlo k zachráneniu produkcie v rozpätí zhruba od 1,8 – 3,2 mld. EUR a náklady na adaptačné opatrenia by sa pohybovali v rozmedzí od 1,1 – 2,0 mld. EUR v závislosti od scenára.

5.1.5 Sumarizácia dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení

Dôsledky zmeny klímy na poľnohospodárstvo

- Zmena agroklimatických podmienok pestovania plodín a zmena agroklimatickej rajonizácie
- Zmena zabezpečenia rastlinnej výroby atmosférickými zrážkami a nárast rozsahu zavlažovaného územia a závlahových dávok
- Zmena rastového a produkčného potenciálu jednotlivých plodín
- Zmena v aktivite biotických škodcov a zvýšenie rizika aktivizácie invázných škodcov

Návrh adaptačných opatrení v poľnohospodárstve

- Postupná zmena štruktúry pestovaných plodín na Slovensku a zmena odrodovej skladby
- Prispôbenie agrotechnických termínov (najmä sejby) zmeneným agroklimatickým podmienkam
- Dobudovanie závlahových systémov a zabezpečenie dostatku závlahovej vody v spolupráci so sektorom vodného hospodárstva

5.2. Lesné hospodárstvo

5.2.1. Základné informácie

Výmera lesných pozemkov na Slovensku (LP) sa dlhodobo zvyšuje. V roku 2009 dosiahla 2 009 tis. ha. Od roku 1950 sa zvýšila o 238 tis. ha (13,4 %). Zvýšila sa aj výmera porastovej pôdy (PP), t. j. výmera lesných porastov, a to o 175 tis. ha (9,9 %) od roku 1950. Dlhodobo sa zvyšuje lesnatosť ako percentuálny podiel celkovej výmery lesných pozemkov z celkovej výmery Slovenska, ktorá bola v roku 2006 približne 41 %. Podľa výsledkov Národnej inventarizácie a monitoringu lesov (NIML) SR, ktorá zahrnuje aj tzv. „biele plochy“ (les na nelesných pozemkoch), je lesnatosť Slovenska až $44,3 \pm 0,4$ % (Zelená správa 2010).

Zásoba dreva v lesoch SR sa tiež dlhodobo zvyšuje. V roku 2009 dosiahla 456,4 mil. m³ hrubiny bez kôry (hr. b. k.). Priemerná zásoba na ha je 237 m³ hr. b. k. Zvyšovanie zásob dreva v lesných porastoch by malo pokračovať až do ich predpokladanej kulminácie v rokoch 2015 – 2020. Potom sa vplyvom postupnej zmeny vekového zloženia lesov očakáva obrat vo vývoji zásob dreva a ich následné znižovanie. Zásoba uhlíka v lesných ekosystémoch viacmenej koreluje so zásobou dreva. K uhlíku obsiahnutému v hrubine bez kôry je potrebné pripočítať aj uhlík obsiahnutý v kôre stromov, v tenčine, koreňoch, v ostatnej biomase (najmä rastliny), v mŕtvom dreve, nadložnom humuse a v pôde. Lesy na Slovensku majú pomerne pestré drevinové zloženie s najvyšším zastúpením buka (31,6 %), smreka (25,5 %) a dubov (13,3 %).

Systém plánovitého udržateľného obhospodarovania lesov je ovplyvňovaný do značnej miery pôsobením abiotických a biotických škodlivých činiteľov. V roku 2009 bolo abiotickými škodlivými činiteľmi poškodených 1,3 mil. m³ drevnej hmoty. Podkôrny a drevokazný hmyz napadol v roku 2009 spolu 4,1 mil. m³ drevnej hmoty, spracovaných bolo 76 % z celkového objemu kalamitnej hmoty. Najvýznamnejším škodlivým činiteľom bol lykožrút smrekový s viac ako 81 % podielom na celkovej napadnutej drevnej hmote. V roku 2009 sa spracovalo najviac drevnej hmoty poškodenej podkôrnym a drevokazným hmyzom od roku 1993. Listožravý hmyz bol v roku 2009 v štádiu latencie. Gradácia sa očakáva v roku 2013. Fytopatogénne organizmy poškodili spolu 386 tis. m³ drevnej hmoty. Najvýznamnejším

škodlivým činiteľom bola podpňovka, na ktorú pripadlo 84 % zo všetkej napadnutej drevnej hmoty.

Hodnota hrubého domáceho produktu (HDP) lesného hospodárstva (LH) v bežných cenách v roku 2009 dosiahla 0,21 mld. Eur a medziročne klesla o 27,6 %. Jeho podiel na HDP hospodárstva SR sa znížil o 0,09 % na 0,33 %. V roku 2010 sa očakáva zastavenie jeho poklesu. Investície do lesného majetku a lesnej výroby dosiahli 10 mil. Eur a medziročne klesli o viac ako 76 %, čo sa prejavilo aj v poklese podielu na investíciách hospodárstva SR. Počet pracovníkov LH klesol úmerne k realizovaným objemom výkonov lesnej výroby o 25 %. Nominálna mzda v LH (612 Eur) klesla medziročne o 3,2 %, no reálna až o 4,8 %. Priemerná mesačná mzda v LH SR dosahovalo v roku 2009 iba 82,2 % úrovne hospodárstva SR (Zelená správa 2010).

5.2.2. Dôsledky klimatickej zmeny na lesné hospodárstvo

Zmena bioklimatických podmienok lesných spoločenstiev

Zmena bioklimatických areálov sa skúmala pomocou dvoch indexov (IT, IQ), ktoré predstavujú najdôležitejšie klimatické faktory vo vzťahu k lesným spoločenstvám, a to teplotu vzduchu a vodnú bilanciu (Fischlin et al. 1995). Výpočet sa robil v gridovom rozlíšení 250 x 250 m pre prevládajúcu drevinu v danom štvorci.

Pre účely hodnotenia vplyvu klimatických zmien na lesné dreviny sa definoval index priemernej ročnej teploty vzduchu (IT) ako jeden z dôležitých ekologických faktorov určujúcich existenčné podmienky lesných drevín, a to nasledovným spôsobom:

$$IT = (T_{opt.} - T) / (0,5 * dT)$$

kde:

$T_{opt.}$ - je hodnota priemernej ročnej teploty vzduchu optimálnej pre danú drevinu,

T - je priemerná ročná teplota vzduchu lokality výskytu danej dreviny,

DT - je amplitúda priemernej ročnej teploty vzduchu pre prirodzený areál rozšírenia danej dreviny v oblasti západných Karpát.

Index IT dosahuje hodnotu -1 na dolnej hranici prirodzeného rozšírenia, hodnotu 0 pre stred areálu (teplotné optimum) a hodnotu +1 na hornej hranici prirodzeného rozšírenia.

Podobne pre sme definovali index "vodnej bilancie" (IQ):

$$IQ = (Q - Q_{opt.}) / 0,5 * dQ,$$

kde význam jednotlivých symbolov je obdobný ako pri teplote vzduchu. Hodnota Q predstavuje rozdiel ročných zrážkových úhrnov a výparu z lesa, ktorý bol stanovený podľa metódy profesora Tomlaina (1999).

Pre výsledné zhodnotenie vypočítaných indexov IT pre podmienky súčasnej klímy (1951-80) a predpokladaného scenára klimatickej zmeny CCCMprep (Lapin et al. 2000) sme vychádzali z predpokladu, že pôsobenie týchto klimatických faktorov zodpovedá zhruba Gaussovmu rozdeleniu (Otto 1994, Vinš et al., 1996) (obr. 19) a vzhľadom na rozsah týchto indexov pre prirodzené areály drevín (-1, +1), môžeme optimum stotožniť zhruba s intervalom smerodajnej odchýlky ($-\sigma$, $+\sigma$) v Gaussovom normálovom rozdelení, ktorý zahŕňa cca 67 % rozsahu súboru náhodnej premennej (tab.22).

Tabuľka 22 Relatívna stupnica hodnotenia indexu priemernej ročnej teploty vzduchu vo vzťahu k výskytu lesných drevín

Hodnotenie podmienok	IT
Existenčný limit na dolnej hranici	menej ako -2,0
Ekologické pesimum na dolnej hranici	<-2,0,-1,0>
Zhoršené podmienky na dolnej hranici	(-1,0,-0,6>
Ekologické optimum	(-0,6,+0,6)
Zhoršené podmienky na hornej hranici	<+0,6,+1,0)
Ekologické pesimum na hornej hranici	<+1,0,+2,0)
Existenčný limit na hornej hranici	viac ako +2,0

Výsledky na úrovni celej plochy lesov Slovenska sa realizoval pre tri vybrané lesné dreviny smrek, jedľa a buk. Z hodnotenia jednoznačne vyplýva, že už v súčasnosti je najmä u smreka a jedle nesúlad medzi ich bioklimatickými nárokmi a skutočným výskytom. Markantne sa to prejavilo v hodnotách pre podmienky klimatickej zmeny, kde v stupni 3-5 indexu IT sa nachádza 71 % plochy smreka, 82 % plochy jedle a 32 % plochy buka. Index IQ signalizuje najväčšie zmeny pre buk na jeho dolnej hranici.

Modelovanie zmien klimatickej vodnej bilancie vegetačných stupňov

Klimatická vodná bilancia (KVB) je definovaná ako rozdiel medzi zrážkami (P) a potenciálnym výparom, resp. potenciálnou evapotranspiráciou (PE), pričom platí jednoduchý vzťah: $KVB = P - PE$. Potenciálnu evapotranspiráciu definujeme podľa Tomlaina (1991), ako maximálne možný výpar pri daných meteorologických podmienkach z dostatočne vlhkej pôdy a vegetácie. Charakterizuje hornú hranicu evapotranspirácie, pokiaľ táto nie je limitovaná nedostatkom vlhky v pôde. V tab. 2 sa uvádzajú výsledky vodnej bilancie v hlavnom vegetačnom období (marec až september) a to ako pre súčasné podmienky, tak aj pre podmienky zmenenej klímy podľa scenára CCCM (Lapin et al. 2000) pre všetky vegetačné stupne.

Môžeme konštatovať, že v podmienkach súčasnej klímy je vegetačné obdobie v 1. vs až 4. vs vystavené vyššej potenciálnej evapotranspirácii v porovnaní so spadnutými zrážkami. Keďže evaporačné nároky atmosféry sú vyššie ako spadnuté zrážky, lesné spoločenstvá 1. db, 2. bk-db, 3.db-bk a sčasti aj 4. bk vs sú nútené v teplej časti roka existovať zo zásob zimnej vody v pôdnom profile. Modelované podmienky klimatickej zmeny, napriek predpokladanému nárastu ročného úhrnu zrážok, uvedený deficit vody v biocenózach 1. – 3. vs vo vegetačnom období výrazne prehĺbia. Zvyšovanie teploty vzduchu a znižovanie úhrnov zrážok v teplom polroku (južné Slovensko) vedie k znižovaniu relatívnej vlhkosti vzduchu, čo sa odrazí v rastúcom trende sýtošného doplnku a úhrnov potenciálnej evapotranspirácie. Týmto sa pravdepodobne v dnešných dubových vs (1.-3.) vytvoria v budúcnosti menej priaznivé podmienky pre vysoký les, čo zrejme povedie k expanzii xerotermnej krovinovej vegetácie a k vzniku stepných až lesostepných vegetačných formácií. Nemeckí autori predpokladajú v polohách totožných s 2 -3. vs pomerne priaznivé budúce podmienky pre hrab, lipu, ale aj agát.

Bukový - 4. vs má v podmienkach súčasnej klímy vodnú bilanciu pomerne vyrovnanú. Predpokladané zmeny v horizonte 2075 však túto pozitívnu skutočnosť zvrátia (temer analogicky ako v 3 vs.), čo zrejme povedie k vytvoreniu bioklimatických podmienok pre dubové spoločenstvá už aj v dnešnom 4. vs. Buk, ako dominantná drevina tohto vs bude trpieť prísuškami, hlavne na minerálne chudobných a plytkých pôdach. Budúce klimatické pomery pravdepodobne obmedzia uplatňovanie smreka v hospodárskych porastoch 4. vs.

Jedľobukový 5 vs. sa v súčasnosti vyznačuje zväčša kladnou vodnou bilanciou, hlavne v severných oblastiach Slovenska a na náveterných svahoch. Scenár CCCM pre podmienky roku 2075 naznačuje, že aj v týchto polo–hách dnešných montánných lesných spoločenstiev môžeme očakávať jarné a jesenné suchšie periódy. Thomassius (1991) upozorňuje na skutočnosť, že v budúcnosti treba počítať s problematickým pestovaním smreka, ak sú súčasné zrážky nižšie ako 800 mm a teplota v priemere nad 7°C. 6. vs (sm-jd-bk) má v ponímaní dnešných klimatických podmienok dostatočnú vodnú bilanciu. Klimatické zmeny môžu znížiť nadbytok vlhky v letných a jesenných mesiacoch. Môžeme očakávať, že naznačené zmeny povedú k redukcii zastúpenia smreka hlavne v 6. vs.

Smrekový - 7. vs je a pravdepodobne aj v budúcich klimatických podmienkach bude postačujúco zásobený zrážkovou vodou. Predpokladané otepľovanie atmosféry aj v týchto vyšších polohách podmieni rast potenciálnej evapotranspirácie. Pokles zrážok v kontinentálnejších ob–lastiach (napr. vnútrohorská kontinentalita JV časti Tatier) sa prejaví hlavne v skorých jesenných mesiacoch, avšak priemerné očakávané zrážky budú pravdepodobne postačujúce. Tieto klimatické podmienky by teoreticky mohli vyhovovať smrekovcu opadavému, ako aj boroviciam. Podobné výsledky pri modelovaní dopadov zmenenej klímy v alpskej oblasti Bavarska očakáva aj Rehfuss (1999). Vyššie uvedené hodnotenie relatívne dostačujúcej vodnej bilancie, spolu s prognózovaným rastom teplôt môžu podnietiť lesné dreviny 7. vs k vyššej produkcii biomasy (pri absencii iných škodlivých činiteľov napr. kyslé polutanty, nadlimitné koncentrácie troposférických koncentrácií ozónu, pandémie podkôrneho hmyzu a iných patogénov).

Globálna klimatická zmena nebude mať na klimatickú vodnú bilanciu 8. ks a 9. alpínskeho vs. výraznejší vplyv. Ak vychádzame z práce Ďurského a Škvareninu (2001) a Kromku (2001) najvýznamnejším faktorom rastu a produkcie drevin v týchto vegetačných stupňoch bude teplota vzduchu. Podľa Mindáša a Škvareninu (1996) v podmienkach dnešného kosodrevinového pásma dynamický GAP model predikuje vznik bioklimatických podmienok umožňujúcich vyššie zastúpenie stromových druhov a potlačenie porastov kosodreviny. Potenciálna produkcia by sa tak mohla výrazne zvýšiť. Limitujúcimi faktormi môžu byť pôdno - výživové podmienky kosodrevinových stanovišť a toxické polutanty (kyslá depozícia, ťažké kovy a fotooxidanty).

Tabuľka 23 Vodná bilancia vegetačných stupňov v hlavnom vegetačnom období (IV-IX)

Vegetačný stupeň	Meteorologická stanica	Vegetačné obdobie (marec – september) (P-E _o)* (mm)	
		Súčasná klíma: 1951-1980	Klimatický scenár CCCM pre rok 2075
1. Dubový	Hurbanovo	-299	-430
2. Bukovo-dubový	Myjava	-140	-255
3. Dubovo-bukový	Kamenica n. C.	-76	-196
4. Bukový	Plaveč	-7	-129
5. Jedľovo-bukový	Červený Kláštor	+65	-48
6. Smrekovo-jedľovo-bukový	Oravská Lesná	+301	+167
7. Smrekový	Tatranská Javorina	+498	+342
8. Kosodrevinový	Skalnaté Pleso	+666	+517
9. Alpínsky			

* P – zrážky, E_o – potenciálna evapotranspirácia

Abiotické škodlivé činitele

Na základe prehľadu domácej a zahraničnej literatúry (napr. Mind'áš a Škvarenina 1994, Peltola et al. 1995, Jalkanen a Konôpka 1998) možno predpokladať, že prebiehajúce klimatické zmeny atmosféry spôsobia nárast frekvencie a intenzity pôsobenia abiotických škodlivých činiteľov na lesné ekosystémy. V dôsledku atmosferických porúch sa očakáva častejší výskyt víchríc. Predpokladajú sa teplejšie a vlhšie zimné obdobia, so skrátením periódy premrzania pôdy. V dôsledku uvedených zmien v zimnom období sa očakáva aj väčší výskyt padania ťažkého mokrého snehu ako aj námrazy. Vzhľadom na nárast teplôt a predpokladané zmeny v distribúcii zrážok sa očakávajú relatívne dlhšie suché obdobia a obdobia s nadmernými zrážkami v krátkom období. Táto prognóza signalizuje enormný nárast škôd suchom najmä pri plytkokorenných drevinách (napr. smrek) a súčasne intenzívny nárast škôd spôsobených záplavami v dôsledku prívalových dažďov. Takéto zmeny pôsobia tak na mechanickú stabilitu lesných spoločenstiev, t. j. na ukotvenie stromov a stabilitu porastov, ako aj na fyziologické procesy v drevinách, vyvolané najmä suchom, zamokrením, zmenami v biologickej aktivite drevín a podobne.

Globálna klimatická zmena ovplyvní mechanicky pôsobiace škodlivé činitele najmä prostredníctvom nárastu aktivity vetra, snehu a námrazy. Narušením klímy sa zvýši frekvencia víchríc. Určitým rizikom v súvislosti s postupnou zmenou poveternostných podmienok je aj zmena smeru prevládajúcich vzdušných prúdov resp. nebezpečných vetrov (Overpeck et al. 1990, Slabý 1993, Konôpka 1997). Lesné porasty, prípadne aj jednotlivé stromy majú najvyššiu odolnosť proti vyvráteniu, alebo zlomeniu na najčastejšie sa vyskytujúci smer vetra. Dreviny sú schopné prirodzene posilňovať svoju odolnosť proti najfrekvencovanejšiemu smeru vetra. Avšak zároveň sú zraniteľné, ak silný vietor prichádza z nezvyklého smeru. Ak globálna zmena klímy náhle ovplyvní aj smery vetrov, riziko rozvrátenia existujúcich starších lesných porastov je mimoriadne akútne.

V súvislosti so zmenami teplôt najmä v zime sa očakáva aj častejší výskyt padania mokrého, ťažkého snehu, ktorý poškodzuje hlavne mladšie prehustené lesné porasty (Kettunen et al. 1997). Aj analýza lesnej hospodárskej evidencie ukázala, že aj na Slovensku prišlo v priebehu ostatných štyridsiatic rokov k určitým zmenám v poškodzovaní lesných porastov snehom a námrazou. Kým v predošlom období sa takéto škody sústreďovali do horských smrečín (polomy snehom od 500 do 800 m n. m., námrazou nad 900 m n. m.), v ostatnom desaťročí ide skôr o bučiny v stredných polohách.

Na základe analýz scenárov klimatických zmien sa predpokladá, že fyziologické pôsobenie klimatických zmien na lesné ekosystémy môže mať ešte negatívnejšie následky ako už uvádzaný mechanický vplyv. S globálnymi zmenami sa očakáva postupný nárast priemerných ročných teplôt, čo zvýši evapotranspiráciu v lesných ekosystémoch. Týmto dreviny zvýšia spotrebu vody. Súčasne dôjde k narušeniu prirodzeného priebehu ročných zrážok, pričom sa ráta s ich poklesom vo vegetačnom období. Takže dreviny náročné na vlahu, a to hlavne rastúce na pôdach s menšou retenčnou schopnosťou, budú trpieť nedostatkom vody, čo ich bude oslabovať fyziologicky. Preto najviac ohrozenou drevinou bude smrek rastúci vo svojom suboptime, resp. pesime. Ďalej to budú aj niektoré horské smrečiny limitované množstvom zrážok a imisným zaťažením. Ďalšou rizikovou skupinou, ktorá bude podliehať stresom v dôsledku nedostatku vody a klimatických výkyvov budú prriedené lesné porasty a rozdrobené lesné komplexy. Uvedené ekosystémy majú narušenú bioklímu a sú citlivé na ďalšie zhoršovanie klimatických pomerov. Bude ich pribúdať v dôsledku jednotlivého alebo skupinového hynutia stromov (resp. mechanického poškodzovania) z dôvodu pôsobenia rôznych škodlivých činiteľov. Nedostatkom vlahy budú trpieť aj lesné porasty na strmých svahoch orientovaných na juh alebo juhozápad.

V dôsledku intenzívneho ožiarenia (úpal kôry) budú častejšie poškodzované hladkokôre dreviny rastúce na porastových okrajoch, alebo v porastoch so zníženým zakmenením. Teplé a suché periódy vo vegetačnom období zvýšia riziko požiarov. Ďalej možno očakávať aj nárast frekvencie atmosférických výbojov (bleskov), ktoré priamo poškodia dreviny alebo spôsobia požiar. Taktiež sa predpovedajú častejšie záplavy lokálneho a regionálneho charakteru, ktoré negatívne ovplyvnia brehové porasty a lužné lesy.

Lesy v nížinách a pahorkatinách (približne 1.-3. vs.) bude ohrozovať hlavne sucho. Následne sa očakáva šírenie stepných spoločenstiev na úkor dubín. Čoraz častejšie budú požiare, a to hlavne v borinách. Paradoxne, pravdepodobne vzrastú škody spôsobené potopami na brehových porastoch a v lužných lesoch.

Stredné a horské polohy (4.-6. vs.) bude poškodzovať vietor, ale aj sneh a námraza. V týchto lesoch možno očakávať rozsiahle škody spôsobené nedostatkom zrážok, a to hlavne smreka. Vysokohorské lesy (7. a 8. vs.) ovplyvní najmä nedostatok zrážok a ich neprirodená distribúcia vo vegetačnom období. Následky budú najakútnejšie v preriedených a imisiami oslabených smrečinách. Pravdepodobne aj tu budú vznikať rozsiahle vývraty v prípade kombinácie víchrice a intenzívnych dažďov. Z uvedených príčin bude v horských smrečinách pretrvávajúť problém s prirodzenou obnovou (expanzia trávových spoločenstiev a nedostatok vlhky a extrémna klíma pre prežívanie semenáčikov). Klimatické extrémny, často aj v kombinácii s imisiami, budú fyziologicky oslabovať porasty kosodreviny. Ich prípadný rozpad by mal katastrofické následky na existenciu hornej hranice lesa (lavíny, erózia pôdy, narušený vodný režim a pod.).

Biotické škodlivé činitele

Aktivizácia biotických škodcov je vždy úzko viazaná na charakteristiku biotopu (prostredia) a na stav hostiteľskej dreviny. Zmena klímy teda zásadným spôsobom ovplyvňuje aktivizáciu biotických škodcov, keďže mení bioklimatickú charakteristiku lesného prostredia a ovplyvňuje konštitúciu hostiteľskej dreviny.

Globálna klimatická zmena ovplyvňuje škodlivé prejavy biotických škodcov dvoma zásadnými spôsobmi. Predovšetkým ovplyvňuje populačnú hustotu, resp. infekčnosť či agresivitu škodcov tým, že mení podmienky pre rozmnožovanie, prežívanie a distribúciu v biotope v rámci existujúcich areálov. Okrem toho ovplyvňuje zmenu areálov škodcov vo väzbe na zmenu areálov a vitalitu hostiteľských drevín, ako aj v súvislosti s modifikáciou trofických nárokov škodcov, súvisiacich so zmenou drevinovej štruktúry biotopov. Globálna klimatická zmena vplýva na aktivizáciu biotických škodcov priamo a nepriamo.

Priamy vplyv (súvisiaci priamo so škodcami):

- vplyv na prežívanie organizmov, ktoré sa môžu začať prejavovať ako škodcovia,
- pozitívne, alebo negatívne ovplyvňovanie reprodukčných schopností organizmov,
- zmena areálov organizmov, ktoré sa môžu začať prejavovať ako škodcovia (zväčšovanie areálov alebo posun areálov),
- zvyšovanie vitality, agresivity, patogenity škodcov,
- vplyv prirodzeného bioregulačného komplexu.

Nepriamy vplyv (súvisiaci s hostiteľskými drevinami):

- zmeny v konštitúcii, odolnosti a náchylnosti hostiteľskej dreviny,
- zmena štruktúry biotopov (zmena drevinového zloženia),
- zmena v štruktúre kompetitívnych vzťahov v ekosystéme.

Na základe doterajších poznatkov sa predpokladá že v súvislosti so zmenou klímy a kvality prostredia (zmena teploty vzduchu, vlhkosti, koncentrácie CO₂ a O₃ v ovzduší a

intenzity UV-B žiarenia) sa zvýši patogenita a infekčný tlak významných fytopatogénnych mikroorganizmov, ale aj patogénnych húb, ktoré sa považovali doteraz za menej významné. Otepľovanie spôsobí posun agroklimatických zón k pólom, pričom patogény budú migrovať s hosťiteľom (Coakley et al., 1999). Keďže zmena klímy bude prebiehať postupne, pôvodné dreviny budú vystavované chronickému stresu. Pri interakciách takto oslabených drevín s pôvodnými významnými patogénmi, ale aj menej významnými a zavlečenými patogénmi, môžu vypuknúť nové ochorenia s ťažko predvídateľným priebehom (Chakraborty, 2002). Predovšetkým sa predpokladá sa, že zmena klímy priamo ovplyvní agresivitu významných patogénov najmä v smrečinách, bučinách a dubinách. Ide o nárast infekčnosti a agresivity druhov ako *Armillaria* spp. a *Nectria* spp., resp. *Ophiostoma*. Možno však očakávať aj nárast aktivizácie tých patogénov, ktorých súčasné hosťiteľské dreviny sú mimo optimum výskytu. Ide napr. o hubového patogéna *Phytophthora cinnamomi*, ktorý spôsobuje hynutie dubov v teplejších častiach južnej Európy. V prípade vyšších zimných teplôt, ktoré umožnia spóram prežiť nepriaznivé nízke zimné teploty pôdy, môže rozšíriť svoj areál permanentného výskytu smerom na sever až na naše územie. Podobné rozšírenie sa predpokladá aj u hrdze na topoľoch *Melampsora alli-populina* a u háďatok z rodu *Xiphinema* a *Longidorus* (BOAG et al., 1991; BRASIER, SCOTT, 1994). So stúpajúcou koncentráciou CO₂ stúpa aj patogenita nekrotrofných patogénov. Súčasne, zmena koncentrácie CO₂ pôsobí aj na trvanie jednotlivých vývojových štádií patogénov. Latentná perióda, t. j. obdobie medzi inokuláciou a sporuláciou, je predĺžená a u niektorých patogénov stúpla plodnosť až 20-násobne. Odolnosť hosťiteľa, pri takto sa zvyšujúcom infekčnom tlaku populácie patogéna, tak môže byť prekonaná oveľa ľahšie (CHAKRABORTY, 2002). Expozícia hosťiteľských drevín na UV-B väčšinou zvýšila intenzitu ich poškodenia patogénmi (MANNING, TIEDEMANN, 1995). Pokračujúca expozícia môže znížiť produkciu antihubových zlúčenín drevín, čo významne oslabí ich aktívny obranný mechanizmus. Ozón v prízemnej vrstve troposféry vyvoláva stres hosťiteľských drevín, ktoré môžu zvýšiť svoju náchylnosť k fytopatogénnym mikroorganizmom (SANDERMANN, 1996).

Hmyz patrí do tej skupiny biotických škodcov, na ktorú bude mať globálna klimatická zmena najvýraznejší vplyv. Súvisí to s veľmi silnou valenciou hmyzu ku klimatickej charakteristike biotopov a s úzkou viazanosťou hmyzu ku konštitúcii hosťiteľských drevín. Najpodstatnejší vplyv globálnej klimatickej zmeny možno očakávať na podkôrny a drevokazný hmyz, na listožravý hmyz a na hmyz cicavý.

Podkôrny hmyz je najvýznamnejším hmyzím škodcom ihličnatých lesov na Slovensku. Preto je dôležité poznať vplyv klimatických zmien na jeho aktivizáciu. Najvýznamnejšími predstaviteľmi podkôrneho hmyzu na Slovensku sú lykožrúty (*Ips* sp.). Väčšina významných druhov je troficky viazaná k dvom drevinám – k smreku a k borovici. Táto skutočnosť zásadným spôsobom ovplyvňuje aj vplyv klimatickej zmeny na škodlivosť a populačnú dynamiku uvedených škodcov.

Priamy vplyv klimatických zmien pôsobí na zvyšovanie abundancie podkôrníkov. Zvýšenie teploty priamo zvyšuje aktivitu podkôrneho hmyzu. U viacerých druhov môže dôjsť k nárastu počtu generácií za rok. Vyššie teploty umožnia rýchlejšie šírenie invázných druhov podkôrníkovitých a rozšírenie areálov domácich druhov (AYERS a LOMBARDEDERO, 2000). Zmeny v teplote môžu ovplyvniť vzťahy medzi podkôrníkovitými a ich prirodzenými nepriateľmi. Podľa SCHWENKEHO (1994) a REEVEHO et al. (1995) teplo urýchľuje vývoj hmyzu, zvyšuje počet generácií, skraca trvanie ich vývojových štádií a tým sa skraca čas potrebný na úspešné dokončenie vývoja parazitoidov a patogénov a v dôsledku nadmernej početnosti hosťiteľa sa znižuje efektívnosť predátorov. To v konečnom dôsledku umožňuje ďalšie dynamizovanie populačnej hustoty škodcov.

Nepriamy vplyv klimatickej zmeny je u podkôrníkov mimoriadne významný. Tieto druhy sú veľmi úzko viazané na kvalitatívne parametre hosťiteľských drevín. Pokles vitality

hostiteľskej dreviny vytvára optimálnejšie predpoklady pre úspešnosť osídlenie stromu podkôrníkmi a pre úspešný vývoj nového pokolenia. Keďže väčšina významných podkôrníkov má hostiteľskú drevinu smrek, ktorá je plytkokorenná a bude v dôsledku klimatickej zmeny vystavená veľmi silnému fyziologickému stresu, možno očakávať časový aj priestorový nárast optimálnych podmienok pre premnoženie podkôrníkov. Tento scenár však bude platiť iba do momentu, keď smrek v dôsledku silného vplyvu klimatických faktorov a sústredeného tlaku sekundárnych škodlivých činiteľov (huby, hmyz) neuvolní biotopy pre inú drevinu. Ak smrek v terajších biotopoch vymenia listnaté dreviny, invázia smrekových podkôrníkov sa utlmí až zanikne. Ak však biotop postupne vyplnia borovicové spoločenstvá, je tu reálne nebezpečenstvo, že aj táto drevina bude intenzívne napádaná podkôrníkmi a to aj druhmi typickými pre smrek.

Význam smreka ako hostiteľskej dreviny pre podkôrny hmyz v súčasnosti a potenciálny vývoj areálov smrekových podkôrníkov po uplatnení klimatického scenáru CCCM2000 (LAPIN, MELO 2000) jasne dokumentuje obr. 14. Vyplýva z neho, že v súčasnosti je smrek na takmer celej ploche svojho súčasného výskytu potencióálne ohrozený druhmi *Ips typographus* a *Pityogenes chalcographus* (93 % plochy). U ďalších dvoch podkôrníkov je toto percento o viac ako polovicu nižšie. Dramaticky sa situácia zmení v prípade aplikácie klimatického scenára CCCM2000, kedy nárast priemerných ročných teplôt vzduchu bude mať za následok pravdepodobný posun areálu výskytu do vyšších nadmorských výšok s optimom výskytu v súčasnom 7. lesnom vegetačnom stupni. Táto analýza vychádza z predpokladov, že areál výskytu daného druhu zostane aj v budúcnosti prakticky nezmenený. Vzhľadom na značnú adaptabilitu hmyzu a množstvo generácií, ktoré sa za toto obdobie (do r. 2075) vystrieda, nemožno vylúčiť ani zmenu (modifikáciu) potravných nárokov škodcov.

V súvislosti s klimatickými zmenami je možné očakávať zvýšený výskyt suchých období zvlášť v mesiacoch kritických pre nálet podkôrníkovitých. Účinkom deficitu vlhky a následného vodného stresu sa bude obranyschopnosť ihličnatých porastov znižovať (MICHAELS, 1984; AYERS a LOMBARDEDERO, 2000). Zvýšená koncentrácia CO₂ môže viesť k zvýšenej akumulácii karbohydrátov v rastlinných pletivách (SAGE, 1994). Za určitých okolností, vyšší obsah týchto látok v rastlinných pletivách zvyšuje pravdepodobnosť náletu podkôrníkovitých (WARREN, 1997). Kambrium s vyšším obsahom karbohydrátov má väčšiu výživnú hodnotu. Vývoj podkôrníkovitých v takomto substráte im zabezpečí vyššie energetické zásoby a tým aj ich väčšiu agresivitu (KRAUSSE-OPATZ et al., 1995).

Ohrozené sú však aj listnaté dreviny. Pri klimatických extrémoch (námraza, náhle zmeny teploty) môže dôjsť k silnému oslabeniu pletív listnatých drevín. V takto oslabených porastoch môže dôjsť k premnoženiu pôvodne neagresívnych druhov a k ich náletu na relatívne zdravé stromy (*Xyloterus* sp., Belgicko).

Pri zmene klimatických charakteristík možno ďalej predpokladať zvýšenú aktivizáciu inváznych druhov, ktoré budú rozširovať svoj areál v súvislosti s narastaním teplôt (od juhu smerom na sever) a budú obsadzovať uvoľnené biotopy, resp. budú sprevádzať dreviny v ich nových areáloch. Je veľmi pravdepodobné, že pri ústupe súčasných druhov podkôrníkov z určitého územia bude takto uvoľnená nika obsadzovaná novými agresívnymi druhmi najmä z oblasti južných Karpát.

Podobne ako pri podkôrnom hmyze aj pri listožravom a cicavom hmyze nastanú významné zmeny v populačnej dynamike a v škodlivosti. Zmeny chemizmu pôdy (SOBOCKÁ 1999) a zmeny klímy premietnuté do zmien chemizmu rastlín - kvality potravy, môžu ovplyvniť intenzitu gradácií listožravých a cicavých škodcov (FRANZ a KRIEG 1972, DALE a kol. 1991, KULA 1994).

Je známe, že teplota vplýva na rýchlejší vývoj juvenilných štádií hmyzu. Vajíčka sa skôr liahnu, larvy skôr dospejú a parazitoidy a predátory majú kratší čas na to aby založili vlastné potomstvo. Na druhej strane sú so zvyšujúcou sa teplotou spojené niektoré problémy -

príliš suchá potrava, nízka vlhkosť pre kuklenie a pod. Preto nie je možné túto otázku absolútne zovšeobecňovať. Vplyv tepla sa neuplatňuje samostatne ale v kombinácii s inými faktormi, predovšetkým so zrážkami (WILLIAMS a LIEBHOLD 1995).

Vplyvom klimatických zmien najčastejšie dochádza k posunu severných hraníc areálov škodcov. To je jeden z podstatných faktorov (okrem vhodnej hostiteľskej dreveniny), ktorý aktivizuje veľmi nebezpečnú expanziu inváziách druhov do nových teritórií (TURČÁNI, MINĎÁŠ, KULFÁN 2003). Významné sú aj zmeny v štruktúre parazitoidov a predátorov. Defoliátory majú veľmi široké spektrum parazitoidov. Tie majú obyčajne oveľa menší areál rozšírenia ako ich hostiteľ. Majú špecifickejšie nároky na prostredie a budú reagovať odlišne na zmeny klímy (FRANZ a KRIEG 1972). Dá sa očakávať, že nebudú doprevádzať škodcov do nových území čo umožní intenzívnejšie gradácie v nových areáloch premnoženia.

K najpodstatnejším defoliátorom na Slovensku patria listožraví škodcovia v dubinách. Preto sa ako príklad vývoja vplyvu globálnej klimatickej zmeny na listožravý hmyz uvádza porovnanie súčasných areálov niekoľko dubových defoliátorov s teoretickým modelom vychádzajúcim z klimatického scenára CCCM2000 (LAPIN, MELO 2000).

Z uvedeného môžeme vidieť, že v súčasnosti sú duby na ploche 30-50 % svojho súčasného výskytu potenciálne ohrozené uvedenými tromi druhmi. Situácia sa v prípade aplikácie klimatického scenára CCCM2000 zmení najmä u druhu *Operophtera brumata*, kedy nárast priemerných ročných teplôt vzduchu bude mať za následok zhoršenie podmienok pre výskyt tohto druhu vo vzťahu k súčasnému výskytu dubov na Slovensku. Iná situácia je u ďalších dvoch druhov, kedy sa percento prekrytia areálov zvýši oproti súčasnosti asi o 9 %. Táto analýza vychádza z predpokladov, že areál výskytu daného druhu zostane aj v budúcnosti prakticky nezmenený.

Lesy v nížinách a pahorkatinách (1.-3. vs.)

V nížinách a pahorkatinách stúpne význam huby *Dothistroma septospora*, ktorá spôsobuje červenú sypavku borovice čiernej, ohrozená je však aj borovica lesná. Na vlhkých a teplých stanovištiach môžu byť ohrozené duby, gaštan jedlý a buky hubami *Phytophthora cinnamomi* a *P. cambivora*. V dôsledku zvýšeného stresu drevín stúpne význam tracheomykózných húb na duboch (*Ceratocystis*, *Ophiostoma*) a na javoroch (*Verticillium*). Vážne poškodenia môžu byť spôsobené na topoľoch rakovinovým ochorením spôsobovaným hubou *Cryptodiaporthe populea* (JANKOVSKÝ, 2002).

Podkôrniky na boroviciach a čiastočne aj menej významné druhy podkôrníkov na listnatých drevinách sa vplyvom suchého a teplého počasia začnú systematicky premnožovať. V južných oblastiach možno predpokladať najintenzívnejšiu inváziu nepôvodných druhov hmyzu z mediteránnej oblasti. K najrizikovejším patria niektoré druhy koníkov (napr. *Dociostaurus maroccanus*), ale aj ďalšie druhy listožravých druhov motýľov čiastočne aj vošky. Vytvoria sa priaznivé podmienky pre aktivizáciu domácich teplomilných druhov.

Stredné a horské polohy (4.-6. vs.)

V dôsledku klimatických zmien je možné očakávať nárast agresivity podpňovky (*Armillaria* spp.) v tejto súvislosti aj rozsiahle kalamity spôsobené týmto druhom v smrečinách. Podobne bude stúpať význam hnilôb koreňov spôsobovaných hubami *Heterobasidion annosum* a *Stereum sanguinolentum* (JANKOVSKÝ, CUDLÍN, 2002). Stúpne význam húb z rodu *Nectria*, ktoré budú ohrozovať najmä bukové porasty v stredných polohách. Oslabenie porastov najmä smrekových rastlinnými patogénmi zvýši ich predispozíciu na poškodenie podkôrníkovitými (JAKUŠ, 2001).

V smrekových monokultúrach do 6. vegetačného stupňa možno očakávať časté gradácie podkôrníkovitých najmä v smrečinách, ako dôsledok znižovania vitality smrečín, resp. ako dôsledok poškodenia porastov vetrom. Predpokladá sa, že synergické pôsobenie komplexu škodlivých činiteľov vyvolá rozsiahle hynutie smrečín a ich masový ústup zo stredných polôh.

Listožravý hmyz a cicavé druhy z nižších polôh začnú v dôsledku zmeny klímy prenikať do stredných polôh (najmä niektoré teplomilnejšie druhy). Vzhľadom na konkurenčné prostredie však bude trvať istú dobu pokiaľ sa tu plne udomácnia. Zvýšenú aktivizáciu treba očakávať u druhov škodiacich na voľných plochách, napr. novozaložené porasty.

Vysokohorské lesy (7. a 8. vs.)

V horských smrečinách 7. vegetačného stupňa možno v súvislosti s narastajúcim poškodzovaním porastov vetrom a imísiami očakávať premnoženia agresívnych druhov podkôrníkovitých s výnimkou strmých severných svahov a inverzných dolín.

Zimné výkyvy počasia (najmä teplé, slnečné zimné počasia) môže oslabovať dreviny (úpal, fyziologické sucho) a vyvolávať predčasné rašenie a následné škody mrazom. Oslabené dreviny budú napádané širším spektrom škodcov, ktorých gradácie budú intenzívnejšie. Očakávať treba aktivizáciu najmä domácich druhov obalovačov, piadiviek a blanokridlovcov. Aktivita vošiek v tejto oblasti bude mať stúpajúci trend najmä u druhov ako *Dreyfusia nordmanniana*, *Sacchiphantes viridis*.

Všetky doterajšie analýzy a modelové kalkulácie umožňujú určité zovšeobecnenie týchto výsledkov vo vzťahu k perspektívam výskytu a ďalšieho pestovania lesných drevín v oblasti západných Karpát z pohľadu prognózovaných klimatických zmien. Sumarizované výsledky sú prezentované v tab.24.

Tabuľka 24 Sumárne výsledky hodnotenia výskytu a ďalšieho pestovania lesných drevín v oblasti Západných Karpát z hľadiska predikcie klimatických zmien

Lesné spoločenstvá	Holdridge model	Forest Gap Model	Analýza Bioklimatických areálov	Analýza klimatickej vodnej bilancie
1.-3. vegetačný stupeň	<ul style="list-style-type: none"> absencia podmienok pre výskyt SM, JD podmienky pre lesné spoločenstvá „balkánskeho typu“ 	<ul style="list-style-type: none"> zánik spoločenstiev s účasťou smreka a jedle nástup dubových xerothermných lesov 	<ul style="list-style-type: none"> zánik podmienok pre výskyt smreka a jedle zhoršenie podmienok pre buk 	<ul style="list-style-type: none"> limitujúci deficit zrážok pre smrek, jedľu, ale aj buk
4.-6. vegetačný stupeň	<ul style="list-style-type: none"> podmienky pre pokles zastúpenia SM, JD podmienky pre zmiešané lesy mierneho pásma 	<ul style="list-style-type: none"> zánik prípadne okrajový výskyt SM, JD rozvoj zmiešaných spoločenstiev buka s účasťou cenných listnáčov 	<ul style="list-style-type: none"> všeobecný ústup ihličnanov (SM) priaznivé bioklimatické podmienky pre buk (5.-6.vs) vytváranie podmienok pre dubové spoločenstvá (najmä 4.vs) 	<ul style="list-style-type: none"> dostatok zrážok pre SM, JD len na severe oblasti v 6.vs priaznivá vodná bilancia pre buk
7.-8. vegetačný stupeň	<ul style="list-style-type: none"> podmienky pre rozvoj zmiešaných spoločenstiev SM, posun h. hran. lesa 	<ul style="list-style-type: none"> rozvoj zmiešaných SM-JD-BK porastov, posun hornej hranice lesa 	<ul style="list-style-type: none"> zníženie zastúpenia SM, plošná redukcia, posun hornej hranice lesa 	<ul style="list-style-type: none"> dostatok zrážok pre existenciu SM

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania agroklimatických podmienok poľnohospodárskej výroby na Slovensku sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor lesného hospodárstva pre vybrané geomorfologické celky.

Oblasť	Geomorfologické celky	Riziko
1	Malé Karpaty, Biele Karpaty, Považský Inovec, Záhorská nížina, Podunajská nížina, Považské podolie, Podunajská pahorkatina, Pohronský Inovec	**
2	Lučensko-košická zníženina, Krupinská planina, Javorie, Matransko-Slanská oblasť a priľahlé kotliny	***
3	Východoslovenská nížina, Vihorlatské vrchy	**
4	Poloniny, Nízke Beskydy, Východné Beskydy, Spišská Magura	*
5	Stredné Beskydy, Západné Beskydy, Javorníky	*
6	Tatry, Nízke Tatry, Chočské vrchy, Malá Fatra- Krivánska a priľahlé kotliny	*
7	Slovenské rudohorie, Branisko a priľahlé kotliny	*
8	Veľká Fatra, Malá Fatra-Lúčanská, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Starohorské vrchy, Poľana a priľahlé kotliny	**
9	Vtáčnik, Tríbeč, Strážovské vrchy, Žiar	**
Riziko negatívneho vplyvu KZ 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko		

5.2.3. Adaptačné opatrenia v lesnom hospodárstve

V rokoch 1996-98 bol po prvýkrát súhrnne spracovaný návrh možných adaptačných opatrení pre podmienky lesného hospodárstva SR, kde sa konštatovalo, že minimalizácia rizík dôsledkov klimatickej zmeny na lesy Slovenska je možná len pri realizácii postupných cielených opatrení, ktoré by mali byť založené na nasledovných systémových krokoch:

1. Spracovanie "strategickej štúdie" o potenciálnych dopadoch globálnych zmien na lesy Slovenska a možných adaptačných opatreniach na minimalizáciu ich negatívnych dopadov podľa upresnených regionálnych scenárov s vypracovaním kategorizácie ohrozenia lesných spoločenstiev podľa hospodárskych súborov a porastových typov s rešpektovaním oblastného princípu (lesné oblasti).
2. Zapracovanie rámcových navrhovaných opatrení do koncepcií "štátnej lesníckej politiky" a strategických rozvojových programov lesníctva.
3. Realizácia opatrení v krátkodobých a dlhodobých časových horizontoch v súlade s vypracovanou "adaptačnou stratégiou".

Na základe dostupných súčasných poznatkov o interakčných väzbách klímy a lesných spoločenstiev, ich dôkladnej analýze, odbornej a vedeckej diskusie, je potrebné postulovať základné princípy adaptačnej stratégie a zosúladiť ju s požiadavkami trvale udržateľného obhospodarovania lesov. Adaptačná stratégia by mala byť postavená na nasledovných základných princípoch:

- komplexné prepracovanie princípov a metód súčasnej typológie s cieľom rešpektovania časových zmien podmienok prostredia v dlhodobom výhľade (obdobie rubnej doby) a uplatnenie týchto princípov v hospodársko-úpravníckom plánovaní
- vytvoriť legislatívno-ekonomické podmienky pre napĺňanie princípov funkčne integrovaného obhospodarovania lesov bez ohľadu na vlastnícke pomery
- dôsledne uplatňovať pestovateľské princípy prírode blízkeho obhospodarovania lesov na báze zvyšovania druhovej a genetickej diverzity založenej na prirodzenej obnove lesných porastov.

Pre podmienky Slovenska bolo už vypracovaných niekoľko návrhov a alternatív adaptačných opatrení, ktoré by bolo potrebné realizovať v rôznych časových horizontoch. Môžeme ich rozdeliť do dvoch základných skupín, a to na opatrenia:

1. Všeobecne platné

2. Špecifické

Do prvej kategórie môžeme zahrnúť všetky opatrenia vo vzťahu k posilňovaniu biologickej a genetickej diverzity, prírode blízkeho obhospodarovaniu lesov a k princípom trvalo udržateľného rozvoja lesov. Do druhej kategórie môžeme zaradiť špecifické opatrenia zamerané na jednotlivé aspekty predpokladaných dopadov klimatických zmien na lesy.

Realizácia opatrení v rámci prvej kategórie má viac menej univerzálnu platnosť a s ich realizáciou je potrebné uvažovať bez ohľadu na neurčitost' predikcií klimatických zmien hoci aj tu by bolo vhodné zakomponovať niektoré spoločné rysy špecifických opatrení. Realizácia druhej kategórie opatrení by mohla byť štruktúrovaná podľa nasledovných priorit:

- *opatrenia v lesoch, ktorých súčasný stav a štruktúra nezodpovedá súčasným podmienkam prostredia (typologicky nevhodné drevinové zloženie),*
- *opatrenia v lesoch prichádzajúcich do štádia obnovy,*
- *opatrenia, ktoré sú v súlade s návrhom znížovania emisií skleníkových plynov z lesov.*

V ďalšom texte uvádzame sumárny prehľad navrhovaných adaptačných opatrení zameraných na minimalizáciu rizík spojených s dôsledkami dopadu klimatických zmien na lesy podľa doteraz publikovaných domácich prác (ČABOUN 1994, ĎURSKÝ 1994, MINDÁŠ, ŠKVARENINA 1994, PAULE 1996, SANIGA 1996a, ŠÁLY 1996d, MINDÁŠ-LAPIN-ŠKVARENINA 1996, Mindáš et al. 2001).

Návrh adaptačných opatrení vychádza zo vstupných informácií pochádzajúcich z národného klimatického programu, národného programu ochrany biodiverzity, národného lesníckeho programu, ako aj z výsledkov domácich a zahraničných výskumov publikovaných v odborných periodikách.

Cieľom adaptačných opatrení je zmenšenie rizík negatívnych dôsledkov zmien klímy na biodiverzitu najmä lesných ale aj poľnohospodárskych a vodných ekosystémov. Hlavným zmyslom definovania a realizácie adaptačných opatrení vo vzťahu k dôsledkom klimatickej zmeny v sektore biodiverzita je minimalizovať riziko negatívnych dôsledkov týchto zmien na biodiverzitu ťažiskových ekosystémov v krajine.

Sumár odporúčaných adaptačných opatrení je nasledovný:

- ***Zmeny drevinového zloženia lesov garantujúce dostatočnú biodiverzitu, ale aj odolnosť resp. adaptabilitu ku GKZ,***

Opatrenie prinesie zachovanie biodiverzity a súčasne zvýšenie adaptácie lesných porastov na zmenu klímy. Výsledkom bude zníženie negatívnych dopadov klimatickej zmeny na funkčný potenciál lesov v oblasti biodiverzity lesných ekosystémov ale súčasne aj zvýšenie uhlíkových zásob v lesoch.

- ***Zachovanie a reprodukciu genofondu lesných drevín garantujúceho dostatočnú adaptabilitu k dopadom GKZ,***

V tomto opatrení pôjde o zvyšovanie adaptability lesných ekosystémov na klimatickú zmenu využívaním vodného genofondu drevín. Vzhľadom na štruktúru pôvodných lesov na Slovensku, poskytujúcich širokú škálu vhodného reprodukčného materiálu bude súbežne garantovaná aj druhová biodiverzita lesných drevín.

- ***Zalesňovanie nelesných plôch tak, aby sa vytvárali lesné spoločenstvá reprezentujúce vhodnú štruktúru biodiverzity a súčasne zabezpečovali sekvestráciu uhlíka.***

Cieľ tohto opatrenia je zvýšenie sekvestrácie uhlíka v biomase lesných drevín a v pôde a súčasne formovať lesné spoločenstvá so štruktúrou prírode blízkyh lesných spoločenstiev charakterizovaných primeranou biodiverzitou.

- ***Integrovaná ochrana lesa proti kalamitným, ale aj inváznym druhom zavlečených škodcov.***

Cieľom opatrenia je eliminovať negatívny vplyv škodlivých organizmov, ktoré sa intenzívne aktivizujú v dôsledku vplyvu GKZ a tým zabrániť negatívnym dopadom ich pôsobenia na biodiverzitu. Opatrenie sa týka najmä kalamitných škodcov a škodcov

zavlečených, ktorý v dôsledku vplyvu GKZ našli na Slovensku vhodné podmienky, či škodcov invázijských (migrujúcich), ktorých areál rozšírenia (definovaný najmä teplotnými a vlhkosťovými charakteristikami) sa v dôsledku vplyvu GKZ rozšíril aj na územie Slovenska.

- **Posilňovanie hydrického vplyvu lesov s osobitným dôrazom na zachovanie resp. zvýšenie biodiverzity lesných spoločenstiev.**

Cieľom opatrenia je komplexný efekt. Posilňovaním hydrickej funkcie lesa sa posilní protipovodňová a protierózna funkcia lesa, súčasne sa vhodnými opatreniami zabezpečí aj zachovanie alebo zlepšenie biodiverzity lesného ekosystému. Opatrenie, vzhľadom na fakt že takýmto spôsobom sa vytvára stabilný lesný ekosystém s početným zastúpením druhov drevín a značným objemom biomasy, zabezpečuje aj zvýšenie sekvestrácie uhlíka.

5.2.4. Ekonomická analýza adaptačných opatrení v lesnom hospodárstve

Odhad ekonomických parametrov adaptačných opatrení treba považovať za veľmi rámcový a v budúcnosti bude treba tieto parametre ďalej spresňovať so zohľadnením regionálnych ekonomických diferencií.

V odvetví lesného hospodárstva ekonomické kalkulácie predpokladali tri skupiny adaptačných opatrení, a to:

- zmena drevinového zloženia lesov prostredníctvom umelej obnovy
- realizácia ochranných a obranných opatrení v oblasti integrovanej ochrany lesov
- posilnenie hydrickej a protipovodňovej funkcie lesa.

Úroveň jednotlivých nákladových položiek bola odvodená s publikovaných údajov Zelené správy za rok 2009.

Investičné náklady zahŕňajú nasledovné nákladové položky:

- rekonštrukcie odvodňovacích systémov lesných ciest
- rekonštrukcie lesných ciest pre zabezpečenie vodohospodárskych funkcií
- protipovodňové opatrenia - zahrádzanie bystrín a úpravy vodných tokov v správe LH.

Prevádzkové náklady kalkulujú s realizáciou umelého zalesňovania s cieľom zmeny drevinového zloženia na výmere 13 – 20 tisíc ha ročne a realizáciu ochranných opatrení (aplikácia mechanických, chemických a biologických opatrení ochrany lesa) na výmere 40 – 215 tisíc ha ročne.

Celkový odhad potreby investičných nákladov sa pohybuje v relatívne širokom intervale 0,2 – 1,9 mil. € ročne a ročné prevádzkové náklady na tieto opatrenia predstavujú v prvom priblížení 2,1 – 17,2 mil. €. Náklady adaptačných opatrení v odvetví lesného hospodárstva sú pre jednotlivé roky a úrovne výdavkov detailne zobrazené v tabuľke 25. Náklady na adaptačné opatrenia v lesnom hospodárstve boli pre rok 2015 odhadnuté pre dolný odhad na úrovni 2,3 milióna EUR a pre horný odhad 5,3 milióna EUR. V roku 2050 pre dolný odhad 11,1 milióna a pre horný odhad 19,2 milióna EUR. V roku 2010 sa adaptačné opatrenia nerealizovali a v analýze sa predpokladá že od roku 2011 začnú výdavky na adaptáciu postupne rásť. Vychádzame z predpokladu, že investičné náklady by sa mali premietnuť do zvýšeného dopytu odvetvia po produkcii odvetví: poľnohospodárstvo, ťažba nerastných surovín a stavebníctvo. Prevádzkové náklady by mali v prevažnej miere smerovať do produkcie odvetví: poľnohospodárstvo, priemysel a doprava.

Tab.25: Odhadované náklady na adaptačné opatrenia v mil. EUR

Dolný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0,0	0,2	0,4	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
Prevádzkové náklady	0,0	2,1	3,7	6,0	6,8	7,6	8,4	9,2	10,0
Spolu	0,0	2,3	4,1	6,7	7,6	8,4	9,3	10,2	11,1
Horný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0,0	0,5	0,9	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
Prevádzkové náklady	0,0	4,8	7,9	11,8	12,9	14,0	15,1	16,1	17,2
Spolu	0,0	5,3	8,7	13,1	14,3	15,5	16,7	17,9	19,2

Zdroj: výpočty autorov

Odhad ekonomických parametrov adaptačných opatrení treba považovať za veľmi rámcový a v budúcnosti bude treba tieto parametre ďalej spresňovať so zakalkulovaním regionálnych ekonomických diferencií a konkrétnejšie definovaných možných adaptačných opatrení.

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dôsledky klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví.

Pri modelovaní dopadov klimatickej zmeny na sektor lesného hospodárstva v zmysle aplikovaného modelu, detailnejšie popísaného v časti 2.9 „Ekonomické analýzy“ tejto správy bol sektor lesného hospodárstva je v zmysle odvetvovej štruktúry (OKEČ¹) modelu definovaný ako oddiel 02 - Lesníctvo, ťažba dreva a súvisiace služby. Lesné hospodárstvo ako užívateľ lesov predstavuje odvetvie s kľúčovým významom predovšetkým pri snahe o účelnejšie skladovanie uhlíka v lesných ekosystémoch. Objem produkcie odvetvia lesného hospodárstva na celkovej produkcii predstavoval v roku 2010 približne 0,5% a teda sa jedná o takmer najmenšie analyzované odvetvie. Pričom modelové výsledky napredpokladajú rast tohto podielu skôr je možné očakávať mierny pokles.

Vzhľadom na relatívne vysokú variabilitu projekcií možného budúceho vývoja klimatických faktorov boli v rámci modelovania ekonomických dopadov klimatickej zmeny vytvorené dva alternatívne varianty. Jeden, ktorý zohľadňuje možnosť negatívnejšieho vývoja zapríčineného predovšetkým extrémnymi výkyvmi počasia, a teda so sebou prinášajúceho aj vyššie negatívne dopady – *vysoký scenár*. A ako protiklad k tomuto extrémnemu scenáru bol vytvorený variant s relatívne miernymi dopadmi klimatickej zmeny na ekonomickú výkonnosť hospodárstva – *nízky scenár*.

V rámci týchto možných alternatívnych scenárov dopadov klimatickej zmeny bolo vypracovaných 6 podscenárov: BS - základný teoretický podscenár, ktorý predstavuje určitý potenciálny možný budúci vývoj modelovaných ukazovateľov bez vplyvu klimatickej zmeny. NA - predstavuje variant ktorý je prognózou vývoja v prípade vplyvu klimatickej zmeny a zachovania pôvodného správania ekonomických agentov. V prípade realizácie adaptačných opatrení na vyrovnanie sa s klimatickou zmenou sa predpokladalo, že vzhľadom na predpokladané výkyvy dopadov v jednotlivých rokoch, bude potrebné vynaložiť náklady v určitom rozsahu, a preto bola odhadnutá ich horná (HO) a dolná úroveň (DO).

¹ Odvetvová klasifikácia ekonomických činností

Vzhľadom na nevyhnutnosť financovania výdavkov spojených s realizáciou projektov v súvislosti s adaptačnými snahami Slovenskej republiky o minimalizáciu dopadov klimatickej zmeny sa predpokladali dva možné varianty:

- adaptačné opatrenia budú financované prostredníctvom finančných zdrojov Európskej únie – EU
- zavedenie dodatočného zdanenia domácej produkcie vo výške celkových nákladov realizácie adaptačných opatrení – d

Dolný odhad dopadu klimatických zmien – nízky scenár

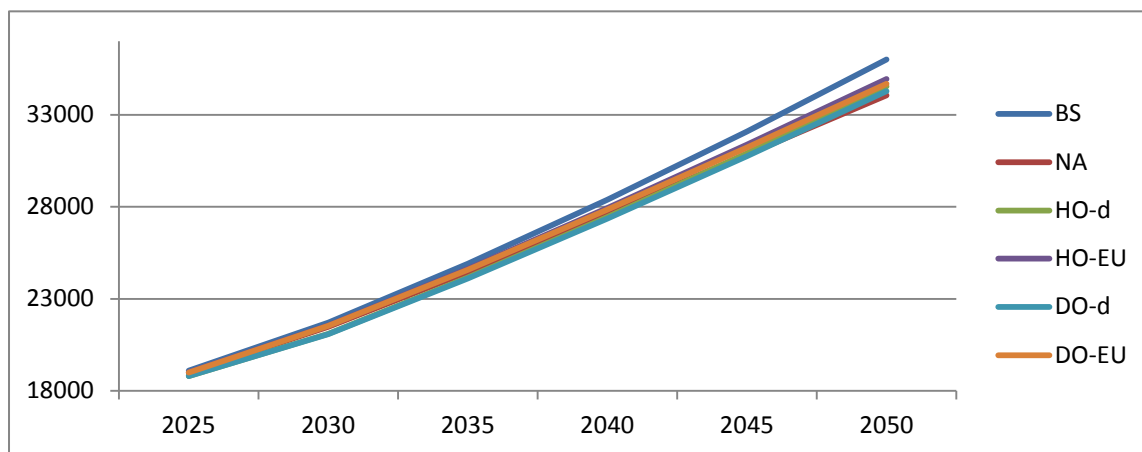
Dopady klimatickej zmeny na produkciu odvetvia lesného hospodárstva v prípade nižších negatívnych efektov klimatickej zmeny sú pre jednotlivé varianty scenárov zachytené v tabuľke 1. V prípade nerealizácie adaptačných opatrení by podľa modelových prepočtov klimatická zmena so sebou priniesla škody na produkcii lesného hospodárstva vo výške 132 mil. EUR, čo predstavuje pokles o 5,5%. Vývoj produkcie je v období rokov 2010 – 2025 relatívne podobný a až po tomto časovom horizonte dochádza k výraznejším rozdielom medzi jednotlivými variantmi. Na obrázku 38 je možné vidieť predpokladaný vývoj produkcie po roku 2025 v odvetví lesného hospodárstva pri nízkom variante dopadov klimatickej zmeny.

Tab. 16: Vývoj produkcie v sektore lesného hospodárstva podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, nízky scenár

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	779	779	779	779	779	779
2015	917	916	903	917	903	916
2020	1115	1112	1101	1112	1101	1112
2025	1312	1304	1293	1306	1292	1306
2030	1517	1500	1474	1506	1473	1504
2035	1715	1684	1663	1695	1660	1692
2040	1929	1875	1864	1897	1858	1890
2045	2155	2069	2075	2106	2064	2095
2050	2393	2261	2294	2320	2276	2302

Zdroj: výpočty autorov

Ak by adaptačné opatrenia v odvetví boli financované dodatočným zdanením domácich subjektov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o 0,7 % vyššia a pri hornom odhade o 1,5 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Ak by boli na financovanie adaptačných opatrení boli využité zahraničné zdroje, tak je možné očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade produkcia o 1,8 % vyššia a pri hornom odhade o 2,6 % vyššia ako v prípade, ak by neboli aplikované žiadne adaptačné opatrenia. Pri detailnejšom pohľade na údaje o produkcii je vidieť, že v prípade dodatočného daňového zaťaženia sa pri vyšších výdavkoch dostavia pozitívne efekty na produkciu až v prvej polovici poslednej dekády a pri nižšom odhade výdavkov dokonca až v závere prognózovaného obdobia.



Obr.38: Vývoj produkcie v sektore lesného hospodárstva po roku 2025 podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, nízky scenár

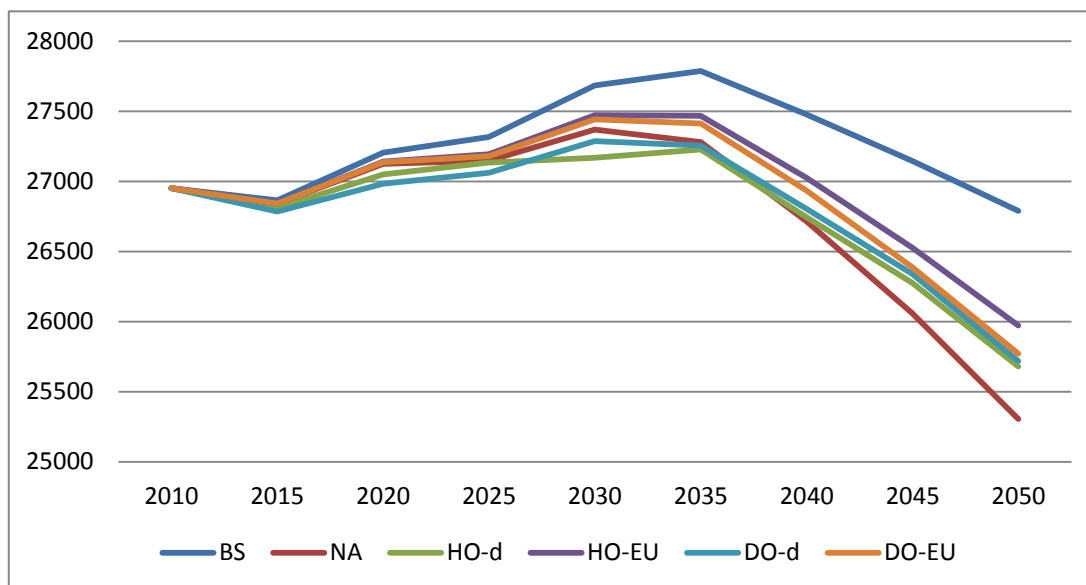
Zdroj: výpočty autorov

Na základe toho je možné konštatovať, že pre ekonomiku Slovenska je pri realizácii adaptačných opatrení využiť na financovanie nákladov adaptácie primárne v maximálnej možnej miere zahraničné zdroje, napríklad fondy EÚ. Pri financovaní zo zdrojov EÚ je pri vyššom objeme vynaložených prostriedkov na adaptačné opatrenia eliminovaných až 45% očakávaného poklesu produkcie, pri dolnom odhade to je zhruba tretina (31,3%).

Tab. 27: Vývoj zamestnanosti v sektore lesného hospodárstva, nízky scenár, osoby

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	26951	26951	26951	26951	26951	26951
2015	26865	26840	26810	26842	26784	26842
2020	27204	27126	27050	27141	26983	27137
2025	27317	27147	27135	27193	27060	27180
2030	27683	27370	27168	27473	27287	27443
2035	27787	27280	27227	27468	27256	27413
2040	27476	26715	26744	27024	26802	26933
2045	27145	26060	26276	26527	26339	26388
2050	26790	25307	25680	25972	25718	25772

Zdroj: výpočty autorov



Obr.39: Vývoj zamestnanosti v sektore lesné hospodárstvo, nízky scenár, osoby
Zdroj: výpočty autorov

Zamestnanosť sa v priebehu prognózovaného obdobia vo všetkých scenároch pohybuje v absolútnom vyjadrení v rozpätí hodnôt medzi 25 - 28 tis. osôb, všetky scenáre predpokladajú celkový rast zamestnanosti až po rok 2035, po ktorom by malo aj vplyvom demografického vývoja a rastu produktivity práce dôjsť k poklesu zamestnanosti v tomto odvetví. V porovnaní základného scenára bez klimatickej zmeny a scenára s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení sa predpokladá pokles celkovej zamestnanosti v sektore o takmer 1500 pracovných miest. Z prehľadu jednoznačne vyplýva, že adaptačné opatrenia umožňujú eliminovať výrazný objem straty zamestnanosti. Pri realizácii adaptačných opatrení v dlhodobom horizonte možno očakávať elimináciu straty pracovných miest v rozmedzí 25 – 45% v závislosti od typu scenára.

Horný odhad dopadu klimatických zmien – vysoký scenár

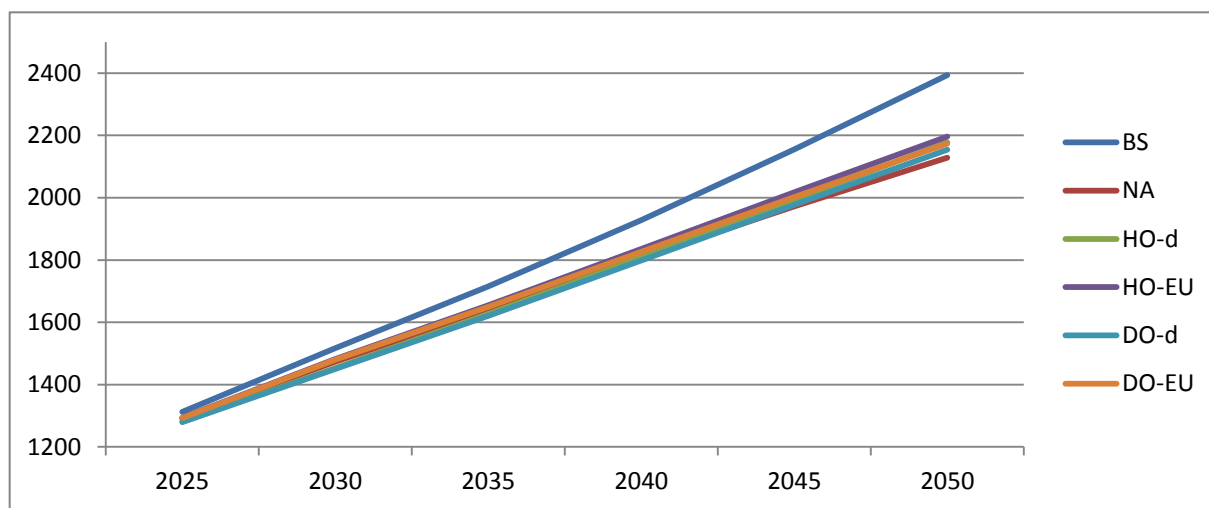
V prípade horného odhadu dopadu klimatických zmien (vyšší vplyv na ekonomiku) dôjde bez adaptačných opatrení v sledovanom horizonte k poklesu produkcie v sektore lesného hospodárstva o 265 mil. Eur, čo v relatívnom vyjadrení predstavuje pokles produkcie o 11,1 %.

Tab. 28: Vývoj produkcie v sektore lesné hospodárstvo, vysoký scenár, mil. EUR

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	779	779	779	779	779	779
2015	917	915	901	915	901	915
2020	1115	1106	1096	1107	1096	1106
2025	1312	1291	1281	1294	1280	1293
2030	1517	1474	1453	1482	1450	1480
2035	1715	1639	1627	1655	1621	1649
2040	1929	1808	1808	1836	1799	1827
2045	2155	1972	1993	2018	1978	2003
2050	2393	2128	2178	2197	2154	2173

Zdroj: výpočty autorov

Vplyv klimatickej zmeny v prípade predpokladaných vysokých dopadov klimatickej zmeny na produkciu sektoru lesného hospodárstva je taký značný, že ani uvažované prostriedky na adaptačné opatrenia nie sú schopné zmierniť celkové negatívne efekty tejto zmeny na želanej úrovni. V prípade financovania zo zahraničných zdrojov (EÚ) bude možné eliminovať len 17 % až 26 % tohto vplyvu v závislosti od predpokladaného objemu financovania. Pri financovaní z daňových zdrojov je tento efekt ešte podstatne nižší a to v rozsahu od 10 % pri nízkom financovaní po takmer 19 % pri vysokom financovaní. Pri financovaní adaptačných opatrení z domácich zdrojov je však celkový výpadok produkcie sektora vyšší, ako v scenári bez adaptačných opatrení.



Obr. 40: Vývoj produkcie v sektore lesné hospodárstvo po roku 2025, vysoký scenár, mil. EUR

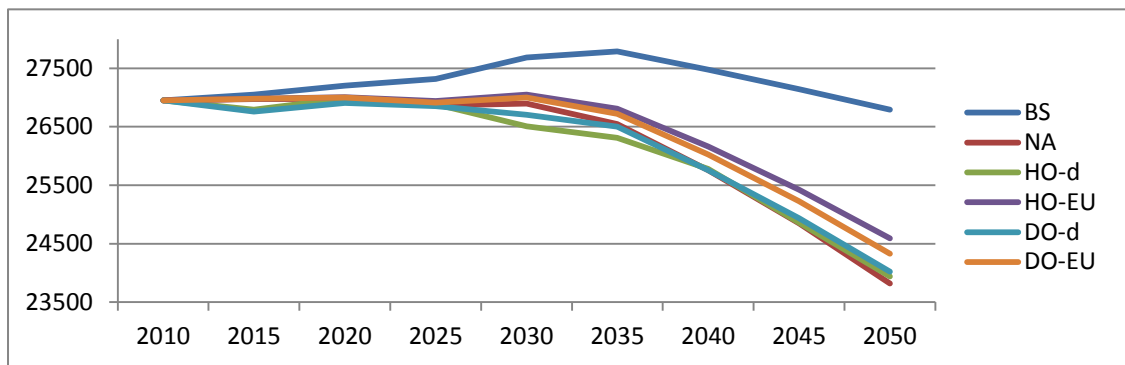
Zdroj: výpočty autorov

Pri pohľade na prognózaovaný vývoj zamestnanosti v odvetví lesného hospodárstva a hornom odhade dopadov klimatickej zmeny je naďalej možné vidieť rastúci dopyt po práci pri väčšine scenárov v období do roku 2030 po ktorom zaznamenávame pokles zamestnanosti vo všetkých scenároch ovplyvnených klimatickou zmenou. Na základe výsledkov ekonomického modelu dôjde pri nerealizácii AO v porovnaní so základným scenárom k poklesu zamestnanosti o takmer 3000 pracovných miest. V prípade financovania adaptačných opatrení prostredníctvom zvýšenia daní bude možné zavedením adaptačných opatrení v horizonte prognózy eliminovať len malú časť potenciálne ohrozených pracovných miest a to v rozmedzí 3,9 – 9,1% v závislosti od objemu výdavkov.

Tab. 29 Vývoj zamestnanosti v sektore lesného hospodárstva, vysoký scenár, osoby

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	26951	26951	26951	26951	26951	26951
2015	27052	26976	26790	26981	26760	26979
2020	27204	26981	26985	27008	26908	26999
2025	27317	26865	26888	26938	26855	26914
2030	27683	26899	26510	27051	26704	27001
2035	27787	26547	26311	26810	26505	26722
2040	27476	25757	25781	26160	25759	26025
2045	27145	24848	24857	25421	24936	25228
2050	26790	23821	23938	24591	24021	24330

Zdroj: výpočty autorov



Obr. 40: Vývoj zamestnanosti v sektore lesné hospodárstvo, vysoký scenár, osoby
Zdroj: výpočty autorov

Výsledky jednotlivých scenárov naznačujú, že klimatická zmena ovplyvní tak objem produkcie ako aj počet pracovných miest v odvetví lesného hospodárstva. Súčasne je však možné konštatovať, že realizáciou adaptačných opatrení je možné eliminovať značnú časť negatívnych dopadov klimatickej zmeny. Pri financovaní adaptačných opatrení z domácich zdrojov (dodatkové zdanenie) sa tak zamestnanosť ako aj produkcia dostávajú na úroveň dosahované bez realizácie AO až v druhej polovici referenčného obdobia a celkovo majú skôr negatívny vplyv na ekonomický rast. V tomto prípade sa prejavuje najmä negatívny dopad zníženia dostupnosti finančných prostriedkov a ich následné využívanie na konkrétne určený účel – realizáciu adaptačných opatrení.

Na záver je potrebné pripomenúť, že uvedená analýza je založená na rámcových predpokladoch a že efektívnosť realizovaných adaptačných opatrení môže výrazným vplyvom prispieť k boju s dopadmi klimatickej zmeny.

5.2.5 Sumarizácia dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení

Dôsledky zmeny klímy na lesné ekosystémy a lesné hospodárstvo

- Zmena bioklimatických podmienok o 1-2 vegetačné stupne, na juh od Zlatníkov klimatickej čiary bude zmena výraznejšia
- Zmena rastových podmienok lesných drevín, od 5. Lesného vegetačného stupňa (Lvs) nadol bude prevládať negatívny vplyv na rastovú aktivitu drevín, od 6. Lvs nahor bude zmena pozitívna
- Dôjde k zmene v pôsobení abiotických škodlivých činiteľov, poškodenie snehom sa rozšíri do vyšších nadmorských výšok (6.-8. Lvs)
- Zmení sa časopriestorové pôsobenie biotických škodcov, očakáva sa postupná invázia nových škodcov najmä z oblasti Balkánu

Návrh adaptačných opatrení v lesnom hospodárstve

- Postupná zmena drevinového zloženia lesov Slovenska, prostredníctvom umelej obnovy najohrozenejších skupín lesných porastov
- Uplatňovanie princípov integrovanej ochrany lesov proti kalamitným a inváznym druhom škodcov
- Zabezpečenie realizácie opatrení na posilňovanie hydrických funkcií a biodiverzity lesov uplatňovaním princípov prírody blízkeho obhospodarovania lesov a poznatkov lesníckych hydromeliórií

5.3 Vodné hospodárstvo

5.3.1 Základné informácie

Geografické situovanie Slovenska na rozvodnici morí Čierneho a Baltského (rozhranie prebieha približne po slovensko-poľskej štátnej hranici a v úseku Štrba - Čirč na našom území) predurčuje spolu s danými prírodnými podmienkami vodohospodársku situáciu nášho štátu. Vody z 96 % rozlohy štátu odtekajú prostredníctvom Dunaja, resp. Tisy do Čierneho mora, zvyšné 4 % sú prostredníctvom prítokov Visly odvodňované do Baltického mora. V tokoch prameniach na našom území je pomerne veľká rozkolísanosť prítokov. Veľké prítoky sa vyskytujú pravidelne na jar v mesiacoch marec - apríl (na Dunaji, Poprade a Dunajci o cca 2 mesiace neskôr). Malé prítoky sú v lete a na jeseň. Hustota riečnej siete sa pohybuje od 0,1 km.km² na krasových planinách až do 3,4 km.km² na paleogénnych horninách flyšových pohorí. Priemerná hustota riečnej siete je charakterizovaná hodnotou 1,1 km.km².

V roku 2009 bol priemerný ročný odtok z územia Slovenska 221 mm, čo predstavuje 84 % dlhodobého normálu. V jednotlivých čiastkových povodiach sa odtok pohyboval od 39 mm (čiastkové povodie Dunaja) do 433 mm (povodie Poprad a Dunajec). Najmenšie percento normálu bolo zaznamenané v povodí Bodrogu (64 %), najväčšie percento normálu sa vyskytlo v povodí Poprad a Dunajec (126 %). Celková bilancia vodných zdrojov na Slovensku je dokumentovaná v nasledovnej tabuľke (tab.30).

Tab.30 Celková vodná bilancia vodných zdrojov SR

Bilancia	Objem [mil. m ³] 2009
Hydrologická bilancia:	
Zrážky	41 715,000
Ročný prítok do SR	71 767,000
Ročný odtok	85 546,000
Ročný odtok z územia SR	10 832,000
Vodohospodárska bilancia:	
Celkové odbery SR	629,094
Výpar z vodných nádrží	61,680
Vypúšťanie do povrchových vôd	605,240
Vplyv vodných nádrží (VN)	123,425
	Akumulácia
Celkové zásoby vo VN k 1. 1. nasl. roka	931,100
% zásobného objemu v akumulačných VN SR	80,300
Miera užívania vody (%)	2,590

Vývoj hladín podzemných vôd a výdatností prameňov počas roka ovplyvňuje súbor klimatických činiteľov, ktoré v konečnom dôsledku podmieňujú charakter roka. Z toho dôvodu nie je vývoj hladín podzemných vôd a výdatností prameňov v rámci územia rovnaký, pričom dôležitý vplyv na celkový vývoj má aj orografická členitosť územia. V roku 2009 sa najvyššie ročné namerané hodnoty hladín podzemných vôd vyskytovali najmä v období od februára do apríla, keď sa prejavil vplyv nadnormálnych úhrnov zrážok vzostupom hladín podzemných vôd s maximálnymi ročnými nameranými hodnotami hladín podzemných vôd. V povodí Dunaja sú maximálne hodnoty hladín podzemných vôd viazané na mesiac júl. Zriedkavo sa vyskytujú maximálne hodnoty hladín aj decembri. U prameňov sa maximálne výdatnosti vplyvom zvýšených úhrnov zrážok prevažne vyskytujú v rovnakom období ako

u sond - v období od februára do apríla. Minimálne hladiny podzemných vôd boli v prevažnej väčšine zaznamenané v zimnom období počas novembra – decembra a septembra až októbra. U prameňov sa minimálne výdatnosti vyskytovali taktiež počas novembra – decembra a septembra až októbra.

V poslednom čase sa začínajú častejšie vyskytovať prekročenia dlhodobých maximálnych hladín alebo výdatností prameňov, resp. podkročenia minimálnych hladín, či výdatností prameňov, čo môže byť nielen následkom pomerne krátko pozorovacieho radu, ale aj výkyvmi počasia počas roka, čiže zvýšenou extremalitou, napr. pretrvávajúce sucho, povodňové stavy, prívalové dažde. Maximálne ročné hladiny podzemných vôd v roku 2009 oproti minulému roku na celom území prevažne vzrástli. Maximálne hladiny podzemných vôd oproti minulému roku vzrástli o +20 cm až +60 cm, ojedinele aj viac (+180 cm). Ojedinelé poklesy boli zaznamenané v povodí Hrona, Popradu a Hornádu (až – 30 cm). Oproti dlhodobým maximálnym hladinám dosahovali jednoznačne nižšie hodnoty, prevažne do -180 cm a v menšej miere až -350 cm.

Maximálne ročné výdatnosti prameňov oproti minulému roku prevažne vzrástli na západnom a strednom Slovensku. Jednoznačne vzrástli v povodí Moravy, stredného Váhu, Hrona, Slanej a Bodvy. Poklesy prevažujú v povodí Oravy, Popradu, Hornádu a Bodrogu, kde sa pohybujú prevažne na úrovni 50 - 130 % maximálnych ročných výdatností. Takmer jednoznačné celoplošné poklesy maximálnych ročných výdatností pretrvávajú voči dlhodobým maximálnym výdatnostiam, voči ktorým zaznamenali v rámci niektorých povodí významné poklesy. Najčastejšie boli zaregistrované poklesy maximálnych ročných výdatností okolo úrovne 35 - 80 %, čo platí pre väčšinu povodí Slovenska. Najväčšie poklesy, až na úroveň 10 - 40 % boli zaznamenané v povodí Slanej, Bodvy a Bodrogu. Prekonanie dlhodobých hodnôt sme zaznamenali najmä v povodí Moravy, ale aj v iných povodiach.

Kvalitatívne ukazovatele sledované vo všetkých monitorovaných miestach (základných a prevádzkových) v roku 2009 boli zhodnotené podľa § 3, odsek 3 nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. Požiadavky na kvalitu povrchových vôd uvedené v nariadení vlády SR č. 269/2010 Z. z. boli splnené vo všetkých monitorovaných miestach v nasledovných ukazovateľoch:

- všeobecné ukazovatele: celkový organický uhlík, rozpustené látky (sušené aj žíhané), horčík, sodík, fluoridy, voľný amoniak, organický dusík, povrchovo aktívne látky, selén, dichlórbenzény
 - ukazovatele rádioaktivity: celková objemová aktivita alfa a beta, rádium 226, trícium, stroncium, cézium
 - hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele: kultivovateľné mikroorganizmy pri 22°C
- Najviac prekročení požiadaviek na kvalitu povrchovej vody podľa prílohy č. 1 nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. vo všeobecných ukazovateľoch bolo v ukazovateli dusitanový dusík vo všetkých čiastkových povodiach. Z hydrobiologických a mikrobiologických ukazovateľov prílohy č. 1 nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. najviac prekročení bolo v ukazovateli termotolerantné koliformné baktérie (v 7 čiastkových povodiach) a črevné enterokoky (v 8 čiastkových povodiach). Najmenej prekročení požiadaviek prílohy č. 1 nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. bolo v čiastkovom povodí Dunajca a Popradu.

Riadenie vodného hospodárstva na Slovensku vychádza zo správneho územia povodí v Slovenskej republiky (viď obr.41).



Obr.41

Ku každému čiastkovému povodiu sú priradené príslušné hydrogeologické rajóny. Vzhľadom na rozsah – 141 hydrogeologických rajónov sa v texte neuvádzajú. Ich zoznam je uvedený v novele vyhlášky MŽP SR č. 224/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vymedzení správneho územia povodia, environmentálnych cieľoch a o vodnom plánovaní, ktorá je v súčasnosti v legislatívnom procese schvaľovania. Vodohospodársky manažment správneho územia povodia Dunaja a správneho územia povodia Visly vykonáva Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., ako správca vodohospodársky významných vodných tokov. Oprávneným orgánom pre vodohospodársky manažment správnych území povodí je MŽP SR.

V rámci správnych území povodí je vymedzených 1760 útvarov povrchových vôd s celkovou dĺžkou 19 046,2 km. Z tohto počtu je 1737 útvarov s charakterom prirodzeného toku a 23 útvarov, u ktorých v dôsledku vzdutia vody prichádza ku zmene kategórie (z rieky na jazero). Zmena kategórie útvaru povrchových vôd sa týka vybraných vodných nádrží a bola určená na základe dvoch kritérií, a to regulácie prietoku pod nádržou podľa zásobného koeficienta K_1 a veľkosti zatopenej plochy nad 0,5 km². Z celkového počtu 1760 útvarov povrchových vôd je v správnom území povodia Dunaj 53 útvarov vymedzených ako výrazne zmenené vodné útvary a 7 útvarov ako umelé vodné útvary. Ide o také útvary povrchových vôd, ktoré boli klasifikované v zlom ekologickom stave v dôsledku hydromorfologických zmien spôsobených ľudskou činnosťou, u ktorých nebude možné dobrý ekologický stav dosiahnuť. RSV umožňuje pre takéto útvary povrchových vôd za určitých podmienok dosiahnuť nižšie ciele - dobrý ekologický potenciál a predĺžiť čas pre ich dosiahnutie.

U podzemných vôd je vymedzených 101 útvarov podzemných vôd, z toho 16 útvarov v kvartérnych sedimentoch, 59 útvarov v predkvartérnych sedimentoch a 26 útvarov geotermálnych vôd – štruktúr. Z celkového počtu útvarov podzemných vôd bolo 6 útvarov

podzemných vôd identifikovaných ako cezhraničné útvary podzemných vôd s Maďarskom. Pri určovaní útvarov podzemných vôd s väzbou na povrchové vodné ekosystémy a terestrické ekosystémy bolo celkovo identifikovaných 31 útvarov podzemných vôd. Z toho 16 útvarov v kvartérnych sedimentoch s väzbou terestrických ekosystémov na útvary podzemných vôd a 15 útvarov v predkvartérnych horninách s väzbou terestrických ekosystémov na útvary podzemných vôd. Vymedzené útvary povrchových vôd a podzemných vôd budú po celý čas platnosti plánov manažmentu povodí (2010 - 2015) záväzné a nemenné. Ich spresňovanie sa môže vykonávať až v rámci aktualizácie plánov manažmentu povodí pre ďalšie plánovacie obdobie (2016 - 2021). Zoznamy útvarov povrchových vôd a podzemných vôd vrátane ich mapového zobrazenia tvoria prílohu Vodného plánu Slovenska a plánov manažmentu čiastkových povodí, ktoré sú dostupné na stránke www.vuvh.sk/rsv2.

Dodávky povrchovej vody spolplatnenej z povrchových zdrojov majú od roku 1990 na celom území Slovenska klesajúci trend. Za rok 2009 bolo odobratých vo fyzických jednotkách 261 923 tis. m³ povrchovej vody v hodnote 21 822 078 €, čo predstavuje prekročenie plánu o 7 330 tis. m³, vo finančnom vyjadrení o 734 396 €. Oproti roku 2008 bol zaznamenaný pokles dodávky povrchovej vody o 33 997 tis. m³, t. j. o 1,15 %. Pokles dodávky vody bol u všetkých odštepných závodov. Dodávka vody pre verejné vodovody oproti roku 2008 poklesla o 1 290 tis. m³. Mierny pokles o 283 tis. m³ bol zaznamenaný u dodávok pre poľnohospodárstvo, ale najviac poklesol odber povrchovej vody pre priemysel, a to o 32 424 tis. m³.

Najväčším odberateľom povrchovej vody pre priemysel sú Slovenské elektrárne, a. s. Za rok 2009 odobrali 53 210 tis. m³ v hodnote 4 433 269 €, čo je oproti plánu za rovnaké obdobie zvýšenie o 214 tis. m³, vo finančnom vyjadrení nárast o 17 817 €. Druhým najväčším odberateľom je Slovnaft, a. s., ktorý odobral 49 183 tis. m³ povrchovej vody v hodnote 4 097 789 €.

Súčasný stav využívania hydroenergetického potenciálu vodných tokov SR na výrobu elektrickej energie v MVE je stagnujúci. Súvisí predovšetkým s ich problematickým umiestňovaním, ktoré je okrem technických požiadaviek podmienené zohľadňovaním množstva ďalších aspektov, z ktorých najväčšou bariérou sú aspekty environmentálne. Prísne limity ochrany prírody a krajiny pôsobia likvidačne na rozvoj hydroenergetického využívania slovenských riek. Je pravdou, že budovanie nových MVE sa nezaobíde bez istých negatívnych vplyvov na životné prostredie. Tieto sa však dajú výrazne eliminovať účinnými opatreniami a kompenzáciami. Popri negatívnych vplyvoch je potrebné poukázať aj na pozitívne vplyvy a prínosy MVE. Obzvlášť je potrebné zdôrazniť, že cieľom jednotlivých projektov, podporovaných koncepciou, je výroba čistej a lacnej elektrickej energie, ktorá sa nedá zabezpečiť iným, environmentálne prijateľnejším spôsobom. Realizáciu takýchto projektov podporuje aj RSV, Vodný plán Slovenska a ďalšie strategické dokumenty, je v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja.

Uznesením 732/2008 z 15. októbra 2008 vláda SR schválila Stratégiu energetickej bezpečnosti SR a uložila ministrovi životného prostredia vypracovať a predložiť na rokovanie vlády návrh koncepcie využitia hydroenergetického potenciálu vodných tokov SR.

Stratégia energetickej bezpečnosti SR (schválená vládou SR v roku 2008) vytýčila cieľ zvýšiť výrobu elektrickej energie v MVE z 250 GWh/rok v roku 2005 na 350 GWh/rok do roku 2010. Návrh koncepcie v súlade so Stratégiou energetickej bezpečnosti SR a ďalšími východiskovými strategickými dokumentmi vytyčuje cieľ pre ďalšie roky - zvýšiť výrobu elektrickej energie v MVE na 450 GWh/rok do roku 2015 a na 850 GWh/rok do roku 2030. Výhľadový cieľ do roku 2030 je vytyčený ako ambiciózný indikatívny cieľ, ktorého plnenie je podmienené splnením záväzkov SR vyplývajúcich z cieľov RSV a ochrany území Natura 2000.

Závlahové systémy boli na poľnohospodárskej pôde SR, vybudované prevažne v rokoch 1970 až 1989 prostredníctvom štátom povereného investora - Štátnou melioračnou správou na celkovej výmere 321 tis. ha poľnohospodárskej pôdy. Technicky sú riešené v rozsahu 441 závlahových sústav s počtom 487 čerpacích staníc. V komplexnom systéme úpravy vodného režimu na poľnohospodárskej pôde boli v rámci hydromelioračných zariadení v tomto období vybudované aj odvodňovacie systémy na výmere 450 tis. ha poľnohospodárskej pôdy. Správcom tohto štátneho hydromelioračného majetku - hlavných melioračných zariadení závlah (HMZ) a odvodnenia je od 1. 7. 2003 štátny podnik Hydromeliorácie Bratislava. Na základe rozhodnutí MP SR o zmene spôsobu prevádzkovania a využívania závlahových sústav boli závlahové technicko-prevádzkové celky (TPC) aj v roku 2009 využívané len formou prenájmu predovšetkým agropodnikateľom, alebo iným odborne spôsobilým subjektom.

Vysoká finančná náročnosť prevádzky závlah a konečná cena závlahovej vody významne redukuje počet nájomcov, ktorí závlahy skutočne reálne využívajú. Z pohľadu ekonomickej efektívnosti je zrejmé, že poľnohospodársky prvovýrobca musí vyrábať takú zavlažovanú produkciu, ktorú predá na trhu v cenách pokrývajúcich aj tieto zvýšené náklady s celkovým primeraným ziskom. Dosah týchto vplyvov je zrejmý zo skutočnosti, že z prenajatej plochy závlah 214 tis. ha sa v skutočnosti zavlažovalo len 34 tis. ha, čo je 15,76 % prenajatej výmery. Každoročné zabezpečenie prevádzkyschopného stavu prenajatých závlahových TPC a technologicky súvisiacich špeciálnych objektov je finančne mimoriadne náročné. Z pohľadu ekonomického efektu by bolo paradoxne žiadúce, keby sa v prípade ideálneho vývoja množstva a časového rozloženia prirodzených zrážok v priebehu roka nemuseli TPC výraznejšie využívať. Dotačné finančné prostriedky na zachovanie funkčnosti a prevádzkyschopnosti TPC prenajatých závlah a na zabezpečenie prevádzky spoločných a špeciálnych objektov a ostatného majetku HMZ boli v priebehu roka 2009 zmluvne zabezpečené a poskytnuté vo výške 994 879 € (30,0 mil. Sk) v zmysle platného výnosu MP SR č. 3703/2005-100. Tieto finančné prostriedky boli použité na údržbu a opravy hydromelioračného majetku štátu.

Vodné hospodárstvo, podobne ako energetika, nie je odvetvie samo o sebe, ale zabezpečuje vodu pre všetky ostatné sektory a pre celú spoločnosť podľa jej potrieb. Na rozdiel od energetiky však nemá alternatívne zdroje. Aj preto sa voda už niekoľko rokov považuje za strategickú surovinu. Okrem toho má vodné hospodárstvo ďalšiu úlohu – chrániť spoločnosť, opäť podľa jej požiadaviek, pred nežiaducimi účinkami hydrologických extrémov, akými sú sucho a povodne.

Vodné hospodárstvo prakticky rieši vzťah medzi požiadavkami na vodu (P) a zdrojmi vody (Z):

$$Z \leftrightarrow P$$

Preto ovplyvnenie podmienok fungovania vodného hospodárstva, či už na strane disponibilných vodných zdrojov alebo na strane požiadaviek, znamená prenášanie vplyvov do všetkých ostatných oblastí života a socio-ekonomických sektorov.

Dlhodobu, či u nás alebo v zahraničí, bolo vodné hospodárstvo nastavené na zdroje vody, ktorých obnoviteľnosť sme považovali za proces stacionárny, pri ktorom sa v čase nemení jeho stredná hodnota a rozptyl. Pri uvažovaní zmien klímy, fenoménu s ktorým sa už zrejme stretávame, sa ukazuje, že tento proces je nestacionárny. To znamená, že ako v časových klimatických radoch tak hydrologických identifikujeme trendy. Teda, vodné zdroje nám klesajú alebo narastajú v závislosti od vývoja klimatických prvkov. Ročné alebo viacročné výkyvy v disponibilných vodných zdrojoch sme dokázali v minulosti riešiť či už nastavením ekonomiky alebo vytváraním rezervoárov vody, v našich podmienkach s ročným regulovaním.

5.3.2 Dôsledky klimatickej zmeny na vodné hospodárstvo

Hydrologické pomery a zmena klímy

Najdôležitejšie závery, ktoré sa z aktuálnych scenárov klimatickej zmeny ponúkajú a ktoré môžu následne pomerne výrazne ovplyvniť vodné hospodárstvo, sú:

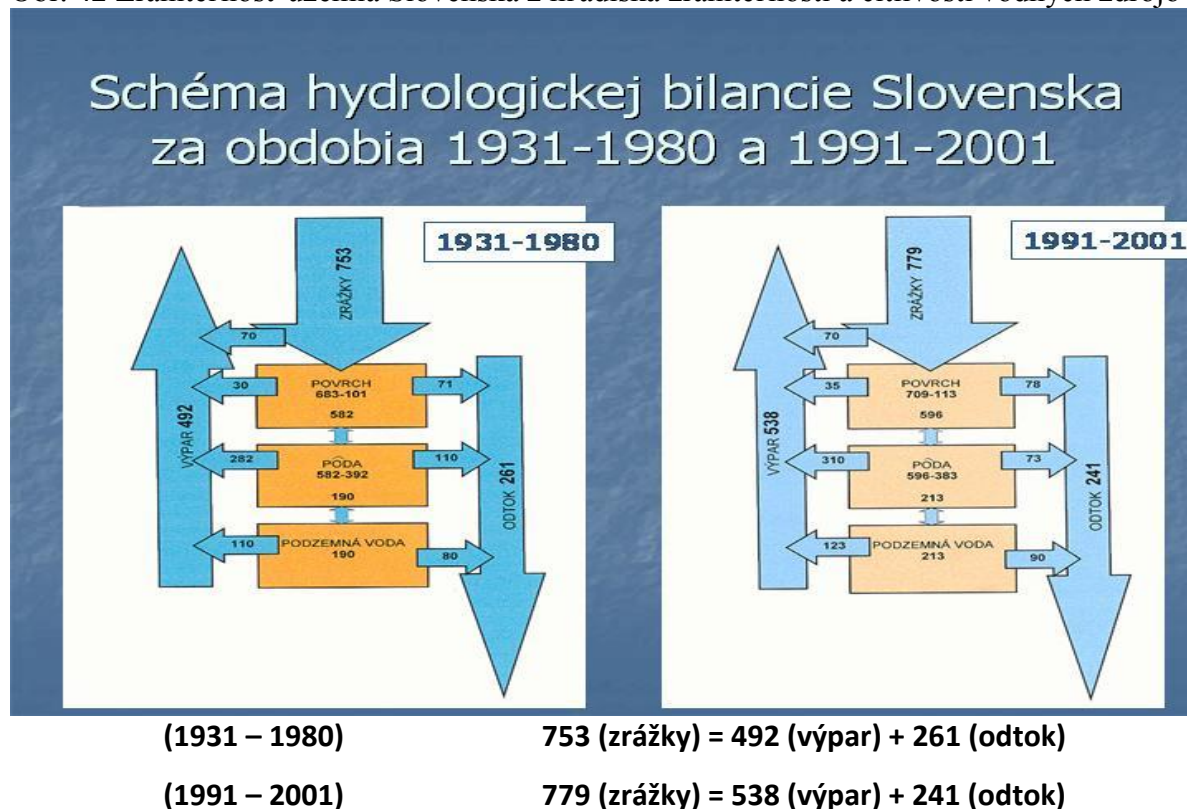
1. zvýšenie odtoku v zimnom polroku a strata prirodzene v snehu akumulovaných zimných zrážok
2. zvýšenie potenciálneho výparu a teda aj výparu (v prípade využiteľnej vody na výpar) v letnom polroku
3. zníženie pôdnej vlhkosti a úbytok hypodermického odtoku počas letného polroka
4. zvýšenie povrchového odtoku v letnom polroku počas epizodických zrážok (čo môže vyvolať zvýšenú eróziu pôdy a rýchlejšie zanášanie vodných nádrží)
5. zvýšenie frekvencie povodní (najmä prívalových) a zvýšenie ich veľkosti
6. zvýšenie a predĺženie období sucha
7. zníženie využiteľných zdrojov vody

Podobné závery prinášajú aj všetky slovenské doterajšie štúdie venované hydrologickým scenárom od autorov a autorských kolektívov: Szolgay, Majerčáková, Petrovič, Hlavčová, Zaťko, Trizna, Fendeková, Kullman a ďalší. Podrobný prehľad spomenutých prác prinášajú Národné správy o klimatickej zmene (1-4) a mnohé z nich sú publikované v edícii NKP (1 – 12).

V tejto situácii môžeme povedať, že Slovensko má dve výhody: pomerne súvislé a stabilné, resp. skôr rastúce výmery lesného porastu a dopĺňanie vodných zdrojov nie len zo zrážok, ale v oblasti Žitného ostrova aj nasycovanie kolektorov podzemných vôd vodami Dunaja. V rámci odhadov účinkov klimatických zmien sme spracovali generalizovanú mapu zraniteľnosti a citlivosti vodných zdrojov na Slovensku., podľa ktorej sa klimatické zmeny vo väčšej alebo menšej miere môžu dotknúť až 60% plochy nášho územia (obr.42).

Nárast teploty vzduchu o 1°C by sme vo vegetačnom období potrebovali kompenzovať nárastom ročného úhrnu zrážok asi o 100 mm, čo, podľa scenárov nemožno očakávať nikde na Slovensku. V opačnom prípade bude dochádzať k významnému zníženiu pôdnej vlhkosti a odtoku z územia, a to v prvej fáze pôsobenia zmenených klimatických podmienok na úkor odtoku hypodermického (podpovrchového), čo je zrejme aj zo schémy hydrologickej bilancie zostavenej pre dve obdobia.





Obr.43

Na základe vývoja jednotlivých komponentov hydrologickej bilancie za posledných 20 rokov (obr.43) možno konštatovať, že toto obdobie bolo doposiaľ na Slovensku najteplejšie (podobne bolo najteplejším aj na severnej pologuli). Počas tohto obdobia sme sa stretli s ôsmymi významnými povodňami (1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2004, 2006, 2010) ako s regionálnymi a privalovými, tak z topenia snehu a zaznamenali sme štyri výrazné suchá: v rokoch 1990 – 1993 a v roku 2000, 2003 a na jar 2007.

Teda nárast výparu a pokles odtoku boli spôsobené primárne nárastom teploty vzduchu a zrážky, ktoré sa znížili najmä vo vysoko zraniteľných povodiach a vzrástli na ostatnom území hydrologickú bilanciu Slovenska výraznejšie neovplyvnili, výpar vzrástol na celom našom území Slovenska, jeho signifikantný nárast sa pozoruje už aj v severných oblastiach Slovenska, podiel skutočného a potenciálneho výparu sa v posledných rokoch dokonca nepatrne zvýšil, zatiaľ medzi týmito veličinami nedochádza k tzv. „otváraniu nožníc“.

Aj z desaťročnej hydrologickej bilancie (1991 – 2001) je pri porovnaní s obdobím 1931 – 1980 vidno, že výpar vzrástol skoro o 10%, povrchový odtok sa zvýšil tiež približne o 10% a podpovrchový odtok poklesol temer o 20%, a to aj napriek zvýšeniu zrážok o 3,5%.

Hodnotenie vývoja vodných zdrojov na Slovensku

Hodnotením vývoja vodných zdrojov a analýzou ich zmien na základe meraných časových radovsa u nás v poslednom desaťročí zaoberalo viacero prác a štúdií, s dôrazom na posudzovanie povrchových a podzemných vodných zdrojov, ako aj prvkov hydrologickej bilancie. V mnohých prácach sa pri hodnotení vychádzalo z meraných údajov prietokov, s použitím rôznych štatistických metód na vyjadrenie ich zmeny. Demeterová a Škoda (2004) sa zaoberali analýzou vývoja M-denných prietokov na Slovensku, pričom porovnávali ich

zmeny v období 1931-1980 a 1961-2000. Minimálne prietoky vo vybraných vodomerných staniaciach, zaradených do NKP SR a ich zmeny za celé obdobie pozorovania posudzovali Škoda a kol. (2008). Hodnotili vývoj ich ročných hodnôt, ako aj početnosť minimálnych mesačných prietokov v jednotlivých desaťročiach. Výsledky trendovej analýzy ročných minimálnych prietokov a minimálnych 7-dňových prietokov poukázali na rôznorodý vývoj týchto charakteristík na území Slovenska.

Majerčáková a kol. (2004a, 2004b) sa vo svojich prácach zaoberali posudzovaním vývoja zložiek hydrologickej bilancie na Slovensku v období 1931–1980, 1961–2000 a 1991–2001. Z porovnania hydrologickej bilancie Slovenska za obdobie 1931–1980 a 1961–2000 vyplynulo, že v období 1961–2000 možno indikovať pokles zrážok iba vo vysoko zraniteľných povodiach, na ostatnom území bol pozorovaný ich nárast. Tieto zmeny však hydrologickú bilanciu podstatne kvantitatívne neovplyvnili. V oblastiach označených ako vysoko citlivé nastal pokles odtoku o 20 až 30 %, ročné rozdelenie odtoku v roku sa v žiadnom povodí výrazne nezmenilo. Na celom území Slovenska ale vzrástol výpar, pričom jeho významný nárast sa prejavil už aj v severných oblastiach Slovenska.

Zmeny maximálnych objemov a maximálnych prietokov odtokových vln Dunaja za obdobia 1876-1940 a 1941-2005 analyzovali štatistickými metódami Pekárová, Halmová a kol. (2007). Na výpočet maximálnych ročných prietokov daného trvania použili opravené 130 ročné priemerne denné údaje rieky Dunaj vo vodomernej stanici Bratislava. Z porovnania oboch období bola indikovaná tendencia nárastu objemu jarného odtoku v porovnaní s minulosťou.

Analýzou vývoja podzemných vodných zdrojov sa zaoberali Fendeková (1999, 2000) a Fendeková a Fendek (2006). Vo svojich prácach hodnotili zmeny a variabilitu režimu prameňov vybraných hydrogeologických celkov Slovenska, pričom analyzovali aj závislosť medzi prietokmi, hladinou podzemnej vody a odbermi podzemnej vody. Z hodnotenia vyplynulo, že režim hodnotených prameňov z hľadiska dlhodobej a sezónnej periodickej zložky bol za hodnotené obdobia vcelku podobný a vývoj minimálnych výdatností prameňov mal klesajúci trend.

Výskyt suchých a vlhkých období vo vegetačných stupňoch Západných Karpát na Slovensku posudzovali Škvarenina a kol. (2008). Vo svojej práci hodnotili časové rady obdobia 1951-2005, ako aj budúce časové horizonty pri očakávaných zmenách klímy. Hodnotenie spracovali pre 8 vybraných meteorologických staníc reprezentujúcich hlavné vegetačné stupne Slovenska, v ktorých analyzovali dve charakteristiky: relatívnu evapotranspiráciu (E/E_0) a index sucha (E_0/P). Analýzou vývoja uvedených charakteristík počas obdobia 1951-2005 zistili významný trend k aridite v južných častiach Slovenska, v nížinách a pahorkatinách prvého a druhého vegetačného stupňa. Vysoko významný trend k humidite bol zistený na severovýchode Slovenska, ako aj v horských polohách siedmeho vegetačného stupňa, na severnej (náveternej) strane Tatier.

Vývoj hydrologických prvkov bol v niektorých prácach posudzovaný na základe hľadania súvislostí ich zmien so zmenami klimatických charakteristík. Pekárová (2004), Pekárová a Pekár (2007a,b), Pekárová a kol. (2007) analyzovali vzťahy medzi zmenami a kolísaním klímy a viacročným kolísaním prietokov, pričom sa zamerali na súvislosti s telekonekciou a AO, NAO, SO a PDO fenoménmi. Pekárová vo viacerých prácach poukázala na možnosť existencie 28 ročných cyklov vlhkých a suchých období a v takmer všetkých skúmaných povodiach zaznamenala klesajúci trend priemerných ročných prietokov. 28 ročné cykly výskytu extrémov identifikovala aj pri skúmaní ročných časových radov vybraných veľkých riek na severnej pologuli, v ktorých testovali suché a vodné periódy. Miklánek a kol. (2007) analyzovali citlivosť slovenských tokov na fenomény QBO, AO a NAO v súvislosti s ich zmenami v rokoch 1930-2005 a tieto zohľadnili pri ich regionalizácii.

Zmeny hydrologického alebo klimatického režimu boli vo viacerých štúdiách posudzované na základe zmien rôznych ďalších charakteristík alebo indikátorov. Pekárova a kol. (2008) sa zaoberali analýzou vývoja teploty vody rieky Dunaj v Bratislave v období 1926-2005, pričom skúmali jej ročný režim, časové rady a dlhodobé trendy. Výsledky ukázali, že počas sledovaného obdobia priemerné teplotné zaťaženie rieky Dunaj nemenilo. Zmeny však nastali v ročnom rozdelení priemerných mesačných prietokov. Počas posledných 25 rokov bol pozorovaný nárast odtoku v decembri až apríli (zvýšený odtok „studenej“ vody) a pokles odtoku počas letných mesiacov jún až august (znížený odtok „teplej“ vody).

Melo a kol. (2007) analyzovali ako možný indikátor aridizačných trendov v krajine Končekov index zavlaženia, ktorý reprezentuje často používanú klimatickú charakteristiku na Slovensku. Na základe tohto indexu a niektorých charakteristík teploty vzduchu boli špecifikované klimatické oblasti na Slovensku. Autori sa tiež zaoberali posudzovaním miery ovplyvnenia aridizačného trendu Dunajskej nížiny klimatickými zmenami.

Ondercin (2008) skúmal vplyv prímiesí vo vode na jej fázový prechod s cieľom zistiť, ako nečistoty ovplyvňujú roztápanie snehu a ľadu. Štúdia potvrdila, že prítomnosť nečistôt v ľade môže viesť k negatívnym dôsledkom a zintenzívniť vplyv otepľovania na topenie ľadu.

Modelovanie zmien hydrologického režimu s použitím hydrologických modelov

Na modelovanie zmien hydrologického režimu pri zmenených klimatických podmienkach bolo u nás použité množstvo hydrologických modelov s rôznou mierou konceptualizácie procesov hydrologickej bilancie a s ich rôznou časovou a priestorovou diskretizáciou. Výber a použitie hydrologických modelov súviselo nielen s charakterom modelovaných prvkov hydrologického režimu, ale vo veľkej miere s dostupnosťou a časovou a priestorovou mierkou klimatických modelov, ktoré boli u nás spracované a regionalizované do klimatických scenárov.

V mnohých štúdiách boli použité koncepčné modely hydrologickej bilancie v mesačnom (prípadne ročnom) časovom kroku v rôznych pilotných povodiach, resp. regiónoch na Slovensku. V koncepčných modeloch hydrologickej bilancie s mesačným krokom je povodie spravidla schematizované na jednu alebo viac lineárnych alebo nelineárnych nádrží, v ktorých sú simulované procesy akumulácie a topenia snehu, procesy akumulácie vody v nenasýtenej a nasýtenej pôdnej zóne a procesy tvorby odtoku z povodia. Na posúdenie zmeny procesov hydrologickej bilancie sa prevažne aplikovali postupy, založené na kalibrácii a validácii parametrov hydrologického bilančného modelu pre jednotlivé povodia a referenčné obdobia a následnej simulácii procesov hydrologickej bilancie pre zmenené klimatické vstupy do modelu podľa príslušných scenárov zmeny klímy. Vo väčšine prípadov boli použité klimatické scenáre, spracované na základe výstupov Globálnych cirkulačných modelov atmosféry (GCM) s prepojeným systémom oceán – atmosféra, regionalizovaných pre územie Slovenska. Výstupy z mesačných modelov predstavovalo porovnanie zmien celkovej bilancie zložiek hydrologických procesov a odtoku a ich vnútroročného rozdelenia.

V impaktných štúdiách dôsledkov zmeny klímy boli u nás z koncepčných bilančných modelov v mesačnom kroku použité modely so sústredenými parametrami, ako napr. modely DAIR – MEHYBY, WBMOD, WatBal, KVHK a model BILAN. Z bilančných modelov v ročnom kroku bol u nás použitý napr. priestorovo rozčlenený bilančný model Turca.

Petrovič (1998, 2000) simuloval možný vplyv zmeny klímy na hydrologický režim v povodí Nitry adaptovaným modelom DAIR – MEHYBI v mesačnom kroku. Za referenčné považoval obdobie 1951–80, ako scenáre zmeny klímy použil scenáre GCM – CCCM a GISS pre horizont 2030 15 rokov. Na základe výsledkov možno predpokladať výrazný pokles odtoku v letných mesiacoch, a to až o 30 % súčasného odtoku počas niekoľkých mesiacov.

Tiež možno predpokladať zvýšenie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie s dôsledkom poklesu vlhkosti pôdy a výrazného ovplyvnenia rastlinnej výroby.

Halmová (2004, 2005a,b, 2006) a Halmová a Melo (2006) posudzovali vplyv zmeny klímy na zabezpečenosť odberov vody z vodného diela Vihorlat, Orava a Liptovská Mara. Na simulovanie odtoku použili zrážkovo-odtokový bilančný model WBMODv mesačnom kroku, pričom za referenčné obdobie pre kalibráciu modelu považovali obdobie 1951-80. Ako klimatické scenáre použili staršie verzie scenárov NKP SR, ako aj novšie scenáre pre časový horizont 2075. Výsledky majú vzhľadom na použité scenáre značný rozptyl, ale pre všetky scenáre možno za predpokladu rovnomerného odberu vody z nádrže očakávať ohrozenie zabezpečenia dodávky vody. K podobným záverom došli Szolgay, Hlavčová a Dušička (2004) pri analýze zmien hydroenergetického potenciálu slovenských tokov.

Danihlík a kol. (2004), Szolgay a kol. (2004, 2007b) a Hlavčová a kol. (2003, 2005) posudzovali možný vplyv zmeny klímy na zmenu dlhodobého priemerného ročného odtoku, ako aj na vnútroročné rozdelenie odtoku vo vybraných regiónoch Slovenska. Na modelovanie dlhodobého priemerného ročného odtoku použili rastorvý bilančný model Turca, na modelovanie vnútroročného rozdelenia odtoku bilančný model WatBal a KVHK v mesačnom časovom kroku. Pri kalibrácii modelov vychádzali z referenčného obdobia 1951–1980, ako scenáre zmeny klímy použili GCM scenáre CCCM a GISS pre časové horizonty 2010, 2030 a 2075. Szolgay a kol. (2009) a Hlavčová a kol. (2008) vyjadrili zmeny klimatických vstupov do hydrologického modelu klimatickými scenármi, spracovanými pre povodie horného Hrona v rámci projektu 6 RP CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment). Klimatické scenáre boli spracované na základe výstupov tranzitných simulácií 2 globálnych cirkulačných modelov ECHAM4/OPYC3 a HadCM2 pre budúce časové horizonty 2025, 2050 a 2100. Na základe výsledkov možno očakávať mierny pokles alebo aj nárast dlhodobého priemerného ročného odtoku, nárast zimného odtoku a pokles odtoku vo vegetačnom období.

Majerčáková (2000) modelovala vnútroročné zmeny odtoku v 12 povodiach stredného Slovenska lineárno-regresným modelom závislosti priemerných mesačných prietokov od mesačných úhrnov zrážok, priemernej mesačnej teploty vzduchu a priemernej mesačnej relatívnej vlhkosti vzduchu. Pre riešenie regresného vzťahu bolo použité obdobie 1961 – 1990. Pri predpoklade klimatického scenára GCM GISS pre budúce časové horizonty možno očakávať nárast zimného odtoku od novembra do apríla v severnejších povodiach, smerom na juh sa zvýšený odtok v zime spája s menším počtom mesiacov. V letnom období možno predpokladať zníženie dlhodobých priemerných mesačných prietokov do -20 % na severe a do -50 až -90 % na juhu v časovom horizonte 2075.

Vo viacerých prácach boli u nás využité aj koncepčné alebo fyzikálne orientované hydrologické modely v dennom kroku. Kratší časový krok umožňuje využiť výsledky simulácií aj na posúdenie zmeny extremity hydrologických procesov, ako aj väčšie zohľadnenie fyzikálneho charakteru procesov hydrologickej bilancie v modeli. Použitie modelov v dennom kroku v poslednom období súvisí aj s väčšou dostupnosťou regionálnych scenárov, spracovaných pre naše územie v dennom kroku. Na posúdenie zmeny extrémnych hydrologických procesov bol u nás použitý napr. koncepčný zrážkovo-odtokový model v dennom kroku HBV a model Hron, na posúdenie zmien hydrologickej bilancie v nasýtenej a nenasýtenej pôdnej zóne boli použité fyzikálne orientované modely v dennom kroku Global, Hydrus ET a Daisy.

Lapin a Hlavčová (2003) a Hlavčová a kol. (2007) modelovali modelom Hron v dennom kroku vplyv zmeny klímy na extrémne zrážkovo-odtokové situácie na povodí Hrona. Z analýz vyplynulo, že v budúcnosti možno očakávať nárast extrémnych zrážok, ktorý môže spôsobiť zvýšenie extrémnych priemerných denných prietokov o 20 až 40 %. Zmeny odtoku a prvkov hydrologickej bilancie na povodí Hrona s dôrazom na zmeny minimálnych denných

prietokov a ich vplyvu na biotu toku analyzovala Macurová a kol. (2010). Na modelovanie zložiek hydrologickej bilancie použila model HBV v dennom kroku, ako klimatické scenáre scenáre SRES A2 a B1 spracované na základe výstupov z modelu GCM CGCM3.1 v dennom kroku.

Stehlová (2004) sa zaoberala analýzou prognózovaných zmien prvkov vodnej bilancie s ohľadom na očakávanú zmenu klímy v lokalite Bodíky. V štúdiu bol hodnotený vplyv klimatických zmien na vybrané zložky hydrologickej bilancie v lokalite Bodíky. Zmeny meteorologických charakteristík boli vyjadrené podľa klimatických scenárov CCCM2000 a GISS98 v časových horizontoch 2010, 2030 a 2075. Výpočet zložiek hydrologickej bilancie bol urobený matematickým modelom GLOBAL, vytvoreným na ÚH SAV. Očakávané pomerne malé zmeny zrážok a nárast teploty vzduchu môžu spôsobiť pokles vlhkosti pôdy v tejto nížinnej lokalite.

Vplyv klimatických zmien na úroveň hladiny podzemnej vody v lokalite Zelenka na Záhorí simulovali Juráková a kol. (2008) modelom Hydrus ET. Klimatické zmeny boli vyjadrené zmenou meteorologických charakteristík podľa klimatického scenára CCCM 2000. Pre časové horizonty 2010 a 2030 bol podľa uvedeného scenára indikovaný pokles hladiny podzemnej vody v danej lokalite.

Kvalita vody

Otázka možných zmien v kvalite podzemných a povrchových vôd je dnes široko diskutovaná najmä vo vzťahu k pitnej vode, zdravotným efektom a akvaekosystémom (Bates et al., 2008). Je zrejmé, že zmeny v hydrologickom režime krajiny (zrážky, výpar, odtok) sa musia odraziť aj v kvalitatívnych parametroch jednotlivých komponentov vodného cyklu. Ako hlavné faktory spojené so zmenou klímy determinujúce zmeny v kvalite vody boli identifikované (Kundzewicz et al., 2008):

- Rast teploty vody
- Znižovanie odtoku
- Rast intenzity zrážok a s tým spojené zvýšené erózne znečistenie povrchových tokov
- Záplavy – riziká spojené so zaplavením a kontamináciou zdrojov pitnej vody
- Záplavy – riziká ohrozenia čistiarní odpadových vôd
- Záplavy – riziká preplnenia kanalizačných sústav

Zmeny teploty vody vedú k zmenám biologických aj chemických procesov. Zvýšená teplota napríklad determinuje zníženie rozpustného inorganického dusíka z dôvodu vyššej biologickej aktivity fytoplanktónu a zvýšenie alkalinity (jazerá a vodné nádrže). Zvýšenie rozpustnej kapacity v dôsledku vyšších teplôt vody znižuje koncentrácie hliníka o 11-13 % (Bates et al., 2008).

Znižovanie objemu vody v povrchových tokoch, pri nezmenených parametroch zdrojov znečistenia vôd, povedie k zvyšovaniu koncentrácií znečisťujúcich látok a k zhoršovaniu sledovaných parametrov kvality povrchových vôd (Kundzewicz et al., 2008). Vo všeobecnosti sa však za najzávažnejší fenomén klimatickej zmeny vo vzťahu ku kvalite vodných zdrojov považujú povodne, vyvolané intenzívnymi zrážkami búrkového charakteru, ktoré môžu priamo ohrozovať vodné zdroje, zdroje pitnej vody a infraštruktúru vodovodných a kanalizačných systémov (Bates et al., 2008, Kundzewicz et al., 2008).

Veľkou neznámou zostáva problematika zmien kvality podzemných vôd, nakoľko existuje len veľmi obmedzený rámec poznatkov o možných vplyvoch zmeny klímy na tento parameter. To, čo je však doteraz zrejmé je, že kvalita podzemných vôd je menej senzitívna voči klimatickej zmene ako kvalita povrchových vôd. Z tohto hľadiska sú krajiny s prevahou zdrojov podzemnej vody menej ohrozené zmenou klímy z hľadiska ochrany zdrojov pitnej

vody (Bates et al., 2008). Z tohto hľadiska je na tom Slovensko relatívne dobre, vzhľadom na 80 percentný podiel podzemných zdrojov pitnej vody. Treba však podotknúť, že dosiaľ, pre podmienky Slovenska, abscentuje serióznejšia analýza možných kvalitatívnych zmien zdrojov pitnej vody (povrchovej a podzemnej).

Využívanie krajiny a lokálne povodnie

V posledných rokoch sme svedkami výskytu intenzívnych búrkových lejakov sprevádzaných lokálnymi povodňami značnej intenzity. Spoločným menovateľom týchto udalostí je veľmi rýchly priebeh týchto udalostí (niekoľko hodín), relatívne malá výmera zasiahnutého územia (niekoľko desiatok km²) a veľmi intenzívne zrážky (intenzita vyššia ako 30 mm.hod⁻¹). V tejto súvislosti sa rozprúdila široká diskusia o príčinách týchto lokálnych povodní a o opatreniach, ktoré by mohli byť účinné na zmiernenie priebehu takýchto udalostí. Jedným z opatrení, ktoré prijala slovenská exekutíva na riešenie týchto problémov je aj „Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí“, ktorý má ambíciu riešiť opatrenia hlavne v malých povodiach, no bohužiaľ sústreďuje sa len na obmedzený rozsah opatrení, ktoré odborne nenapĺňajú všetky aspekty IMP a ktorý nie celkom rešpektuje aktuálny stav hydrologického „vedomia“ a poznatkov o hydrologických procesoch v povodiach.

Poľnohospodársky využívané povodia predstavujú územie s najväčšou dynamikou zmien v priebehu roka (orba, rast plodín, zber úrody). Okrem vlastností pôdy formovanie odtoku v týchto povodiach významne ovplyvňuje zavlažovanie, drenáž a metodika pestovania plodín. Infiltrácia, erózia, veľkosť odtoku závisia od spôsobu manažmentu týchto povodí. Správne postupy môžu zvýšiť veľkosť infiltrácie a zmenšiť odtok. Tvorba zásob vody a formovanie odtoku v poľnohospodárskej krajine sa v niektorých aspektoch odlišujú od procesov, ktoré prebiehajú v zalesnených povodiach. Sklony svahov sú v poľnohospodárskych povodiach väčšinou malé. Ak je pôdny profil relatívne suchý, potom je rýchlosť infiltrácie vody do pôdy niekoľkonásobne vyššia, ako je rýchlosť infiltrácie do vodou nasýtenej pôdy, ktorá je charakterizovaná súčiniteľom hydraulickej vodivosti vodou nasýtenej pôdy (koeficient filtrácie). Poľnohospodárske pôdy majú v porovnaní s lesnými pôdami vysokú retenčnú kapacitu, charakterizovanú maximálnou vrstvou vody v milimetroch, ktorú môže obsahovať metrová vrstva pôdy. Táto maximálna retenčná kapacita však prakticky nikdy nie je k dispozícii. V letnom období môže byť retenčná kapacita pôdy charakterizovaná priemernou retenčnou kapacitou pôdy (PRK). Pre tvorbu povrchového odtoku je však najvýznamnejšou charakteristikou pôdy minimálna rýchlosť infiltrácie do pôdy ($v_{i,min}$) v podmienkach vysokých vlhkostí pôdy, ktorá sa vyskytuje po dlhotrvajúcich zrážkach (Kutílek, Nielsen, 1994). Z hodnôt $v_{i,min}$ v tab.3 je vidieť, že v prípade hlinitých a ilovitých pôd je rýchlosť infiltrácie (infiltračná kapacita pôdy) nižšia ako sú intenzity prívalových zrážok, ktoré môžu byť aj väčšie ako 20 mm/h. Vtedy môže dôjsť k tvorbe povrchového odtoku, ktorý môže spôsobiť povodne. Relatívne vysoká retenčná kapacita pôdy, prípadne intercepčná kapacita porastu v takomto prípade nie sú významným faktorom. Vysoké úhrny zrážok s vysokou intenzitou, ktoré spadnú na poľnohospodárske pôdy, sa spravidla akumulujú na povrchu a vytvárajú dočasné vodné plochy, zamokrujú pôdu a spôsobujú vädnutie porastov pre nedostatok kyslíka v koreňovej oblasti rastlín. Je to preto, lebo poľnohospodárske pôdy sú situované prevažne na rovine alebo na malých sklonoch (Holko 2011).

V súčasnosti existujú dve protichodné školy ohľadne vzťahu lesa a vody (Jewitt, 2005). Jedna z nich chápe funkciu lesa ako „špongie“, ktorá nasáva vodu a postupe ju uvoľňuje. Merania skôr podporujú predstavu lesa ako „pumpy“, ktorá vodu z povodia vysáva a upozorňujú na to, že vplyv lesa na povodne je obmedzený. Les však nie je len súbor stromov, ktoré zachytávajú časť zrážok (intercepčia), resp. čiastočne spomaľujú ich

penikanie na povrch pôdy. Ako už bolo uvedené v časti o tvorbe odtoku, dôležitú úlohu pri formovaní odtoku má pôda. Pôda v lese je pokrytá vrstvou opadanky, ktorá podporuje infiltráciu vody do pôdy. Údaje o retenčnej kapacite lesnej pôdy v našich podmienkach sa pohybujú približne od 30-50 mm (Mindáš et al., 2001, Bíba et al., 2006;). Celková retenčná kapacita lesných porastov vrátane pôdy je v našich podmienkach za ideálneho stavu odhadovaná približne na 70 mm (Mindáš et al. 2001). Úvahy o vplyve lesa na odtok a povodne treba odvíjať od týchto čísiel a konfrontovať ich so zrážkovými úhrnmi, ktoré sa môžu vyskytnúť v rôznych častiach nášho územia. Vplyv lesa na hydrologickú bilanciu z hľadiska pomeru evapotranspirácie a odtoku v dlhšom časovom úseku je väčší, ako vplyv inej krajinej pokrývky. Porovnávacie merania ukázali, že aj vplyv lesa na znižovanie odtoku počas dažďa býva vyšší ako pri inej vegetácii (kríky, tráva, poľnohospodárske plodiny). Pri nasýtení lesnej pôdy dlhotrvajúcimi zrážkami však vplyv lesa na veľkosť odtoku prestáva. Charakteristickým záverom sú výsledky 52 ročných systematických lesnícko-hydrologických meraní v Beskydách: „...Protipovodňové a protierozní funkcie lesů jsou evidentní, ale omezené. V červenci 1997 v Beskydech i v srpnu 2002 jinde na území ČR se prokázalo, že lesy na prameništích a horských svazích nemohou vzniku ničivých povodní zabránit, protože jejich retenční a retardační schopnosti jsou všude v přírodě omezeny.“ (Bíba et al., 2006 ex Holko 2011).

Extrémne názory na les a povodne hovoria, že tam, kde je pôvodný prírodný les (bez hospodárskeho zásahu človeka), tam povodeň vzniknúť nemôže. Ako je potom možné, že v období boreálu, keď človek svojou činnosťou ovplyvňoval Slovensko len v minimálnej miere, dochádzalo napr. na Východnom Slovensku k záplavám, hoci lesy boli „prírodné“ (svedčia o tom rozsiahle plochy lužných lesov na Východoslovenskej nížine a v alúviách väčších riek). Druhý extrém hovorí, že les a jeho štruktúra nedokážu ovplyvniť extrémne zrážkovo-odtokové pomery, ani pri výraznejšom percente zastúpenia v povodí. Prečo potom široko diskutujeme o hydrických účinkoch lesa, vodohospodárskej funkcii lesov a úlohe lesov pri protipovodňových opatreniach? Pravda bude, akože ináč, trochu zložitejšia. Les resp. lesný ekosystém jednoznačne transformuje prechod zrážok do pôdneho prostredia a mení ich na podpovrchový, ale aj povrchový odtok. Pritom mnohorakosť prírodných a hospodárskych podmienok v lesných ekosystémoch implikuje aj mnohorakosť, či rôznu účinnosť transformačného poľa zrážok. Ako jednoznačne konštatuje Chang (2006) les je najlepším a najúčinnjším vegetačným krytom vo vzťahu k povodniam, čo však neznamená, že les im môže úplne zabrániť. Vo všeobecnosti platí, že význam lesa vo vzťahu k povodniam rastie s klesajúcou plochou povodia.

Zrážkovo – odtokový režim v malých povodiach úzko súvisí s širokou škálou prírodných a miestnych podmienok. Väčšina podieľajúcich sa prvkov má veľkú variabilitu hodnôt. V malých horských povodiach, ktoré majú pomerne veľkú lesnatosť, bývajú príčinou povodní podľa M. JAŘABÁČA a A. CHLEBEKA (2000) dažde trojakého druhu:

1. Búrkové prietrže mračen, zasahujúce pomerne malú plochu a trvajúce krátky čas – 1 až 2 hodiny, ktorých intenzita je často väčšia ako 2 mm.min-1.
2. Búrkové dažde spojené so studeným frontom postupujúcim do Európy z Atlantického oceánu; tie môžu mať spočiatku podobnú intenzitu ako krátkodobé búrkové dažde, neskôr môžu zasiahnuť väčšie územie, kde sa vyskytne menej intenzívny dážď trvajúci i niekoľko dní. Vyskytujú sa prevažne v lete, len výnimočne začiatkom jari alebo v neskorej jeseni.
3. Regionálne dažde, nadväzujúce na cyklóny postupujúce do strednej Európy spravidla z juhu na sever po van Beberovej dráhe Vb; súčasne s nimi prúdi od severu chladný vzduch. To podmieňuje v oblasti stretu síce menej intenzívne, ale dlhotrvajúce dažde zasahujúce často územie väčšie ako 10 tisíc km². Také dažde sa vyskytli koncom júna a začiatkom júla 1997 na viacerých miestach Slovenska a na území sev.-východnej

Moravy, kde zapríčinili rozsiahle povodne na riekach Odra a Morava. Hoci tam intenzita dažďa dosahovala len 0,1 až 0,25 mm.min⁻¹, hodnoty špecifických odtokov z čiastkových povodí, v čase kulminácie boli 3 až 4 m³.s⁻¹.km⁻².

Ako uvádza spomínaní autori, najnebezpečnejšie povodne sú takmer vždy vyvolávané mimoriadne silnými dažďami, ktoré sa väčšinou vyskytujú v teplom ročnom období. Len ojedinele môžu byť povodne vyvolané náhlym topením snehu počas dažďa, čo je však pravdepodobnejšie v pahorkatinách a na nížinách.

Brechtel (1970) rozlišuje dva typy povodňových odtokov:

1. Sú to predovšetkým miestne, prevažne krátkodobé povodne, ktoré vznikajú z povrchových odtokov vtedy, keď zrážky vysokej intenzity lokálne prevýšia infiltračné schopnosti pôdy.
2. Rozsiahlejšie a dlhšie trvajúce povodne, ktoré sú spôsobené výdatnými dažďami zasahujúcimi väčšiu plochu, alebo náhlym a intenzívnym topením snehu (vpád teplého vzduchu – dážď na sneh). V takomto prípade dochádza v celej oblasti k prekročeniu infiltračnej schopnosti a zadržiavaniu vody.

Oba typy povodňových odtokov môžu byť redukované komplexnými úpravami povodí, ale v rôznej miere. Kým v prvom prípade je možné zlepšiť situáciu aj na poľnohospodársky využívaných pôdach opatreniami zvyšujúcimi zásak, v druhom prípade môže tlmiť povodňové maximá iba les (BRECHTEL 1970).

Urobme si určitú konkrétnu modelovú situáciu v lese pre dva rozdielne typy zrážkových udalostí, kde sme využili výsledky dlhoročných pozorovaní vodnej bilancie v oblasti Poľany. Pre prvý typ zrážkovej udalosti (100 mm za 24 hodín) sa do konečného procesu tvorby odtoku (cez podzemný odtok) dostalo 37 mm zrážok, čo tvorilo 37% z množstva spadnutých zrážok. Pri druhom type zrážkovej udalosti (50 mm za 2 hodiny) sa do konečného procesu tvorby odtoku (cez podzemný odtok) dostalo 18 mm zrážok, čo tvorilo 36% z množstva spadnutých zrážok. Ale na rozdiel od prvej zrážkovej udalosti, došlo tu k tvorbe povrchového odtoku (3 mm), čo tvorilo 6% z množstva spadnutých zrážok. Spolu teda až 42% (o 5% viac ako v prvom prípade) zo spadnutých zrážok sa dostalo do procesu tvorby odtoku. Existencia priameho povrchového odtoku potvrdila prerdpoklad, že vzhľadom na nižšiu hodnotu koeficientu infiltrácie oproti intenzite zrážok dochádzalo k vzniku nerovnovážneho stavu na povrchu pôdy a nahromadená voda, ktorá nedokázala infiltrovať priamo do pôdy, začala stekať po jej povrchu a cez sekundárnu hydrologickú sieť sa v krátkom čase dostávala priamo do odtoku.

Extrémne hydrologické prietoky sa hodnotili v literatúre predovšetkým z hľadiska celkovej lesnatosti povodia. Zovšeobecňujúce poznatky o vplyve celkovej lesnatosti povodia, ktoré uvádza VALTÝNI (1986) hovoria, že najvýraznejšie je ovplyvnený maximálny špecifický odtok vo flyšových oblastiach, kde aj malý pokles v lesnatosti sa odrazí vo výraznom zvýšení maximálnych odtokových množstiev a ich rozkolísanosti. Najmenej je odtok ovplyvnený zmenou lesnatosti v povodiach na karbonátových podložiach, kde rozhodujúcu úlohu zohráva horninové prostredie a transformácia zrážok do podzemných vôd. Tam je účinok zmeny lesnatosti na odtok približne polovičný ako vo flyši.

Aj VALTÝNI (2001) uvádza, že povodne sa vyskytli v povodiach rôznej lesnatosti. Hoci neboli publikované výsledky špecifických analýz vplyvu lesnatosti povodí na povodňové prietoky, také analýzy neboli pravdepodobne ani uskutočnené, vo viacerých publikovaných prácach sa autori vyjadrili k spomenutému problému. Zhodli sa v tom, že sa kritické dažde vyskytli spravidla v čase úplného alebo aspoň veľkého nasýtenia povodí vodou z predchádzajúcich zrážok. Potom lesné ekosystémy, predovšetkým lesné pôdy, ktoré majú v normálnom (nenasýtenom) stave veľkú retenčnú kapacitu, nedokázali úplne zadržať vodu z extrémnych zrážok, ani spomaliť odtok z povodia a rozdiel medzi odtokom zo zalesnených a

bezlesích častí povodia v čase kulminácie povodne, bol relatívne malý. Lesné porasty bez ohľadu na zastúpenie drevín, vek, zakmenenie, spôsob obhospodarovania a iné charakteristiky, sa údajne výrazne nepodieľali na retencii a retardácii odtoku z povodia.

VALTÝNI a KAZDA (2002) uvádzajú, že v našich prírodných podmienkach zachytí nadzemná časť dospelého lesa približne 3 mm dažďovej vody, nerovnosti pôdneho povrchu asi 17 mm a lesná pôda podľa jej fyzikálnych vlastností a stavu nasýtenosti vodou 40 mm. Spolu približne 60 mm. Ak sa teda vyskytne extrémny dážď v krátkom časovom intervale s výdatnosťou napr. 100 mm, po povrchu odtečie zo zalesnenej časti povodia len rozdiel medzi výškou dažďa a momentálnou retenčnou (zadržiavacou) kapacitou lesného ekosystému, čiže približne 40 % vody. Pri podobnej zrážke v povodí Malá Svinka v roku 1998 zadržali lesné porasty v hornej časti 68 mm vody, kým lúky a pasienky len 46 mm vody, teda približne 67 % z množstva vody zadržaného lesom. Výrazne horšiu schopnosť zadržiavania vody má však najmä orná pôda v období bez vegetačného krytu.

Na záver si dovoľujeme odcitovať závery štúdie „Les a povodne“ (Valtýni 2001): retenčná kapacita povodia, chápaná ako rozdiel medzi množstvom zrážkovej vody spadnutej na povrch povodia a množstvom odtečenej vody z povodia počas povodňového prietoku, závisí o.i. od intenzity a výdatnosti kritického dažďa i plochy povodia. Retenčná kapacita lesných porastov je vo všeobecnosti väčšia ako retenčná kapacita poľnohospodárskych pozemkov. Hoci niektorí autori uviedli vo svojich prácach pochybnosti o protipovodňovej účinnosti lesov, z našich analýz vyplýva, že i v extrémnych povodňových situáciách, podmienených kritickým dažďom v čase „nasýtenia“ povodia vodou z predchádzajúcich zrážok, je vplyv lesov na zníženie Q_{max} podstatne väčší ako vplyv lúk a pasienkov. Hodnotu retenčnej kapacity zmiešaných ihličnato-listnatých porastov na flyši, v takých podmienkach odhadujeme – v závislosti od plochy povodia – na 30 až 70 mm zrážkovej vody, zatiaľ čo retenčnú kapacitu lúk a pasienkov len na 15 až 50 mm, čo je približne 50 až 70 % retenčnej kapacity lesov. Zalesňovanie malých povodí a zväčšovanie retenčnej kapacity lesných porastov vhodnými leso-hospodárskymi opatreniami je preto z hľadiska protipovodňovej ochrany krajiny mimoriadne významné.

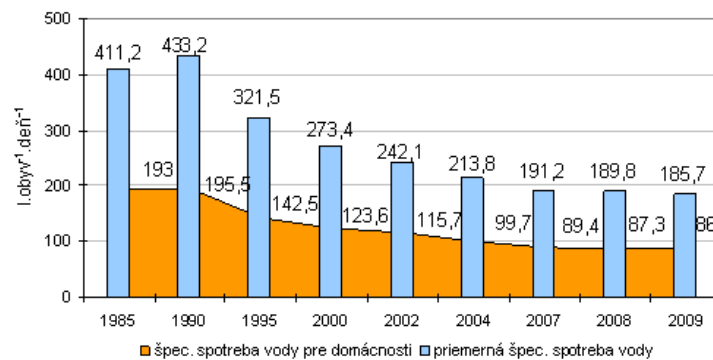
Prognózovanie vývoja vodných zdrojov na Slovensku

Využitelnosť vodných zdrojov je daná dvoma skupinami faktorov:

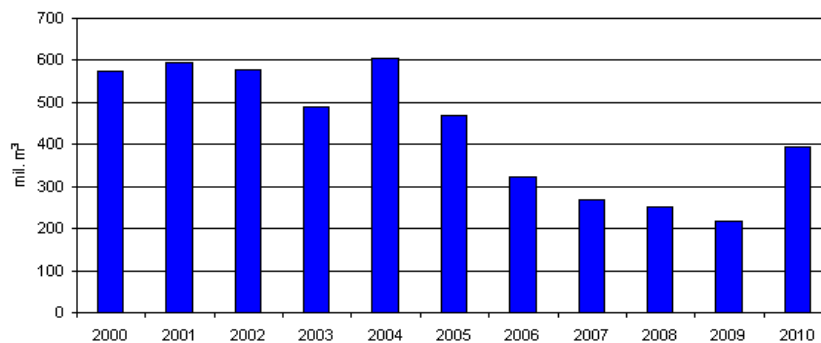
- **prirodzeným vývojom potenciálu vodných zdrojov**, ktoré, ako sme uviedli vyššie, sú ovplyvňované nestacionárnym vývojom klímy
- **spoločenskými podmienkami daného územia alebo krajiny**. Zo spoločenských podmienok k najvýznamnejším patrí demografický vývoj. Požiadavky na vodu ďalej ovplyvňujú napríklad: sociálna úroveň a sociálny rozvoj, industriálny rozvoj a vývoj nových technológií, snaha o zabezpečenie potravinovej sebestačnosti, legislatíva, ekonomické nástroje. Napriek 20 ročnému obdobiu od zmeny politického a ekonomického systému, prognózovanie vývoja v sociálnej oblasti je stále veľmi problematické.

Autori štúdie Dzubák, Hambek a Szolgay (1996) odhadovali vývoj potenciálu povrchových a podzemných vodných zdrojov podľa scenárov CCCM a WPB, ktorý sa nielen im ale aj mnohým ďalším hydrológom a klimatológom zdal v tom čase príliš pesimistický. Preto sa pozrime na odhady (zníženie) vývoja vodných zdrojov podľa obidvoch scenárov pre tri časové horizonty 2010, 2030 a 2075: CCCM - zníženie pre prvý časový horizont cca o 10%, pre druhý časový horizont cca o 18% a pre tretí časový horizont cca o 35%. WPB - zníženie pre prvý časový horizont cca o 20%, pre druhý časový horizont cca o 30% a pre tretí časový horizont cca o 55%.

Zároveň sa v tejto štúdii zaoberali demografickým vývojom a vývojom spotreby vody. Keďže tieto odhady stavali na dlhodobom vývoji do roku 1995, tieto odhady sa v nových ekonomických podmienkach ukázali ako chybné. Nárast počtu obyvateľstva predpokladali na úrovni okolo 1-1,2% (dnešná skutočnosť je o nižšia, približne 4-5 promile) a pri spotrebe pitnej vody rátali s jej vzostupom už po roku 2000 (v skutočnosti (v dôsledku ceny vody) aj v roku 2010 sme zaznamenali stále pretrvávajúci pokles), pri spotrebe vody pre poľnohospodárske zavlažovanie vychádzali z dovtedajšej snahy o zabezpečenie sebestačnosti vo výrobe potravín. Ani tento odhad sa dodnes nenaplnil, napríklad výmera závlah v roku 2010 poklesla oproti roku 2005 o viac ako 26%. Na dokreslenie omylov v týchto prognózach uvádzame dva nasledujúce grafy: vývoj špecifickej spotreby vody na obyvateľa (obr.44) a vývoj spotreby povrchovej vody v priemysle (obr.45).

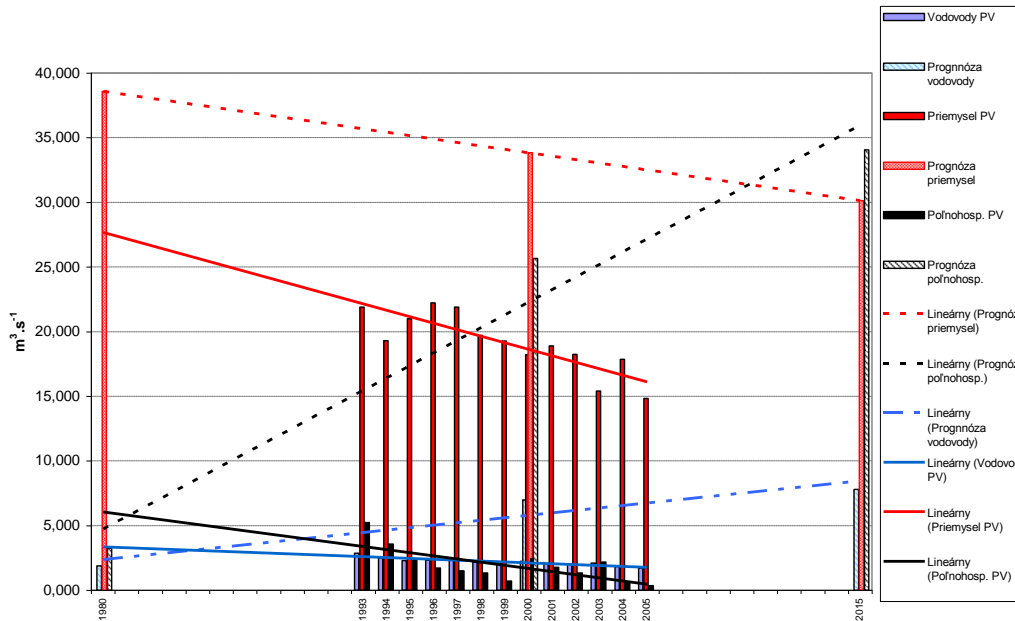


Obr. 44 Špecifická spotreba vody na obyvateľa

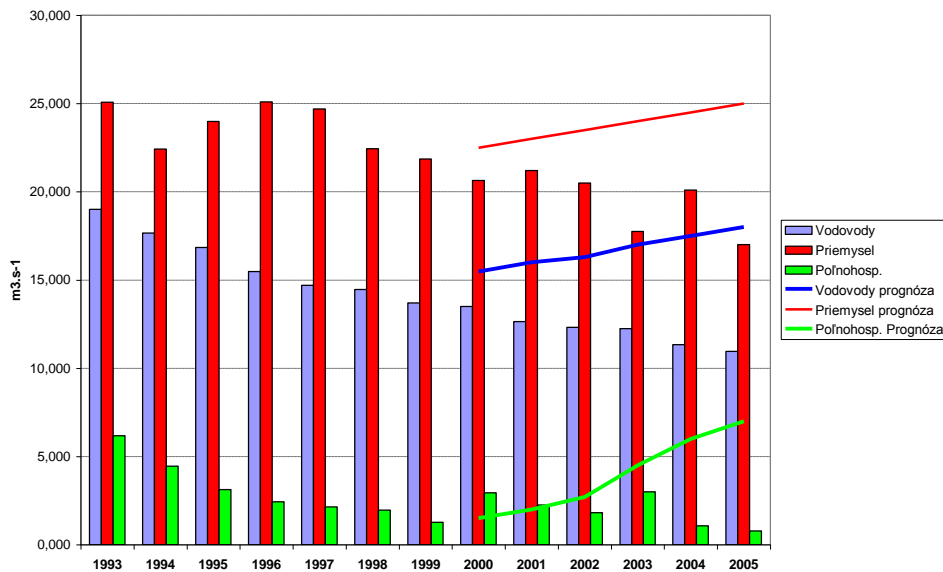


Obr.45 Spotreba povrchovej vody v priemysle

Diskusiu k prognózam vo vodnom hospodárstve uvádza vo svojej dizertačnej práci aj Poórová (2006). Výpovednejšie ako akýkoľvek komentár sú nasledujúce grafy (obr.46 a 47) v tejto práci:



Obr.46 Vývoj odberov v SR v rokoch 1993 - 2005 v porovnaní s prognózou z 80. rokov



Obr.47 Vývoj odberov v SR v rokoch 1993 - 2005 v porovnaní s prognózou z roku 1996

Z uvedených citácií je zjavné že odhad vývoja spoločenských podmienok bol oveľa neistejší ako odhad možného vývoja vodných zdrojov.

Vývoj využiteľných vodných zdrojov na Slovensku

Využitelnosť vodných zdrojov, ako ju definoval a v roku 1992 celosvetovo spracoval Šiklomanov (1992), je odrazom prirodzeného vývoja potenciálu vodných zdrojov a počtu obyvateľstva. My sme ju pre Slovensko spracovali pre nasledujúce obdobia a roky:

Tab. 31 Využitelnosť vody na obyvateľa na Slovensku

oblasť	využitelná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)							
Slovensko	1931-80 (priemer)	1990	1996	2000	2001	2002	2003	2004
	2,84	2,40	2,84	2,36	2,37	1,97	1,29	1,85
reálne odbery (m ³ /rok/obyvateľ)								
Slovensko		1990	1996	2000	2001	2002	2003	2004
		397,7	256,1	220,8	214,9	206,6	196,4	193,6
% odberov z využiteľnej vody		16,6	9,0	9,40	9,10	10,5	15,2	10,5
		397,7	predpokladané odbery podľa roku 1990					
		16,6	14,0	16,9	16,8	20,2	30,8	21,5

Tab. 32 Využitelnosť vody na obyvateľa na Slovensku (pokračovanie)

oblasť	využitelná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)							
Slovensko	1931-80 (priemer)		2005	2006	2007	2008	2001-08 (priem.)	2001-10 priem.?
	2,84		2,21	2,81	1,75	1,92	2,02	2,17?
reálne odbery (m ³ /rok/obyvateľ)								
Slovensko		1990	2005	2006	2007	2008		
		397,7	170,8	143,5	129,6	125,2		
% odberov z využiteľnej vody		16,6	7,7	5,1	7,4	6,6		
		397,7	predpokladané odbery podľa roku 1990					
		16,6	18,0	14,2	22,7	20,7		

Aj keď desaťročie nie je dostatočné na smerodajný priemer, môžeme konštatovať, že využitelná voda sa na Slovensku na obyvateľa v prvom desaťročí znížila oproti obdobiu do roku 1980 o približne 25%, čo je viac ako dvojnásobok očakávaní zo začiatku 90. rokov. (Tento vývoj by bol ešte nepriaznivejší, ak by sme do výpočtu nezahrnuli odhad roku 2010, ktorý bol najvlhkejší v histórii regulárnych pozorovaní.)

Teda „pesimistická“ prognóza podľa scenára WPB sa zatiaľ ukázala ako oprávnená. Pri nezmenenom vývoji klímy k časovému horizontu 2050 by sme pri takomto trende mohli očakávať, že využitelné zdroje vody nám poklesnú nie o 25 až 30%, ale o 40 až 50% (teda klesnú na hodnoty okolo 1,42 (m³.10³/rok/obyvateľ). Túto hodnotu ešte viac zníži rastúci počet obyvateľov. Tým by sme sa blížili k hodnotám enormne suchého roku 2003).

S využitelnou vodou bezprostredne súvisia reálne požiadavky na vodu. Tieto sme vyjadrili v žltej časti tabuľky celkovými odbermi vody v jednotlivých rokoch. Spotreba vody, ktorá z odberov predstavuje cca 10 až 25 % nevystihuje do tej miery požiadavky na vodu ako samotné odbery vody. Na spresnenie dodávame, že viac ako polovicu spotrebovanej (nie odobratej) vody predstavujú závlahy.

Odbery vody na Slovensku, prevažne z dôvodov nárastu cien za vodu, mimoriadne poklesli a stále majú klesajúcu tendenciu (hoci táto skutočnosť už bezprostredne ohrozuje napríklad aj zachovávanie základnej hygieny). V Tab. 32 vo vyznačenom riadku na ilustráciu uvádzame, aký by bol percentuálny podiel celkovo odobratej vody na využiteľnej vode, ak by sme hypoteticky uvažovali s odbermi na úrovni roku 1990. Percentuálny podiel by bol vyšší 1,5 až 2-násobne, v posledných troch rokoch dokonca trojnásobne. Teda reálny pokles odberov vody pod 10 % využiteľných zásob vody v našich podmienkach nasvedčuje na neúmerne šetrenie s vodou, ak vôbec možno taký stav nazvať šetrením.

A ešte jedna analýza z tabuľky slúži za povšimnutie. Opäť hypoteticky, ak by sme v suchom roku 2003 uvažovali s odbermi vody na úrovni roku 1990, potom by sme sa odbermi vody dostali na úroveň temer 31 % využiteľných zásob, a to už je z hľadiska vodohospodárskeho využívania pomerne veľké číslo (optimálne sa ukazujú odbery na úrovni 15-25 % využiteľných zásob).

Situácia, kedy by odbery prekročovali 30% by mohla nastať, ak by sa nám odbery opäť dostali na úroveň spreď roku 1990 a ak by sme sa dostali do či už do mimoriadne

suchého roku alebo do série suchých rokov za sebou. Aj takéto alternatívy treba mať na zreteli pri strategickom plánovaní vodného hospodárstva.

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania hydrologických podmienok vodného hospodárstva na Slovensku sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor vodného hospodárstva pre vybrané geomorfologické celky.

Oblasť	Geomorfologické celky	Riziko
1	Malé Karpaty, Biele Karpaty, Považský Inovec, Záhorská nížina, Podunajská nížina, Považské podolie, Podunajská pahorkatina, Pohronský Inovec	*
2	Lučensko-košická zníženina, Krupinská planina, Javorie, Matransko-Slanská oblasť a priľahlé kotliny	***
3	Východoslovenská nížina, Vihorlatské vrchy	**
4	Poloniny, Nízke Beskydy, Východné Beskydy, Spišská Magura	**
5	Stredné Beskydy, Západné Beskydy, Javorníky	**
6	Tatry, Nízke Tatry, Chočské vrchy, Malá Fatra- Krivánska a priľahlé kotliny	*
7	Slovenské rudohorie, Branisko a priľahlé kotliny	***
8	Veľká Fatra, Malá Fatra-Lúčanská, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Starohorské vrchy, Poľana a priľahlé kotliny	*
9	Vtáčnik, Tríbeč, Strážovské vrchy, Žiar	*
Riziko negatívneho vplyvu KZ 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko		

5.3.3 Adaptačné opatrenia vo vodnom hospodárstve

Zo strategického pohľadu na vodné hospodárstvo a možné dôsledky klimatickej zmeny, môžeme identifikovať tri najdôležitejšie kľúčové oblasti, a to:

- zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou
- ochrana pred hydrologickými extrémami: suchom a povodňami
- zabezpečenie vody pre poľnohospodársku produkciu a priemysel

Zásobovanie krajiny pitnou vodou

V rámci Koncepcie vodohospodárskej politiky do roku 2015, predloženej v roku 2006 sa spracoval aj plán rozvoja verejných vodovodov a kanalizácií pre územie Slovenskej republiky. Tento plán je postavený tak, aby splnil požiadavky národnej a európskej legislatívy na oblasť verejných vodovodov a verejných kanalizácií. Orientačné náklady sa na obdobie 10 rokov odhadli na približne 1800 mil. Euro. (Podľa Bereková (2006)). Je vysoko pravdepodobné, že tento zámer sa predĺži najmenej o 5 rokov.

V zásobovaní pitnou vodou sú u nás stále dominantné zdroje podzemných vôd, tvoria okolo 80%. Podzemná voda je v rámci územia Slovenska rozložená nerovnomerne. Najväčšie využiteľné množstvá sa nachádzajú v kvartérnych náplavách horného Žitného ostrova a vo vápencovo dolomitických horninách pohorí stredného Slovenska a Slovenského krasu. Podstatne nižšie využiteľné množstvá podzemných vôd sú evidované na východnom Slovensku a juhu stredného Slovenska.

V trojuholníku Devín - Jelka – Gabčíkovo (3,5 % rozlohy SR) je temer 35 % využiteľných zdrojov našich podzemných vôd. Kapacita zdrojov hornej časti Žitného ostrova je približne 22 m³s⁻¹. To je v súčasnosti postačujúce na krytie potrieb celého Slovenska. Západné Slovensko je tak jedinou časťou republiky, kde netreba budovať vodárenské nádrže.

Ak by sa okolo roku 2020-2025 potvrdili očakávania podľa vyššie načrtnutých scenárov, nastal by čas na realizáciu prevodu pitnej vody z oblasti Žitného ostrova (ktorý sa z hľadiska klimatických zmien javí ako inertný) do oblastí pravdepodobne deficitných – južných oblastí stredného a východného Slovenska. Tento prevod by bolo možné realizovať

zhruba do vzdialenosti 250 km. Podľa odhadu (Dzubák, Hambek, Szolgay 1996) by si takáto investícia vyžiadala náklady 27,5 mld. Sk. Pri zohľadnení inflácie a vývoja cien by sme za dnešný dolný odhad tejto investície mohli považovať náklady vo výške približne 4,5 mld. Euro na dobu 20 rokov.

Alternatívou k tomuto strategickému zámeru môže byť (avšak len v prípade dostatočných zdrojov povrchovej vody) vybudovanie vodárenských nádrží s kapacitou približne 150-180 mil. m³ (čo predstavuje približne 3 vodárenské nádrže ako Starina alebo 7 vodárenských nádrží ako Málinec). Alternatíva by predstavovala približne rovnaké náklady ako antigravitačný prevod vody zo Žitného ostrova.

Ochrana pred hydrologickými extrémami: suchom a povodňami,

Výzva vodného hospodárstva na ochranu pred hydrologickými extrémami: suchom a povodňami bude pravdepodobne najnákladnejšou, keďže v tejto oblasti máme, podľa nášho názoru, pravdepodobne najvýraznejší deficit za posledných 20 rokov.

Hneď úvodom treba povedať, že budovanie ochrany pred povodňami má význam v oblastiach väčších rozvinutých tokov (dobrým príkladom sú veľkokapacitné nádrže Oravská priehrada a Liptovská Mara) na ochranu celého Považia pod týmito nádržami. Ochrana na malých tokoch sem nezahŕňame. Podobne na ochranu pred prívalovými povodňami s malým polomerom a náhodným výskytom treba voliť iné prostriedky.

Veľkokapacitné nádrže, okrem ochranej funkcie (retenčných objemov) majú aj pomerne významné akumulčné (zásobné objemy). Teda výstavba týchto hydrotechnických stavieb napĺňa dve funkcie – ochrannú a zásobnú (nehovoriac o jej energetickom, prípadne rekreačnom alebo inom využití). Zdá sa, že v posledných rokoch sme na tieto výnimočne efektívne investičné celky rezignovali.

Schopnosť zregulovať odtok v krajine vyjadruje koeficient regulácie. Koeficient predstavuje pomer využiteľného objemu nádrží k priemernému ročnému odtoku z územia a vyjadruje sa v percentách. Hodnota koeficienta v rozmedzí 20–40% indikuje, že v regióne je dostatočná objemová kapacita nádrží na plynulé zásobovanie vodou. Najvyšší koeficient regulácie odtoku, väčší než 40%, je napr. v USA, alebo na území južnej Európy v bývalom Sovietskom zväze (Balonishnikova, 2004).

V mnohých regiónoch využiteľný objem nádrží je mimoriadne nízky, menší než 10% ročného odtoku. K týmto krajinám patrí aj Slovensko, kde je koeficient regulovania odtoku menej než 8%. Preto je treba – vzhľadom na očakávanú zmenu klímy – otvorene diskutovať o otázke ďalšej výstavby vodných nádrží u nás. Riešenia problémov vyplývajúcich z doteraz odhadnutých tendencií zmien hydrologického režimu nastoľujú totiž aj možnosť potreby prerozdelať odtok v priestore (medzi severom a juhom Slovenska), a čase (v priebehu roka a medzi jednotlivými rokmi). Musíme počítať s nutnosťou kompenzovať pokles výdatnosti zdrojov vody najmä na jar a v lete v nížinných oblastiach na strednom a východnom Slovensku (Pekárová a Szolgay, 2005).

Opatrenia v oblasti využívania krajiny: lesné hospodárstvo a poľnohospodárstvo

Lesy a spôsob ich obhospodarovania nevyriešia problematiku povodní na Slovensku. To, čo je však vo vzťahu k povodňam kľúčové, je obhospodarovať lesy tak, aby nezhoršovali hydrologické procesy v povodí a aby vždy „správne fungovali“ tie pozitívne efekty lesov, ktoré objektívne fungujú. V praxi to znamená predovšetkým dobre udržiavanú infraštruktúru, vybudovanú hydromelioračnú sieť s objektami zahrádzania bystrín a lesy obhospodarované na princípoch trvalej udržateľnosti a vodohospodárskej účinnosti.

Jedným z významných opatrení na reguláciu odtokových pomerov najmä horských bystrinných tokov je zahrádzanie bystrín, ktoré sa v lesníctve uplatňuje už viac ako 100 rokov. Zahrádzanie bystrín vychádza od svojho vzniku z princípov integrovaného manažmentu povodia. Súčasné chápanie pojmu integrovaný manažment bystrinného povodia je v podstate len dôkladné pochopenie jeho historicky overenej podstaty, vychádzajúcej z komplexnej starostlivosti o bystrinu a jej povodie, vrátane zvyšovania retenčnej kapacity celého povodia, resp. krajiny ako takej, optimalizácie využívania jednotlivých častí povodia atď., zvyšovania zásob a kvality disponibilnej vody atď. Integrovaný manažment povodia a krajiny nie je možné riešiť bez komplexnej starostlivosti o pramenné oblasti, teda o malé horské bystrinné povodia.

V rámci starostlivosti o bystrinné povodia a preventívnej ochrany týchto povodí pred povodňami je nevyhnutné aplikovať integrovaný súbor biologických, technických, kombinovaných a organizačných opatrení v rámci lesníckych meliorácií a zahrádzania bystrín. Medzi opatrenia, ktoré majú za úlohu zvyšovať retenčnú schopnosť krajiny, patrí v prvom rade zalesňovanie a starostlivosť o lesné porasty, zabezpečenie (z hydrologického hľadiska) optimálneho druhového a vekového zloženia lesných porastov, nepoškodzovanie vrstvy nadložného humusu, zatrávňovanie, zamedzenie resp. obmedzenie zhutňovania lesných pôd, vhodné pozemkové úpravy, vytváranie ekologicky a environmentálne vhodných remízok, medzí, prielohov, priekop, poldrov, malých retenčných nádrží, infiltračných lesných pásov, podchytenie odtoku v súvislosti s lesnou cestnou sieťou prostredníctvom vyhovujúceho odvodnenia, odvodňovanie zamokrených lesných pôd, ochrana mokradí atď. Hlavným cieľom viacerých z týchto opatrení je zadržiavanie vody v povodí prostredníctvom intercepcie, povrchovej akumulácie, ale najmä infiltrácie a premena potenciálne škodlivého, rýchleho povrchového odtoku na pomalší, neškodný podpovrchový odtok. KREŠL (1990) uvádza, že pri sústreďenom povrchovom odtoku sa pohybuje rýchlosť prúdiacej (odtekajúcej) vody v rozpätí od 0,1 do 4,0 m . s-1, pri prúdení opadankou je to v rozpätí od 0,01 do 0,1 m.s-1 a pri prúdení pôdou len 0,00001 až 0,00001 m.s-1. Dôležitú, pre lesníkov zásadnú a prvoradú úlohu v starostlivosti o bystrinné povodia zohráva vodohospodárska funkcia lesného ekosystému. VALTÝNI (1986) v jednej z ťažiskových prác o tejto problematike uvádza, že vodohospodársky význam lesného ekosystému spočíva v jeho priaznivom vplyve na odtok, vo vyrovnávaní odtokových extrémov, na čo nadväzuje vyrovnanosť zásob vo vodných zdrojoch, dostatok vody v čase znížených prietokov, ale aj možnosť uplatňovať v zahrádzaní bystrín prírode blízke, lacné a ekologicky vhodné opatrenia (Jakubis 2011).

Pre ochranu bystrinných povodí pred povodňami a eróziou sú v niektorých prípadoch nevyhnutné aj náročné technické opatrenia. Máme na mysli predovšetkým prehrádzky, a to nielen v hlavnom toku, ale aj v prítokoch. Ich úlohou je zachytávať vysoké vodné stavy, resp. rozkladať povodňové prietoky na dlhšie časové obdobia, ktoré sú z viacerých ohľadov menej nebezpečné a zároveň zadržiavať splaveniny, resp. produkty erózie transportované z horných častí toku a povodia.

V rámci zahrádzania bystrín je potrebné preventívne protipovodňové opatrenia smerovať predovšetkým k starostlivosti o zabezpečenie plnej prietokovej kapacity prirodzených korýt, odstraňovanie nánosov, sledovanie potenciálnej prietokovosti objektov na bystrinách (priepusty, mosty), starostlivosti o brehové porasty, starostlivosť o údržbu vegetačných pozdĺžnych spevnení korýt bystrín (kosenie, zrezávanie drevín a pod.). JAKUBISOVÁ (2009a, 2009b) potvrdila dôležitosť starostlivosti o brehové porasty a vegetačné spevnenia bystrín v súvislosti s prietokovou kapacitou prirodzených prietokových profilov. Výpočtami dokumentovala, že prietoková kapacita prirodzených prietokových profilov s neutržovanými trávovými aj stromovými porastmi sa významne znižuje, čo priamo vytvára podmienky pre vylievanie sa vody do okolia toku a zaplavovanie okolitého prostredia. Samostatným problémom je nevhodné umiestňovanie skladov dreva v blízkosti

vodných tokov, ponechávanie zostatkov po ťažbe v korytách bystrín, budovanie nevyhovujúcich brodov cez ktoré sa približuje drevo a pod.

Dôležitou súčasťou starostlivosti o bystriny je údržba upravených (spevnených) korýt. Odstraňovanie aj menších poškodení priečných objektov alebo pozdĺžnych spevnení neodkladne po ich zaznamenaní môže zabrániť ich totálnej deštrukcii počas povodňových prietokov a môže akcelerovať negatívne dopady s vytváraním mimoriadne nebezpečných, tzv. prielomových vln.

Pokiaľ v horných častiach malého povodia sa snažíme odtok retardovať, cez intravilány sa ho snažíme odvieť čo najbezpečnejšie v upravených korytách. Dimenzovanie prietokových profilov a objektov, akými sú mosty a priepusty musí vychádzať z posúdenia stupňa požadovanej ochrany územia a potenciálnej škodlivosti toku pre vybrané N-ročné prietoky. V tomto ohľade zohráva v budúcnosti mimoriadne dôležitú úlohu aj územné a krajinné plánovanie, usmerňovanie výstavby v blízkosti korýt atď. (Jakubis 2011).

Erózia poľnohospodárskej pôdy predstavuje úbytok povrchovej najúrodnejšej vrstvy poľnohospodárskej pôdy, úbytok živín, humusu, organickej hmoty, zníženie mikrobiologického života a stratu funkcií pôdy. Výskyt náhlych intenzívnych búrkových zrážok v kombinácii s dlhšími obdobiami sucha výrazne podnieti eróziu (Šurina, Sobocká 1998). Sezónne kolísanie zrážok bude silne pôsobiť na mobilitu povrchových častí pôdy a pravdepodobne spôsobí okrem zosilnenej plošnej erózie aj ryhové a výmoľovú eróziu. Tieto účinky by mali byť zrejme hlavne na pahorkatinách Podunajskej nížiny a v menšej miere aj vo Východoslovenskej nížine, hlavne na černoziach. V zalesnených horských oblastiach sa prejaví vodná erózia v menšej miere.

V oblastiach s nedostatočnými ochrannými opatreniami (odlesnené flyšové oblasti) sa však výskyt náhlych epizodických búrok môže prejavovať vo forme strží, zosuvov a pod. V lokalitách náchylných na eróziu (predovšetkým konvexné svahy) bez zabezpečenia protieróznych opatrení bude mať zvýšená búrková činnosť katastrofálne následky. Malo by postupne dochádzať k odnosu vrchnej humusovej vrstvy a k výraznejšiemu plošnému rozšíreniu regozemí zo spráše alebo regozemí arenických z pieskov.

V poľnohospodárskej krajine je účinnosť protipovodňových opatrení viazaná na opatrenia protierózne (osobitne proti vodnej erózii), ktoré majú znižovať objem a intenzitu povrchového odtoku vody v poľnohospodárskej krajine. V rámci protieróznych a protipovodňových opatrení bude potrebné implementovať a uplatňovať zákon 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia. V zákone 220/2004 Z.z. v § 5 Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred eróziou sú určené podmienky ochrany: Vlastník alebo užívateľ pôdy je povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznú ochranu poľnohospodárskej pôdy vykonávaním ochranných agrotechnických opatrení podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy, ktoré sú (Sobocká et al. 2005):

- výsadba účelovej poľnohospodárskej a ochrannej zelene;
- vrstevnicová agrotechnika;
- striedanie plodín s ochranným účinkom;
- mulčovací medziplodina kombinovaná s bezorbovou technikou;
- bezorbová agrotechnika;
- oševné postupy so striedaním plodín s ochranným účinkom;
- usporiadanie honov v smere prevládajúcich vetrov;
- iné opatrenia, ktoré určí pôdna služba podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy.

Zabezpečenie vody pre poľnohospodársku produkciu a priemysel

Napriek súčasnej veľmi nízkej spotrebe vody v poľnohospodárstve (podľa priloženého grafu len 7%) treba najmä v závlahovom hospodárstve počítať s nárastom zavlažovanej výmery do roku 2050 zhruba o 80% a do roku 2075 zhruba na dvojnásobok (Hrúbik, 2008), a teda aj s adekvátnymi zdrojmi vody. Náklady na obnovenie budovanie, rekonštrukciu a údržbu závlahových systémov zrejme nebudú vedené cez sektor vodného hospodárstva.

Na Slovensku máme dnes postavených približne 330 vodných nádrží. Z nich je okolo 200 tzv. menších s objemom okolo 50 mil. m³. Tie sú určené najmä ako rezervoáre závlahovej vody, avšak technický stav mnohých z nich nie je vyhovujúci. Aj do rekonštrukcií budú potrebné investície, nie ako príspevok ku klimatickým zmenám, ale na riešenie starých dlhov.

Celkový objem nádrží je približne 1,4 mld. m³. Vzhľadom na naše priaznivé fyzicko-geografické a ekologické podmienky a vzhľadom na hroziaci deficit vody na spotrebu v priemysle, poľnohospodárstve a chladiarenskej vody ako aj vzhľadom na nedostatočné využitie energetického potenciálu by bolo „zdravé“ mať objem vody zachytenej v nádržiach aspoň okolo 2,0 - 2,2 mld. m³, teda súčasný stav zlepšiť minimálne o 50% do roku 2075.

Čo je však nevyhnutné, treba zabezpečiť vodu v nádržiach s viacročnou (nie jednoročnou) reguláciou vody, a to najmä z dvoch dôvodov: prvým je udržať relatívne vysokú zabezpečenosť dodávok vody (v opačnom prípade by viacnásobná sanácia dôsledkov mohla znamenať náklady porovnateľné s investičnými nákladmi), druhým dôvodom je možný výskyt série suchých rokov (ako boli napríklad roky 1981 – 1994, kedy nám oproti priemeru chýbala až ¼ povrchových vodných zdrojov). Náklady na výstavbu nádrží s viacročným vyrovnávacím účinkom s objemom cca 700 mil. m³ na 17, 5 až 19,5 mld. Euro na 65 rokov.

Navrhovanie strategických riešení vo vodnom hospodárstve (odhad vývoja vodných zdrojov, odhad vývoja spotreby vody, odhad retenčných a akumulčných priestorov vo vodných nádržiach, návrhy prevodov vody) sú spravidla spojené nielen s odhadmi enormných finančných nákladov, ale aj s mnohými neistotami tak na strane vývoja prírodných zdrojov ako aj na strane vývoja spoločnosti. Neistoty odhadu vývoja spoločnosti aj v krátkych časových úsekoch môžu byť významnejšie ako neistoty pri predikcii prírodných procesov. Teda takéto štúdie a odhady vyžadujú korekcie, možno v 5-10 ročných intervaloch.

Ak chceme úspešne čeliť dôsledkom klimatických zmien na hydrologický režim a následne na vodné hospodárstvo, nevyhnutným predpokladom je udržanie vodného hospodárstva na dobrej úrovni a centrálné stavať stratégie na ochranu a využívanie vodných zdrojov. Najvýznamnejšie postavenie v tomto smere má Slovenský vodohospodársky podnik, ktorý je správcou povodí. Tu odcitujeme časť z príspevku Ako čeliť nedostatku vodných zdrojov (Nemčok, 2007): „Pozícia správcu povodia je nezávideniahodná, zastupuje štátne (verejné) záujmy v oblasti hydrologického režimu krajiny, ale nemá k dispozícii prakticky žiadne prostriedky, ktorými by mohol ovplyvňovať konanie jednotlivých užívateľov územia, resp. ich spôsob exploatovania krajiny. Jediným použiteľným nástrojom je územný plán.“ Vodné hospodárstvo by sme mali zveriť profesionálom skôr, než bude neskoro.

Nezanedbateľný, možno rozhodujúci faktor je ľudský potenciál vo vodnom hospodárstve. Dnes hazardujeme s dobrým menom tejto náročnej profesie, uprednostňujeme návrhy lacných a (často) naivných riešení (hoci takéto riešenia neexistujú), odsudzujeme vodohospodárov za chyby, ktorých sa nikdy oni sami nedopustili, hazardujeme s najlepšimi mladými vodohospodármi, ktorí odchádzajú do zahraničia (a bez problémov nachádzajú uplatnenie). Načo nám budú vízie, stratégie a možno raz aj financie, ak ich nebude mať kto realizovať?

5.3.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení vo vodnom hospodárstve

Ekonomické hodnotenie problematiky vodného hospodárstva je komplikované tým, že voda ako taká sa nedotýka len odvetvia vodného hospodárstva, ale je „integrovaná“ aj v problematike lesného hospodárstva a poľnohospodárstva.

Z hľadiska navrhovaných adaptačných opatrení sme v prvej fáze vychádzali z objemu finančných prostriedkov alokovaných v už spomínanom „Programu revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodní“, ktorý síce celkom nespĺňa atribúty adaptačného opatrenia pre minimalizáciu dôsledkov zmien klímy na hydrologický režim krajiny, ale predstavuje súbor opatrení, ktoré sa v krajine budú realizovať a disponuje reálnymi finančnými prostriedkami. V ďalšej fáze sme zahrnuli adaptačné opatrenia pre ochranu pred povodňami, ktoré vychádzajú z predchádzajúcich koncepčných materiálov a poznatkov a zahŕňajú opatrenia technického a biotechnického charakteru t.j. dobudovanie systémov ochranných hrádzi, suchých poldrov (realizátor Slovenský vodohospodársky podnik) a programu zahrádzania bystrín a revitalizácie lesných ciest (realizátor Lesy SR, š.p. Banská Bystrica).

Pri riešení sa vychádzalo zo súhrnu prác a štúdií, v rámci ktorých bol analyzovaný možný vplyv zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné hospodárstvo v rôznych regiónoch a povodiach Slovenska v období po zostavení Štvrtej národnej správy Slovenskej republiky o zmene klímy a správy o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu. Ide o výsledky, ktoré boli spracované najmä pre potreby Ministerstva životného prostredia SR (MŽP SR), Národného klimatického programu SR (NKP SR) a získané počas riešenia grantového výskumu hlavne pre agentúry VEGA a APVV.

Na hodnotenie dôsledkov zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné hospodárstvo na Slovensku boli za uvedené obdobie používané tieto metodické postupy:

- analýza hydrologického režimu z údajov inštrumentálneho obdobia, vrátane analýzy časových radov hydrometeorologických veličín a hľadania indikátorov pre zmeny podmienok tvorby odtoku,
- modelovanie možných zmien hydrologického režimu na základe vedomostí o vzťahoch medzi charakteristikami klímy a hydrologickým režimom, vrátane tvorby klimatických scenárov a metód ich regionalizácie.

Tieto postupy sme metodicky využili aj na zhodnotenie dôsledkov zmeny klímy na hydrologické procesy a vodné zdroje z pohľadu vodného hospodárstva.

Hlavné problémy vodného hospodárstva ako následkov klimatických zmien sú najmä povodne v riečnych systémoch, prívalové povodne zasahujúce spravidla relatívne malé územia a druhý extrémom, t. j. malou vodnatosťou alebo dlhotrvajúcim znížením vodnatosti. Ekonomické odhady adaptačných opatrení v odvetví vodného hospodárstva sú zamerané aj na analýzu investičných nákladov a prevádzkových nákladov. Pri týchto kalkuláciách sa vychádzalo z aktuálnej úrovne cien a prevádzkových nákladov. Dôraz bol kladený na náklady na rekonštrukciu cestnej infraštruktúry za účelom zvýšenia odolnosti voči poveternostným faktorom, najmä povodňam a prívalovým dažďom. Hlavné problémy vodného hospodárstva ako následkov klimatických zmien sú najmä povodne v riečnych systémoch, prívalové povodne zasahujúce spravidla relatívne malé územia a druhý extrémom, t. j. malou vodnatosťou alebo dlhotrvajúcim znížením vodnatosti. V súvislosti so zväčšujúcim sa vplyvom skleníkového efektu sa očakáva globálne oteplenie, ktoré sa okrem iného na našom území prejaví i ovplyvnením kvality vôd a zmenami v hydrologickej bilancii vodných zdrojov. V dôsledku týchto zmien sa očakáva: pokles zásob vôd a priemerných ročných odtokov, zvýšenie variability priemerných ročných prietokov a prehĺbenie odtokových extrémov a významné zníženie podzemných zdrojov vody.

Tab.31: Odhadované náklady na adaptačné opatrenia v mil. EUR

Dolný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0,0	50,0	50,0	75,0	84,0	93,0	102,0	111,0	120,0
Prevádzkové náklady	0,0	3,0	4,0	5,0	5,6	6,2	6,8	7,4	8,0
Spolu	0,0	53,0	54,0	80,0	89,6	99,2	108,8	118,4	128,0
Horný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0,0	90,0	105,0	120,0	129,0	138,0	147,0	156,0	165,0
Prevádzkové náklady	0,0	6,0	7,0	8,0	8,6	9,2	9,8	10,4	11,0
Spolu	0,0	96,0	112,0	128,0	137,6	147,2	156,8	166,4	176,0

Zdroj: výpočty autorov

Hore uvedená tabuľka (tab.31) zobrazuje hraničné odhady nákladov na adaptáciu v sektore vodného hospodárstva. Celkové náklady na adaptačné opatrenia v odvetví budú v roku 2015 pre dolný odhad 53 milióna euro (50 mil. euro investičné a 3 mil. euro prevádzkové) a pre horný odhad 96 milióna euro (90 mil. euro investičné a 6 mil. euro prevádzkové). V roku 2050 pre dolný odhad 128 milióna (120 mil. euro investičné a 8 mil. euro prevádzkové) a pre horný odhad 176 milióna euro (165 mil. euro investičné a 11 mil. euro prevádzkové). V roku 2010 sa adaptačné opatrenia nerealizovali. Vychádzame z predpokladu, že investičné náklady by mali smerovať do produktov z odvetví: poľnohospodárstva, ťažba nerastných surovín, priemysel, stavebníctvo, doprava a ostatných služieb. Prevádzkové náklady by mali smerovať do produktov z odvetví: poľnohospodárstva, ťažba nerastných surovín, stavebníctvo, doprava a ostatné služby. Najvyššia časť investičných a prevádzkových nákladov bude smerovať do produktov odvetvia stavebníctva (napr. priehrady, nádrže, korytá riek). Odhad nákladov bol vykonaný na základe schváleného Programu revitalizácie krajiny.

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví.

Vzhľadom na relatívne vysokú variabilitu projekcií možného budúceho vývoja klimatických faktorov boli v rámci modelovania ekonomických dopadov klimatickej zmeny vytvorené dva alternatívne varianty. Jeden ktorý zohľadňuje možnosť negatívnejšieho vývoja zapríčineného predovšetkým extrémnymi výkyvmi počasia a teda so sebou prinášajúceho aj vyššie negatívne dopady – *vysoký scenár*. A ako protiklad k tomuto extrémnemu scenáru bol vytvorený variant s relatívne miernymi dopadmi klimatickej zmeny na ekonomickú výkonnosť hospodárstva – *nízky scenár*.

V rámci týchto možných alternatívnych scenárov dopadov klimatickej zmeny bolo vypracovaných 6 podscenárov: *BS* - základný teoretický podscenár, ktorý predstavuje určitý potenciálny možný budúci vývoj modelovaných ukazovateľov bez vplyvu klimatickej zmeny. *NA* - predstavuje variant ktorý je prognózou vývoja v prípade vplyvu klimatickej zmeny a zachovania pôvodného správania ekonomických agentov. V prípade realizácie adaptačných opatrení na vyrovnanie sa s klimatickou zmenou sa predpokladalo, že vzhľadom na predpokladané výkyvy dopadov v jednotlivých rokoch, bude potrebné vynaložiť náklady v určitom rozsahu, a preto bola odhadnutá ich horná (*HO*) a dolná úroveň (*DO*).

Vzhľadom na nevyhnutnosť financovania výdavkov spojených s realizáciou projektov v súvislosti s adaptačnými snahami Slovenskej republiky o minimalizáciu dopadov klimatickej zmeny sa predpokladali dva možné varianty:

- adaptačné opatrenia budú financované prostredníctvom finančných zdrojov Európskej únie – *EU*

- zavedenie dodatočného zdanenia domácej produkcie vo výške celkových nákladov realizácie adaptačných opatrení – *d*

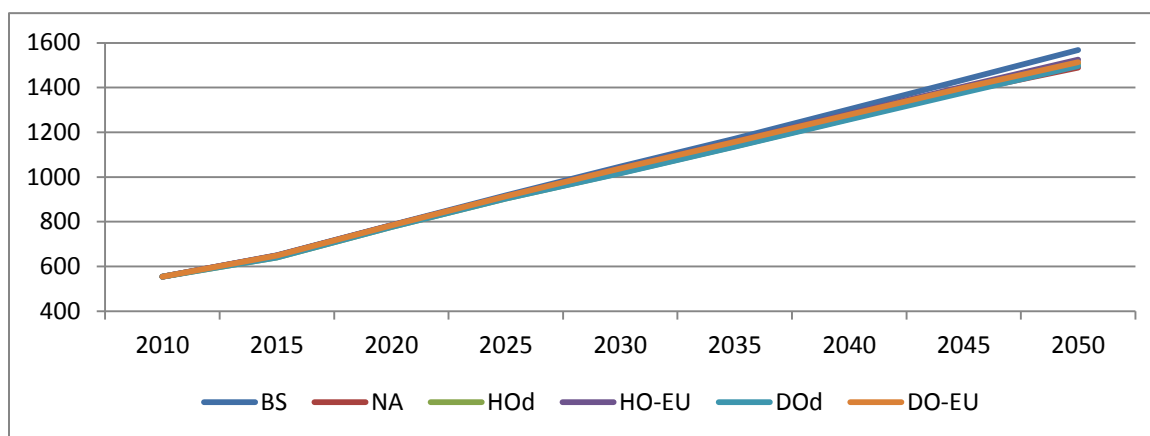
Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky, ktorá následne predstavovala vstupné dáta pre štruktúrny CGE model. Výsledky jednotlivých modelových scenárov dopadov klimatickej zmeny a možných pozitívnych odoziev odvetvia na realizáciu adaptačných opatrení sú predmetom nižšie uvedenej analýzy.

Dolný odhad dopadu klimatických zmien – nízky scenár

Dolný odhad dopadu klimatických zmien je založený na hypotéze, že zmena klímy bude mať slabší vplyv na ekonomiku SR. Pri porovnaní hypotetického scenára a scenára bez realizácie akýchkoľvek adaptačných opatrení by došlo v roku 2050 k škodám spôsobeným na objeme produkcie približne na úrovni 78 mil. EUR (pokles o takmer 5%). Podiel produkcie vodného hospodárstva na celkovej produkcii v SR predstavoval v roku 2010 približne 0,4 % a predstavuje najmenšie analyzované odvetvie z pohľadu ekonomicky ohodnotiteľnej produkcie statkov a služieb. Je nutné však pripomenúť, že vodné hospodárstvo poskytuje služby pre celé národné hospodárstvo, ktoré napomáhajú zabraňovať ohromným škodám.

Tab.32: Produkcia na základe jednotlivých variantných scenára, mil. EUR, nízky scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	554	650	785	917	1047	1171	1302	1435	1567
NA	554	649	783	912	1036	1152	1269	1383	1489
HOd	554	639	776	904	1018	1137	1261	1385	1507
HO-EU	554	649	783	914	1039	1159	1283	1405	1524
DOd	554	639	776	904	1017	1135	1257	1378	1496
DO-EU	554	649	783	913	1038	1157	1279	1398	1514



Obr.48: Produkcia na základe jednotlivých variantných scenára, mil. EUR, nízky scenár

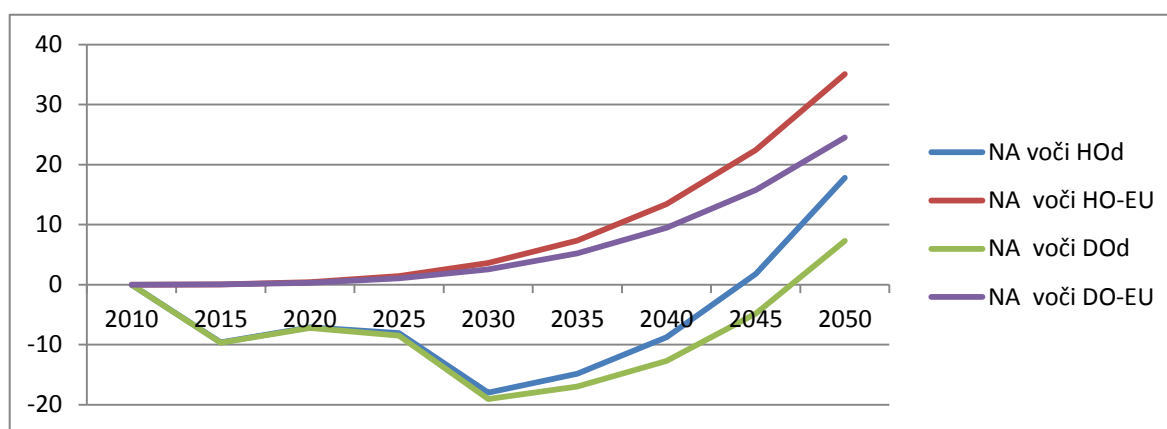
Zdroj: výpočty autorov

V prípade realizácie adaptačných opatrení sa výsledky modelových simulácií vyvíjajú relatívne odlišne, tento vývoj je možné vidieť na obrázku č. 48. Na odvetvie vodného hospodárstva má v dlhodobom horizonte realizácia adaptačných opatrení pozitívny efekt. Scenáre počítajúce s aplikáciou adaptačných opatrení financovaných z domácich zdrojov sú po väčšinu referenčného obdobia menej výhodné. Scenáre počítajúce s aplikáciou

adaptačných opatrení financovaných zo zahraničných zdrojov sú počas celého referenčného obdobia lepšou alternatívou v porovnaní so scenárom bez aplikácie adaptačných opatrení. Nasledujúci obrázok znázorňuje rozdiel produkcie v jednotlivých variantných scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení.

Tab.3.3: Rozdiel produkcie jednotlivých variantů scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, nízky scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NA voči HOd	0	-10	-7	-8	-18	-15	-9	2	18
NA voči HO-EU	0	0	0	1	4	7	13	22	35
NA voči DOd	0	-10	-7	-8	-19	-17	-13	-5	7
NA voči DO-EU	0	0	0	1	3	5	9	16	25



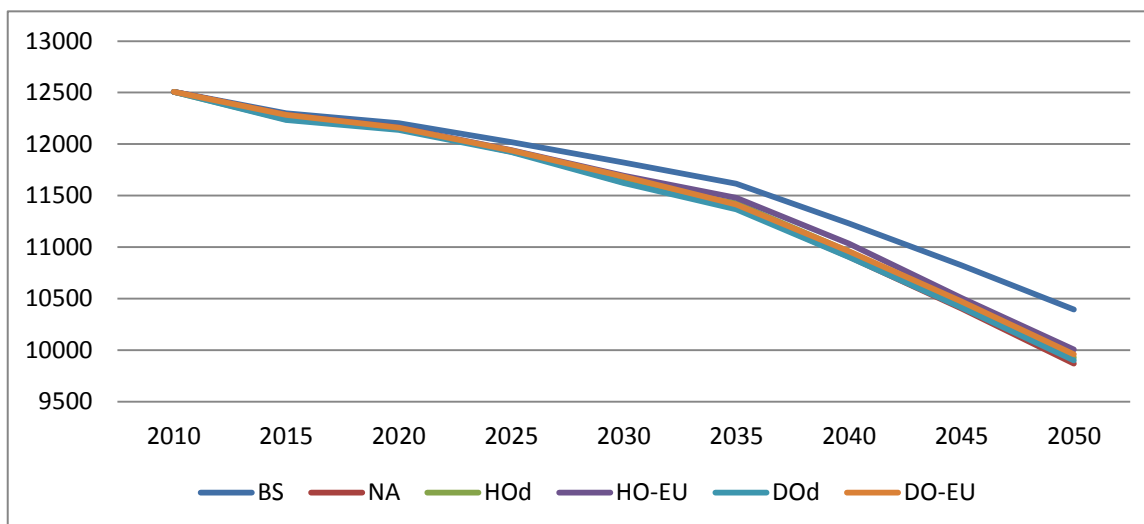
Obr.49: Rozdiel produkcie jednotlivých variantů scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, nízky scenár

Zdroj: výpočty autorov

Ak by bola adaptácia financovaná z domácich zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude produkcia pri dolnom odhade o 0,5 % vyššia a pri hornom odhade o 1,2 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Ak by boli adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o 1,7 % vyššia a pri hornom odhade o 2,4 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Aj pre toto odvetvie platí, že je výhodnejšie, ak využijeme financovanie nákladov adaptácie nielen z vlastných ale aj zo zahraničných zdrojov.

Tab.3.4: Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví vodného hospodárstva, osoby, nízky scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	12506	12300	12203	12020	11820	11616	11231	10823	10395
NA	12506	12283	12156	11927	11665	11379	10908	10403	9870
HOd	12506	12241	12156	11931	11629	11425	10956	10445	9929
HO-EU	12506	12284	12161	11942	11695	11480	11034	10508	10007
DOd	12506	12234	12139	11924	11621	11367	10904	10414	9900
DO-EU	12506	12284	12160	11937	11685	11413	10959	10473	9960



Obr.50: Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví vodného hospodárstva, osoby
Zdroj: výpočty autorov

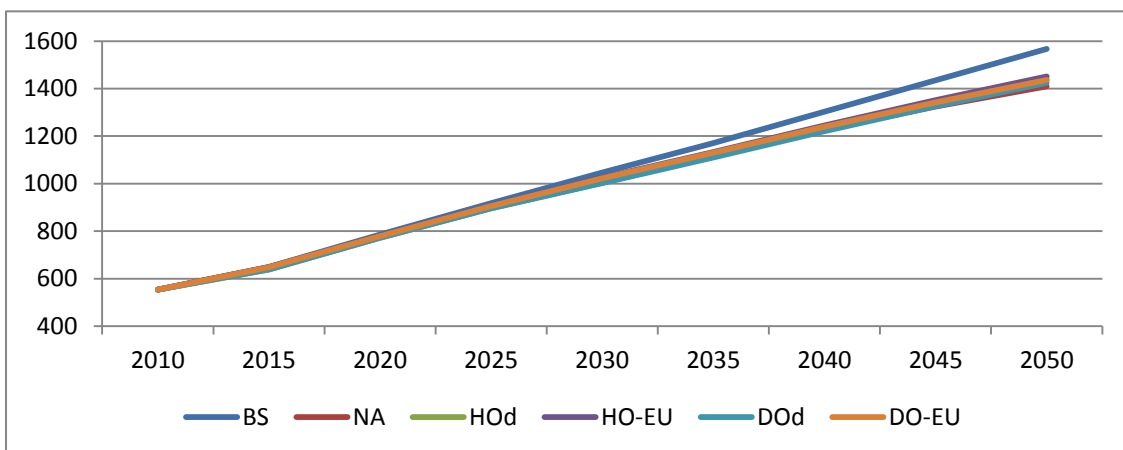
Vo vodnom hospodárstve bude pretrvávajúť trend poklesu zamestnanosti aj napriek nárastu produkcie. Pokles zamestnanosti bude, aj v tomto prípade determinovaný postupným rastom produktivity práce, ktorý bol relatívne zabrzdený najmä v priebehu deväťdesiatych rokov a nedostatkom pracovných síl na trhu práce, ktorý bude dôsledkom očakávaného demografického vývoja. V prípade, ak sa nebudú realizovať žiadne adaptačné opatrenia, v roku 2050 môžeme očakávať skoro 5 % pokles produkcie oproti základnému scenáru. Ak by sa realizovali buď dolná alebo horná hranica adaptačných opatrení, môžeme očakávať, že pokles počtu zamestnaných bude spomalený a bude sa pohybovať niekde medzi dvoma hraničnými scenármi. V prípade horného a dolného odhadu a financovania z domácich zdrojov by sa to pohybovalo okolo 0,3 % a 0,6 %. Ak by sa adaptačné opatrenia financovali zo zahraničia, tak by to malo pozitívny vplyv na zamestnanosť o 0,9 % pre dolný a 1,4 % pre horný odhad nákladov.

Horný odhad dopadu klimatických zmien –vysoký scenár

Trend vývoja produkcie je pre horný odhad dopadu klimatických zmien veľmi podobný ako bol u dolného odhadu klimatických zmien. Horný variant klimatických zmien predpokladá intenzívnejší vplyv na produkciu oproti dolnému odhadu. Ak by sa nerealizovali žiadne adaptačné opatrenia, tak by poklesla produkcia o niečo vyše 10 %.

Tab.3.5: na základe jednotlivých variantných scenára, mil. EUR, vysoký scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	554	650	785	917	1047	1171	1302	1435	1567
NA	554	648	779	903	1019	1123	1227	1324	1410
HOD	554	638	772	897	1004	1114	1226	1335	1438
HO-EU	554	648	780	906	1025	1133	1245	1352	1451
DOD	554	638	772	896	1003	1111	1220	1326	1424
DO-EU	554	648	779	905	1023	1130	1239	1342	1437

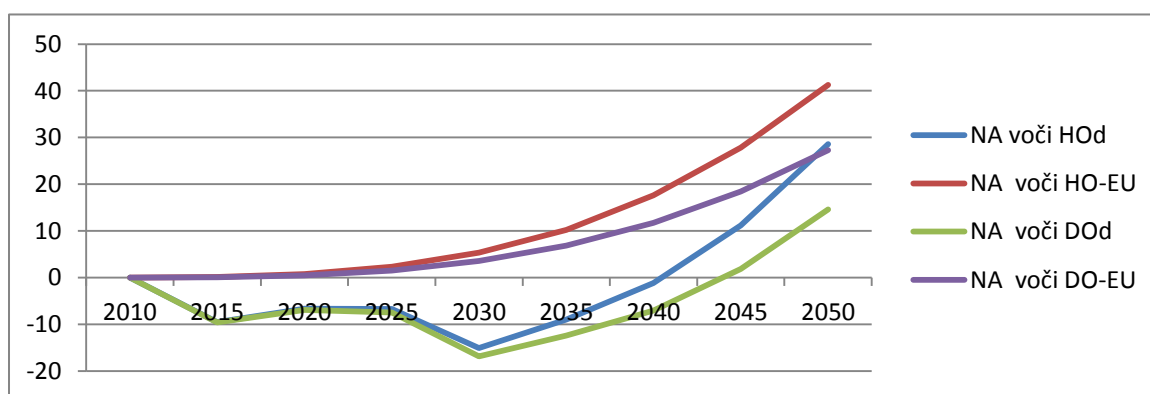


Obr. 51: Produkcia na základe jednotlivých variantných scenára, mil. EUR, vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Horný odhad dopadu klimatických zmien predpokladá silnejší vplyv klimatických zmien na produkciu. Ak by bola produkcia financovaná z domácich zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o asi 1 % vyššia a pri hornom odhade o zhruba 2 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Ak by boli adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o bezmála 2 % vyššia a pri hornom odhade o skoro 3 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia.

Tab.3.6: Rozdiel produkcie jednotlivých variantných scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, vysoký scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NA voči HOd	0	-10	-7	-7	-15	-9	-1	11	29
NA voči HO-EU	0	0	1	2	5	10	18	28	41
NA voči DOd	0	-10	-7	-7	-17	-12	-7	2	15
NA voči DO-EU	0	0	0	2	4	7	12	18	27



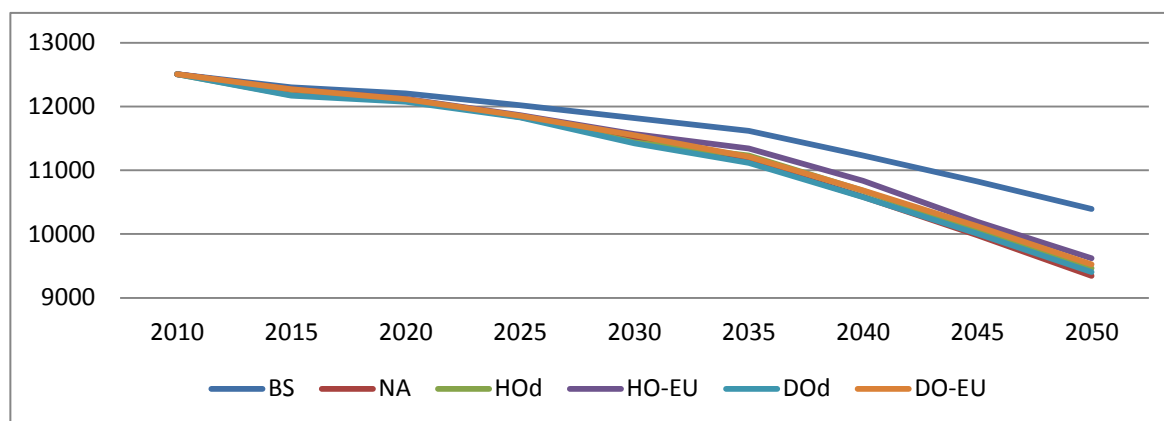
Obr.52: Rozdiel produkcie jednotlivých variantných scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Podobne ako pri pohľade na produkciu v sektore najpriaznivejšie výsledky vykazuje základný scenár; vo všetkých ostatných scenároch je zamestnanosť v doprave nižšia. Čo sa

týka zamestnanosti, z pohľadu porovnania jednotlivých scenárov, môžeme očakávať v roku 2050 pokles asi o 10 % pokles dopytu po práci oproti základnému scenáru. Ak by sa realizovali buď dolná alebo horná hranica adaptačných opatrení, môžeme očakávať, že pokles počtu zamestnaných bude spomalený a bude sa pohybovať niekde medzi dvoma hraničnými scenármi. V prípade horného a dolného odhadu a financovania z domácich zdrojov by sa to pohybovalo okolo 0,7 % a 1,3 %. Ak by sa adaptačne opatrenia financovali zo zahraničia, tak by to malo pozitívny vplyv na zamestnanosť zhruba o 2 % pre dolný a asi o 3 % pre horný odhad nákladov.

Tab.3.7: Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví vodného hospodárstva, osoby, vysoký scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	12506	12300	12203	12020	11820	11616	11231	10823	10395
NA	12506	12267	12109	11835	11509	11141	10585	9983	9344
HOd	12506	12182	12110	11843	11438	11234	10682	10067	9463
HO-EU	12506	12269	12120	11865	11570	11343	10837	10193	9618
DOd	12506	12168	12075	11829	11422	11118	10577	10005	9404
DO-EU	12506	12268	12116	11855	11549	11209	10686	10122	9525



Obr. 53: Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví vodného hospodárstva, osoby, vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Pokiaľ budú adaptačné opatrenia financované z domácich zdrojov, ich návratnosť sa môže dostaviť až ku koncu sledovaného obdobia. Adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov sú ekonomicky výhodné počas celého obdobia, čo platí tak o celkovej produkcii, ako aj o zamestnanosti.

5.3.5 Sumarizácia dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení

Dôsledky zmeny klímy na vodné hospodárstvo

- Zmena prietokového režimu povrchových vôd, očakávaný pokles prietokov v južnej časti Slovenska
- Zhoršenie vodohospodárskych podmienok pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou
- Zhoršenie vodohospodárskych podmienok pre zásobovanie poľnohospodárstva a priemyslu vodou

Návrh adaptačných opatrení vo vodnom hospodárstve

- Dobudovanie systému vodných nádrží pre potreby ochrany pred povodňami, zásobovania obyvateľstva pitnou vodou a zabezpečenia vody pre poľnohospodárstvo a priemysel
- Dobudovanie systému protipovodňovej ochrany veľkých povodí (ochranné hrádze, suché poldre a pod.)
- Revitalizácia objektov zahrádzania bystrín a postupná realizácia hydromelioračných opatrení v lesnom hospodárstve a poľnohospodárstve pre zvýšenie protipovodňovej ochrany územia v najohrozenejších „malých“ povodiach

5.4 Biodiverzita

5.4.1 Základné informácie

Pojem biodiverzita, skrátený výraz odvodený z pojmu biologická diverzita bol prvýkrát použitý v 1985 v súvislosti s prípravou prvého národného fóra o biodiverzite, ktoré sa konalo v Rio de Janeiro. Na tejto konferencii bolo prijatých niekoľko veľmi dôležitých dokumentov týkajúcich sa ochrany a zachovania diverzity v lesných ekosystémoch. Ide hlavne o „Deklaráciu o životnom prostredí a rozvoji“, „Agenda 21“, „Dohovor o biologickej diverzite“, o čom referujú rôzni autori (SIBL *et al.* 1996, KORPEL 1997, BAVLŠÍK *et al.* 1998, MORAVČÍK & ĎURKOVIČ 1998, MERGANIČ 2001). Z pohľadu ochrany biologickej diverzity má osobitný význam Dohovor o biologickej diverzite, ktorý prezident Slovenskej republiky ratifikoval v roku 1994, čím sa Slovensko stalo členským štátom tohto dohovoru a zaradilo sa medzi jednu z vyše stovky krajín. V roku 1996 vláda Slovenskej republiky schválila „Národnú stratégiu ochrany biodiverzity na Slovensku“ ako odpoveď na ustanovenia článku 6 Dohovoru, čím sa táto stratégia stala principiálnym programovým dokumentom pre implementáciu Dohovoru o biologickej diverzite na území Slovenska a v stanovených časových horizontoch sa rozpracúva a realizuje podľa vládou SR schválených Akčných plánov (STRAKA *et al.* 1998). Spektrum strategických cieľov a smerov je pomerne široké, no prevažná váha padá na najväčší zdroj biologickej diverzity, a to lesné ekosystémy. Schválené akčné plány obsahujú aj strategické ciele a smery zamerané na hodnotenie a kvantifikáciu biologickej diverzity.

Zdroje nepriaznivých vplyvov na biodiverzitu v Slovenskej republike sú jednak prirodzeného pôvodu (živelné pohromy, prirodzený vývoj), jednak spôsobené činnosťou človeka (znečistenie ovzdušia, vody, pôdy, nevhodné postupy obhospodarovania, globálne klimatické zmeny, rozširovanie invázných druhov a pod.). Jedným z technických problémov, ktoré veľmi necitlivo zasahujú do biodiverzity, je fragmentácia krajiny a s ňou nevhodne riešené alebo umiestnené rôzne druhy stavieb, ktoré vytvárajú bariéry pri migrácii živočíchov (líniové stavby) a vnášajú cudzí, neprijateľný prvok do prostredia. Svojou konštrukciou sú často príčinou ich usmrtenia (cestná a železničná doprava, elektrické vedenie). S fragmentáciou krajiny je spojená aj degradácia genofondu izolovaných populácií a zvyšovanie zraniteľnosti ekosystémov. V Slovenskej republike dochádza v posledných rokoch k výraznému budovaniu dopravnej infraštruktúry, najmä rozvoju cestnej siete, výrazne sa rozširuje sieť diaľnic a rýchlostných komunikácií, čo v mnohých prípadoch vedie aj k značnej fragmentácii krajiny. V procese posudzovania vplyvov dopravných stavieb v prípravnej fáze výstavby má preto veľký význam aj návrh doplnujúcich investícií (výstavba premostení, ekoduktov), pre zachovanie pôvodných biokoridorov. Medzi negatívne faktory všeobecne ohrozujúce biodiverzitu ekosystémov Slovenska môžeme zaradiť podľa 4. Národnej správy o implementácii CBD nasledovné:

Využívanie biologických zdrojov

Kým v minulosti bolo jedným z hlavných problémov vo vzťahu k využívaniu ekosystémov v Slovenskej republike nadmerné využívanie biologických zdrojov extenzívnym využívaním poľnohospodárskych pozemkov, v poslednom období sa v dôsledku výrazných spoločenských a politických zmien vážnym problémom stáva znižovanie intenzity ich využívania. Znižovaním výmery orných pôd, ale predovšetkým výrazným znížením využívania trvalých trávnych porastov (lúky a pasienky), súvisiacim so znižovaním stavov hospodárskych zvierat a slabou ekonomickou efektivitou hospodárenia, dochádza k ohrozeniu biotopov vzácnych druhov flóry a fauny, ktoré sa na nich vyskytujú a v mnohých prípadoch im hrozí úplný zánik.

Invázne druhy

Invázne druhy sú cudzie (nepôvodné) druhy, ktorých introdukcia a šírenie ohrozuje pôvodné ekosystémy, biotopy alebo druhy. Aj na území Slovenskej republiky sa v posledných rokoch rozšírili a udomácnili viaceré druhy rastlín a živočíchov, ktoré sa správajú invázne a vstupujú do rastlinných a živočíšnych spoločenstiev, kde vytlačujú pôvodné druhy a vytvárajú monocenózy. Stupeň, v akom sa invázne druhy v súčasnosti vyskytujú, je väčší ako v minulosti, čo je spôsobené permanentnou zmenou krajiny v dôsledku činnosti poľnohospodárstva, lesníctva, chovu hospodárskych zvierat, intenzívnej stavebnej činnosti a dopravy.

Acidifikácia

Dlhodobým problémom je v Slovenskej republike znečistenie všetkých zložiek životného prostredia, ktoré je spôsobené ľudskou činnosťou. Jeden z procesov, ktorý sa negatívne podieľa na stave životného prostredia je acidifikácia. Ide o proces, pri ktorom sa zvyšuje kyslosť abiotických zložiek životného prostredia. Znečisťujúce látky, predovšetkým oxidy síry a dusíka vypúšťané do ovzdušia zo stacionárnych a mobilných zdrojov, sú v atmosfére transformované na kyselinu sírovú a dusičnú a spôsobujú kyslosť zrážok. Následne okysľujú pôdu, vodu, vedú k zhoršeniu zdravotného stavu organizmov, poškodzovaniu lesov, ako aj k narušeniu stavebno-technickému stavu budov. Slovenská republika je zmluvnou stranou viacerých medzinárodných dohôd o znižovaní acidifikácie a svoje záväzky vyplývajúce z jednotlivých protokolov zatiaľ úspešne plní.

Globálne zmeny klímy

Na Slovensku za posledných 100 rokov bolo dôsledkom tohto procesu zaznamenaných niekoľko výrazných zmien. Došlo k rastu priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,1 °C, poklesu ročných úhrnov zrážok o 5,6% v priemere, zaznamenaný bol výrazný pokles relatívnej vlhkosti vzduchu, snehovej pokrývky. V posledných rokoch došlo viackrát k výraznému rastu úhrnov zrážok, čo malo za následok zvýšenie lokálnych povodní v rôznych častiach územia. Na druhej strane sa pomerne často vyskytovalo na území Slovenska v posledných rokoch aj lokálne alebo celoplošné sucho, s dlhými periódami relatívne teplého počasia. Ďalším výrazným negatívnym dôsledkom zmeny klímy na Slovensku je častý výskyt prudkých nárazových vetrov, ktoré majú dopad na lesné porasty.

Priemyselná činnosť

Priemyselná činnosť je náročná na čerpanie prírodných zdrojov. Energetická náročnosť priemyslu Slovenskej republiky je v porovnaní s ostatnými krajinami EÚ veľmi vysoká (SR 42,3 %, EÚ 27,6 % z konečnej energetickej spotreby). Spracovateľský priemysel ovplyvňuje jednotlivé zložky životného prostredia najmä emisiami znečisťujúcich látok do ovzdušia, vody, pôdy a horninového prostredia, dôsledkami havárií, produkciou priemyselných odpadov a záberom poľnohospodárskych pôd. V oblasti emisií základných znečisťujúcich látok do

ovzdušia dominujú emisie CO, SO₂, NO_x, TZL a emisie ťažkých kovov, ale v posledných rokoch došlo k ich výraznému poklesu.

Ťažba nerastných surovín

Ťažba nerastných surovín predstavuje vzhľadom k ochrane životného prostredia významný faktor. Mnohé ťažobné areály vytvárajú negatívny krajinný obraz a spôsobujú pri svojej činnosti znečistenie zložiek životného prostredia. Medzi najzávažnejšie dôsledky tejto činnosti patrí vytvorenie veľkých vyťažených priestorov v podzemí aj na povrchu, odvodňovanie horninových komplexov, zníženie výdatnosti využívaných zdrojov podzemných vôd, nahromadenie veľkého množstva zostatkových materiálov s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách a s tým súvisiaca kontaminácia povrchových a podzemných vôd a pôdy. V Slovenskej republike došlo v posledných rokoch k poklesu ťažby väčšiny nerastných surovín, vzostup zaznamenala len ťažba zemného plynu, magnezitu, stavebného kameňa a vápencov.

Poľnohospodárstvo

Poľnohospodárstvo patrí medzi významných znečisťovateľov životného prostredia. Ide hlavne o podiel poľnohospodárstva na emisiách skleníkových plynov, tvorbe odpadov, vypúšťaní odpadových vôd, používanie poľnohospodárskych pesticídov a pod. Poľnohospodárstvo a najmä živočíšna výroba patrí medzi najväčších producentov metánu, oxidu dusného, amoniaku a pod. Vodu svojou činnosťou znečisťuje poľnohospodárstvo najmä dusičnanmi, pesticídmi, únikom zo silážnych štiav. Ďalším procesom je zhutňovanie pôd. Jeho hlavnou príčinou z technologického hľadiska sú predovšetkým jednotlivé agrotechnické operácie, ktoré významnou mierou ovplyvňujú stav pôdneho prostredia. Podiel poľnohospodárstva na celkovom znečistení životného prostredia v Slovenskej republike v posledných rokoch výrazne poklesol, v dôsledku poklesu plochy poľnohospodársky využívaných pôd, zníženiu chovu hospodárskych zvierat i poklesu používania umelých hnojív a pesticídov.

Lesné hospodárstvo

Slovenská republika patrí medzi európske krajiny s najvyššou lesnatosťou, pričom možno konštatovať jej dlhodobé kontinuálne zvyšovanie. Ťažba dreva má v Slovenskej republike dlhodobu zvyšujúcu tendenciu (od roku 1990 nárast o 63%), ťažba dreva je však zatiaľ nižšia ako jeho ročný prírastok. Značná časť drevnej hmoty v lesoch Slovenska bola v posledných rokoch vyťažená aj v dôsledku škodlivých účinkov rôznych abiotických činiteľov (vietor, sneh, námrazy, suchá, človek, organizmy), antropogénnych činiteľov (imisie) a biotických činiteľov (podkôrny a drevokazný hmyz, listožravý a cicavý hmyz, hniloby, poľovná zver). Z monitoringu zdravotného stavu lesov SR vyplýva, že v roku 2007 bolo až 25,6 % stromov hodnotených ako poškodené.

Cestovný ruch

Slovenská republika patrí medzi európske krajiny s pomerne rozvinutým cestovným ruchom, pričom možno konštatovať, že počet návštevníkov sa v posledných rokoch neustále zvyšuje. Intenzita turistickej návštevnosti nie je rovnomerne plošne rozložená. Turisticky najatraktívnejšie a potencionálne najohrozenejšími sú predovšetkým územia národných parkov (TANAP, NAPANT, NP Malá Fatra, NP Slovenský raj, PIENAP). Negatívnym javom z environmentálneho hľadiska je aj fakt, že návštevníci týchto území využívajú najmä individuálnu automobilovú dopravu a menej železničnú dopravu.

Havárie a živelné pohromy

Medzi havarijné situácie a živelné pohromy, ktoré majú negatívny dopad na zložky životného prostredia patria požiare, veterné kalamity v lesoch, povodne, havarijné zhoršenie vôd, ovzdušia a i. Najviac požiarov v Slovenskej republike vzniklo v posledných rokoch v poľnohospodárstve, bytovom hospodárstve a v sektore obchodu. Vznik povodní je ako dôsledok zmeny klímy a súvisí s výdatnosťou obdobia dažďov na určitom území. Dôsledkami povodní je predovšetkým zdevastované životné prostredie, strata ľudských životov, zničené obydľia a pod. V posledných rokoch bolo zaznamenaných niekoľko ničivých povodní v rôznych regiónoch Slovenska.

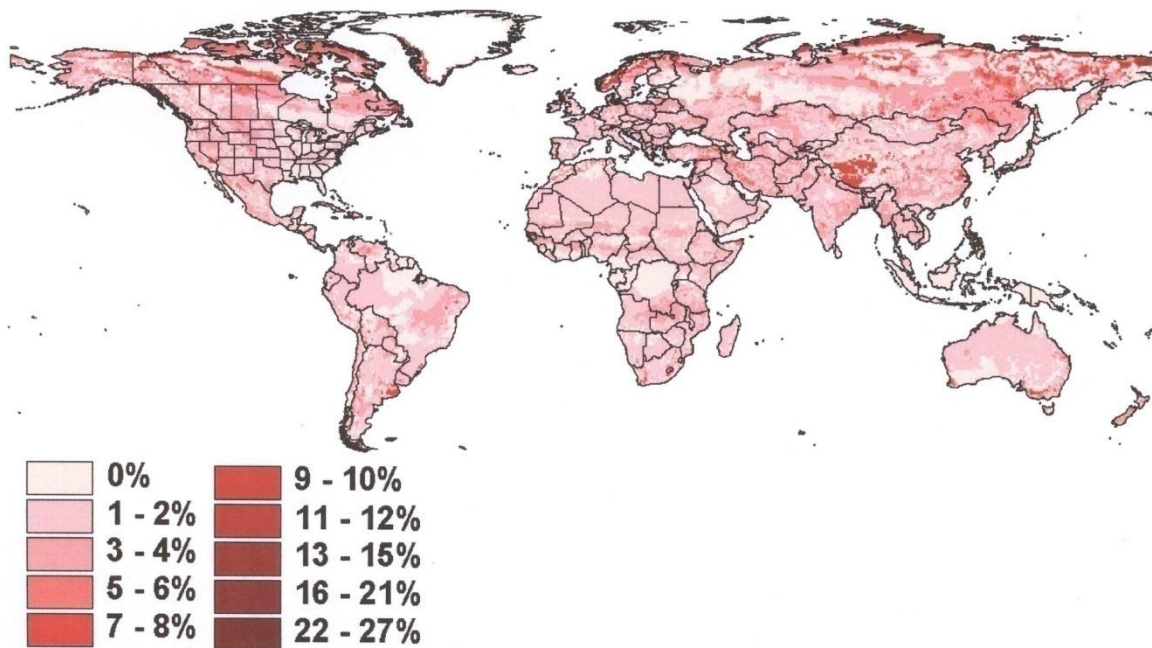
5.4.2 Dôsledky klimatickej zmeny na biodiverzitu

Vo všeobecnosti sa predpokladá, že v budúcnosti dôjde k zníženiu biodiverzity ako výsledok pôsobenia viacerých faktorov., predovšetkým zvýšenej intenzity využívania krajiny a s tým spojenej deštrukcie prírodných alebo prírode blízkych stanovišť. Tieto tlaky na biodiverzitu sa vyskytujú nezávisle na klimatickej zmene, a preto je namieste otázka: Ako veľmi môže klimatická zmena zlepšiť alebo zhoršiť tieto straty biodiverzity? (IPCC report 2001).

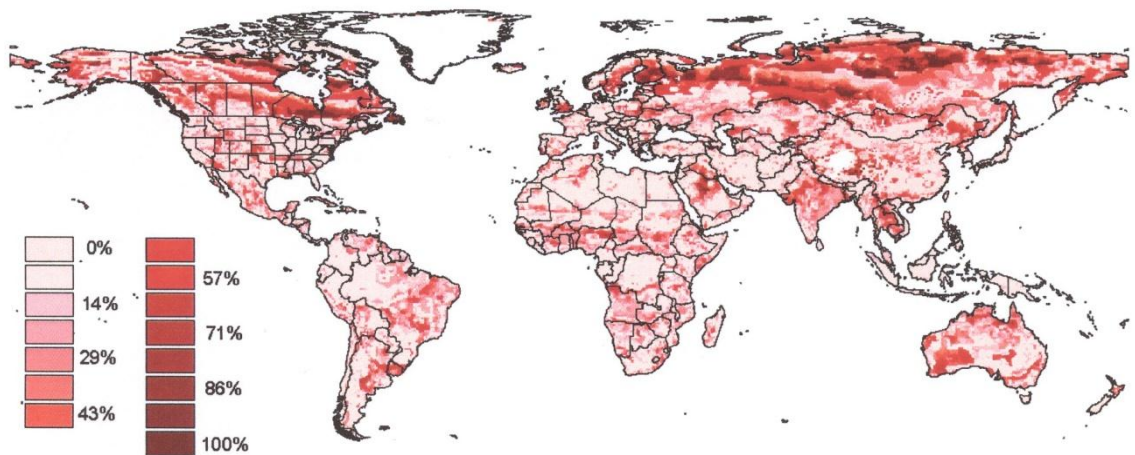
Je málo pravdepodobné, že procesy spojené so zmenou klímy spomalia straty druhov. Dukes a Moony (1999 ex IPCC report 2001) konštatujú, že zvýšenie depozícií dusíka a koncentrácií oxidu uhličitého favorizujú určité skupiny druhov, ktoré zdieľajú určitú fyziologickú „historickú stratégiu“ a zaraďujú sa k inváznym druhom, ktoré budú profitovať z klimatickej zmeny. Vitousek et al. (1997 ex IPCC report 2001) potvrdzujú, že zdvojnásobenie dusíkových vstupov do terestrických ekosystémov vedie k urýchleniu strát biologickej diverzity medzi rastlinami adaptovanými na efektívne využívanie dusíka a následne aj živočíchov a mikroorganizmy, ktoré na nich závisia. Na druhej strane pri hodnotení rizika pre švajčiarsku alpínsku flóru dospeli Kienast et al. (1998 ex IPCC report 2001) k záveru, že druhová diverzita by sa mohla zvýšiť alebo prinajmenšom by zostala nezmenená.

Veľmi zaujímavú prácu prezentujú MALCOLM, MARKHAM (2000). Za použitia siedmich klimatických modelov (GCMs – modely všeobecnej cirkulácie atmosféry) a dvoch biogeografických modelov vytvorili 14 scenárov vplyvu klimatických zmien na potencionálnu zmenu v biodiverzite hlavných vegetačných biotopov. Autori zamerali analýzu na zistenie vplyvu globálnych klimatických zmien na predpokladané migračné schopnosti druhov, stratu existujúcich spoločenstiev a zníženie druhovej diverzity. Z ich výsledkov vyberáme:

- výsledky indikujú, že klimatické zmeny majú potenciál radikálne zvýšiť straty druhov a tým redukovať biodiverzitu hlavne vo vyšších zemepisných šírkach severnej pologule (obrázok 54).
- osud mnohých druhov v rýchlo sa otepľujúcom svete bude závisieť pravdepodobne od ich schopnosti permanentne migrovať z menej vhodných klimatických podmienok na miesta, ktoré splňajú ich fyzikálne, biologické a klimatické potreby. „Požadované rýchlosti migrácie“ majú veľmi vysoké hodnoty hlavne na severnej pologuli v oblasti Kanady, Ruska, Škandinávie a Fínska (obrázok 55).



Obrázok 54 Predpokladaný percentuálny podiel druhovej straty v klimatických podmienkach s dvojnásobným zvýšením množstva CO₂ pre areály spoločenstiev. Predpokladaná redukcia v druhovej bohatosti je funkciou zmenšenia veľkosti areálu spoločenstva (vzťah druh vs. areál). Odtiene červenej farby indikujú priemernú stratu druhov z výsledkov 14 kombinácií prepojených modelov klimatických a vegetačných zmien (MALCOLM, MARKHAM 2000).



Obrázok 55 Mapa sveta zobrazujúca areály, kde môže dôjsť k nezvyčajne silnej migrácii druhov ($\geq 1000\text{m/rok}$) pri hypotéze dvojnásobného zvýšenia CO₂ a globálneho oteplenia. Obdobne ako v predchádzajúcom prípade ide o výsledok zo 14 kombinácií prepojených modelov klimatických a vegetačných zmien (MALCOLM, MARKHAM 2000).

Jedným z typických spôsobov ako chrániť populácie druhov pred zničením je zakladanie rôznych typov chránených území. Umiestnenia rezervácií (národných parkov a pod.) však iba výnimočne berú do úvahy potenciálnu rýchlosť klimatickej zmeny, hoci

problémy takýchto zmien a umiestňovanie rezervácií sa diskutovali už v polovici osemdesiatych rokov (Peters and Darling 1985 ex IPCC report 2001). Manažéri súčasných parkov a rezervácií by mali byť upozornení na to, aby uvažovali s klimatickou zmenou pri rozvoji budúcich plánov.

Ústav terestriálnej ekológie vo Veľkej Británii odhadol, že 10% všetkých chránených území by mohlo byť poškodených stratou druhov v priebehu 30-40 rokov a distribúcia druhov v 50% prípadov sa významne zmení počas tej istej periódy (IPCC report 2001). Vo svetle týchto zmien je potrebné vybudovať nový systém ochrany prírody, ktorý by mal zahrnúť aj klimatickú zmenu. Doteraz však ani v rámci IUCN takáto stratégia do budúcnosti nie je vypracovaná.

Z hľadiska vyššie uvedených aspektov nevyzerá priaznivo ani situácia na Slovensku. Rozbor výskytu porastových typov lesov v chránených územiach Slovenska ukázal, že lesné porasty v týchto územiach vždy nereprezentujú pôvodné lesné porastové typy (Ištoňa 1997). Takáto situácia značne zhoršuje východiskovú situáciu pre ochranu biodiverzity týchto spoločenstiev z hľadiska pôsobenia klimatickej zmeny.

Druhová diverzita mikroorganizmov, ale najmä rastlín a živočíchov je pre zachovanie druhej pestrosti na Slovensku veľmi významná. Pre riešenie vzťahu biodiverzity a dopadov globálnej klimatickej zmeny má však rozhodujúci význam ekosystémový prístup t.j. hodnotenie biodiverzity ekosystémov, rozhodujúcich pre stabilitu a rovnováhu krajiny (lesné ekosystémy, agroekosystémy, vodné ekosystémy a pod.).

Preto sa aj realizovaná štúdia prioritne venovala problematike vzťahov medzi meniacimi sa podmienkami prostredia (pod vplyvom globálnej klimatickej zmeny) a biologickou diverzitou resp. ekologickou stabilitou ekosystémov. Pri tom treba ešte zdôrazniť, že mimoriadne cenné a často jedinečné spoločenstvá rôznych druhov rastlín a živočíchov spojené s určitým konkrétnym prostredím tj. biotopom do ucelených ekosystémov sú globálnou klimatickou zmenou ohrozované najviac. Základnou vstupnou informáciou pre analyzovanie stavu biodiverzity na Slovensku (s osobitným dôrazom na lesné ekosystémy ako dominantný komponent tvorby krajiny) bolo zhodnotenie plnenia celosvetového „Dohovoru o biologickej diverzite“ v podmienkach Slovenska.

V rámci Ministerských konferencií o ochrane lesov je Slovensko signatárom niekoľkých rezolúcií týkajúcich sa biodiverzity lesov, vplyvu globálnej klimatickej zmeny na lesné ekosystémy, ako aj Paneurópskych kritérií a indikátorov trvalo udržateľného obhospodarovania lesov. Slovenská republika ako člen EU prevzalo do svojho právneho systému všetky legislatívne dokumenty EU týkajúce sa biodiverzity a globálnej klimatickej zmeny. Príslušné ústredné orgány štátnej správy (ministerstvá) implementovali celý koncept ochrany biodiverzity do praxe prostredníctvom nasledovných opatrení:

- Implementácie cieľa „zachovanie a zveľadenie biodiverzity“ do legislatívnych nástrojov, odvetvových politík a realizačných programov.
- Prijatie Národnej stratégie ochrany biodiverzity, Akčný plán na implementáciu národnej stratégie ochrany biodiverzity, Národných kritérií a indikátorov trvalo udržateľného obhospodarovania lesov, Národného lesníckeho programu a ďalších súvisiacich strategických dokumentov.
- Zachovanie podielu pralesov, prirodzených a prirodzene obnovených lesných spoločenstiev.
- Zavedenie systému stimulujúcich opatrení a finančných mechanizmov na ochranu biodiverzity a podporu ekologickej stability lesov. Vyriešenie problematiky financovania opatrení odstraňujúcich dopady znečistenia ovzdušia na lesy a ich biodiverzitu.
- Zmena lesných hospodárskych plánov na Plány starostlivosti o les so zosilnenou podporou princípu ekologickej stability a princípov ochrany biodiverzity.

- Zavedenie praktických opatrení na zachovanie ohrozených druhov a lesných spoločenstiev, prostredníctvom chránených území národného a európskeho významu
- Posilnenie uvedomenia užívateľov lesov, zriaďovateľov, odborných lesných hospodárov, štátnej správy, výskumu a školstva o dôležitosti biodiverzity a jej trvalo udržateľnom využívaní.
- Udržanie odborných kapacít zaoberajúcich sa výskumom, plánovaním a realizáciou opatrení dotýkajúcich sa ekologickej stability a biologickej diverzity.
- Podpora opatrení na zachovanie zložiek biodiverzity *in-situ* v génových základniach a uznaných porastoch pre zber semená. Zachovanie programu záchrany genofondu lesných drevín *ex-situ* najmä v lesoch ohrozených vonkajšími škodlivými činiteľmi.
- Napriek vysokému podielu náhodných ťažieb vytvorenie podmienok pre plánovitú obnovu lesných porastov tak, aby sa zamedzilo poklesu ich ekologickej stability a biodiverzity.
- Konceptný prístup k obmedzovaniu introdukcie či invázie nepôvodných druhov rastlín a organizmov do ekosystémov rozhodujúcich pre krajinotvorbu.

V súčasnosti, na základe výsledkov mnohých prieskumov a čiastkových výskumov, možno konštatovať, že biodiverzita v hlavných ekosystémoch (lesné, poľnohospodárske a vodné) signalizuje mierne negatívny trend. Najvýznamnejšie negatívne zmeny nastávajú najmä u citlivých a zraniteľných ekosystémov, ako sú ekosystémy horských smrečín, mokradňové ekosystémy a poľnohospodárske ekosystémy podhorských a horských oblastí intenzívne ovplyvňované prívalovými dažďovými zrážkami a vodné ekosystémy v južných rovinatých regiónoch trpiace výrazným suchom a anomáliami počasia. Ďalším neželaným javom z pohľadu ochrany biodiverzity je zvyšovanie podielu nepôvodných organizmov, či už zámerne (v dôsledku intenzifikácie využívania krajiny), alebo nezámerne (aktívnym rozvojom mobilít a transportu a v dôsledku zmien prostredia), čo v mnohých ekosystémoch môže viesť k vytlačaniu domácich druhov. Všetky doterajšie poznatky nasvedčujú tomu, že táto situácia sa perspektívne bude zhoršovať zosilňovaním vplyvu globálnej klimatickej zmeny na lesné, poľnohospodárske a vodné ekosystémy.

V tejto súvislosti treba pripomenúť, že v kultúrnej krajine je veľmi ťažké (v niektorých prípadoch často až nemožné) oddeliť pri hodnotení zmien v biodiverzite vplyv GKZ od ostatných vplyvov zmien prírodných podmienok zapríčinených antropogénnou činnosťou. Preto bolo nevyhnutné v rámci realizovanej štúdie definovať indikátory využiteľné pre hodnotenie vplyvu GKZ na druhovú, ale najmä ekosystémovú biodiverzitu na Slovensku. Následne sa definoval návrh adaptačných opatrení a nástroje podporujúce a zabezpečujúce ich úspešnú implementáciu.

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania agroklimatických podmienok poľnohospodárskej výroby na Slovensku sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor poľnohospodárstva pre vybrané geomorfologické celky.

Oblasť	Geomorfologické celky	Riziko
1	Malé Karpaty, Biele Karpaty, Považský Inovec, Záhorská nížina, Podunajská nížina, Považské podolie, Podunajská pahorkatina, Pohronský Inovec	**
2	Lučensko-košická zníženina, Krupinská planina, Javorie, Matransko-Slanská oblasť a príľahlé kotliny	**
3	Východoslovenská nížina, Vihorlatské vrchy	**
4	Poloniny, Nízke Beskydy, Východné Beskydy, Spišská Magura	*
5	Stredné Beskydy, Západné Beskydy, Javorníky	**
6	Tatry, Nízke Tatry, Chočské vrchy, Malá Fatra- Krivánska a príľahlé kotliny	**
7	Slovenské rudohorie, Branisko a príľahlé kotliny	**
8	Veľká Fatra, Malá Fatra-Lúčanská, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Starohorské vrchy, Poľana a príľahlé kotliny	**
9	Vtáčnik, Tríbeč, Strážovské vrchy, Žiar	**
Riziko negatívneho vplyvu KZ 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko		

Výber indikátorov pre hodnotenie vplyvu GKZ na druhovú a ekosystémovú biodiverzitu na Slovensku

Indikátory hodnotenia vplyvu globálnej klimatickej zmeny na druhovú a ekosystémovú biodiverzitu sú relatívne zložitým nástrojom, lebo musia reflektovať kombinovaný vzťah GKZ a biodiverzity, musia mať dostatočnú výpovednú hodnotu. Indikátory spravidla dokážu plniť požadovanú úlohu signalizátora zmien (pozitívnych alebo negatívnych) najmä ako porovnávacie kritérium v radovom zoskupení dát (napr. po rokoch). Preto je dôležitou podmienkou pre takéto indikátory dostupnosť historických údajov a garancia získavania a disponibility takýchto dát aj v budúcnosti.

Na Slovensku zatiaľ nie sú definované kritériá pre hodnotenie vplyvu GKZ na biodiverzitu ani žiadny ucelený systém kvantifikácie biodiverzity na ekosystémovej úrovni. Preto sme sa v rámci tejto štúdie zamerali na potenciálne indikátory a vydefinovanie ich najvhodnejšieho zloženia pre podmienky Slovenska.

Splnenie cieľa výskumu, tj. definovať vhodné indikátory pre hodnotenie vplyvu GKZ na druhovú a ekosystémovú biodiverzitu predstavovalo pomerne rozsiahlu analýzu prístupu k indikátorom v rôznych vyspelých krajinách sveta. Následne, sa analyzovali aj prístupy paneurópskych či celosvetových organizácií resp. aktivít, ktoré sa zaoberajú biodiverzitou a dôsledkami globálnej zmeny klímy s cieľom zistiť ich prístup k definovaniu indikátorov. Zároveň boli spracované poznatky zo zahraničných a domácich prác s touto problematikou s dôrazom na oblasť hodnotenia biodiverzity v lesných ekosystémoch (Gertner et al. 1998, Gimaret-Carpentier et al. 1998, Gitay, H. et al. 2002, Jankovič, J. et al. 1999, Jankovič, J. 2000, Merganič, J. 2001, Merganič, J. 2002, , Merganič, J. et al. 2003, Merganič, J. et al. 2004, Merganič, J., Šmelko, Š. 2004, Šebeň, V. et al. 2008, Šmelko, Š. 2003, Šmelko, Š. 2008 atď.).

Na základe analýzy uvedeného druhu informácií z Kanady, USA, Nemecka, Veľkej Británie, zo vstupov MCPFE (FOREST EUROPE) a EEA (European Environment Agency), ale aj vedeckých a odborných zahraničných a domácich prác, bolo možné definovať nasledovné dve sady dôležitých indikátorov pre hodnotenie vplyvu globálnej klimatickej zmeny na biodiverzitu:

Pre LESNÉ EKOSYSTÉMY

- Drevinové zloženie rozhodujúcich lesných spoločenstiev
- Prirodzená obnova lesných spoločenstiev

- Prirodzený charakter lesných ekosystémov
- Zastúpenie introdukovaných drevín
- Množstvo mŕtveho dreva
- Genetické zdroje pôvodných drevín
- Vzhľad krajiny a jej štruktúra
- Ohrozené lesné druhy (rastliny, stromy, živočíchy)
- Chránené lesné spoločenstvá
- Výmera lesov obhospodarovaných trvalo udržateľným spôsobom

Pre ostatné dôležité ekosystémy (horské, poľnohospodárske, sladkovodné a pod.)

- Trend početnosti a distribúcie indikačných druhov (vtáci, motýle, kvetiny a pod.)
- Zmeny v stave ohrozených alebo chránených druhov
- Trend zvyšovania zastúpenia sledovaných ekosystémov a biotopov
- Zastúpenie (plocha alebo %) chránených území
- Úroveň depozitu dusíka
- Trend početnosti a napadnutej plochy nepôvodnými druhmi rastlín a živočíchov
- Vplyv globálnej zmeny klímy na vtáčí populácie
- Stupeň fragmentácie, alebo konektivity prírodných, semi-naturálnych a vodných ekosystémov
- Kvalita vody vo vodných ekosystémoch
- Rovnováha dusíka v poľnohospodárskom ekosystéme
- Poľnohospodárske územia využívajúce biodiverzitu podporujúce spôsoby obhospodarovania.
- Vodné ekosystémy obhospodarované trvale udržateľným spôsobom
- Objem financovania aktivít na podporu biodiverzity
- Rozsah podpory biodiverzity a spolupráce pre jej zachovanie zo strany verejnosti

Uvedeného prehľadu indikátorov dával vstupné informácie pre definovanie zoznamu indikátorov pre podmienky Slovenska.

V konečnom dôsledku, na podmienky Slovenska sme sa pokúsili vybrať zoskupenie rozhodujúcich identifikátorov, pomocou ktorých je možné hodnotiť vplyvu GKZ na biodiverzitu najmä lesných spoločenstiev, kde máme k dispozícii najviac prepracované metodiky pre jej kvantifikáciu.

- A) Stav a trendy vývoja komponentov biodiverzity signalizujúcich aj zmeny klímy:
- Kvantifikácia druhovej a štrukturálnej diverzity v lesoch Slovenska pomocou číselných ukazovateľov (indexov) s využitím existujúcich informačných zdrojov
 - Zastúpenie a distribúcia smreka (najcitlivejšia drevina na GKZ)
 - Zastúpenie a distribúcia indikačných druhov živočíchov (napr. hlucháň)
 - Zastúpenie a distribúcia nepôvodných a invázných drevín (aj s využitím technológií GIS)
- B) Integrita ekosystémov signalizujúca zmeny v dôsledku klimatickej zmeny
- Zastúpenie lesov prírodných a prírode blízkych k celkovej výmere lesov
 - Kvantifikácia druhovej a štrukturálnej diverzity v prírodných a prírode blízkych lesoch Slovenska pomocou číselných ukazovateľov (indexov)
 - Fragmentácia prírodných a semi-naturálnych lesov
 - Mŕtve drevo

- Frekvencia (registrovaný výskyt, alebo početnosť) nepôvodných druhov škodcov (rastlinných aj živočíšnych) v lesných ekosystémoch.
- C) Trvalá udržateľnosť biodiverzity ako faktor detekujúci dopady GKZ v lese
- Podiel certifikovaných lesov (TUOL) na celkovej výmere lesov a ich lokalizácia (s využitím GIS nástrojov)
 - Podiel chránených území z hľadiska biodiverzity k celkovej výmere krajiny a ich lokalizácia (s využitím GIS nástrojov)

Scenáre vplyvu klímy na biodiverzitu Slovenska zatiaľ absentujú. K dispozícii sú však napr. výsledky riešenia úlohy „Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska (Čaboun a kol. 2008), kde okrem iného boli spracované tabuľky dopadu GKZ a z toho vyplývajúce návrhy opatrení pre vybrané dreviny rastúce v jednotlivých vegetačných stupňoch (vrátane zmeny druhovej štruktúry = zmena biodiverzity), ako aj stratégia ochrany lesa proti komplexu škodlivých činiteľov v podmienkach klimatickej zmeny. Vo všeobecnosti najväčšie zmeny biodiverzity v lesných ekosystémoch, ktoré bude možné pripísať na účet GKZ, by sa mali prejavovať v najnižších a najvyšších lesných vegetačných stupňoch a v okrajových areáloch rozšírenia jednotlivých drevín.

Vzhľadom k očakávaným zmenám podmienok prostredia, kedy všetky scenáre GKZ počítajú so zvyšovaním priemernej ročnej teploty, možno za klimatickou zmenou najviac ohrozené vzácne druhy označiť najmä glaciálne reliktné druhy, teda tie, ktoré na Slovensku tvoria pozostatky poslednej doby ľadovej. Z fauny patria ku glaciálnym reliktom mnohé druhy bezstavovcov a najvýznamnejšie glaciálne relikty kmeňa stavovcov sú svišť tatranský (*Marmota marmota latirostris*) a kamzík vrchovský tatranský (*Rupicapra rupicapra ssp. tatriaca*). Z rastlinnej ríše zostalo popri machoch a lišajníkoch veľa glaciálnych reliktov aj u cievnatých rastlín. K ohrozeným pozostatkom ľadovej doby patria aj druhy, ktoré majú stanovištia v slatinách či vrchoviskách.

Meniace sa klimatické charakteristiky prostredia povedú k migrácii jednotlivých druhov a spoločenstiev v závislosti na veľkosti a rýchlosti týchto zmien. Očakáva sa, že zmeny priemerných teplôt spôsobia posun vegetačných zón a stupňov smerom k vyšším zemepisným šírkam alebo nadmorským výškam. Riziká migrácie druhov môžu spočívať ako v absencii prirodzených bariér, čo znamená napr. výskyt nových druhov škodcov, prípadne invázií organizmov, ale na druhej strane zase existencia bariér, prirodzených, či umelých, môže zase viesť k znemožneniu migrácie a napr. aj vyhynutiu niektorých druhov. Ďalším významným rizikom môže byť rýchlosť klimatických zmien, ktorá môže najmä v prípade rastlinných druhov taktiež spôsobiť ich vyhynutie.

Keďže doteraz nemáme dostatočne zadefinované ukazovatele biodiverzity na jej jednotlivých úrovniach (α β γ -diverzita), definovanie indikátorov využiteľných na hodnotenie vplyvu GKZ na biodiverzitu pre tieto úrovne je veľmi obtiažne. Na číselné vyjadrenie druhovej diverzity drevín v lesných porastoch boli doteraz vyvinuté viaceré ukazovatele. Nazývané sú všeobecne indexy a členia sa do troch základných skupín – na indexy druhovej bohatosti, druhovej heterogenity a druhovej vyrovnanosti, pričom dosiaľ sa indexy druhovej diverzity - tak pre výskumné účely ako aj pre praktické potreby – najčastejšie zisťovali výberovým spôsobom, na rôznych druhoch a veľkostiach skusných plôch. Z veľkého množstva existujúcich indexov sú z praktického hľadiska upotrebitelné predovšetkým tie, ktoré bazujú na veličinách, ktoré sa dajú pomerne ľahko a jednoznačne zistiť, resp. sú už k dispozícii zo zisťovania pre iné účely a tie, ktoré sú jednoduché a ich vlastnosti sú dobre pochopiteľné a interpretovateľné. Na základe podrobnej analýzy spracovanej Šmelkom (2008) možno pre kvantifikáciu biodiverzity v lesných porastoch odporučiť nasledovné:

- *Index druhovej bohatosti* (HILL 1973): $S = \text{počet drevín}$ (1)

- *Index druhovej heterogenity*
 - SIMPSON λ (1949) upravený na tvar:

$$D = 1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S w_i^2 \quad (2)$$

- SHANNON (1948):

$$H = - \sum_{i=1}^S w_i \cdot \ln(w_i) \quad (3)$$

- *Index druhovej vyrovnanosti* (PIELOU 1975): $E_1 = \frac{H}{\ln(S)}$ (4)

Vo vzorcoch majú jednotlivé symboly tento význam:

w_i - relatívne zastúpenie dreviny v súbore, väčšinou sa vyjadruje ako podiel z počtu stromov (N_i/N), môžu sa však použiť aj podiely iných dendrometrických veličín napr. kruhovej základne, drevnej zásoby alebo redukovanej plochy drevín,

i - poradie drevín ($i = 1, 2, 3 \dots S$),

\ln - prirodzený logaritmus danej veličiny (w_i , resp. S).

- Index druhovej bohatosti (HILL 1973): S = počet drevín (1)

Na kvantifikáciu druhovej a rovnako aj štrukturálnej diverzity v lesoch SR nie je potrebné vykonávať osobitné a nákladné zisťovanie. Použiteľné údaje sa dajú získať z už existujúcich informačných zdrojov – z databázy hospodárskej úpravy lesov. Na celoštátnej úrovni je veľmi výhodným zdrojom takýchto údajov Národná inventarizácia a monitoring lesov (NIML) SR. V jej prvom cykle vykonanom r.2005-2006 (Šmelko et al. 2006) bola biodiverzita už súčasťou zisťovaného informačného spektra a po realizácii 2. cyklu (so zberom údajov na inventarizačných plochách v rokoch 2015-2016) bude možné so známou vypovedacou schopnosťou kvantifikovať aj zmeny v biodiverzite lesných porastov na Slovensku za uplynulých 10 rokov. Z údajov získaných pri prvom cykle NIML boli zatiaľ spracované informácie o druhovej bohatosti vegetácie lesov Slovenska (Šebeň, V. et al. 2008).

5.4.3 Adaptačné opatrenia v oblasti biodiverzity

Adaptačné opatrenia sú rozhodujúcim nástrojom pre zmiernovanie dopadu globálnej klimatickej zmeny na biodiverzitu. Systém však dokáže fungovať aj obráteným spôsobom. Lebo vysoký stupeň biodiverzity, prináša relatívne vysokú plasticitu niektorých ekosystémov (napr. lesných ekosystémov) čo v konečnom dôsledku zvyšuje pravdepodobnosť adaptability ekosystému na zmenu klímy pri relatívne malom dopade na biodiverzity. Návrh adaptačných opatrení vychádza z nasledovných princípov:

- Definovanie čo najširšej schémy adaptačných opatrení
- Osobitné definovanie adaptačných opatrení pre chránené územia
- Biologická realizovateľnosť navrhnutých opatrení
- Technická a ekonomická uskutočniteľnosť navrhnutých opatrení
- Hierarchické zostavenie opatrení podľa dôležitosti a podľa realizovateľnosti

Adaptačné opatrenia, ktoré by mali zabezpečiť zachovanie biodiverzity pri intenzívnom pôsobení GKZ musia byť orientované na eliminovanie resp. regulovanie nasledovných rozhodujúcich faktorov ohrozujúcich biodiverzitu:

- Neúmerná exploatácia prírody a jej využívanie v rozpore s princípom trvalej udržateľnosti

- Klimatická zmena sama o sebe
- Obmedzenie strát kvantitatively a degradácie kvality biotopov
- Invazívne nepôvodné druhy živočíchov a organizmov
- Imisná záťaž a záťaž spôsobená nadmerným pridávaním výživových komponentov do pôdy

V konečnom dôsledku, musia byť adaptačné opatrenia zamerané najmä na:

A) Udržanie, zachovanie a vhodné posilnenie biologickej diverzity lesov ovplyvňovaných GKZ

- Ekologizáciou hospodárskych opatrení stabilizovať rozlohu prirodzene obnovených porastov s pôvodným drevinovým zložením;
- Udržať a v prípade potreby zvýšiť podiel lesov ochranných a osobitného určenia, chránených osobitným režimom obhospodarovania;
- Vytvoriť predpoklady na to, aby sa znížil počet a podiel ohrozených druhov rastlín a živočíchov viazaných na les;
- Zvýšiť podiel prirodzenej obnovy na ročne obnovovanej ploche lesov;
- Udržať rozlohu a kvalitu porastov obhospodarovaných s cieľom zachovania a využitia genofondu (génové základne lesných drevín, uznané porasty pre zber semena).

B) Zlepšenie zdravotného stavu a vitality lesných ekosystémov, masívne ovplyvňovaných GKZ

- Vytvoriť predpoklady na obmedzenie rozsahu poškodenia lesov a podielu náhodných ťažieb. Podpora plánovitej obnovy lesných porastov;
- V lesných porastoch ovplyvnených znečistením ovzdušia podpora citlivých, biologicky zameraných nápravných opatrení.
- V ochrane lesa intenzívne regulovať početnosť všetkých biotických škodcov, ktorých efektívna regulácia početnosti je možná ekologicky prijateľnými metódami.
- Posilniť ekologickú stabilitu a zabezpečiť adekvátnu starostlivosť o lesy obhospodarované s prioritou ochranných a ostatných spoločensko-prospešných funkcií.

Samotné adaptačné opatrenia len pre globálnu klimatickú zmenu sú veľmi náročné. Nadefinovanie adaptačných opatrení pre kombináciu GKZ a biodiverzity, tak aby sa zabezpečilo zmiernenie dopadov globálnej zmeny klímy na biodiverzitu prioritných ekosystémov (lesné, poľnohospodárske, vodné) je mimoriadne náročný proces. Preto treba aj nižšie definované adaptačné opatrenia chápať ako prvý reálny set opatrení odvodených na základe syntézy poznatkov o vzájomnom pôsobení GKZ a biodiverzity.

V praktickom ponímaní, budú reálne adaptačné opatrenia zamerané na riešenie nasledovných prioritných úloh:

- zmeny drevinového zloženia lesov garantujúce dostatočnú biodiverzitu, ale aj odolnosť resp. adaptabilitu ku GKZ,
- zalesňovanie nelesných plôch, tak aby sa vytvárali lesné spoločenstvá reprezentujúce vhodnú štruktúru biodiverzity a súčasne zabezpečovali sekvestráciu uhlíka.
- zachovanie a reprodukciu genofondu lesných drevín garantujúceho dostatočnú adaptabilitu k dopadom GKZ,
- integrovaná ochrana lesa proti kalamitným, ale aj inváznym druhom zavlečených škodcov.
- riešenie možných dôsledkov klimatickej zmeny na zásobovanie vodou, pri plnom rešpektovaní biodiverzity vodných ekosystémov

- spomaľovanie odtoku výstavbou účelových nádrží, vytvárajúcich ďalší potenciálny priestor pre akvaspoločenstvá zvyšujúce biodiverzitu vodných ekosystémov.
- zmeny v agroklimatickej rajonizácii a štruktúre pestovaných plodín a odrôd smerujúcich k zvyšovaniu biodiverzity poľnohospodárskych ekosystémov,
- integrovaná ochrana plodín s osobitným dôrazom na invázne druhy škodlivých organizmov.,

Pre podmienky Slovenska bolo vypracovaných niekoľko návrhov a alternatív adaptačných opatrení, ktoré môžu napomôcť k posilňovaniu biodiverzity dôležitých krajnotvorných ekosystémov a nepriamo môžu eliminovať negatívny vplyv GKZ na biodiverzitu. Za všetky takéto opatrenia uvádzame nasledovný výber tých opatrení ktoré môžu eliminovať vplyv GKZ na biodiverzitu:

- Podpora ekologickej stability a ochrany biodiverzity rozhodujúcich ekosystémov (lesné poľnohospodárske, vodné) prostredníctvom štandardizovaných plánovacích mechanizmov.
- Podpora inventarizácie ekologicky významných zložiek rozhodujúcich ekosystémov.
- Zabezpečenie funkčnosti Programov zachovania genofondu rastlín, drevín a živočíchov prostredníctvom siete génových základní a chovov.
- Zamedzenie použitia modifikovaných organizmov získaných metódami genetického inžinierstva, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť prirodzenú biologickú diverzitu krajiny.
- Podpora priaznivého stavu ekologicky cenných biotopov a vzácnych druhov rastlín či živočíchov.
- Obmedzovanie a monitorovanie činností, ktoré majú alebo by mohli mať nepriaznivý vplyv na biologickú diverzitu rozhodujúcich ekosystémov s osobitným dôrazom na elimináciu dopadov GRZ.
- Podpora spôsobov obnovy a pestovania lesov ako aj pestovania poľnohospodárskych rastlín obmedzujúcich dopady vonkajších činiteľov, predovšetkým klimatických zmien či biotických škodcov.
- Podpora zachovania biologickej diverzity so súhlasom a spoluúčasťou vlastníkov resp. užívateľov poľnohospodárskeho a lesného pôdneho fondu.
- Dôslednou realizáciou diferencovaných hospodárskych opatrení vytvorenie predpokladov zvýšenia podielu prirodzenej obnovy lesa a predpokladov pre ekologické poľnohospodárstvo, prírode blízke obhospodarovanie lesného a trvalo udržateľné vodné hospodárstvo.
- Podporné opatrenia v oblasti akumulácie finančných zdrojov a zabezpečenie externých finančných mechanizmov na podporu realizáciu úloh v rámci plnenia Dohovoru o biologickej diverzite.
- Obmedzenie, respektíve nerozširovanie introdukcie druhov ohrozujúcich genofond domácich rastlín a živočíchov.
- Integrácia princípov zachovania a zlepšenia biologickej diverzity lesov, poľnohospodárskej krajiny a vodných plôch do príslušnej legislatívy.
- Realizácia nápravných opatrení podporujúcich biologické a prírode blízke obnovné procesy v lesnej a v poľnohospodárskej krajine ohrozovanej komplexom škodlivých činiteľov.
- Postupné zavedenie prvkov veľkoplošnej inventarizácie lesa v krajine, vrátane biodiverzity, založených na výberových metódach.
- Prijatie národných kritérií a indikátorov pre hodnotenie vplyvu GKZ na stav

biodiverzity rozhodujúcich ekosystémov.

- Inštitucionálne, kapacitné a finančné zabezpečenie realizačných programov v prospech ochrany a trvalo udržateľného využívania zložiek biodiverzity lesov.

Zaradenie uvedených opatrení do systému adaptačných opatrení na podporu biodiverzity pred vplyvom GKZ vyžaduje ich detailnejšie rozpracovanie a definovanie potrebných aplikačných nástrojov. Avšak aj tieto opatrenia môže prispieť k zmierneniu dopadov GKZ na biodiverzitu lesných, poľnohospodárskych a vodných ekosystémov. Tieto opatrenia je možné a potrebné realizovať v kontexte ostatných adaptačných opatrení v daných oblastiach (poľnohospodárstvo, lesné a vodné hospodárstvo), ktoré sú širšie koncipované a netýkajú sa len problematiky biodiverzity.

V súvislosti s biodiverzitou má kľúčový význam systém územnej ochrany prírody, ktorý je jedným zo základných nástrojov ochrany biodiverzity na Slovensku. Koncept ochrany prírody a krajiny na Slovensku vychádzal zo statického konzervatívneho prístupu, ktorý nepredpokladal, že antropogénna činnosť človeka dosiahne takú intenzitu, že to povedie ku všeobecnej zmene podmienok prostredia a vytváraniu tlaku na zmeny v druhej diverzite ekosystémov. V súvislosti so zmenou klímy tak stojíme pred otázkou, či je súčasný koncept ochrany prírody na Slovensku schopný zabezpečiť dostatočnú diverzitu ekosystémov a druhov pri tak rýchlych zmenách prostredia. Máme v zásade 2 alternatívy. Prvou je zotrvanie na súčasných pozíciách t.j. naďalej uplatňovať prísnu územnú ochranu, a to aj na úkor vlastnej straty na biodiverzite, ale s možnosťou monitorovať vplyv komplexnej zmeny prostredia na chránené druhy a ekosystémy (tzv. ochrana prírodných procesov). Druhou alternatívou je koncept aktívnej ochrany biodiverzity, ktorý je bližší konceptu územnej ochrany v systéme NATURA2000, ktorý nevyklučuje aj aktívny zásah v prospech zachovania biodiverzity, ak tento je odborne odôvodnený a všeobecne prospešný. Rozhodovanie o týchto alternatívach je v rukách štátu, ktorý je prioritne zodpovedný za stav biodiverzity. Preto je najvyšší čas rozprúdiť širšiu diskusiu na odborných fórach, ktorá alternatíva je z hľadiska všeobecnej ochrany biodiverzity, aj s ohľadom na zmenu klímy, pre Slovensko vhodnejšia.

V každom prípade je potrebné, ako jedno z hlavných adaptačných opatrení v oblasti zachovania biodiverzity na Slovensku, definovať aj budovanie kapacít v oblasti biodiverzity, a to prostredníctvom inštitucionálnych nástrojov štátu. Problematika biodiverzity a jej ochrana je na Slovensku zabezpečovaná prostredníctvom poverených štátnych organizácií, ktorými sú Štátna ochrana prírody Banská Bystrica a Slovenská agentúra životného prostredia. Tieto štátne organizácie sú zodpovedné za výkon činností, ktoré zabezpečujú hlavné oblasti ochrany prírody a krajiny a nesú odbornú garanciu za túto oblasť.

5.4.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení pre zachovanie biodiverzity

Ekonomické hodnotenie problematiky biodiverzity je komplikované tým, že biodiverzita nepredstavuje „štandardnú“ ekonomickú kategóriu, nie je to sektor národného hospodárstva ani jeho segment. Nemožno tu hovoriť ani o ekonomických kategóriách ako sú tovar a jeho cena a pod. Z ekonomického hľadiska môžeme konštatovať, koľko finančných prostriedkov štát vynakladá na ochranu biodiverzity v súvislosti napr. s ochranou prírody, ochranou vzácnych druhov rastlín a živočíchov, plnením medzinárodných záväzkov v rámci UN CBD a pod. Je zrejmé, že existuje množstvo ekonomicky hodnotiteľných aktivít, ktoré vedú k ochrane biodiverzity a sú realizované inými sektormi (napr. znižovanie emisií v sektore energetiky, budovanie čistiarní odpadových vôd, ...), nevieme však kvantifikovať aký podiel týchto nákladov vedie k merateľnej zmene biodiverzity.

Z hľadiska navrhovaných adaptačných opatrení je v prvej fáze možno vychádzať z priamych nákladov štátu (rozpočtová kapitola Ministerstva životného prostredia) a nákladov príslušných organizácií (ŠOP, SAŽP) na túto oblasť. V roku 2010 predstavovali celkové výdavky ŠOP Banská Bystrica sumu 10,1 mil. €, z čoho 36% tvorili výdavky štátneho rozpočtu, 34 % pripadalo na štrukturálne fondy EÚ a 30 % tvorili vlastné zdroje organizácie. Rozpočet SAŽP bol v roku 2010 na úrovni 6,8 mil. €, z čoho 3,5 mil. € tvorili výdavky štátneho rozpočtu.

Vzhľadom na potrebu realizácie adaptačných opatrení v oblasti biodiverzity smerujúcich k posilneniu kapacít hlavne na úrovni ŠOP Banská Bystrica, sme vychádzali hlavne z výšky osobných nákladov, ktoré by sa mali navýšiť na pokrytie nových odborných aj technických personálnych kapacít na úrovni 20 – 40 %. Bude to znamenať navýšenie prevádzkových nákladov ŠOP Banská bystrica a SAŽP na úrovni 2-2,7 mil. € ročne. Potrebné bude tiež dobudovanie a rekonštrukcie technickej infraštruktúry na vysunutých pracoviskách, čo sa odrazí vo výške investičných prostriedkov na úrovni 100 – 200 tis. € ročne.

Biodiverzita predstavuje pojem zaužívaný na označenie rozmanitosti druhov. V takomto chápaní ju nie je možné zaradiť medzi ekonomické činnosti. Z toho dôvodu ju nebolo možné operacionalizovať, ako sektor ekonomickej činnosti v rámci aplikovaného CGE modelu makroekonomickej rovnováhy. Aj napriek tomu je možné načrtnúť niekoľko úvah ohľadne ekonomického ohodnocovania vplyvov klimatickej zmeny na biodiverzitu na Slovensku a následných adaptačných opatrení.

Národná stratégia ochrany biodiverzity deklaruje nevyhnutnosť odstrániť proces vplyvov antropogénneho pôvodu, medzi nimi aj globálnej klimatickej zmeny (Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku, str.13)². Na základe tejto deklarácie je možné očakávať, že s klimatickými zmenami prídu aj adaptačné opatrenia. Pre zachovanie biodiverzity na Slovensku aj v situácii meniacich sa klimatických podmienok je možné očakávať, že bude potrebné dobudovanie dodatočných kapacít organizácii venujúcich sa ochrane prírody. V Slovenských podmienkach ide najmä o Štátnu ochranu prírody Slovenskej republiky a Slovenskú agentúru životného prostredia. Dobudovanie kapacít bude spojené aj s dobudovaním infraštruktúry týchto organizácií špeciálne určenej na zabezpečenie ochrany biodiverzity.

V prípade týchto organizácií je možné očakávať zvýšenie investičných, ale aj prevádzkových nákladov. Obe hodnoty však v porovnaní s ostatnými sektormi zostávajú nízke. V prípade horného odhadu klimatickej zmeny stúpnu prevádzkové náklady do roku 2050 na 1,369 milióna EUR a investičné náklady 100 000 EUR ročne. V prípade dolného odhadu úrovne klimatických zmien je to ešte menej; 1,339 milióna EUR pri prevádzkových nákladoch a 65 000 EUR pri investičných nákladoch. Napriek pomerne výraznému rastu ide naďalej o malé čísla v porovnaní s ostatnými sektormi.

² http://www.sopsr.sk/cinnost/medzin_spol/narod_strat_biodiv.pdf

Tab. 32: Odhadované náklady spojené s adaptačnými opatreniami v sektore biodiverzita podľa odhadovanej úrovne klimatickej zmeny

		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Horný odhad	Investičné náklady	0,070	0,065	0,065	0,072	0,079	0,086	0,093	0,100
			-7,14%	0,00%	10,77%	9,72%	8,86%	8,14%	7,53%
	Prevádzkové náklady	1,370	1,011	1,176	1,214	1,253	1,291	1,330	1,369
			-26,20%	16,27%	3,28%	3,18%	3,08%	2,99%	2,90%
Dolný odhad	Investičné náklady	0,050	0,050	0,050	0,053	0,056	0,059	0,062	0,065
			0,00%	0,00%	6,00%	5,66%	5,36%	5,08%	4,84%
	Prevádzkové náklady	1,083	0,651	0,728	0,850	0,972	1,094	1,217	1,339
			-39,87%	11,81%	16,80%	14,38%	12,57%	11,17%	10,05%

Zvýšenie týchto nákladov bolo možné zapracovať do modelu iba ako zvýšené príjmy iných sektorov, napríklad stavebníctva. Identifikovať však samostatný sektor biodiverzity nebolo možné nakoľko spomínané dve organizácie nie je v súčasnosti možné identifikovať v štruktúre ekonomických činností vykazovanej v rámci štátnej štatistiky. Na základe expertných odhadov sa predpokladá, že v dôsledku aktivít smerujúcich k zachovaniu biodiverzity sa zvýšia príjmy predovšetkým v stavebníctve, ako dôsledok zvýšených investičných výdavkov spojených s úpravou lyžiarskych stredísk. Príjmy v poľnohospodárstve, doprave a energetike sa zvýšia predovšetkým v dôsledku zvýšenia prevádzkových nákladov.

Otázna je aj motivácia k zapracovaniu biodiverzity do ekonometrického modelu, nakoľko existujúce kvantifikácie, respektíve finančné vyjadrenia hodnoty jednotlivých druhov a celkovo biodiverzity sú často spochybňované. Biodiverzita predstavuje hodnotu, ktorá sa dotýka oblastí života, kde je ohodnocovanie a finančné vyjadrenie problematické. Možnosť kvantifikácie príspevku biodiverzity napríklad ku kvalite života jednotlivcov naďalej zostáva otázkou pre spoločenských vedcov, prognózovanie v tejto oblasti je preto iba málo spoľahlivé.

5.4.5 Sumarizácia dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení

Dôsledky zmeny klímy na biodiverzitu

- Zvýšenie ohrozenosti klimaticky „senzitívnych“ druhov s úzkou ekologickou amplitúdou
- Zmena ekologických podmienok jednotlivých rastlinných a živočíšnych druhov
- Potenciálna migrácia druhov
- Ohrozenie autochtónnych druhov fauny a flóry inváznymi druhmi

Návrh adaptačných opatrení vo vodnom hospodárstve

- Dobudovanie infraštruktúry a kapacít v oblasti inštitucionálnej ochrany prírody
- V spolupráci s ostatnými sektormi minimalizovať negatívne vplyvy na biodiverzitu
- Vypracovať novú stratégiu ochrany prírody na Slovensku z hľadiska negatívnych dôsledkov zmeny klímy pri rešpektovaní zásad územnej ochrany prírody (napr. NATURA2000)

5.5 Turizmus

5.5.1 Základné informácie

Cestovný ruch predstavuje odvetvie, ktoré má prierezový charakter a na jeho realizácii sa priamo podieľa celý rad ďalších odvetví (doprava, kultúra, stavebníctvo, zdravotníctvo, priemyselné odvetvia, poľnohospodárstvo,...). Je to odvetvie sektoru služieb, ktoré v ekonomikách vyspelých krajín už predstavujú výrazne nadpolovičný až dvojtretinový podiel. Aj v rámci služieb, ktoré ako celok vykazujú vysokú dynamiku, sa radí cestovný ruch k tým rýchle rastúcim. Prognózy Svetovej organizácie cestovného ruchu (WTO), Svetovej rady cestovného ruchu (WTTC), odborných inštitúcií i expertov sa vzáčne zhodujú na jeho ďalšom dynamickom raste v celosvetovom rozsahu. Priemerný medziročný rast cestovného ruchu vo svetovom meradle sa prognózuje tempom 2,5 - 2,8%. Je to v súlade s rastom voľného času, dôchodkov, rozvojom dopravy, rastom vzdelanostnej úrovne i zmenami životného štýlu.

Rozvoj cestovného ruchu začiatkom 21. storočia budú podľa Svetovej organizácie cestovného ruchu ovplyvňovať viaceré trendy:

- prehĺbujúca sa globalizácia a od nej závislá prosperita cieľových miest
- využívanie nových informačných technológií pri ponuke a distribúcii produktu
- cieľové miesta sa presadia na konkurenčnom trhu len vtedy, ak sa budú zameriavať na svoj imidž ako predpoklad diverzifikácie a expanzie svojej príťažlivosti
- rastúce preferencie účastníkov cestovného ruchu orientované na komfort, uľahčenie a zrýchlenie procesu cestovania, dobrodružstvo, zdravie, ekológiu, poznávanie a kultúru, zábavu a rozptýlenie
- vo svete bude dominovať snaha o získanie ázijského turistu.

Cestovný ruch je odvetvím efektívneho zapájania sa do medzinárodnej výmeny, nakoľko získava devízy bez úverovania a poisťných rizík. V rámci aktívneho zahraničného cestovného ruchu (AZCR) dochádza k predaju inak neexportovateľných služieb, predaj tovarov sa realizuje za maloobchodné ceny, vrátane daňového zaťaženia (na rozdiel od zahraničného obchodu). Významný je aj vplyv cestovného ruchu na vývoj zamestnanosti, pričom veľkú časť zamestnancov predstavuje relatívne málo kvalifikovaná pracovná sila. Práve tá, ktorá tvorí podstatnú časť nezamestnaných. Okrem pracovných miest v zariadeniach cestovného ruchu, vyvoláva tvorbu pracovných miest aj v dodávateľských odvetviach.

Osobitne cenný je prínos tohto odvetvia pre horské a podhorské oblasti s nerozvinutým priemyslom a málo priaznivými podmienkami pre intenzívnu rastlinnú výrobu, kde je často jedinou, resp. najvhodnejšou možnosťou ich rozvoja a zábranou pre neželanú migráciu obyvateľstva z týchto oblastí do miest. Miestna viazanosť cestovného ruchu na atraktívne územia s primeranou vybavenosťou je tiež jednou z charakteristík, ktorými sa odlišuje od priemyselných odvetví.

Domáci cestovný ruch je významnou súčasťou spotreby obyvateľstva, ako aj formou jeho regenerácie a upevňovania zdravia. Súčasne rozširuje aj všeobecnú vzdelanosť, výmenu skúseností a rozhladenosť, umožňuje sociálne kontakty a má vplyv na úroveň spokojnosti občanov. Cestovný ruch je jav veľmi citlivý na imidž krajiny a sám ho napomáha veľmi účinne, nenásilne a efektívne vytvárať. Z národohospodárskeho hľadiska je významná tá skutočnosť, že cestovný ruch je surovinovo a materiálovo málo náročné odvetvie, čo je obzvlášť dôležité pre surovinovo tak dovozne náročnú krajinu akou je Slovensko.

Napriek tomu, že časť cestovného ruchu sa realizuje na území chránenom v citlivom prírodnom prostredí, jeho vplyv na prírodné prostredie je výrazne menej zaťažujúci ako vplyv priemyselných odvetví. Naopak má silný záujem na zachovaní nenarušeného životného prostredia a pôvodných hodnôt krajiny - prírodných aj vytvorených.

V cestovnom ruchu je priemerná veľkosť firmy výrazne menšia ako národohospodársky priemer. Ide o odvetvie s mimoriadne veľkým počtom podnikateľských subjektov - fyzických i právnických osôb - územne rozptýlených, v dôsledku čoho nevyžaduje vytvorenie tak rozsiahlych komplexov ako sú výrobné podniky. Napriek všetkým výhradám voči štatistickým údajom uvedeným za Slovensko, je zrejmé naše zaostávanie aj za tými susednými krajinami, s ktorými sme mali podobné východiskové podmienky. Pritom Slovensko v oblasti potenciálu cestovného ruchu má v porovnaní s týmito štátmi celý rad výhod spočívajúcich predovšetkým (<http://www.invitour.sk/doc/articles/npcr.doc>):

- *v polohe Slovenska ležiaceho medzi štátmi s porovnateľnými a v niektorých prípadoch aj s lepšími prírodnými podmienkami. Naše prírodné podmienky sú pritom geomorfologicky najzaujímavejšie, vytvárajúce širšiu paletu zaujímavostí cestovného ruchu*
- *v úrovni zalesnenia krajiny*
- *v množstve minerálnych a termálnych vôd takmer po celom území Slovenska*
- *v zachovanej ľudovej architektúre, kultúrno-historických pamiatkach*
- *v priaznivej dostupnosti rozhodujúcich stredísk cestovného ruchu návštevníkmi zo zahraničia*
- *v už vybudovanej infraštruktúre predovšetkým horského cestovného ruchu vyžadujúcej však modernizáciu a potrebný marketing.*

Na základe zhodnotenia ponukovej stránky územia a jeho vybavenosti a posúdenia dlhodobých vývojových tendencií dopytu v cestovnom ruchu je potrebné rozvíjať nasledovné nosné formy cestovného ruchu:

1. **Letná rekreácia v horách**, s ponukou horskej turistiky a celého radu voľnočasových aktivít.
2. **Zimné horské športy**, v rámci ktorých je kľúčové zjazdové lyžovanie a tiež ďalšie doplnkové športové i zábavné a relaxačné aktivity.
3. **Mestský a kultúrny cestovný ruch**, čiže poznávacie formy orientované na históriu a kultúru, ale aj kongresový cestovný ruch. Vzhľadom na podmienky našej krajiny, blízkosť a mentalitu trhov a perspektívu týchto foriem, ide pre našu krajinu o produkt budúcnosti. Predovšetkým pre druhé, tretie, štvrté, ... dovolenky v dĺžke 4 až 7 dní a to v súlade s predpokladaným predlžovaním voľného času.
4. **Kúpeľný a zdravotný cestovný ruch** v jeho klasickej liečebnej podobe, ktorý je potrebné zachovať a popritom rozvíjať zdravotný (relax, fitness, prevencia, skrášľovanie, kondícia) cestovný ruch, ktorý začína prudko rásť prakticky v celosvetovom rozsahu.
5. Z pohľadu niektorých regiónov a lokalít môže mať zásadný význam, resp. veľmi významný **vidiecky cestovný ruch a agroturistika**.
6. **Doplnkové formy cestovného ruchu**. Výraz doplnkový je vyjadrením ich postavenia na národnej úrovni. Samozrejme popri nich sa bude rozvíjať celý rad ďalších foriem cestovného ruchu ako cestovný ruch **pri vodných plochách** založený na kúpaní a vodných športoch, **hobby turizmus**, **cykloturizmus**, rôzne **alternatívne tzv. soft formy cestovného ruchu**, **poľovnícky cestovný ruch**, na rôzne športy orientovaný cestovný ruch, atď. Tieto formy ako ťažiskové následne potvrdili opakovane nezávislí zahraniční experti, ale predovšetkým ich potvrdzuje prax na Slovensku i v krajinách s podobnou ponukou.

Z regionálneho hľadiska je turistický ruch na Slovensku koncentrovaný predovšetkým do veľkých miest (Bratislava, Košice), kúpeľných miest (Piešťany, Trenčianske Teplice) a do horských oblastí (najmä región Vysokých Tatier) (viď tab. 33).

Tab. 33

Mesto (región)	Ubytovacie zariadenia ¹⁾	Lôžka (miesta) spolu ¹⁾	Návštevníci	Prenocovania návštevníkov	Využitie stálych lôžok %
Bratislava	109	14 180	649 724	1 331 361	27
Banská Bystrica	26	1 438	40 351	90 473	19
Košice	62	4 348	115 550	220 178	21
Liptovský Mikuláš	61	2 378	48 553	163 423	23
Nitra	34	2 108	69 031	166 039	23
Piešťany	41	5 359	87 464	565 309	36
Poprad	28	1 881	54 141	117 388	23
Trenčianske Teplice	26	1 920	42 926	279 642	46
Vysoké Tatry (región)	296	15 767	356 768	1 255 746	33
Žilina	38	2 512	73 158	155 423	18

- Podľa údajov ŠÚ (rok 2009)

Z hľadiska ekonomiky cestovného ruchu možno konštatovať mierny nárast príjmov cestovného ruchu, ktorý stúpol z úrovne 566 mil. € v roku 2003 na 622 mil. € v roku 2009, pričom priemerné výdavky na pobyt predstavovali 182 € (viď. tab. 34).

Tab. 34

Počet ciest (pobytov), prenocovaní a celkové výdavky na cestovný ruch							
V SR	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dlhodobé a krátkodobé pobyty							
počet pobytov	4 794 381	4 087 787	3 848 099	3 934 480	4 086 140	3 895 448	3 425 775
počet prenocovaní	25 218 800	21 818 273	20 045 125	20 595 879	21 106 753	20 543 129	18 170 987
priemerný počet prenocovaní	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3
celkové výdavky (v tis. EUR)	565 871	567 271	525 568	587 812	604 721	640 739	621 839
priemerné výdavky na pobyt (v EUR)	118	139	137	149	148	164	182

- Podľa údajov ŠÚ (rok 2009)

5.5.2 Dôsledky klímatickej zmeny na turizmus

Zmeny klímy môžu výrazným spôsobom zmeniť prírodné a socioekonomické podmienky pre turistický potenciál jednotlivých regiónov, či dokonca krajín. Značná časť turistických aktivít je založená na „určitejš“ stabilite klímatických podmienok, a týmto podmienkam je prispôsobená celá infraštruktúra, marketing a lokálne socioekonomické aktivity. Z globálneho hľadiska môžeme definovať štyri hlavné kategórie dôsledkov zmeny klímy na sektor turistiky, jeho konkurencieschopnosť a udržateľný rozvoj (UNWTO-UNEP-WMO 2008):

- Priame dôsledky zmeny klímy
- Nepriame dôsledky environmentálnych zmien
- Dôsledky mitigačnej politiky na turistickú mobilitu
- Nepriame dôsledky na sociálne zmeny

Klíma je principiálnym zdrojom pre turistiky a pre danú lokalitu výrazne determinuje rozsah turistických aktivít, je principiálnym determinantom globálnej sezónnosti v turistických požiadavkách a má dôležitý vplyv aj na prevádzkové ceny, ako sú napr. vykurovanie-chladenie, výroba snehu, zavlažovanie, zásobovanie vodou a potravinami a ceny poistenia. Takže zmeny v dĺžke a kvalite turistickej sezóny podmienennej klímou (napr. slnko a more, zimné lyžiarske pobyty) majú významné dôsledky pre konkurencieschopnosť v rámci

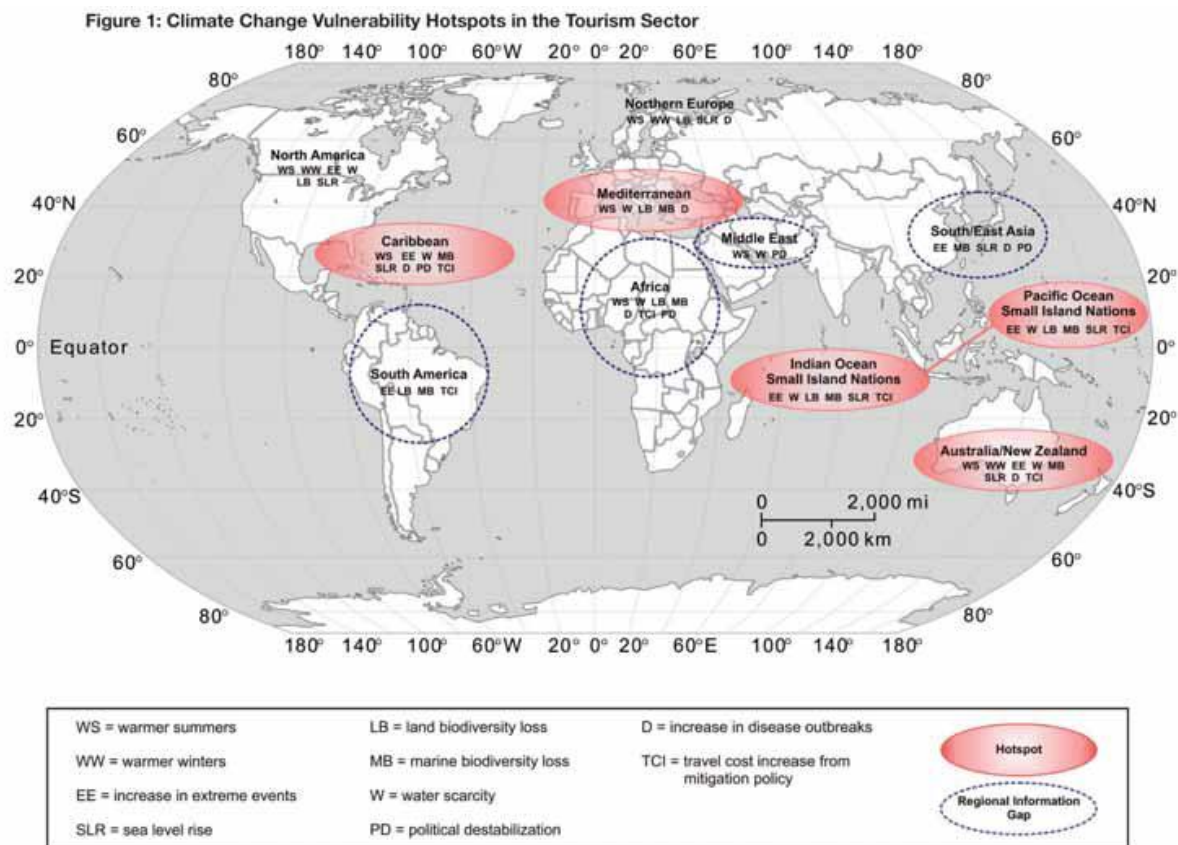
podobných destinácií a významným spôsobom determinujú profitabilitu turistických subjektov. Viaceré štúdie indikujú, že posun atraktívnych klimatických podmienok smerom k vyšším zemepisným šírkam a vyšším nadmorským výškam je veľmi pravdepodobný. Taktiež zvýšenie výskytu extrémnych javov počasia (vlny horúčav, sucho, záplavy, intenzívne búrky a hurikány) môže ovplyvniť turistický priemysel cez zvýšené riziko poškodenia infraštruktúry, dodatočné požiadavky na bezpečnosť a vyššie prevádzkové náklady (poistenie, evakuačné podmienky, zásobovanie vodou a elektrinou) (UNWTO-UNEP-WMO 2008).

Nepriame dôsledky vyvolaných environmentálnych zmien ako dôsledok zmien klímy môžu významne ovplyvniť turistickú atraktivitu na lokálnej až regionálnej úrovni. Také zmeny ako sú napr. dostupnosť vody, strata biodiverzity, strata estetickej hodnoty krajiny alebo typických poľnohospodárskych produktov (napr. vína turistika), zvýšenie rizika výskytu nebezpečných chorôb môžu spôsobiť výrazné zníženie turistického potenciálu danej destinácie. Na druhej strane určité oblasti môžu z environmentálnych zmien aj profitovať a ich turistický potenciál sa môže zvýšiť (Simpson et al. 2008).

Mitigačná politika znižovania emisií skleníkových plynov v doprave vedie k zvyšovaniu prepravných nákladov aj v turistickom biznise a môže vyvolať zmeny v požiadavkách na jednotlivé destinácie (zmena spôsobu dopravy, zmena destinácie). Z globálneho hľadiska sú takto ohrozené najmä odľahlejšie regióny ako Austrália, Nový Zéland, Juhoafrická republika a Tichomorské ostrovy.

Zmena klímy úzko súvisí aj s vyvolanými zmenami v socioekonomických sektoroch jednotlivých krajín a môže ovplyvniť ekonomický vývoj (HDP), politickú stabilitu a bezpečnostnú situáciu v niektorých regiónoch napr. Afriky a Ázie. Pocit bezpečnosti je z hľadiska turizmu mimoriadne dôležitý a môže mať často fatálne dôsledky pre daný región či krajinu (Simpson et al. 2008) (napr. revolučná jar 2011 v Egypte).

Z globálneho hľadiska sa urobila integrovaná analýza rizika dôsledkov zmeny klímy na svetové turistické destinácie (obr. 56), aj keď sa stále zdôrazňuje, že každý región či destinácia musí byť posudzovaná individuálne (Simpson et al. 2008).



Obr. 56 Zraniteľnosť globálnych regiónov vplyvom zmeny klímy z hľadiska turistiky

Z hľadiska posudzovania vplyvu zmien klímy na oblasť turizmu na Slovensku je regionalizácia cestovného ruchu veľmi dôležitá. Ako sme už spomínali, dominantným regiónom s najvyšším počtom turistov je mesto Bratislava. Pre oblasť Bratislavy môžeme identifikovať dve potencionálne hrozby z hľadiska klimateckej zmeny, a tou sú vlny horúčav (dlhšie trvajúce obdobie s maximálnou teplotou vyššou ako 30 °C, viď. Kapitola Indikátory) a potencionálne riziko povodní na Dunaji.

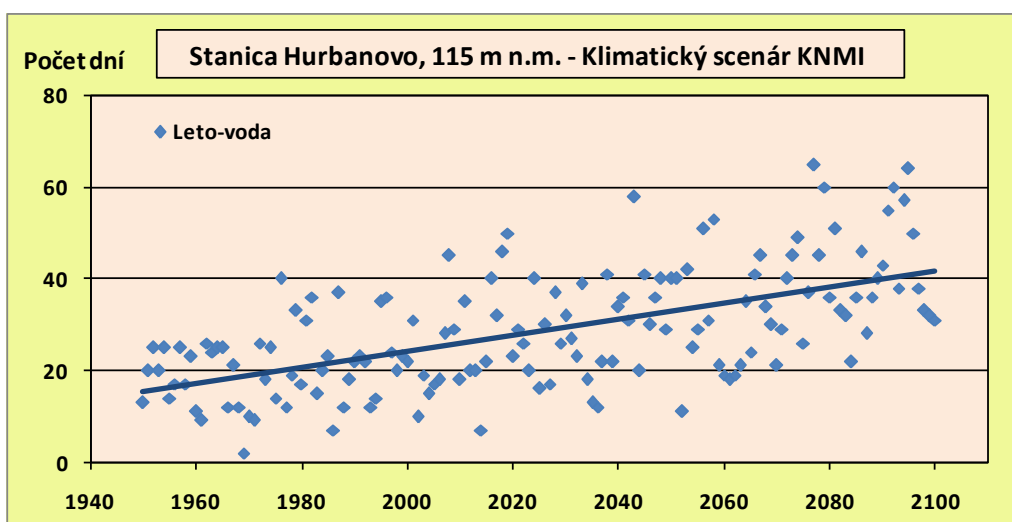
Ďalšími významnými oblasťami turistiky sú letná turistika viazaná na pobyt pri vode (kúpaliská, vodné nádrže, termálne kúpaliská), letná horská a vysokohorská turistika a zimná turistika na horách. Tieto aktivity sú do značnej miery limitované poveternostnými podmienkami (tab. 35).

Tab. 35

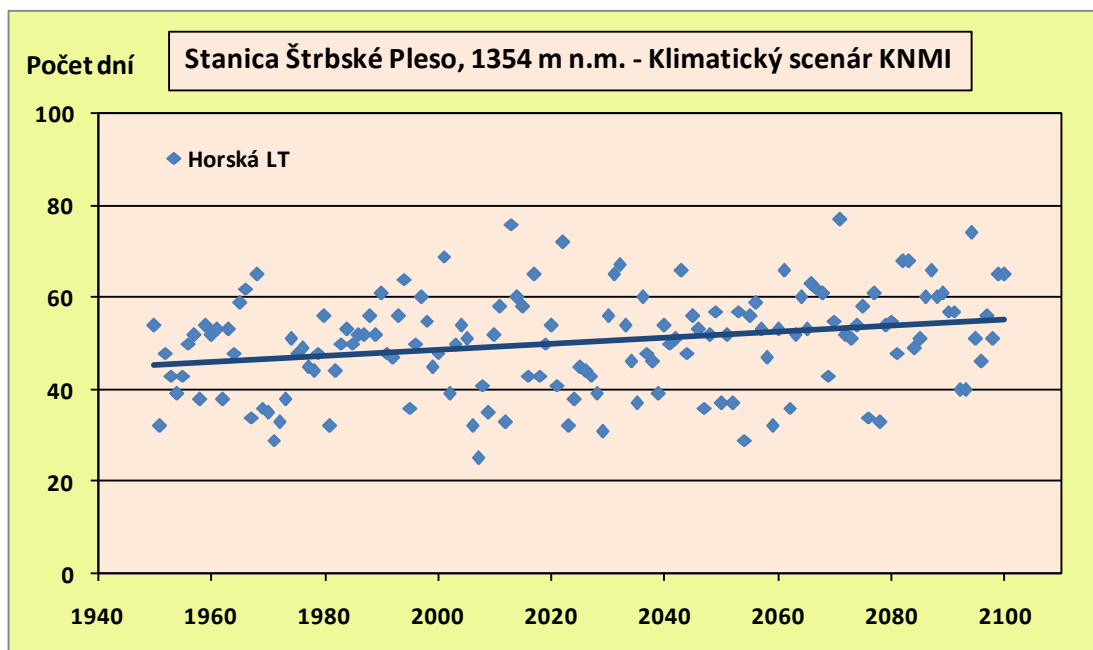
Klimaticky vhodné dni na turistiky	Meteorologické charakteristiky
Letná turistika – kúpaliská	Tmax ≥ 25 °C Tmean ≥ 20 °C GR ≥ dlhodobý priemer na daný deň (DP) rýchlosť vetra ≤ 3 m/s úhrn zrážok ≤ 1 mm
Letná turistika – hory	GR ≥ DP rýchlosť vetra ≤ 3 m/s úhrn zrážok ≤ 1 mm
Zimná turistika – hory	Tmin ≥ -10 °C Tmax ≤ +5 °C GR ≥ DP rýchlosť vetra ≤ 3 m/s

	úhrn zrážok ≤ 1 mm
Tmax – maximálna denná teplota	
Tmin – minimálna denná teplota	
Tmean – priemerná denná teplota	
GR – globálne žiarenie	
DP – dlhodobý priemer	

Berúc do úvahy existujúce scenáre zmeny klímy na Slovensku môžeme vo všeobecnosti konštatovať, že podmienky letnej turistiky pri vode (obr. 57) aj na horách (obr. 58) sa na Slovensku budú zlepšovať. To znamená, že letný turistický potenciál prakticky všetkých regiónov Slovenska sa bude mierne zvyšovať, letná turistická sezóna sa bude postupne predlžovať, čím môže stúpnúť aj využiteľnosť jednotlivých ubytovacích kapacít. Treba však poznamenať, že tento priaznivý nárast letného turistického potenciálu, ak sa má skutočne realizovať, musí byť podporený oveľa kvalitnejšími službami, hlavne v ponuke športových a voľnočasových aktivít, dobudovanej infraštruktúry turistických centier a zabezpečenia informovanosti a bezpečnosti turistov. Zo zahraničných skúseností je zrejmé, že využiteľnosť turistického potenciálu rastie s komplexnosťou vybavenia turistických centier. Len centrá, ktoré majú širokú ponuku ubytovacích, stravovacích, športových, voľnočasových a informačných služieb, majú šancu naplno využívať turistický potenciál danej lokality, nakoľko samotná atraktivita lokality napr. Vysoké Tatry, sama osebe na rozvoj turizmu nestačí (Fischer 2007).



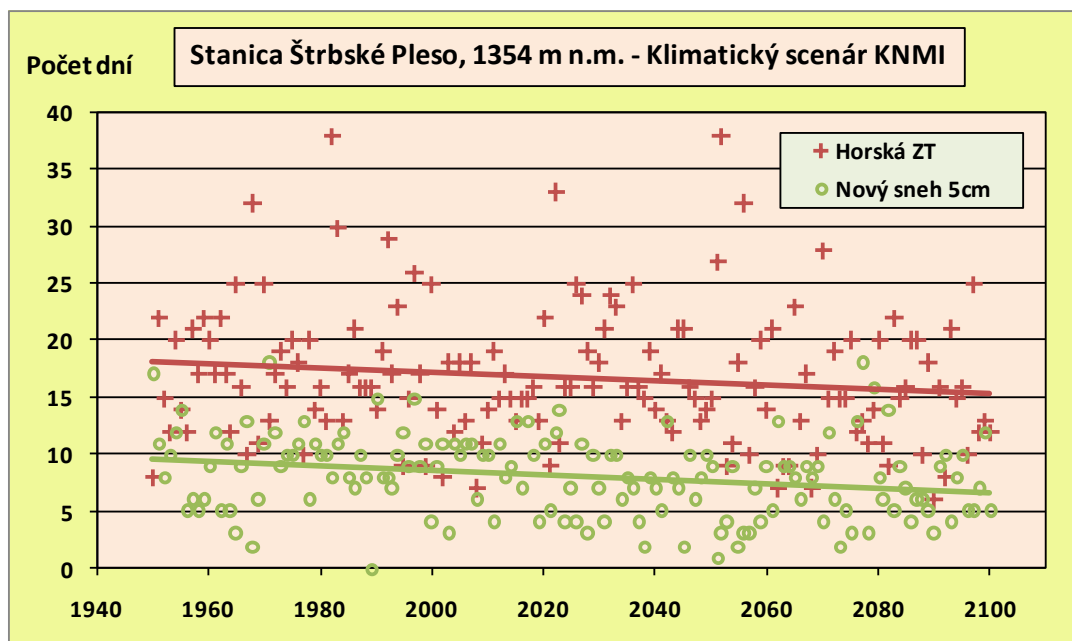
Obr.57 Predpokladaný vývoj počtu dní s priaznivými podmienkami pre realizáciu letných turistických aktivít (Leto-voda) v lokalite Hurbanovo (Lapin et al. 2011) - scenár KNMI



Obr. 58 Predpokladaný vývoj počtu dní s priaznivými podmienkami pre realizáciu letných turistických aktivít (Horská LT) v lokalite Štrbské Pleso (Lapin et al. 2011) – scenár KNMI

Odišná situácia sa očakáva v prípade zimnej turistiky na horách. Nárast teploty vzduchu a nárast kvapalných zrážok v zimnom období prinesie jednoznačne zhoršenie podmienok na realizáciu aktivít zimnej turistiky. Existencia snehovej pokrývky je výraznou limitujúcou podmienkou zimnej turistiky. Scenáre zmeny klímy pre oblasť Slovenska jednoznačne indukujú zhoršovanie podmienok pre zimnú turistiku (obr. 59) a znižovanie počtu dní s intenzívnym snežením (obr. 59).

Existuje celý rad štúdií o vplyve klimatickej zmeny na zimnú turistiku najmä z alpskej oblasti. Viacerí autori upozorňujú na limitujúce faktory počasia, ale zároveň aj analyzujú možnosti realizácie adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dôsledkov zmeny klímy, a to najmä efektívnou a rýchlou výrobou umelého snehu, rozšírením ponuky voľnočasových aktivít (napr. umelé sánkarské dráhy, umelé ľadové plochy a pod.) a dobudovaním kvalitných informačných centier (informácie o kvalite snehu, meteorologických podmienkach, nebezpečných javov, ponuke služieb) (Fischer 2007, Daniel et al. 2008, Matasci 2008). V tejto súvislosti treba ďalej poznamenať, že dôležitou súčasťou týchto analýz je aj analýza celkovej perspektívy zimných stredísk cestovného ruchu, kde sa pristupuje k ekonomickým analýzám perspektívy investovania do zimného turistického ruchu a rieši sa jeho nová rajonizácia (Matasci 2009, OECD 2007).



Obr. 59 Predpokladaný vývoj počtu dní s priaznivými podmienkami pre realizáciu zimných turistických aktivít (Horská ZT) a počtu dní s novým snehom 5 cm a viac pre lokalitu Štrbské Pleso (Lapin et al.2011)

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania podmienok pre realizáciu turistických aktivít na Slovensku treba za najzávažnejšie dôsledky zmeny klímy na sektor turizmu jednoznačne považovať otázku realizácie aktivít zimnej turistiky. Sumarizáciou dostupných poznatkov sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor turizmu pre jednotlivé samosprávne kraje.

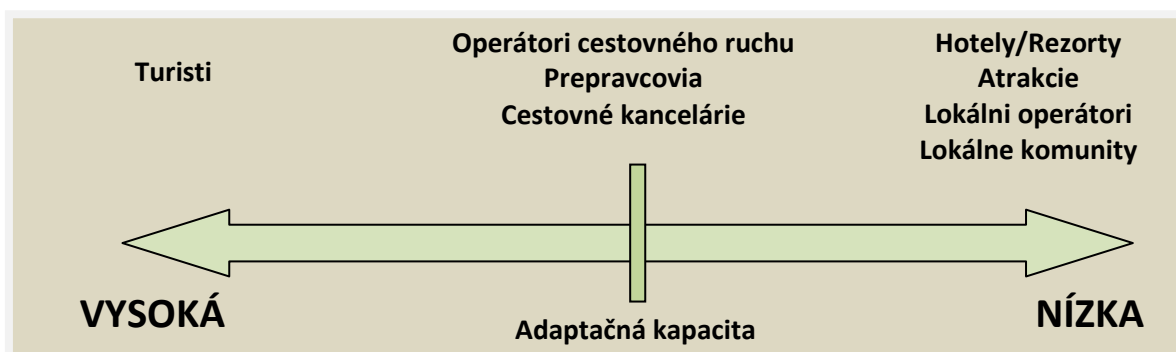
Tab. 36

Turistika	Vyšší územný celok							
	BA-SK	TT-SK	NR-SK	TN-SK	BB-SK	ZA-SK	PO-SK	KE-SK
Turistika v mestách	*	*	*	0	0	0	0	*
Letná turistika – kúpaliská	+	+	+	+	+	+	+	+
Letná turistika – hory	+	+	+	+	+	+	+	+
Zimná turistika – hory	***	***	***	**	**	*	*	**

Riziko negatívneho vplyvu KZ na turizmus
+ - pozitívny vplyv 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko

5.5.3 Adaptačné opatrenia v oblasti turizmu

Adaptačné opatrenia v oblasti turizmu môžu byť veľmi rôznorodé a závisia od konkrétnych očakávaných dôsledkov zmeny klímy v danej lokalite resp. regióne. Je potrebné si uvedomiť, že jednotlivé segmenty turizmu majú rôzny „adaptačný potenciál“ ako je to zrejme z nasledovnej schémy.



Obr.60 Adaptačná schopnosť (kapacita) hlavných turistických subsektorov (UNWTO-UNEP-WMO 2008).

V najhoršej situácii sa nachádzajú samotní lokálni prevádzkovatelia turistických aktivít a miestne komunity viazané na danú lokalitu. Všeobecné princípy adaptácie na zmenu klímy, aplikovateľné aj pre oblasť turizmu, definovala správa UNDP (UNDP 2005), ktoré môžeme sumarizovať nasledovne:

- Adaptácia danej lokality na klimatickú zmenu sa musí diať v súlade s kontextom jej budúceho rozvoja
- Nadobúdať skúsenosti v oblasti adaptácií a vyrovnávať sa s variabilitou klímy
- Uvedomiť si, že adaptácia sa realizuje na rôznych úrovniach (národná, regionálna, lokálna)
- Uvedomiť si, že adaptačný proces je kontinuálny proces

Tieto všeobecné princípy sa rozpracovali pre sektor turizmu detailnejšie, a to definovaním „Rámca pre adaptáciu na klimatickú zmenu v turistickom sektore“ (Simpson et al. 2008):

1. Adaptuj sa už teraz, budúci deficit v adaptácii sa už nemusí podariť zrealizovať
2. Vytvor podmienky pre realizovateľnosť adaptácií (finančné, legislatívne, inštitucionálne, znalostné, ...)
3. Integruj adaptácie do rozvojových programov
4. Zvýš povedomie a znalosti o dôsledkoch zmeny klímy
5. Posilni inštitúcie (lokálnu štátnu správu a samosprávu, komunitné organizácie, profesné združenia, univerzity, ...)
6. Ochráň prírodné zdroje, tieto vytvárajú podmienky pre realizovateľnosť turizmu
7. Poskytni a zabezpeč finančnú asistenciu, finančné prostriedky sú často limitujúce pre realizáciu adaptačných opatrení
8. Uvažuj s rizikom, zainteresuj jednotlivých partnerov na potenciálnom riziku a zabezpeč ich účasť na adaptáciách
9. Realizuj adaptačné opatrenia so zahrnutím miestnych osobitostí, špecifické prístupy a iniciatívy budú efektívnejšie

Pre podmienky Slovenska sme na základe doterajších poznatkov naformulovali nasledovné rámcové adaptačné opatrenia pre oblasť turizmu:

- Na národnej úrovni zapracovať riziká zmeny klímy pre oblasť cestovného ruchu na Slovensku do strategických rozvojových aktivít v oblasti cestovného ruchu
- Vypracovať regionálne štúdie dôsledkov zmeny klímy pre jednotlivé turistické regióny Slovenska so zohľadnením ich špecifik
- Dobudovať infraštruktúru zimných stredísk najmä s ohľadom zvýšenia zabezpečenia umelej snehovej pokrývky
- Vypracovať funkčný systém komplexných informačných centier v hlavných strediskách cestovného ruchu s on-line poskytovaním informácií (meteo, podmienky pre turistiku, nebezpečné javy, služby, ponuky atď.) a zabezpečiť ich vybudovanie
- Dobudovanie systémov bezpečnosti pre turistov – technické a kapacitné posilnenie stredísk horskej záchranej služby, rýchlej zdravotnej pomoci v turistických centrách a strediska protilavínovej prevencie

5.5.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení v turizme

V rámci odhadovania makroekonomických efektov klimatickej zmeny a prípadných adaptačných opatrení sa venujeme aj odhadovaniu vývoja v sektore turizmu. V rámci ekonometrického modelu bol sektor turizmu zredukovaný na ekonomické aktivity v oblasti ubytovania a stravovania. Konkrétne bolo aplikované vymedzenie vyplývajúce zo zaužívanej odvetvovej klasifikácie ekonomických činností (OKEČ) v rámci ktorej sme vybrali činnosti v rámci skupiny H - Hotely a reštaurácie³. Produkcia takto definovaného sektoru predstavovala v roku 2010 takmer 1% celkovej produkcie hospodárstva.

Existujúce štúdie venujúce sa problematike dopadov klimatických zmien na oblasť turizmu rozpracúvajú zvlášť tematiku letného a zimného turizmu. Iba marginálna pozornosť je v tejto súvislosti venovaná takzvanému mestskému turizmu (Scott and Mc Boyle, 2001). V prípade Slovenska, v dôsledku jeho polohy je možné očakávať najvýraznejšie efekty zvyšovania priemerných teplôt najmä na zimný turizmus. Na základe modelových výsledkov nie je možné očakávať výrazný pozitívny efekt zvyšovania priemerných ročných teplôt na letný turizmus, rovnako ani na mestský turizmus. Podkladom pre odhadovanie a kvantifikovanie dopadov klimatických zmien a prípadných adaptačných opatrení boli preto štúdie venujúce sa vplyvu klimatickej zmeny zameriavajúce sa na zimný turizmus (Scott a iní, 2001) (Harrison a iní, 1999) (Breiling and Charamza, 1999; Kromp-Kolb and Formayer, 2001).

Ekonomické odhady adaptačných opatrení sa zamerali na hodnotenie investičných a prevádzkových nákladov na dobudovanie a skvalitnenie infraštruktúry zimných stredísk cestovného ruchu, dobudovanie informačných centier a dobudovanie systémov bezpečnosti pre turistov. Pri týchto kalkuláciách sa vychádzalo z aktuálnej úrovne cien a prevádzkových nákladov.

Investičné náklady zahŕňajú nasledovné nákladové položky: snežné delá s príslušenstvom, dobudovanie vodných nádrží a rozvodov vody s čerpacím tlakovým systémom, budovy informačných centier s IT príslušenstvom, vybudovanie terénnych meteo staníc s on-line prepojením a výstražným systémom, transportná technika pre potreby horskej záchranej služby a rýchlej zdravotnej služby, vybudovanie heliportov.

Prevádzkové náklady kalkulujú so zabezpečením prevádzky info centier, zvýšenými prevádzkovými nákladmi horskej záchranej služby, rýchlej zdravotnej služby a strediska lavínovej prevencie.

Celkový odhad potreby investičných nákladov sa pohybuje v relatívne širokom intervale 2,5 – 15 mil. € ročne a ročné prevádzkové náklady na tieto opatrenia predstavujú v prvom priblížení 1,25 – 7,5 mil. €. Treba ešte poznamenať, že tieto opatrenia nie sú len adaptačnými opatreniami sektoru turistiky na zmenu klímy, ale prinášajú zvýšený komfort pre turistov, čo môže znamenať aj zvýšenie príjmov z turistiky, čím by došlo k určitej finančnej kompenzácii týchto opatrení.

Odhad ekonomických parametrov adaptačných opatrení treba považovať za veľmi rámcový, nakoľko sa vychádzalo z obmedzených podkladov, ktoré neumožňovali detailnejšie analyzovať nákladové položky. Tieto bude potrebné v budúcnosti ďalej spresňovať so zakalkulovaním regionálnych ekonomických diferencií.

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví. Reportované sú prognózované

³ Pozri: <http://www.infostat.sk/ELIS/RES/okec.html>

hodnoty celkovej produkcie a zamestnanosti v danom sektore do roku 2050 vo variante predpokladajúcom úroveň klimatickej zmeny na hornom okraji prognózovaného intervalu. Miera klimatickej zmeny bola pre dané referenčné obdobie prognózovaná v podobe intervalu. Tento interval vstupoval do štruktúrneho CGE modelu ako najnižšia a najvyššia hodnota, hovoríme o dolnom a hornom odhade klimatickej zmeny. V rámci CGE modelu boli dve varianty vstupných hodnôt za klimatickú zmenu rozpracované do 12 scenárov, 6 za dolný odhad a 6 za horný odhad.

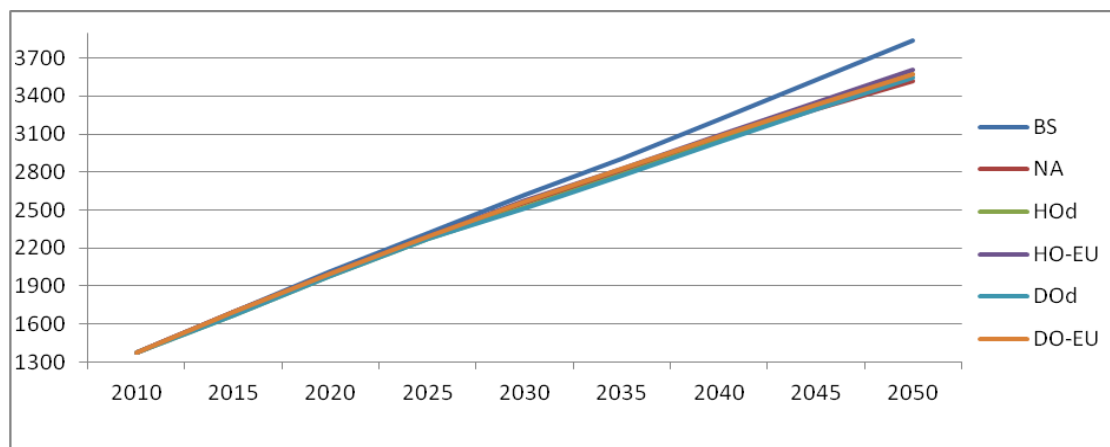
Základný scenár (BS) odhaduje vývoj produkcie a zamestnanosti bez klimatickej zmeny. Opačným extrémom je scenár s klimatickou zmenou, ale bez adaptačných opatrení (NA). V intervale stanovenom týmito dvomi scenármi sa nachádzajú hodnoty 4 podscenárov predpokladajúcich klimatickú zmenu, aj následné adaptačné opatrenia. Tieto 4 scenáre sa navzájom líšia mierou adaptácie (horný odhad: HO a dolný odhad: DO) a zdrojom financovania adaptačných opatrení (zahraničné zdroje: EU, dodatočné zdanenie domácich subjektov: d).

Pre porovnanie hodnôt horného a dolného odhadu klimatickej zmeny nasledujúca tabuľka 37 uvádza rozdiel medzi hodnotami základného scenára a scenára s klimatickými zmenami bez adaptačných opatrení pre horný a dolný odhad klimatickej zmeny.

Tab. 37 Vývoj rozdielu v prognózovaných hodnotách produkcie a zamestnanosti scenára bez klimatickej zmeny a scenára s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení

	Horný odhad KZ		Dolný odhad KZ	
	Produkcia v mil. EUR	Zamestnanosť	Produkcia v mil. EUR	Zamestnanosť
2010	0	0	0	0
2015	4	104	1	43
2020	14	380	5	133
2025	31	749	12	280
2030	60	1258	24	502
2035	102	1921	42	796
2040	156	2612	69	1168
2045	229	3436	108	1622
2050	322	4353	159	2159

Tabuľka 37 vyčísluje negatívny efekt klimatických zmien na produkciu a zamestnanosť. Pri hornom odhade rozsahu klimatických zmien sú škody spôsobené klimatickými zmenami v roku 2050 takmer dvojnásobné v porovnaní s dolným odhadom. Všetky hodnoty reportované v nasledujúcom texte sú hodnotami scenárov horného odhadu klimatickej zmeny. Prognózované absolútne hodnoty pre produkciu v sektore turizmu pri hornom prognózovanom dopade klimatickej zmeny zobrazuje nasledujúci graf spolu s tabuľkou hodnôt.



Obr. 61 Vývoj produkcie v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, vysoký scenár

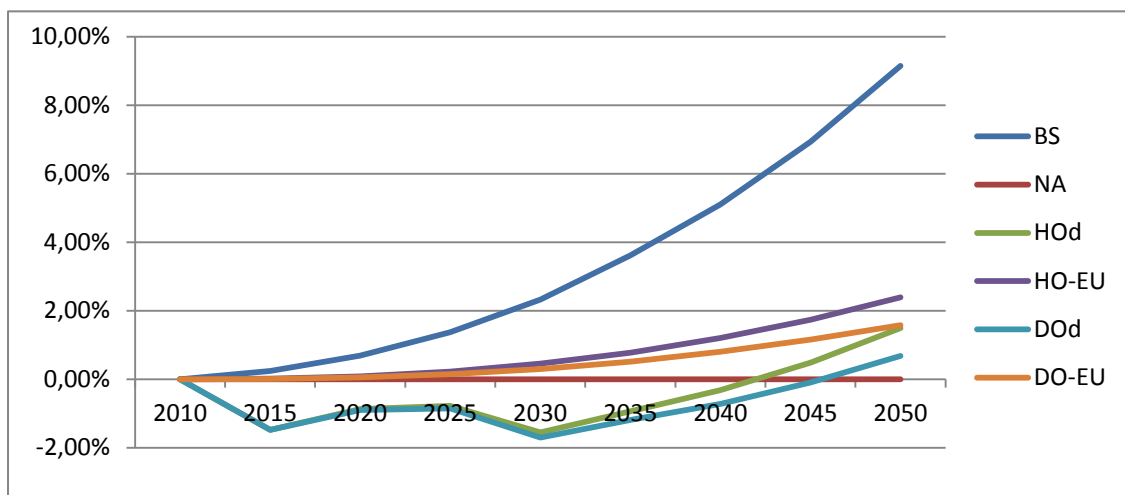
Zdroj: výpočty autorov

Tab. 38 Vývoj produkcie v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, vysoký scenár

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	1378	1378	1378	1378	1378	1378
2015	1696	1692	1667	1693	1667	1693
2020	2011	1997	1980	1999	1980	1998
2025	2320	2289	2271	2294	2269	2292
2030	2620	2560	2520	2572	2517	2568
2035	2908	2806	2780	2828	2773	2821
2040	3214	3058	3048	3095	3036	3082
2045	3525	3296	3312	3354	3293	3334
2050	3841	3519	3572	3603	3543	3575

Zdroj: výpočty autorov

Graf aj tabuľka zobrazujú varianty vývoja produkcie v sektore turizmu v jednotlivých scenároch pri hornom odhade klimatickej zmeny. Z dôvodu dlhého referenčného obdobia a relatívne rázneho očakávaného nárastu produkcie je možné z grafu vyčítať iba výraznejší odstup základného scenára, čo nám naznačuje že bez klimatickej zmeny by produkcia v sektore rástla výrazne rýchlejšie. Pohľad na údaje v tabuľke odhalí rozdiely medzi jednotlivými scenármi. Adaptačné opatrenia financované z domácich zdrojov znížia produkciu v sektore v úvode referenčného obdobia dokonca pod hodnoty scenára bez adaptačných opatrení. Na konci referenčného obdobia, v roku 2050, je hodnota prognózovanej produkcie najnižšia v prípade scenára bez adaptačných opatrení. Scenáre s adaptačnými opatreniami financovanými zo zahraničných zdrojov sú, v porovnaní absolútnych čísiel produkcie, rovnaké alebo priaznivejšie v porovnaní so scenárom bez adaptačných opatrení. Nasledujúci graf zobrazujúci percentuálny rozdiel v produkcii v porovnaní so scenárom bez adaptačných opatrení lepšie objasňuje vzťahy medzi jednotlivými scenármi.

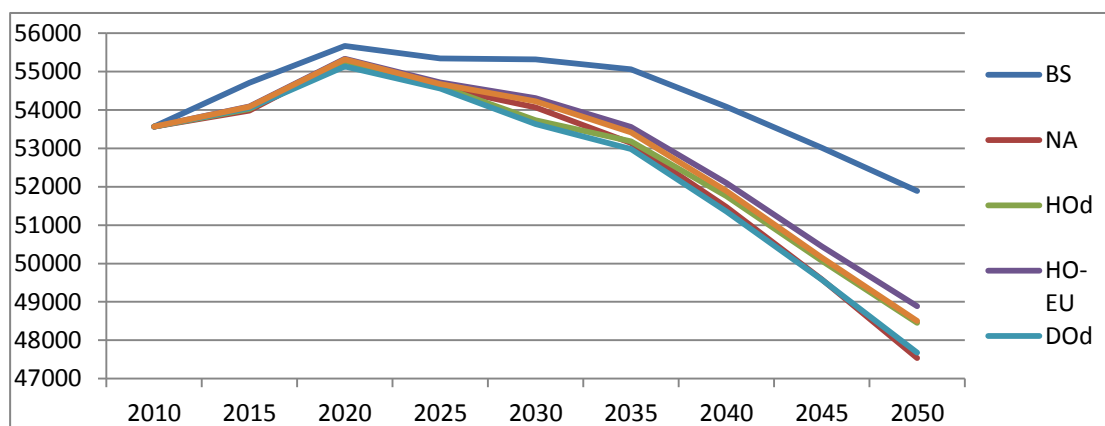


Obr. 62 Rozdiel produkcie scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, ako % z produkcie scenára bez adaptačných opatrení, vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Z grafu je vidieť, že až po roku 2045 sa scenár bez aplikácie adaptačných opatrení stáva najmenej priaznivým scenárom pri pohľade na úroveň celkovej produkcie v turizme. Scenáre počítajúce s aplikáciou adaptačných opatrení financovaných z domácich zdrojov sú po väčšinu referenčného obdobia menej výhodné. Scenáre počítajúce s aplikáciou adaptačných opatrení financovaných zo zahraničných zdrojov sú počas celého referenčného obdobia lepšou alternatívou v porovnaní so scenárom bez aplikácie adaptačných opatrení.

Nasledujúci graf a tabuľka zobrazujú absolútne hodnoty zamestnanosti v sektore turizmu v jednotlivých scenároch pri hornom odhade rozsahu klimatických zmien.



Obr. 63 Vývoj zamestnanosti v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

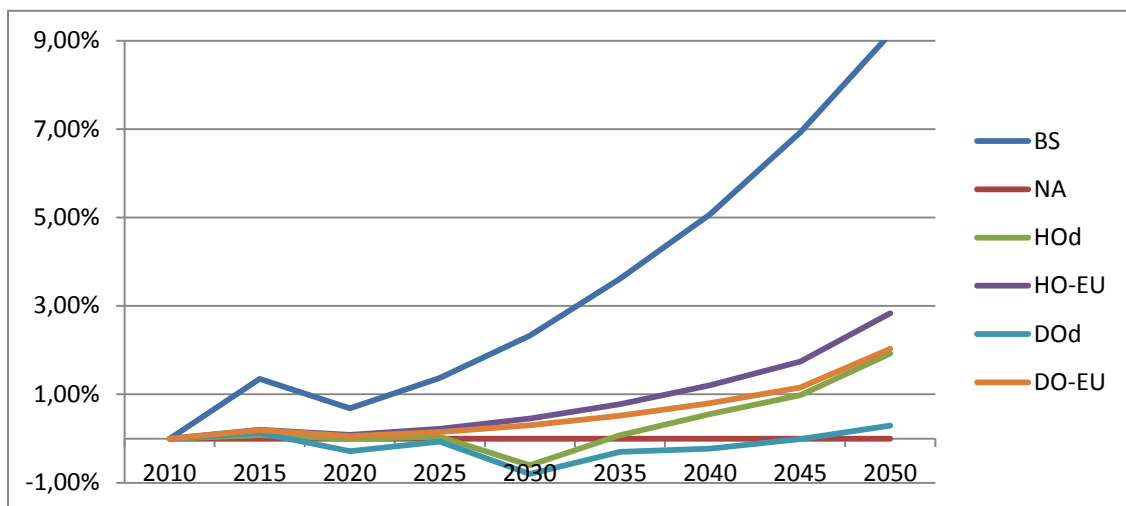
Tab. 39 Vývoj zamestnanosti v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, vysoký scenár

	BS	NA	HOd	HO-EU	DOd	DO-EU
2010	53565	53565	53565	53565	53565	53565
2015	55830	55725	55627	55794	55655	55791
2020	55117	54741	54741	54787	54586	54771
2025	54259	53525	53545	53644	53487	53605

2030	53712	52490	52173	52728	52070	52649
2035	52946	51099	51139	51497	50946	51364
2040	51511	49023	49294	49614	48910	49416
2045	50019	46778	47237	47593	46772	47319
2050	48493	44425	45279	45686	44555	45328

Zdroj: výpočty autorov

Aj v sektore turizmu je možné po roku 2020 postupne pozorovať pokles zamestnanosti aj napriek nárastu produkcie. Pokles zamestnanosti bude, aj v tomto prípade, spôsobený nedostatkom pracovných síl na trhu práce, ktorý bude dôsledkom očakávaného demografického vývoja. Rast celkovej produkcie po roku 2020 bude tak ťahaný predovšetkým rastom produktivity práce. Odhliadnuc od tejto skutočnosti pohľad na zamestnanosť prináša, vo vzťahu k jednotlivým scenárom, podobné závery ako pohľad na celkovú produkciu v sektore. Nasledujúci graf zobrazuje rozdiel jednotlivých scenárov od scenára bez adaptačných opatrení vyjadrený ako percento z celkovej zamestnanosti tohto scenára.



Obr. 64 Rozdiel zamestnanosti scenára od zamestnanosti v scenári bez adaptačných opatrení, ako % zo zamestnanosti scenára bez adaptačných opatrení, vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Podobne ako pri pohľade na produkciu v sektore najpriaznivejšie výsledky vykazuje základný scenár; vo všetkých ostatných scenároch je zamestnanosť v turizme nižšia. Scenár s klimatickou zmenou, ale bez adaptačných opatrení vykazuje v počiatočnom období vyššiu zamestnanosť v sektore, ako scenáre s adaptačnými opatreniami financovanými z domácich zdrojov. Odlev zdrojov zo sektora, v podobe zvýšených daní a zvýšených nákladov podnikateľských subjektov vyplývajúcich z aplikácie adaptačných opatrení, má v konečnom dôsledku negatívny efekt na celkovú zamestnanosť v sektore. Naopak z tejto situácie môžu profitovať iné sektory. Počet pracovných miest novovzniknutých v dôsledku aplikácie adaptačných opatrení v sektore turizmu je nižší ako počet pracovných miest zaniknutých, respektíve nevytvorených v dôsledku presunu finančných zdrojov smerujúceho na adaptačné opatrenia. V prípade scenárov počítajúcimi s financovaním adaptačných opatrení zo zahraničných zdrojov k odlivu domáceho kapitálu nedochádza, čo znamená že v sektore budú vytvárané pracovné miesta tak akoby k odlivu finančných zdrojov nedochádzalo plus budú vytvorené pracovné miesta spojené s adaptačnými opatreniami. Aj napriek dodatočným miestam vznikajúcimi v rámci aktivít spojených s adaptačnými opatreniami, zamestnanosť

v scenároch s adaptačnými opatreniami financovanými zo zahraničných zdrojov zostáva hlboko pod úrovňou zamestnanosti v základnom scenári.

Klimatické zmeny tak vplývajú výrazne negatívne na výkonnosť sektoru turizmu, či už pri pohľade na očakávaný vývoj produkcie, či zamestnanosti. Pri pohľade na hodnoty zo záveru referenčného obdobia, teda z roku 2050, môžeme konštatovať stratu od 159 (v prípade dolného odhadu rozsahu klimatickej zmeny) do 322 (v prípade horného odhadu rozsahu klimatickej zmeny) miliónov EUR (pokles o takmer 4,2% - 8,4%). Ide o rozdiel medzi prognózovanými hodnotami pre základný scenár a scenár bez adaptačných opatrení. Analogicky je možné hovoriť o strate zamestnanosti v intervale od 2159 do 4352 pracovných miest, v závislosti od rozsahu klimatickej zmeny. Rozdiel medzi základným scenárom a scenárom bez adaptačných opatrení predstavuje absolútnu stratu produkcie aj pracovných miest spôsobenú klimatickou zmenou.

Vo všeobecnosti je možné povedať, že scenáre počítajúce s aplikáciou adaptačných opatrení v dlhodobom horizonte do roku 2050 vykazovali schopnosť tlmiť ekonomické dôsledky klimatických zmien. Pokiaľ budú adaptačné opatrenia financované z domácich zdrojov, ich návratnosť sa môže dostaviť až koncom referenčného obdobia; v prípade dolného odhadu až po roku 2045, v prípade dolného odhadu už po roku 2035. Adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov sú ekonomicky výhodné počas celého referenčného obdobia, čo platí tak o celkovej produkcii, ako aj o zamestnanosti. V prípade adaptačných opatrení financovaných z domácich zdrojov sú na mieste otázky o vhodnom načasovaní a voľbe intenzity adaptačných opatrení v sektore turizmu.

Odhadnuté hodnoty v prípade nízkeho scenára dopadov KZ:

Tabuľka 40: Vývoj produkcie v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov v mil. EUR, nízky scenár

	BS	NA	HOd	HO-EU	DOd	DO-EU
2010	1378	1378	1378	1378	1378	1378
2015	1696	1695	1670	1695	1670	1695
2020	2011	2006	1988	2007	1988	2007
2025	2320	2308	2287	2312	2287	2311
2030	2620	2596	2550	2604	2547	2602
2035	2908	2866	2826	2882	2822	2877
2040	3214	3144	3118	3172	3109	3164
2045	3525	3417	3413	3464	3399	3450
2050	3841	3682	3711	3754	3690	3732

Tabuľka 41: Vývoj zamestnanosti v sektore turizmu podľa jednotlivých scenárov, nízky scenár, osoby

	BS	NA	HOd	HO-EU	DOd	DO-EU
2010	53565	53565	53565	53565	53565	53565
2015	54713	54670	54608	54675	54557	54673
2020	55668	55535	55374	55561	55239	55554
2025	55344	55064	55021	55140	54875	55119
2030	55323	54822	54376	54986	54626	54939
2035	55064	54269	54085	54565	54165	54479
2040	54086	52918	52840	53393	52995	53253
2045	53021	51399	51605	52098	51794	51890
2050	51888	49729	50129	50700	50303	50409

5.5.5 Sumarizácia dôsledkov zmeny klímy a návrhu adaptačných opatrení

Dôsledky zmeny klímy na turizmus

- Zlepšenie podmienok pre letné turistické aktivity viazané na kúpanie a horskú turistiku
- Zhoršovanie podmienok pre prevádzkovanie zimných športov viazaných na výskyt snehovej pokrývky – najmä v nižšie položených zimných strediskách pod 1000 m n.m.
- Zhoršovanie podmienok pre zimné turistické aktivity na horách (bežecké lyžovanie, skialpinizmus)

Návrh adaptačných opatrení v turizme

- Na národnej úrovni zapracovať riziká zmeny klímy pre oblasť cestovného ruchu na Slovensku do strategických rozvojových aktivít v oblasti cestovného ruchu
- Vypracovať regionálne štúdie dôsledkov zmeny klímy pre jednotlivé turistické regióny Slovenska so zohľadnením ich špecifik
- Dobudovať infraštruktúru zimných stredísk najmä s ohľadom zvýšenia zabezpečenia umelej snehovej pokrývky
- Vypracovať funkčný systém komplexných informačných centier v hlavných strediskách cestovného ruchu s on-line poskytovaním informácií (meteo, podmienky pre turistiku, nebezpečné javy, služby, ponuky atď.) a zabezpečiť ich vybudovanie
- Dobudovanie systémov bezpečnosti pre turistov – technické a kapacitné posilnenie stredísk horskej záchranej služby, rýchlej zdravotnej pomoci v turistických centrách a strediska protilavínovej prevencie

5.6 Zdravotníctvo

5.6.1 Základné informácie

Systém verejného zdravotníctva zabezpečuje Ministerstvo zdravotníctva prostredníctvom Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky (ďalej len „úrad“) je rozpočtová organizácia štátu zriadená podľa zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 355/2007 Z. z.“) s pôsobnosťou pre územie Slovenskej republiky so sídlom v Bratislave.

Organizácia je finančným vzťahom zapojená na rozpočet Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky. Úrad riadi a za jeho činnosť zodpovedá hlavný hygienik Slovenskej republiky (ďalej len „hlavný hygienik“). Hlavný hygienik vymenúva a odvoláva regionálnych hygienikov na návrh ministra zdravotníctva Slovenskej republiky. Úrad riadi, kontroluje a koordinuje výkon štátnej správy v oblasti verejného zdravotníctva uskutočňovaný regionálnymi úradmi verejného zdravotníctva. Podrobnejšie kompetencie a pôsobnosť úradu na úseku ochrany, podpory a rozvoji verejného zdravia ustanovuje § 5 zákona č. 355/2007 Z. z.

V systéme verejného zdravotníctva je nosným dokumentom, pre činnosti v oblasti environmentálneho zdravia, **Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov Slovenskej republiky III (NEHAP/CEHAP)** – národný program schválený vládou SR uznesením č. 10/2006 v rámci ktorého sa realizujú konkrétne aktivity na dosiahnutie regionálnych prioritných cieľov vychádzajúcich z CEHAPE a ostatných cieľov stanovených

v NEHAP III. V decembri 2009 bola v zmysle uvedeného uznesenia pripravená národná správa o stave implementácie NEHAP III v Slovenskej republike a v januári 2010 bola správa vládou vzatá na vedomie. V súčasnosti sa pripravuje nový akčný plán (NEHAP IV), ktorý riešeniu problematiky klimatických zmien vo vzťahu k zdraviu obyvateľstva v Slovenskej republike venuje výrazne viac pozornosti ako v minulosti.

Systém verejného zdravotníctva je napojený na rozpočtovú kapitolu Ministerstva zdravotníctva SR, kde pre rok 2011 bolo alokovaných 31 mil. € na činnosti vyplývajúce so Zákona 355/2007 Z.z. ako aj na činnosti vyplývajúce z členstva SR v EÚ a záväzky vyplývajúce so spolupráce so Svetovou zdravotníckou organizáciou (WHO).

5.6.2 Dôsledky klimatickej zmeny na zdravotníctvo

Klimatické zmeny nepochybne prispievajú ku globálnej zdravotnej záťaži ľudskej populácie na všetkých kontinentoch sveta a tiež k predčasným úmrtiam v dôsledku rôznych prírodných úkazov ktorých typ a charakter je závislý od podmienok v jednotlivých častiach sveta. Ľudstvo je vystavené klimatickým zmenám priamo i nepriamo. Priamo prostredníctvom meniaceho sa počasia – teploty, zrážky, nárast hladiny morí, stále frekventovanejším extrémnym udalostiam v počasi a nepriamo prostredníctvom zmien v kvalite vody, ovzdušia, potravín, zmien v ekosystémoch, poľnohospodárstve, priemysle, bývania a ekonomiky.

Zmeny v klíme na planéte Zem sa neustále diali aj v minulosti a dejú sa i v súčasnosti, alarmujúci je však fakt, že sa v súčasnosti dejú oveľa rýchlejšie a s rastúcou intenzitou. Z tohto dôvodu sú obavy ľudstva o jeho budúcnosť oprávnené. Zmeny klimatických podmienok sú jednou z príčin, ktoré vedú k celkovým zmenám prirodzeného životného prostredia človeka; problém nastáva keď ľudia nie sú dostatočne pripravení na zmenené životné prostredie teda nestihli sa adaptovať na nové životné podmienky so všetkými dôsledkami.

Táto kapitola popisuje zdravotné aspekty vykazujúce vysokú senzitivitu ku zmenám prebiehajúcim v klíme. Informácie obsiahnuté v tejto kapitole sú založené nielen na určitých indikátoroch na sledovanie vplyvov klimatických zmien na zdravie, ale i na informáciách publikovaných vo vedeckých publikáciách. Objavili sa vedecké dôkazy o zmene distribúcie niektorých vektorov infekčných ochorení, zmene distribúcie sezónnych peľových alergénov a náraste frekvencie a intenzity horúcich vln s dôsledkom úmrtí. Mnoho vážnych vplyvov na zdravie môže nastať v dôsledku extrémnych teplôt, povodní, búrok, požiarov a sucha, zmien v kvalite i kvantite pitnej vody. V niektorých častiach Európy je možné očakávať i pozitívne efekty v podobe zníženia úmrtí v dôsledku chladu avšak tieto výhody budú prevážené negatívnymi vplyvmi z rastúcich teplôt vo svete.

Pribúdanie extrémnych udalostí v počasi za posledných niekoľkých dekád minulého storočia a v prvej dekáde tohto storočia a poznatky o procesoch, ktoré k tejto situácii viedli sú príčinou rastúceho záujmu vedcov v zdravotníctve určiť potenciálne mechanizmy, ktorými by zmeny klímy mohli ovplyvňovať zdravie. Zistili, že zdravotné následky klimatických zmien budú ovplyvňované aj inými než environmentálnymi faktormi, napríklad socioekonomickým rozvojom alebo mierou zavedenia účinných opatrení pre adaptáciu ku klimatickým zmenám. Mnohé štúdie odhadujú potenciálny dopad klimatických zmien samostatne bez prihliadnutia na iné environmentálne zmeny. V skutočnosti však klimatické zmeny budú prebiehať na pozadí iných globálnych zmien ako sú rast populácie, urbanizácia, zmeny využitia krajiny a vyčerpanie zdrojov pitnej vody. Tieto zmeny samostatne vplyvávajú na ľudské zdravie a v interakcii s klimatickými zmenami by mohli svoje negatívne vplyvy znásobiť. (Haines et al., 2006)

Zistenia Medzinárodného panelu pre klimatické zmeny IPCC a správa publikovaná spoločne s European Environment Agency (EEA), European Commission's Joint Research (JRC) a World Health Organisation (WHO) (EEA, 2008a) poskytlí dôkazy, že vplyv na prírodné systémy a zdravie v Európe aj pri zvýšení teploty približne o 1°C (k dnešnému dňu) nad priemerom 1850-1899, už boli pozorované. Projekcie/predpovede naznačujú zvýšenie teploty až o 6°C do konca tohto storočia (EEA, 2008b; IPCC, 2007), s vážnymi dôsledkami na vodu, ovzdušie, pôdu, potraviny, ekosystémy, a produktivitu v poľnohospodárstve a hospodárstve. Zdravie populácie silno závisí od stability, produktivity a odolnosti prírodného prostredia. Výsledky viacerých hodnotení, výskumných projektov a národných hodnotení dopadov na zdravie už dali jasne najavo, že v najbližších desaťročiach bude ľudské zdravie vystavené významným vplyvom klimatických zmien pravdepodobne v podobe extrémnych poveternostných udalostí. Ďalšie podoby dopadov na zdravie sa môžu prejavovať v náraste podvýživy v oblastiach, kde sú populácie obzvlášť závislé od rastlinnej a živočíšnej produkcie, v zmene distribúcie infekčných ochorení, v náraste ochorení súvisiacich s vodou najmä tam, kde je sanitácia a osobná hygiena na nízkej úrovni, v náraste respiračných ochorení v dôsledku zmien ovzdušia a distribúcie peľov, vo vysídľovaní obyvateľstva v dôsledku erózie pobrežia a narušenia poľnohospodárstva.

Klimatické zmeny budú mať negatívny vplyv na hospodársky rast a budú výzvou pre rôzne hospodárske odvetvia. Podľa viacerých odhadov môže dôjsť k stratám hrubého domáceho produktu, napr. pri oteplení o 4°C by GDP kleslo o 1-5% (s podstatnými regionálnymi rozdielmi) (Stern, 2006). Hospodársky rast a spravodlivá distribúcia sú potrebné na redukovanie chudoby a uskutočňovanie cieľov v oblasti životného prostredia a zdravia (IPCC, 2007).

Vedci sa zhodli v tom, že priemerná celková teplota vzrástla o 0,76 °C za posledných 100 rokov. Priemerná hladina morí sa zvyšuje o 1,8 mm každoročne od roku 1961, ľadovce v arktickom mori sa zmenšujú najmenej o 2% každú dekádu. Navyše teplota na hladine morí sa zvyšuje, horské ľadovce sa zmenšujú, zvyšuje sa kyslosť morských vôd a extrémne výkyvy počasia sa objavujú stále častejšie. Frekvencia výskytu horúcich vln a intenzívnych zrážok je veľmi pravdepodobne na vzostupe a zasahuje stále väčšie územia. Úmrtia v dôsledku horúčav budú rásť osobitne u zraniteľných skupín populácie ako sú starí ľudia, deti, zdravotne postihnutí a nízkopříjmové skupiny obyvateľstva. IPCC správa tiež predpovedá nárast morbidít a mortalít pacientov trpiacich na kardio-respiračné ochorenia v dôsledku zmien v klíme. V štúdiách, ktoré boli vykonané v nemocniciach sa uvádzajú údaje o množstve hospitalizácií kvôli lesným požiarom, prachovým búrkam a ťažkostiam s dýchaním.

Klimatické zmeny zvýšia nerovnosť medzi bohatými a chudobnými časťami jednotlivých regiónov sveta. Zdravie bude ďalej ovplyvňované zmenami vo vodnom cykle v dôsledku striedania záplav na jednej strane a súch na strane druhej. Podľa WHO od roku 1970 klimatické zmeny zapríčinili každoročne viac ako 150,000 úmrtí. Ide o nárast úmrtí na diarrhoea (hnačky), maláriu a podvýživu, hlavne v Afrike a ostatných rozvojových krajinách. Do konca roku 2030 sa očakáva dvojnásobný nárast t.j. 300,000 úmrtí každoročne.

Vplyvy klimatických zmien najťažšie dopadajú na zraniteľnú populáciu. Najväčšiu zdravotnú záťaž, ktorá je pripisovaná klimatickým zmenám, predstavujú hnačkové ochorenia a podvýživa v krajinách, kde je úroveň výskytu týchto ochorení a nepriaznivých podmienok života už aj v súčasnosti vysoká a kde sú možnosti adaptácie veľmi limitované. V Afrike, kde si malária vyžiada 1-3 miliónov životov ročne (z toho najviac detí) vyššie teploty predĺžia čas expozície človeka obdobiu malárie v prepočte na človeko-mesiac o 16-28%, v závislosti od použitej metódy výpočtu.

Situácia v Európe

Ochorenia súvisiace s horúčavou a znečistenie ovzdušia vplyvom klimatických zmien sú možno najväčším problémom pre Európu. Viac ako 70000 prípadov úmrtí bolo zaznamenaných v 12 európskych krajinách od júna do septembra v roku 2003 v porovnaní s priemerom rokov 1998-2002 (Robine, et al., 2007). Hodnotenia ukázali, že na počet úmrtí mala veľký vplyv dĺžka trvania extrémnych teplôt; počet úmrtí bol 1,5 až 5krát vyšší ako pri horúčavách trvajúcich kratší čas.

Národné správy o hodnotení dopadov na zdravie vykonané v európskych krajinách (Fínsko, Nemecko, Holandsko, Portugalsko, Španielsko, Švajčiarsko, Anglicko) uvádzajú úmrtia v dôsledku horúčav, znečistenie ovzdušia, ochorenia spôsobené vodou a potravinami a infekčné ochorenia. Napríklad v Holandsku bol preukázaný nárast úmrtí v dôsledku vysokých teplôt, nárast znečistenia ovzdušia, zvýšenie rizika lymskej boreliózy, otráv potravinami a nárast alergických ochorení. V Portugalsku riziko leishmaniózy klesla v niektorých oblastiach, ale horúčavy spôsobili nárast úmrtí, maláriu, ochorenia spôsobené vodou a potravinami, západonílsku horúčku, lymskú boreliózu a škvrnitý týfus.

V Európe sú opakovane dosahované teploty medzi 35 až 40 °C, a teplotné píky presahujú 40 °C. Počet úmrtí kvôli extrémne vysokým teplotám v Európe počas jedného mesiaca (v auguste 2003) dosiahol 35000, len v samotnom Francúzsku zaznamenali viac ako 13000 úmrtí. Najčastejšie prejavy klimatických zmien v Európskom regióne a ich zdravotné dôsledky sú uvedené v tab.40.

Tab. 40 Najčastejšie prejavy klimatických zmien v Európskom regióne a ich zdravotné dôsledky

<i>Jav/úkaz</i>	<i>Vplyvy na zdravie</i>
<i>Záplavy</i>	<i>Úmrtia, úrazy, infekčné ochorenia</i>
<i>Výkyvy teplôt (extrémne vysoké teploty, veľmi nízke teploty) v kombinácii so znečisteným ovzduším a vyšším výskytom prízemného ozónu</i>	<i>Zhoršenie stavu ľudí s kardiovaskulárnym, respiračným ochorením, astmy, predčasné úmrtia, dehydratácia</i>
<i>Vektory prenosu infekčných ochorení (komáre, kliešte)</i>	<i>Malária, žltá horúčka, Lymská borelióza, encefalitída, západonílska horúčka</i>
<i>Vodou prenosné ochorenia</i>	<i>hepatitída, diarea</i>
<i>UV žiarenie</i>	<i>Ochorenia kože</i>
<i>Peľové alergény</i>	<i>Alergická senzitivita, zhoršenie alergických stavov, zvýšenie počtu astmatických záchvatov,</i>
<i>Potraviny</i>	<i>Prípady salmonelóz</i>

V nasledujúcom texte sú uvedené závery z projektu *Climat Change and Adaptation Strategy for Climate Change in Europe* (cCASHh, www.euro.who.int/ccashh) financovaného Európskou úniou, do ktorej bolo zapojených 15 európskych krajín (SR nebolo zapojené v projekte). Boli identifikované nasledovné vplyvy klimatických zmien na zdravie:

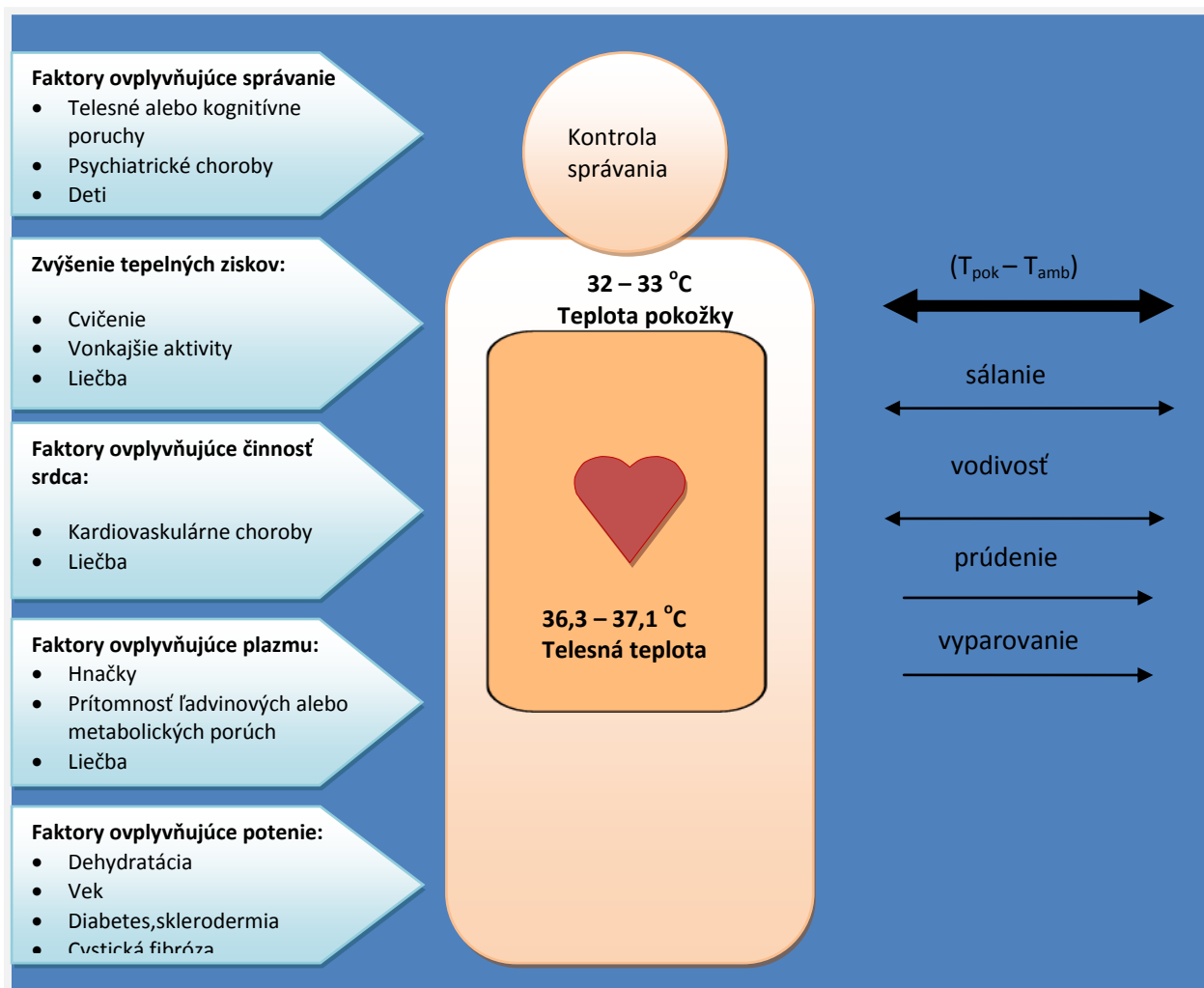
- Horúčavy v auguste 2003 spôsobili viac ako 35000 úmrtí v Európe.
- Prípady salmonelózy narástli o 5-10% s každým zvýšením teploty o 1 °C počas týždňa.
- Záplavy v uplynulých rokoch spôsobili úmrtia, úrazy a choroby; očakáva sa zvýšenie ich frekvencie.
- Lymská borelióza a kliešťová encefalitída sa rozšírila do vyšších zemepisných šírok (Švédsko) a nadmorských výšok (Česká republika).
- Priemerná dĺžka vegetačného obdobia rastlín s alergizujúcim peľom spôsobujúcim alergické reakcie v Európe vzrástla o 10-11 dní za posledných 30 rokov.

Teplejšie zimy spôsobia zníženie počtu úmrtí v dôsledku nízkych teplôt, napríklad v UK očakávajú väčšie zníženie úmrtí z dôvodu chladu ako je nárast úmrtí na vysoké teploty (IPPC WG11). Napriek tomu, podľa projektu Európskej únie PESETA (<http://peseta.jrc.es/results.html>), sa úmrtia počas horúčav v 27 krajinách EÚ dramaticky zvýšia. Podľa scenára predpokladajúceho zvýšenie priemernej globálnej teploty o 3 °C v priebehu rokov 2071-2100 v porovnaní s rokmi 1961-1990 sa predpovedá takmer 86000 extra úmrtí za rok. S nárastom priemernej teploty o 2,2 °C za také isté obdobie je tento počet extra úmrtí polovičný, t.j. 36000.

V Anglicku pri použití scenára so stredne veľkými klimatickými zmenami sa predpokladá ročne 2800 úmrtí (oproti 800 úmrtí v r.1990) spôsobených vysokými vonkajšími teplotami do roku 2050, čo predstavuje 350% nárast oproti súčasnej úrovni a asi 3500 úmrtí v roku 2080. Úmrtia na ochorenia súvisiace s chladom klesnú z 80300 v roku 1990 na 60000 v roku 2050 a na 51200 v roku 2080 podľa toho istého scenára. (Donaldson et.al, 2001). Štúdia v Nemecku predpokladá 20% nárast úmrtí v dôsledku horúcich vln čo pravdepodobne nebude kompenzované znížením úmrtí na chlad (Koppe et.al, 2003). V Portugalsku narastie úmrtnosť v dôsledku horúčav zo súčasných 5,4-6 na 100000 obyvateľov na 19,5-248 na 100000 v roku 2080 (Dessai, 2003)

Okrem spôsobenia úmrtí, horúčavy môžu zhoršiť existujúce zdravotné problémy. Podľa WHO kardiovaskulárne ochorenia sú omnoho vážnejšie v letnom období a tiež riziká alergických porúch rastú. Horúcejšie a dlhšie letá prinesú nové druhy rastlinných peľov, ako je ambrózia, a zmeny v peľovej sezóne. V Európe peľová sezóna trvá o 10 dní dlhšie, než tomu bolo pred 30 rokmi.

Podľa projektu CAFE (Clean Air For Europe) financovaného EU takmer 370,000 ľudí v Európe umrie predčasne každý rok kvôli znečistenému ovzdušiu. Znečistené ovzdušie nie len zabíja, ale tiež zhoršuje chronické respiračné a kardiovaskulárne ochorenia, ničí pľúcne tkanivo a prispieva k vzniku rakoviny. Najmä dva komponenty sú významné vo vzťahu k účinkom znečisteného ovzdušia na zdravie: prízemný ozón a prachové častice (PM₁₀). Výskumy ukázali, že tak krátkodobá ako i dlhodobá expozícia týmto substanciam je spojená s veľkým počtom zdravotných účinkov, vrátane predčasných úmrtí i rastu ochorení. Prízemný ozón je spojený s nárastom morbidít i mortality na kardio-respiračné ochorenia (IPPC, WG11). Kým prisna kontrola kvality ovzdušia mala viesť k poklesu úmrtí v súvislosti so znečisteným ovzduším počas najbližších 50 rokov, boli vyslovené obavy, že horúce počasie bude zhoršovať účinky znečisteného ovzdušia na zdravotný stav európskej populácie. Možné vysvetlenie je, že budúce klimatické zmeny môžu spôsobiť významnú degradáciu kvality ovzdušia tým, že sa zmení rozptyl znečisťujúcich látok aj chemické prostredie pre tvorbu ozónu a aerosolu a pribudnú emisie z biosféry, požiarov a prachu. Zo záveru správy Európskeho programu pre klimatické zmeny a zdravie (ECCP) vyplýva, že expozícia človeka kombinovaným účinkom stresujúcich poveternostných podmienok a znečisteného ovzdušia má škodlivejší účinok na zdravie ako je suma účinkov jednotlivých faktorov osobitne. Očakáva sa, že klimatické zmeny ovplyvnia frekvenciu i koncentráciu obidvoch letného i zimného smogu, čo bude problémom najmä veľmi znečistených urbanizovaných oblastí. Horúčavy priamo ovplyvňujú ľudské zdravie fyziologicky: správna termoregulácia počas horúčav vyžaduje zdravý kardiovaskulárny systém. Keď vonkajšia teplota prekoná mechanizmus zvládnutia teploty telesná teplota sa zvýši. Toto môže viesť k ochoreniam z teploty alebo k úmrtiu na úpal, zlyhanie srdca a pod. (obr. 65) (Impact of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment, EEA-JRC-WHO, 2008).



Obr. 65 Faktory ovplyvňujúce termoreguláciu ľudského tela (Zdroj: Matthies et.al, 2008)

Faktory ovplyvňujúce termoreguláciu a spôsobujúce u človeka senzibilitu sú faktory ovplyvňujúce jeho správanie (psychiatrické ochorenie, deti), zvýšený príjem tepla (cvičenie, lieky), faktory ovplyvňujúce činnosť srdca (kardiovaskulárne ochorenie, lieky), faktory znižujúce objem plazmy (hnačkové, renálne alebo metabolické ochorenie, lieky) a faktory ovplyvňujúce potenie alebo odparovanie (dehydratácia, vek, diabetes, cystická fibróza, lieky). (WHO Europe, 2008)

Teplota, pri ktorej môže človek žiť komfortne, bez potreby kúrenia alebo ochladzovania, sa všeobecne stanovuje v rozsahu 20°- 28°C. Pri 35°-40°C je už ohrozené ľudské zdravie. Identifikácia vplyvu horúčav na zdravie závisí od zdravotníckych, sociálnych a environmentálnych faktorov. Miestna klíma, topografia, príjem alebo počet starších obyvateľov môže ovplyvniť merania vplyvu teplôt na mortalitu. Od daných faktorov závisí aj prevencia.

Infekčné choroby súvisiace s klimatickými zmenami

V tejto sekcii uvádzame prehľad rôznych typov vzájomných vzťahov medzi podnebím a chorobami, ako aj predpoklad toho, ako môžu klimatické zmeny ovplyvniť transmisiu hlavných prenosných ochorení.

Pokiaľ ide o infekčné ochorenia, distribúcia vektormi prenášaných infekčných ochorení sa mení. Tropické ochorenia ako chikungunya sa už na európskom kontinente objavila. Možnosť „vtrhnutia“ malárie a iných tropických chorôb do južnej Európy je spoločnou obavou európskych štátov. Hodnotenia v Portugalsku uvádzajú nárast počtu dní v roku vhodných pre transmisiu malárie. Avšak aktuálne riziko transmisie by malo byť nízke prakticky zanedbateľné v prípade, ak infikovaný vektor nie je prítomný. V Anglicku usúdili vysokú nepravdepodobnosť udomácnenia malárie.

Suchá a záplavy nevyhnutne ovplyvnia dodávky bezpečnej pitnej vody. V chudobnejších oblastiach európskeho regiónu hnačkové ochorenia majú vzostupný trend u detí do 5 rokov. Klimatické zmeny môžu ovplyvniť zásobovanie vodou, ich vhodnosť, dostupnosť a kvalitu. Sú známe prípady, keď v dôsledku extrémov v počasí (horúčav, sucha, mohutných zrážok búrok, povodní) vznikli epidémie. Štúdie o účinkoch klimatických zmien na vznik otráv potravinami, napríklad salmonelózy, campylobacteriáza, poskytujú nespočetné množstvo výsledkov.

Vzduchom prenášané choroby

K vypuknutiam niektorých druhov vzduchom prenášaných infekčných chorôb, ako napríklad chrípka, nádcha, invazívna meningokoková choroba či ľudský respiračný syncyciálny vírus (RSV) u detí zväčša dochádza počas zimného obdobia v miernych pásmach. Tento sezónny charakter je však zrejme skôr spôsobený ľudským správaním (napr. ľudia sa v zime častejšie a vo vyššom počte zdržiavajú v uzavretých priestoroch) než špecifickými premennými daného podnebia. Niektoré štúdie objavili súvislosť medzi faktormi ako vlhkosť či UVB žiarenie a vypuknutiami chorôb (napr. Kinlin et al, 2009), ale kým sa neuskutočnia ďalšie výskumy, nemožno vyvodzovať závery o vzťahu klimatických zmien v Európe a vzduchom prenášaných infekčných chorôb. Na druhej strane, ak by kratšie trvanie zimy viedlo k zníženému zdržiavaniu sa ľudí v uzavretých priestoroch, riziko prenosu infekčnej choroby by kleslo. Naopak horúcejšie letá by mohli prispieť napríklad k zvýšenému riziku nákazy legionelózou, ak by sa kvôli horúčavam začali častejšie využívať chladiace zariadenia. Toto riziko by sa dalo znížiť používaním filtrov a správnu údržbou.

Potravou prenášané choroby

Vlny horúčav a dlhé obdobia extrémnych teplôt v lete zvyšujú riziko vypuknutí niektorých potravou prenášaných chorôb. Mnohé choroboplodné zárodky prítomné v potravinách sa pri zvýšenej teplote rýchlejšie množia, hoci niektorým choroboplodným zárodkom, ako napr. listérii, sa dobre darí aj pri teplotách, aké bývajú v chladničke. Štúdie z Veľkej Británie preukázali priamo úmerný vzťah medzi teplotou prostredia a vypuknutiami salmonelózy. Všeobecne platí, že vzťah medzi klimatickými podmienkami a vypuknutiami jedlom prenášaných chorôb spočíva väčšinou v nesprávnej výrobe, skladovaní, doprave, zaobchádzaní a príprave jedla v teplom počasí. Napríklad počas horúčav sa zvykne prekročiť kapacita chladničiek, mrazničiek a iných chladiacich zariadení. Pri bufetových stoloch či barbecue jedlo často zostáva prídlho vyložené vonku a vystavené vysokým teplotám. Ďalším príkladom sú intenzívne dažde, ktoré môžu spôsobiť kontamináciu závlahových vôd či poľnohospodárskych produktov choroboplodnými zárodkami z pôdy alebo zo zvierat. Na zabezpečenie bezpečnosti potravín v Európe aj pre budúcnosť sú potrebné kontrolné opatrenia a ciele informácie.

Vodou prenášané choroby

Klimatické zmeny môžu ovplyvniť riziko vypuknutia vodou prenášaných chorôb viacerými spôsobmi. Suchá môžu mať negatívny vplyv na kvalitu i kvantitu vody. Zvýšenie teploty spôsobí zvýšený výskyt určitých choroboplodných zárodkov/parazitov vo vodných zdrojoch (vrátane vlastných zdrojov pitnej vody a rekreačných vôd) a vo vodovodnom potrubí. Množenie baktérií ako napr. *Vibrio vulnificus* či *Vibrio cholera* v moriach a poloslaných vodách sa pri horúcom počasí výrazne zvyšuje. Počas dlhých a horúcich liet sa riziko priameho prenosu choroboplodného zárodka zvyšuje aj preto, že ľudia viac využívajú kúpaliská.

Intenzívne dažde môžu spôsobiť prenikanie zvieracích a environmentálnych choroboplodných zárodkov (ako napr. *Campylobacter*, *Salmonella*, *Cryptosporidium* či *Yersinia*) do zdrojov pitných vôd a do rekreačných vôd. Povodne a zosuvy pôdy môžu poškodiť infraštruktúru (čističky odpadových vôd, elektrické stanice), prečerpať kapacitu alebo spôsobiť presakovanie odpadových vôd do vodných zdrojov. Posledný príklad spôsobuje problémy v tých oblastiach, kde pitná voda pochádza zo súkromných vodných zdrojov.

Dohľad nad potravou a vodou prenášanými chorobami sa v Európskej únii zlepšil, predsa však je ťažké odhadnúť skutočný rozsah celého problému, keďže viaceré patogény, ktoré sa pomerne často vyskytujú, nie sú monitorované. Navyše hlásenie takýchto prípadov je nedostatočné, lebo pokiaľ nejde o niečo vážne, ľudia väčšinou pri symptómoch gastroenteritídy nevyhľadajú lekársku pomoc.

Vektormi prenášané choroby

Hmyz a kliešte, ako aj mnohé patogény a parazity, si svoju teplotu nedokážu regulovať samy, a preto sú veľmi citlivé od teploty prostredia, v ktorom sa nachádzajú. Klimatické zmeny teda ovplyvňujú riziko ochorenia tým, že majú vplyv na životný cyklus vektorov, na ich prirodzené prostredie, na zvieratá slúžiace ako rezervoár patogénov, ako aj na ľudské správanie. Hmyz využíva stojaté vody vzniknuté pri povodniach ako miesto na rozmnožovanie, a následkom tohto javu už boli nahlásené prípady premnoženia vektorov nákazy.

Klimatické zmeny sa dotknú nasledujúcich faktorov:

- geografického šírenia vektorov (šírenie smerom na sever, na juh a smerom do väčších nadmorských výšok),
- sezónnosti (období zvýšeného rizika),
- výskytu choroby (čiže rizika uštipnutia infikovaným vektorom a rozvinutia symptómov).

Klimatické zmeny budú mať kvôli epidemiologickým a ekologickým rozdielom rôzne dopady na rôzne vektormi prenášané choroby. Najvýznamnejšie z nich sú uvedené v tabuľke 41.

Tab.41 Vektormi a hlodavcami prenášané ochorenia a patogény, ktoré môžu byť ovplyvnené klimatickými zmenami

Ochorenia prenášané kliešťami	Ochorenia prenášané komármi	Ochorenia prenášané ostatným hmyzom	Ochorenia prenášané hlodavcami
Lymeská borelióza	Chikungunya horúčka	Leishmanióza, viscerálne a kožné	Hanta vírusy
Kliešťová encefalitída	Malária*	Chandipura vírus	Hemoragická horúčka s d'avinovým syndrómom
Eudská ehrlichioza Crimean-Congo hemoragické ochorenie*	Západonílska vírus Tularémia	Sicílsky vírus Tularémia	Leptospiróza Nephropathia epidemica
Tularémia	Žltá horúčka* Sindbis vírus	Toscana vírus Phlebotomus horúčka (Naples vírus)	Tularémia Plague*
	Tahyna vírus		Lymfotický choriomeningitický vírus Cowpox vírus Lassa horúčka*

*Tieto ochorenia nie sú v súčasnosti v Európe rozšírené, riziko ich výskytu je veľmi malé

Kliešťami prenášaná choroba

Lymeská borelióza patrí medzi najrozšírenejšie vektormi prenášané choroby v Európskej únii. Nejde o povinnosť hlásiť toto ochorenie na úrovni Európskej únie, ale odhaduje sa, že v Európe sa každoročne vyskytne 100 000 prípadov lymskej boreliózy. V skutočnosti je však tento počet pravdepodobne omnoho vyšší. Rozšírený výskyt choroby a riziko sekundárnych komplikácií môže spôsobiť vysokú úmrtnosť a finančné straty pre ohrozené skupiny obyvateľstva.

Kliešťovú encefalitídu spolu s lymskou boreliózou v Európe prenáša kliešť typu *Ixodes ricinus*, zatiaľ čo v severovýchodnej Európe (Fínsko a baltické krajiny) ju prenáša kliešť typu *Ixodes persulcatus*. Kliešte sa dožívajú tri alebo viac rokov a aktívne sú, keď teploty stúpnu nad 4-5°C. Počas chladnejších zím ich pred chladom chráni snehová pokrývka a porast. V dôsledku klimatických zmien sa kliešte začnú šíriť ďalej na sever a do väčších nadmorských výšok. Riziko lymskej boreliózy sa približne zhoduje so šírením kliešťov k týmto hraniciam, keďže zvieratá slúžiace pre kliešťov ako hostitelia, v týchto oblastiach už žijú (Jaenson et al. 2009). V endemických oblastiach, v súčasnosti typických dlhými obdobiami zimy, sa vplyvom klimatických zmien predĺži rizikové obdobie lymskej boreliózy i kliešťovej encefalitídy. Kliešťová encefalitída sa v súčasnosti šíri obmedzenejšie, čo sa dá vysvetliť tak, že tento vírus sa v prírode vyskytuje menej často než lymská baktéria. V endemických oblastiach s celoročnou aktivitou kliešťov sa riziko choroby zvýši vplyvom zvýšeného

výskytu vektorov, ale významný vplyv naň majú aj ostatné podmienky vrátane využívania pôdy a ľudského správania. V južnej Európe sa výskyt vektorov, a tým pádom aj riziko lyskej boreliózy a kliešťovej encefalitídy, môže značne znížiť, keď sa tieto oblasti natoľko vysušia, že v nich kliešte nebudú schopné prežiť.

Komármi prenášané choroby: choroby prenášané cestou človek – komár – človek

Malária bola z Európskej únie odstránená a jej celkový výskyt vo svete klesá vďaka intenzívnym regulačným programom. Niekoľko druhov komárov prenášajúcich maláriu sa však v Európe ešte vyskytuje, vrátane južnej Škandinávie, kde prezimujú vo vnútri budov. Aj keby klimatické zmeny spôsobili zvýšený výskyt vektorov a obdobia sezónnej aktivity v častiach Európy, vypuknutia pôvodnej malárie nie sú pravdepodobné, pokiaľ systém zdravotníctva v daných oblastiach neskolabuje. Malária sa povinne hlási na úrovni EÚ.

Vírus chikungunya spôsobil v roku 2007 vypuknutie choroby v Taliansku a jeden z jeho vektorov sa v súčasnosti vyskytuje v Európe. V endemických oblastiach Afriky a Ázie môže byť vírus nečinný po celé desaťročia a potom spôsobiť vypuknutie epidémie.

Horúčka dengue sa prenáša rovnakým druhom vektorov ako chikungunya. Hlavný vektor, *Aedes aegypti*, nedokáže prežiť v oblastiach s priemernou teplotou v najchladnejšom mesiaci pod 10°C. V Európe v súčasnosti žije aj iný druh tohto vektora, komár *Aedes albopictus*, odolný voči nízkym teplotám. Odhaduje sa, že pri súčasných klimatických podmienkach by tento vektor mal byť schopný sa udomáčniť v celej stredomorskej oblasti a v oblastiach pozdĺž pobrežia Atlantického oceánu v Španielsku, Portugalsku a Francúzsku. Klimatické zmeny v budúcnosti zvýšia potenciálne geografické rozšírenie tohto vektora v Európe. K nárastu šírenia choroby však dôjde len vtedy, keď nastanú dlhé obdobia dosť vysokých teplôt na to, aby sa vírus medzi vektormi začal množiť.

Komármi prenášané choroby: choroby prenášané cestou zviera – komár – človek

Západonílsky vírus sa šíri medzi mnohými druhmi vtákov a komárov. U ľudí ide o veľmi závažné ochorenie. Od vypuknutia epidémie v roku 1996 v Rumunsku patrí západonílska horúčka k úradne oznamiteľným chorobám na úrovni EÚ, ale odvtedy boli zaznamenané len malé vypuknutia (5 až 7 prípadov). Západonílska horúčka sa prednedávnom dostala aj do USA a rýchlo sa šíri po celom kontinente. Štúdie ukazujú, že všetkým veľkým vypuknutiam predchádzali klimatické podmienky priaznivé pre zvýšenie populácie vtákov aj vektorov v danej oblasti.

Horúčka údolia Rift je ochorenie vyskytujúce sa v Afrike, ktoré môže byť prenášané niekoľkými druhmi komárov. Hostiteľmi sú prežúvavce a ľudia. Táto horúčka sa môže stať hrozbou aj pre Európu, preto je potrebný dohľad.

Choroby prenášané kútovkou (sandfly)

Viscerálna forma leishmaniázy je najzávažnejšou spomedzi kútovkou prenášaných chorôb v Európe. Väčšina prípadov viscerálnej leishmaniázy je v Európe v súčasnosti zaznamenávaná južne od 45° severnej zemepisnej šírky, ale tak kútovky, ako aj niekoľko pôvodných prípadov bolo nedávno zaznamenaných aj v stredozápadnom Nemecku. Odhaduje sa, že geografický výskyt tejto choroby sa v Európe bude meniť a že bude nasledovať zmeny v januárových a júlových izotermách.

Súčasná infekcia vírusom HIV a parazitom *Leishmania*, ktorý je zodpovedný za viscerálnu leishmaniázu, spôsobuje očakávanú dĺžku prežitia len 13 mesiacov. Pri súčasnej infekcii HIV vírusom značne klesá účinnosť liečby leishmaniázy. HAART terapia vírusu HIV

síce znižuje riziko súčasných infekcií inými vírusmi, ale nie riziko recidívy viscerálnej leishmaniázy. Odhaduje sa, že v Európskej únii žije celkovo 700 tisíc ľudí nakazených vírusom HIV. Približne 25-70% dospelých pacientov nakazených viscerálnou leishmaniázou sú zároveň HIV-pozitívni. Každý rok je v Európe nahlásených 400-500 prípadov súčasnej infekcie viscerálnou leishmaniázou. Svetová zdravotnícka organizácia má v južnej Európe od začiatku 90. rokov 20. storočia niekoľko centier dohľadu nad viscerálnou leishmaniázou a HIV. (príloha 5.)

Hlodavcami prenášané choroby

Hlodavce sú zodpovedné za prenos mnohých ľudských chorôb. Napríklad stojaté vody infikované výkalmi hlodavcov po povodniach boli spájané s vypuknutiami leptospirózy. Dlhotrvajúce suchá môžu znížiť výskyt hlodavcov. Hlodavce šíria choroboplodné zárodky prostredníctvom svojho moču a výkalov a ľudia sa nakazia po vdýchnutí kvapôčok kontaminovanej vody vo vzduchu (hanta vírusy, epidemická nefropatia, tularémia), alebo pri kontakte s kontaminovanou vodou (leptospiróza, tularémia). Navyše hlodavce slúžia ako hostitelia choroboplodným mikroorganizmom prenášaným blchami (mor) a inými vektormi (kliešťová encefalitída, lymská borelióza, tularémia).

Zmeny vo využívaní pôdy a špecifické ekologické podmienky, ako napr. medziročné vzájomné pôsobenie medzi populáciami hlodavcov a predátorov v severných oblastiach, predstavujú významné faktory ovplyvňujúce populáciu hlodavcov. Výskyt hlodavcov je tiež ovplyvnený sezónnymi klimatickými podmienkami. Miernejšie zimy a dlhšie vegetačné obdobia môžu prispievať k lepšej dostupnosti potravy a zvýšiť hlodavcom šance na prežitie. Ich prežitie počas zimy však v niektorých oblastiach môže byť ohrozené tenšou snehovou pokrývkou.

Dôsledky klimatických zmien na zdravie - Slovensko

Klimatické zmeny sa stali v celosvetovom meradle najväčšou výzvou pre verejné zdravotníctvo v tomto storočí. V 4. hodnotiacej správe IPPC sa hovorí, že zdravotné riziká spôsobené extrémami v počasí sú pravdepodobne najdôležitejšími v zmysle požadovaných priprav v Európe. Výkyvy v počasí budú častejšie a extrémnejšie a ich dôsledky pre prírodu vrátane človeka budú dramatickejšie. Včasná reakcia a pripravenosť na blížiace sa pohromy môže zachrániť mnoho životov, zmierniť utrpenie ľudí a predísť alebo aspoň zmierniť hospodárske škody, ktoré sú obvykle ich sprievodným javom.

Charakter klimatických zmien a extrémnych výkyvov počasia však bude v rôznych regiónoch sveta rôzny. Iné prírodné javy možno očakávať v príbrežných oblastiach/krajinách, iné vo vnútrozemí, teda geografická poloha jednotlivých štátov bude mať určujúci význam pri navrhovaní adaptačných opatrení.

V súčasnosti sledujeme posilnenie politiky EÚ pre klimatické zmeny prijatím závažných dohôd na zníženie produkcie skleníkových plynov. Kľúčovým problémom európskej politiky však bolo, že mnoho rozhodnutí v týchto dokumentoch nebolo určených z hľadiska ochrany zdravia. Ochrana zdravia vyžaduje posun od nebezpečných a neobnoviteľných zdrojov energie a kladie dôraz na energeticky úsporné a energeticky účinné politiky na redukciu skleníkových plynov. Preto bolo navrhnuté aby otázka ochrany zdravia v súvislosti s klimatickými zmenami bola rozpracovaná do Akčného plánu pre životné prostredie a zdravie (NEHAP) na európskej úrovni a tiež do národných akčných plánov pre životné prostredie a zdravie. Tento návrh bol skutočne premietnutý do kľúčového dokumentu 5.ministerskej konferencie o životnom prostredí a zdraví v Parme v roku 2010.

Ministerskú Deklaráciu prijatú na tejto konferencii prijali všetky členské krajiny WHO, EK, UNDP, EHK a mnoho medzinárodných vládnych i mimovládnych organizácií.

Slovenská republika v zastúpení predstaviteľov rezortov zdravotníctva a životného prostredia v Parme taktiež prijala politický záväzok uskutočniť kroky smerujúce k vypracovaniu národnej stratégie ochrany zdravia obyvateľstva v súvislosti s klimatickými zmenami. Súčasný obraz o situácii na Slovensku však signalizuje, že k tomuto cieľu povedie veľmi dlhá cesta. Stav poznania dopadov extrémnych výkyvov počasia na zdravie obyvateľov SR, dostupnosť údajov potrebných pre hodnotenie týchto dopadov, identifikovanie a prejednanie najväznejších dopadov, navrhnutie potrieb a adaptačných opatrení na zmiernenie potenciálnych zdravotných dopadov ako aj samotná metodika hodnotenia dopadov klimatických zmien na zdravie vyžaduje isté skúsenosti, inštitucionálne zabezpečenie ako i odborné kapacity. Tieto sú v rezorte zdravotníctva značne limitované okrem iného aj nedostatkom skúseností, nakoľko sa SR doteraz nezúčastňovala na medzinárodných aktivitách zameraných na skúmanie zdravotných aspektov klimatických zmien. Slovenská republika je v nevýhode oproti krajinám, ktoré boli zapojené a ďalej pokračujú v projektoch EÚ zo záverov ktorých sú čerpané aj údaje použité v tomto materiáli. Získané poznatky a skúsenosti následne uplatňujú pri modelovaní očakávaných dopadov klimatických zmien na zdravie, hodnotení zraniteľnosti svojich krajín, rozvoji stratégií či prípravy akčných plánov. Situáciu nevylepší ani súčasná hospodárska kríza v Európe, ktorá do určitej miery ovplyvňuje všetky štáty v EÚ, avšak signifikantne limituje možnosti posilniť existujúce kapacity vo verejnom zdravotníctve Slovenskej republiky.

Pred prijatím adaptačných opatrení na klimatické zmeny by malo byť vykonané hodnotenie národnej zraniteľnosti, dopadu a adaptácie klimatickým zmenám. Pre hodnotenie z hľadiska rezortu zdravotníctva existuje všeobecne odporúčaná metodika (European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC,2010) vypracovaná na základe vedeckých dôkazov a poznatkov o zdravotných účinkoch jednotlivých prejavov klimatických zmien ale tiež na základe skúseností európskych krajín s takýmto hodnotením i implementáciou ich národných stratégií.

Metodika ECDC pre hodnotenie národnej zraniteľnosti je cielene zameraná na posúdenie rizík vzniku prenosných ochorení senzitivných na klimatické zmeny, tj. vektormi prenášané choroby ale jej základná štruktúra je dobre aplikovateľná i na posúdenie ďalších foriem prejavov výkyvov počasia.

Pre odhad predpokladaných dopadov klimatických zmien na zdravie populácie SR, bez špecifikovania citlivých skupín, bol použitý stredne pesimistický emisný scenár uvedený v Novej verzii scenárov klimatickej zmeny pre SR (M.Lapin a kol., NKP,2011) a vychádzalo sa tiež z poznatkov o trendoch vo vývoji zdravotného stavu obyvateľstva v SR (ÚVZ SR). Prehľad ochorení s nárastom ktorých treba v súvislosti s predpokladanými klimatickými javmi v nasledujúcich desaťročiach reálne počítať (Koppová et al.,2011), je nasledovný:

- *kardiovaskulárne ochorenia a náhle mozgové príhody*, ako dôsledok extrémnych teplôt, kombinácia so znečistením ovzdušia a zvýšenie prízemného ozónu (stredná významnosť rizika)
- *astma, respiračné ochorenia, respiračné alergie*, ako dôsledok extrémnych teplôt, znečisteného ovzdušia, posun peľovej sezónnosti (vysoká významnosť rizika)
- *ochorenia spôsobené potravinami a výživou* – ochorenia spôsobené chemicky a mikrobiologicky kontaminovanými potravinami, zníženie poľnohospodárskych výnosov a následne produkcie potravín v dôsledku povodní a sucha (stredná významnosť rizika)
- *rakovina*, predĺžením pôsobenia a zvýšením intenzity UV žiarenia (stredná významnosť rizika)

- *vodou prenosné ochorenia*, ohrozením kvality a kvantity zdrojov pitnej vody a dostupnosti bezpečnej vody v jednotlivých regiónoch (malá významnosť rizika)
- *ochorenia prenosné vektormi*, zmenou endemických oblastí s celoročnou aktivitou kliešťov a vytvorením priaznivých podmienok pre život potenciálne nebezpečného hmyzu (veľmi malá významnosť rizika)
- *vplyv na duševné zdravie*, v dôsledku povodní a iných prírodných živlov, škôd spôsobených na životoch a majetku (stredná významnosť rizika)
- *rôzne infekčné ochorenia*, v dôsledku rozšírenia patogénov narušením biodiverzity (stredná významnosť rizika)
- *úrazy a náhle úmrtia*, bez špecifických príčin, v dôsledku požiarov, počas búrok a pod.

Tab.42 Účinky na zdravie projektované na základe výsledkov modelovania vývoja klímy v SR do r.2100

Jav/úkaz	Pravdepodobnosť výskytu podľa projekcie	Vplyv na ľudské zdravie
Extrémne teploty, zvýšenie frekvencie ich výskytu, doba trvania horúcich vín	veľmi pravdepodobné	Zvýšenie mortality a morbidity súvisiacich s teplom najmä u starých, chronicky chorých, veľmi mladých a sociálne izolovaných ľudí
Zvýšenie počtu horúcich dní/nocí	veľmi pravdepodobné	Zhoršenie celkového zdravotného stavu najviac budú postihnutí starí a osamelí vo veku nad 75, deti, telesne a zdravotne postihnutí
Obdobia s vysokými zrážkami, silné dažde, búrky, tornáda, povodne	veľmi pravdepodobné	Zvýšenie rizika úmrtia, zranenia spôsobených záplavami, vzniku respiračných ochorení a ochorení spôsobených vodou (Hepatitída) a potravinami (Salmonelóza)
Obdobia sucha	pravdepodobné	Zvýšenie rizika infekčných ochorení spôsobených vodou a potravinami
Výskyt prudkých zmien/výkyvy v počasí	pravdepodobné	Zvýšené riziko úmrtí, psychické ochorenia
Predĺženie peľovej sezóny	pravdepodobné	Astma, alergie, respiračné ochorenia
Výskyt vektorov prenosu infekčných ochorení	málo pravdepodobné	Malária, Lymská borelióza, kliešťová encefalitída, západonílska horúčka
Zvýšenie UV žiarenia, PM₁₀, koncentrácie prízemného ozónu	Veľmi pravdepodobné	Zvýšenie rizika rakoviny, úmrtí na respiračné ochorenia

Podľa najaktuálnejších scenárov klimatickej zmeny pre SR sa javí, že v najbližších dekádach tohto storočia budú obyvatelia SR priame dôsledky klimatických zmien najviac pociťovať v podobe zvýšenia teploty v letnom období, pričom kritické budú tzv. horúce vlny. Charakteristické pre horúce vlny sú extrémne teploty cez deň a tiež relatívne vysoké teploty v noci. Prejavy zhoršenia zdravotného stavu a riziko úmrtí bude narastať v závislosti od počtu po sebe nasledujúcich dní počas ktorých bude teplota nepretržite dosahovať extrémne hodnoty, vrátane vysokých nočných teplôt. Vo vyššom riziku budú obyvatelia väčších miest a v južných oblastiach Slovenska a v oblastiach s vyššou koncentráciou prachových častíc PM₁₀ i PM_{2.5}. Ak sa počas takýchto dní zároveň zvýši aj koncentrácia prízemného ozónu, bude pravdepodobnosť úmrtí u osôb liečených na určité diagnózy minimálne dvojnásobne vyššia. Ako to ukázali štúdie vo všetkých veľkých mestách Európy populácia vo veku od 75-84 rokov bude najohrozenejšou skupinou obyvateľstva, osobitne osamelo žijúci a s nedostatkom prostriedkov na zabezpečenie ich každodenných životných potrieb.

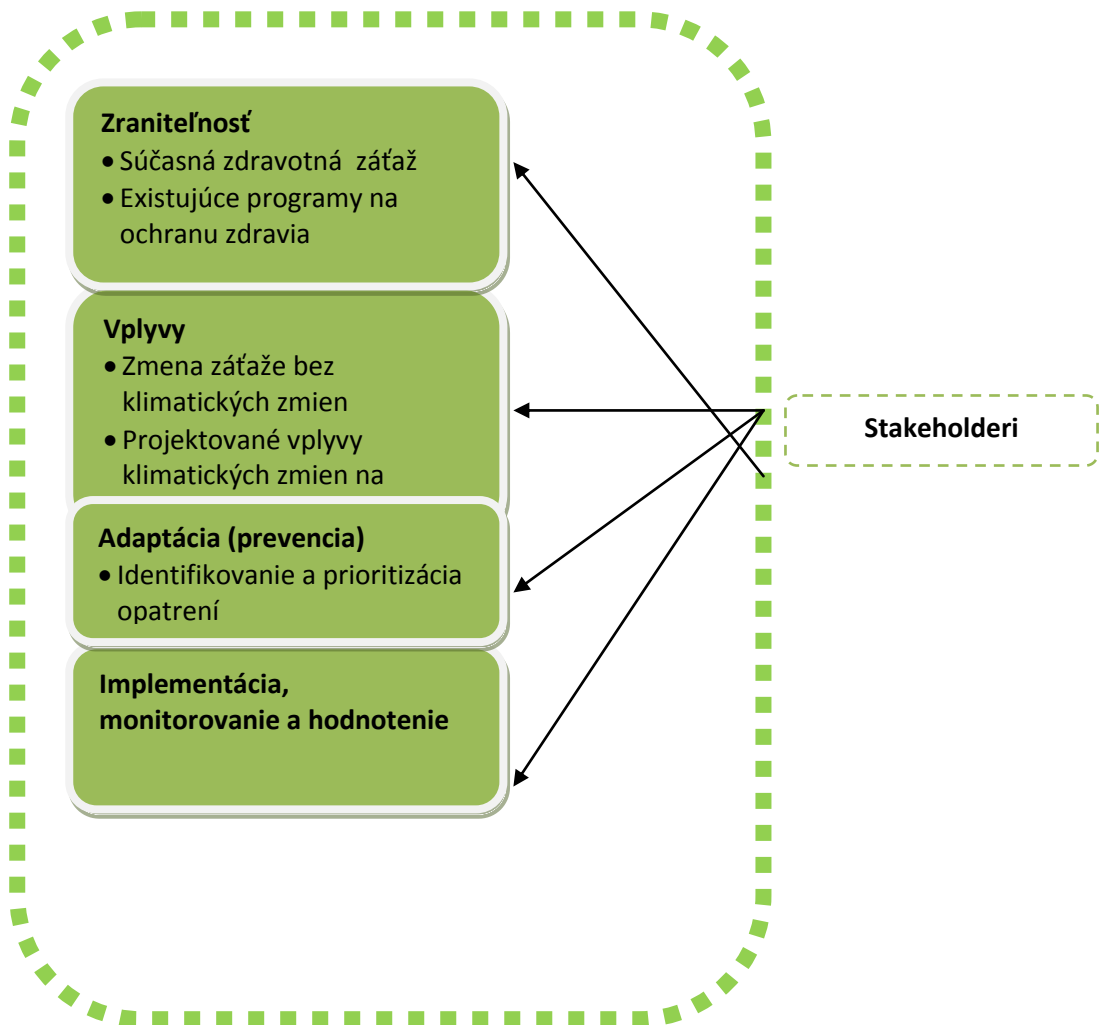
Nepriame dopady klimatických zmien na zdravie obyvateľstva SR, ktoré sa budú vyskytovať ako dôsledok ďalších klimatických javov, ich frekvencie, intenzity a rozsahu, je v súčasnosti možné len pomenovať (viď tab.42). Reálne očakávania potenciálnych dopadov predpovedaných klimatických vplyvov na zdravie obyvateľstvo SR bude možné kvalifikovane odhadnúť len po vyhodnotení zraniteľnosti populácie v SR z pohľadu verejného zdravotníctva. Slovenská republika je v súčasnosti len na začiatku procesu hodnotenia zraniteľnosti vo vzťahu ku klimatickým zmenám. V zmysle záväzkov Slovenskej republiky prijatých na Parížskej konferencii (5. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví, 2010) rezort zdravotníctva pripravuje materiál – Akčný plán pre životné prostredie a zdravie (NEHAP IV), v ktorom bude okrem iného definovaná stratégia pre zmiernenie a adaptáciu klimatickým zmenám z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva SR pre budúce desaťročia. Skúsenosti viacerých krajín v Európe (Veľká Británia, Taliansko, Švédsko, Španielsko, Portugalsko, Nemecko, Fínsko) s hodnotením zraniteľnosti a vypracovaním ich národných dokumentov sú založené na viacročnej práci expertných tímov, cielených výskumoch ale hlavne na existencii validných údajov o zdravotnom stave populácie, demografických, sociologických, environmentálnych údajov a čo je dôležité, ich dostupnosti. Poukazujú na to, že pri hodnotení je nevyhnutná spolupráca odborníkov nielen zo sektoru zdravotníctva, lekárov i expertov verejného zdravotníctva ale aj s odborníkmi z nezdravotníckych sektorov (stakeholderov). Hodnotenia sú preto časovo i finančne náročné. V tomto ohľade je nutné skonštatovať, že v Slovenskej republike neboli až doteraz vykonané ani základné analýzy.

Napriek tomu, že obsah a úroveň spracovania jednotlivých národných hodnotení zraniteľnosti v Európe sa líši prípad od prípadu v závislosti od očakávaných vplyvov klimatických zmien v tej ktorej krajine, je možné použiť metodiky a prístupy primerane aplikovať (ako dobré príklady) aj pri hodnotení zraniteľnosti na Slovensku (Handbook for national vulnerability, impact and adaptation assessments, ECDC, 2010). NEHAP IV má byť vypracovaný do konca roku 2011 a má byť predmetom rokovania vlády začiatkom roku 2012. Keďže hodnotením zraniteľnosti, vplyvov a požiadaviek na adaptáciu klimatickým zmenám z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva sa bude zaoberať tento strategický dokument, v nasledujúcich kapitolách budú identifikované iba základné postupy pre vypracovanie hodnotenia zraniteľnosti populácie v SR.

Proces hodnotenia zraniteľnosti z hľadiska zdravotnej záťaže v dôsledku klimatických zmien

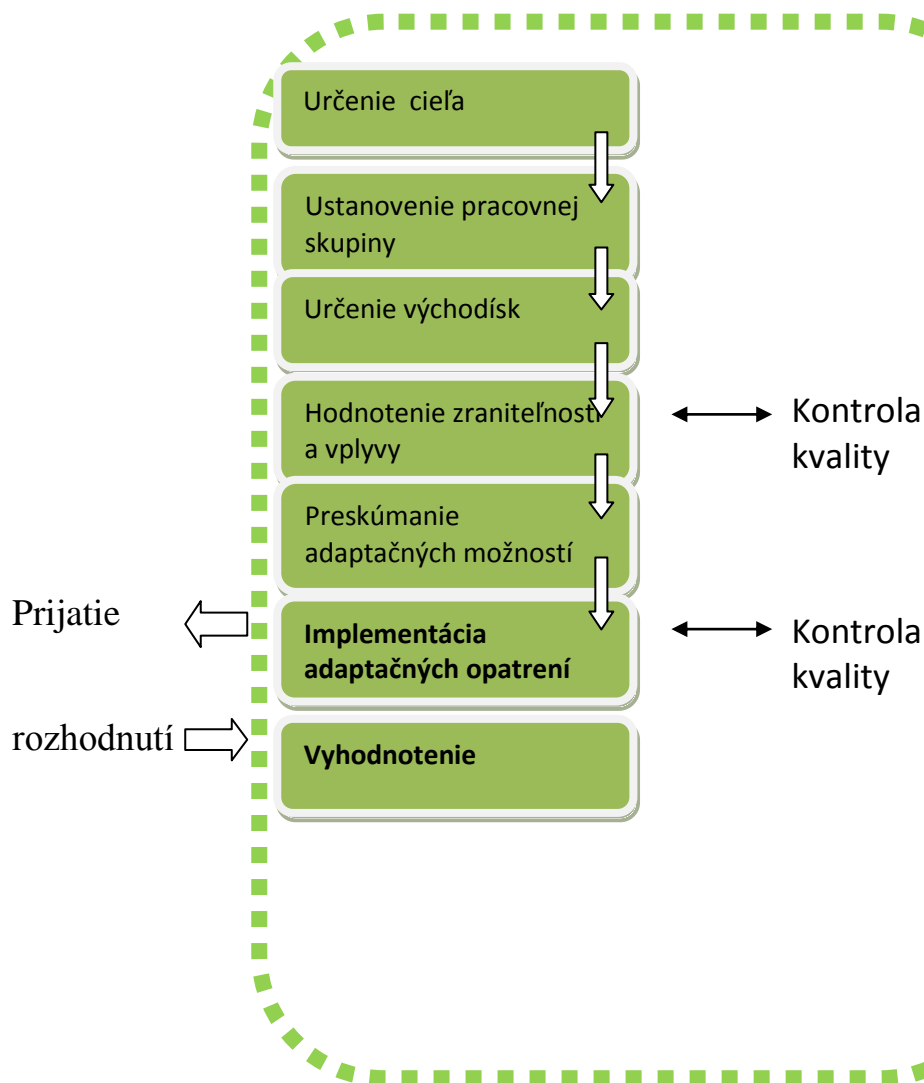
Cieľom vypracovania hodnotenia národnej zraniteľnosti, dopadu a adaptácie vo vzťahu k zdraviu populácie v SR je identifikovať súčasnú zraniteľnosť, možné riziká a opatrenia potrebné na zníženie expozície zdravotným rizikám pripisovaným klimatickým zmenám, a/alebo znížiť

zraniteľnosť. Stakeholderi by sa mali podieľať na celom procese hodnotenia. Tento proces je znázornený na obrázku 66.



Obr. 66 Základná schéma procesu hodnotenia národnej zraniteľnosti, vplyvov a adaptácie

Proces hodnotenia by mal začať stanovením cieľa. V závislosti od cieľa je potrebné ďalej určiť rozsah a vymedzenie hodnotenia. Dôraz by sa mal klásť hlavne na ciele hodnotenia, a nie na jednotlivé detaily. V diagrame 2 je znázornených niekoľko štádií procesu hodnotenia. Ide však o iteračný proces, preto sa viaceré kroky budú realizovať súčasne. Stakeholderi by sa na procese mali podieľať od začiatku a spolupracovať na všetkých štádiách znázornených na obrázku 67.



Obr. 67 Proces hodnotenia

Cieľ by mal byť čo najpresnejšie vymedzený, t.j.:

- čo hodnotenie zahŕňa (napr. len priame vplyvy – vlny horúčav, alebo aj nepriame vplyvy, alebo sa venuje výlučne infekčným chorobám,
- aký bude výstup (tj. modelovanie/ projektovanie dopadov)
- ako subjekty riadenia využijú tieto výsledky (napr. na vytvorenie akčného plánu adaptácie, atď.)
- či budú jeho súčasťou aj analýzy nákladov

čo bude hodnotenie obsahovať:

- Aké sektory v ňom budú zahrnuté
- Aké potenciálne dopady na zdravie budú zahrnuté
- Aké podrobné by hodnotenie malo byť
- Ktoré geografické oblasti (kraje, atď.) budú zahrnuté
- Aké časové úseky bude hodnotenie pokrývať

Pre dobré hodnotenie sú dobre stanovená úloha a cieľ, dobre definovaný plán práce, zapojenie stakeholderov a riadiacich subjektov od začiatku procesu, iteračný proces, transparentnosť a aktuálnosť a kontrola kvality kľúčovými otázkami.

Pri plánovaní práce je potrebné

- určiť celkový proces a štruktúru manažmentu. Efektívne hodnotenie vyžaduje aspoň jednu pracovnú skupinu a jednu riadiacu skupinu,
- stanoviť organizačnú štruktúru, vrátane projektových vedúcich, pracovných skupín, referenčných skupín a stakeholderov (vrátane subjektov riadenia). V závislosti od rozsahu projektu sú potrebné skúsenosti a odborné vedomosti z rôznych sektorov a regiónov,
- navrhnuť projektový plán v úvodnej fáze hodnotenia, ktorý by mal obsahovať:
 - činnosti vykonané počas procesu a mená osôb zodpovedných za každú z týchto činností, vrátane stretnutí pracovných a referenčných skupín, písania správ, atď.
 - časový plán.

Pracovné skupiny musia pokrývať širokú škálu odborných vedomostí, ale napriek tomu by nemali mať priveľký počet členov, aby ich bolo možné riadiť. Ďalšie odborné vedomosti a schopnosti môžu byť k dispozícii prostredníctvom účelovo vytvorených skupín špecialistov, verejných konzultácií a vzájomných hodnotení počas procesu. Aj keď je hodnotenie obmedzené napríklad len na infekčné ochorenia, sú potrebné schopnosti a vedomosti z oblasti veterinárnej medicíny, manažmentu vodných zdrojov, potravinového sektoru a ďalších. Ak sa určí viacero pracovných skupín, je potrebné zriadiť sekretariát.

Pri výbere stakeholderov treba mať na zreteli hlavne tých, ktorí budú zapojení do efektívneho navrhovania, implementácie a monitorovania zásahov verejného zdravia a zdravotníctva. Títo stakeholderi sa môžu líšiť od tých, ktorí budú zapojení do hodnotenia zraniteľnosti.

Referenčné skupiny väčšinou pozostávajú z expertov a/alebo predstaviteľov štátnej správy. Ich potreba závisí od veľkosti a odbornosti pracovných skupín. Kontrola kvality by mala prebiehať formou konzultácie a kontroly odborníkmi. Počas celého procesu je potrebné sa pýtať referenčných skupín a iných na pripomienky k hodnoteniu. Napríklad sa odporúča vyžiadať posúdenie po ukončení vypracovávania základného popisu a po rozhodnutí, čo bude hodnotenie obsahovať a ako ho uskutočniť. Pred ukončením projektu je vhodné jeho prvú predbežnú podobu zaslať na odborné posúdenie. Na zabezpečenie dobrej kvality a relevancie projektu je dôležité, aby miestni stakeholderi, mimovládne organizácie, verejnosť a ostatní boli jeho súčasťou.

Správna dokumentácia zlepšuje transparentnosť projektu, pomáha uľahčovať rozhodovacie procesy a poskytuje pomoc pre budúce hodnotenia. Krajiny so skúsenosťou v hodnotení zraniteľnosti kladú dôraz na odbornosť a skúsenosti hodnotiteľov a odporúčajú do hodnotenia zapojiť tvorcov politiky a subjekty riadenia na rôznych úrovniach, medzinárodné, vládne a regionálne výbory a ministerstvá (napr. pre zdravotníctvo, životné prostredie, územné plánovanie a infraštruktúru, poľnohospodárstvo, potravinársky priemysel, veterinárnu medicínu, vodné zdroje a manažment, atď.), regionálne a miestne tímy (napr. týkajúce sa vodných zdrojov, atď.), mimovládne organizácie, vedeckých a technických expertov.

Analyza hodnotenia zraniteľnosti

Faktory podstatné pre hodnotenie sú:

- demografické a socioekonomické faktory,
- zdravotnícky systém (vrátane zdravotnej starostlivosti, štruktúry verejného zdravotníctva)
- epidemiologické faktory
- ráz krajiny (vodné plochy, vegetácia, miera urbanizácie, využitie krajiny pre poľnohospodárstvo, ...)
- zapojenie iných ako zdravotníckych sektorov

Základné demografické a socioekonomické údaje:

- Vek, pohlavie obyvateľov a ich očakávaná dĺžka života pri narodení.
- Celkový zdravotný stav v krajine, v súčasnosti hlavné príčiny úmrtnosti a chorobnosti.
- najzraniteľnejšie skupiny obyvateľov, početnosť týchto skupín, kde sa nachádzajú
- súčasná hustota zaľudnenia a geografické zloženie obyvateľstva v rámci krajiny.
- Aká časť obyvateľstva má priamy/jednoduchý prístup k cenovo dostupnej zdravotnej starostlivosti?
- Koľko občanov sa vracia z pobytov v mimoeurópskych krajinách? O ktoré krajiny ide?
- Koľko občanov navštevuje iné európske krajiny? O ktoré krajiny ide?
- Koľko turistov a imigrantov príde za rok? Z ktorých krajín pochádzajú?

Otázky na popis epidemiologickej situácie – ochorení citlivých na klímu

- Ktoré ochorenia sú v súčasnosti povinne hlásené?
- Ktoré ochorenia sú dobrovoľne hlásené?
- Aké štandardizované národné diagnostické kritériá (vrátane laboratórnych metód) a hlásenia existujú?

Súčasný stav programov na ochranu zdravia pred infekčnými chorobami citlivými na klímu

- Aké programy na dozor a kontrolu (surveillance and control) infekčných chorôb existujú a pre ktoré infekčné ochorenia
- Ako dlho už tieto programy fungujú
- Aké údaje sa zbierajú a vyhodnocujú a koľko rokov už tieto údaje existujú
- Aká je veľkosť (personálne zabezpečenie a rozpočet) a geografické pokrytie týchto programov
- Uskutočnili sa v poslednom čase v týchto programoch zmeny (ak áno, je potrebné ich popísať)
- Čo by bolo potrebné na zvýšenie efektivity súčasných programov kontroly
- Sú laboratóriá v danej krajine svojou kapacitou schopné poskytnúť plnohodnotnú, kvalitnú a včasnú podporu pre laboratórnu diagnostiku, (pri bežnom rozpočte), aby túto prácu umožnili

Epidemiologické údaje

Ako základ pre ďalšie hodnotenia je potrebné popísať súčasnú situáciu v oblasti infekčných chorôb citlivých na podnebie, a to vrátane:

- frekvencie vypuknutí vodou a potravou prenášaných chorôb, vrátane miesta ich výskytu a príčin, ak sú známe,

- súčasnej záťaže, geografického rozmiestnenia, sezónnosti a výskytu vektormi prenášaných chorôb, ako aj hlodavcami prenášaných chorôb citlivých na klimatické zmeny, v rôznych oblastiach. Je potrebné uviesť, či sa súčasné rozmiestnenie vektorov líši od súčasných rizikových oblastí nákazy.

Pripravenosť na vypuknutia epidémií, vrátane vypuknutí spôsobených extrémnymi klimatickými javmi. Opis súčasných i plánovaných programov pre nasledovné oblasti:

- Usmernenia a nariadenia na národnej príp. regionálnej úrovni pre prípad extrémnych klimatických javov, vrátane národného plánu na udržiavanie nevyhnutných nezdravotných služieb v prípade extrémneho počasia, ako napríklad dodávka elektrickej energie, distribúcia potravy, atď. Popis, do akej miery je v týchto plánoch zaangažovaný zdravotný sektor.
- Národné programy na odhaľovanie prvých prípadov vypuknutia infekčnej choroby a na monitorovanie jej šírenia a dopadu.
- Regionálna/lokálna štruktúra plánovania a koordinácie pre:
 - udržiavanie služieb v prípade extrémneho klimatického javu, a
 - postup v prípade vypuknutia infekčnej choroby
- Národná stratégia na elimináciu vektorov
- Národná stratégia očkovania, vrátane získavania, distribúcie a pridelovania vakcín
- Programy na monitorovanie potenciálneho dopadu opatrení prijatých susediacimi krajinami a Európskou úniou (IHR).
- Národný program dohľadu nad zvieratami, spĺňajúci požiadavky EÚ.
- Národná kapacita pre zvládnutie vypuknutia ochorenia zvierat majúceho dopady na zdravie ľudí, vyvinutá v spolupráci zdravotných a veterinárnych orgánov.

Popis krajiny, resp. jej charakter

- Identifikovanie mestského a vidieckeho prostredia (treba mať na pamäti že odlišné riziká dominujú v rôznych oblastiach)
- Identifikovanie oblastí s hrozbou zosuvu pôdy
- Identifikovanie oblastí s dôležitou infraštruktúrou v rizikovej lokalite (napr. elektrárne ČOV a pod.)
- Identifikovanie oblastí s významnými vodnými zdrojmi,
- Identifikovanie oblastí pre rekreáciu,
- Identifikovanie oblastí priaznivých pre výskyt určitých vektorov

Zdravotné systémy

Prehľad o zraniteľnostiach a adaptačných schopnostiach spojených so zdravotným systémom v Slovenskej republike (vrátane sektoru zdravotnej starostlivosti a infraštruktúry a programov verejného zdravia) je možné získať keď dostaneme odpoveď na nasledovné otázky:

- Aký je počet lekárov na obyvateľa?
- Aký je počet nemocničných lôžok na obyvateľa?
- Existujú veľké regionálne rozdiely v dostupnosti zdravotnej starostlivosti? Ktoré oblasti sa z tohto hľadiska považujú za najzraniteľnejšie?
- Kto platí za zdravotné služby? Zdravotné poisťovne? Pacient?
- Aké relevantné preventívne programy, vrátane informačných kampaní o rizikách, existujú?
- Aké sú odporúčania na očkovanie? Pre ľudí, ktorí cestujú?
- Je očkovanie kliešťovej encefalitídy preplácané?

Činnosti týkajúce sa klimatických zmien. Opis súčasných a plánovaných programov v nasledovných oblastiach:

- Národná agentúra alebo komisia pre koordináciu hodnotení potenciálnych dopadov klimatických zmien a reakcií na klimatické zmeny. Opis, do akej miery je zaangažovaný sektor zdravotníctva.
- Rozsah v akom sú otázky zdravia súčasťou národných dokumentov, materiálov.. Kto zodpovedá za napísanie sekcie o zdraví?
- Národná adaptačná stratégia; je potrebné rozviesť, do akej miery:
 - je stratégia pre sektor zdravia postačujúca
 - národná komisia koordinuje pripravenosť na klimatické zmeny
 - je medzi agentúrami a inštitúciami zabezpečená spolupráca a koordinácia pri vyvíjaní, implementácii a monitorovaní programov, ktoré by mohli mať vplyv na infekčné choroby.
- Vzdelávacie programy pre verejnosť týkajúce sa rizík a reakcií súvisiacich s klimatickými zmenami
- Schopnosť regionálnych/lokálnych štruktúr pre plánovanie a koordináciu reagovať na zdravotné riziká klimatických zmien, vrátane pripravenosti na extrémne klimatické javy a rozpoznanie vypuknutí infekčnej choroby.

Klimatické zmeny a kvalita pitnej vody

- Do akej miery sa voda z vodovodu využíva ako pitná voda? (základný popis)
- Aký podiel obyvateľstva využíva vlastné zdroje pitnej vody? (základný popis)
- Popíšte súčasný program dozoru nad vypuknutiami choroby (základný popis). Ako klimatické zmeny ovplyvnia budúce monitorovanie a kontrolu?

Niektoré otázky súvisiace s hodnotením epidémií/ochorení prenášaných pitnou vodou

- Ak dôjde ku kontaminácii vodných zdrojov: Domácnosti a podniky čerpajúce pitnú vodu z vlastných vodných zdrojov a studní.
- Ak dôjde ku kontaminácii vody z vodovodu: Členovia domácností a podnikov využívajúcich vodu z vodovodu na pitie alebo umývanie ovocia a zeleniny konzumovanej bez tepelnej úpravy

Klimatické zmeny a kvalita vody na prírodných kúpaliskách

- Uved'te miesta často využívané na kúpanie v prírode (základný popis)
- V ktorých z týchto oblastí sa predpokladá zvýšená intenzita?
- Nachádza sa dané miesto v blízkosti pastvín alebo iných oblastí chovu zvierat (čím sa zvyšuje riziko, že sa choroboplodné zárodky dostanú do vody)?
- Vykonávajú sa nepretržité kontroly kvality vody vo vodných plochách využívaných na plávanie a kúpanie? Kto je za tieto kontroly zodpovedný? (základný popis)
- Popíšte súčasný systém zdravotného dozoru nad chorobami súvisiacimi s rekreačnými vodami (základný popis)
- Aký je vplyv klimatických zmien na vyššie uvedené body? (hodnotenie)

Vektormi a hľadavcami prenášané choroby

- Choroby prenášané kliešťami: Ľudia, ktorí pracujú a žijú v oblastiach so zvýšeným výskytom kliešťov, ako lesy či pastviny. Infikované kliešte sa v endemických oblastiach často nachádzajú aj v mestských parkoch a predmestských záhradách.
- Hemoragická horúčka dengue: Riziko vzniku hemoragickej horúčky dengue po opakovanej infekcii ďalším typom vírusu je vyššie u detí než u dospelých ľudí.

- Viscerálna leishmaniáza: HIV pozitívne osoby majú pri nakazení parazitom spôsobujúcim viscerálnu leishmaniázu zvýšené riziko úmrtia. Priemerná dĺžka prežitia je len 13 mesiacov.
- Toxoplazmóza: náchylní na ňu sú predovšetkým ľudia s oslabenou imunitou.

Metódy analýzy

Ak existuje dostatok podkladových materiálov je možné pristúpiť k projekcii budúcich rizík, pričom sa možné zvolíť jednu z dvoch hlavných metód:

- teoretickú extrapoláciu vážených následkov založené na miestnych podmienkach, alebo
- predpovedanie pomocou analógie, čo zahŕňa učenie sa z podmienok v krajinách, kde v súčasnosti majú také podnebie, aké by sa v budúcnosti mohlo rozvinúť na Slovensku.

Návrh indikátorov zmeny klímy za oblasť zdravia

Podľa aktuálnych scenárov vývoja klimatických zmien na Slovensku v najbližších dekádach 21 storočia treba očakávať nárast teploty a výskyt horúcich vln. Pri určovaní indikátorov pre hodnotenie dopadov klimatických zmien v SR sú preto brané do úvahy len účinky vysokého tepla na zdravie. Vplyvy ďalších potenciálnych (nepriamych) vplyvov nie sú zvažované predovšetkým z dôvodu nedostatku podkladov na odhad resp. určenie veľkosti rizika ich výskytu čo do druhu ani rozsahu. Preto navrhnuté indikátory (tab.43) berú do úvahy len faktor vysokej teploty. Pre odvodnenie zdravotných indikátorov sledovania vplyvu horúčav na zdravie je použitá Medzinárodná štatistická klasifikácia chorôb (MKCH) (Koppová, Mimoriadne udalosti vo verejnom zdravotníctve, 2011).

Tab.43 Indikátory na sledovanie dopadov horúčav na zdravie

ZDRAVOTNÉ INDIKÁTORY	
<i>Akútne účinky tepla</i>	<i>MKCH</i>
Tepelná porážka a slnečná porážka	T 67.0
Synkopa z horúčav	T 67.1
Kŕče z horúčav	T 67.2
Vyčerpanie z horúčavy, anhydrotické	T 67.3
Vyčerpanie z horúčavy vyvolané stratou soli	T 67.4
Bližšie neurčené vyčerpanie z horúčavy	T 67.5
Prechodná únava z horúčavy	T 67.6
Opuch z horúčavy	T 67.7
<i>Chronické ochorenia</i>	
<i>Choroby obehovej sústavy</i>	
Hypertenzná choroba srdca so srdcovým zlyhaním	I 11.0
Hypertenzná choroba obličiek s renálnym zlyhaním	I 12.0
<i>Choroby močovej sústavy</i>	
Akútne zlyhanie obličiek	N 17

ENVIRONMENTÁLNE INDIKÁTORY

Počet dní s maximálnou dennou teplotou vyššou ako 30 °C

Počet nocí s teplotami 20 °C

Priemerná denná relatívna vlhkosť vzduchu

Koncentrácia PM₁₀

Koncentrácia ozónu

AKČNÉ INDIKÁTORY

Počet zaznamenaných telefonických volaní na RZP*

Celkový počet výjazdov/poskytnutí zdravotníckej pomoci RZP

Počet výjazdov/poskytnutí zdravotníckej pomoci RZP – populácia vek pod 1 rok

Počet výjazdov/poskytnutí zdravotníckej pomoci RZP – populácia vek nad 75 rokov

Počet hospitalizácií po zásahu RZP

*RZP – Rýchla zdravotnícka pomoc

Zdroje údajov pre sledovanie indikátorov: NCZI, SHMÚ, databáza RZP.

Hodnotenie dopadov horúčav na zdravie na základe určených indikátorov je úlohou verejného zdravotníctva.

5.6.3 Adaptačné opatrenia v zdravotníctve

Z hľadiska komplexnosti ochrany zdravia populácie v SR v súvislosti s klimatickými zmenami prípadne zmiernenia ich účinkov je možné očakávať, že opatrenia vykonané v rámci ostatných nezdravotníckych sektorov na zmiernenie negatívnych účinkov meniacej sa klímy bude mať pozitívny efekt na zdravie populácie. Tento predpoklad však nemusí platiť v každom prípade. Preto návrhy adaptačných stratégií a opatrení by mali byť ešte pred ich zavedením posúdené verejným zdravotníctvom. Ako negatívny príklad možno uviesť skúsenosti zo zahraničia, kde napr. systém mikropriehrad a zavlažovania vyvinutý na zvýšenie odolnosti voči hladu (Etiópia) zvýšil úmrtnosť na maláriu 7,3-násobne.

Ďalším príkladom je klimatizácia v súkromných aj verejných priestoroch, ktorá sa v USA používa ako primárne opatrenie na zníženie chorobnosti a úmrtnosti z horúčav. V závislosti od zdroja elektrickej energie však intenzívne využívanie klimatizácie môže zvýšiť emisie skleníkových plynov, znečistenie ovzdušia a tzv. heat –island efektu v mestách. Dobrým príkladom je integrovaná reakcia na vlny horúčav ako je zohľadňovanie predpovedí klimatických zmien pri navrhovaní a stavaní nových budov a v plánovaní nových mestských štvrtí. V programoch na efektívne využívanie energie a v plánovaní dopravy by sa navyše mohli zohľadňovať prístupy na redukciu mestských heat-island efektov, emisií ozónu a iných prvkov znečisťujúcich ovzdušie. Vytvorenie a trvalé udržiavanie systému včasného informovania a varovania verejnosti pred nástupom horúcich vln je základnou požiadavkou ochrany zdravia obyvateľstva pred účinkami extrémneho tepla. Obyvateľstvo je potrebné opakovane informovať všetkými dostupnými cestami o potrebe a možnostiach individuálnej ochrany, a poskytovať im rady ako sa správať počas horúčav. Pri informovaní obyvateľstva je veľmi užitočné zapojiť masmédiá.

Systém zdravotníctva v SR musí rátať s klimatickými zmenami a mal by na ne reagovať. Doterajšia podpora programov na ochranu zdravia (aj keď treba povedať že táto podpora predstavuje nepatrnú časť prostriedkov určených na verejné zdravie) vo vzťahu

k zmenám podnebia je potrebným krokom k obmedzeniu zraniteľnosti slovenskej populácie, ale nebude postačovať samo o sebe. Rozvoj závisí aj na posilňovaní existujúcich odborných kapacít v rezorte – na budovaní fungujúceho zdravotníctva, férovom zaobchádzaní s ľuďmi a poskytovaní adekvátnej zdravotnej starostlivosti a tiež na zabezpečení dostatku kvalifikovaného personálu na vykonávanie požadovanej práce.

Mnohé výstupy štúdií vzťahov medzi klimatickými zmenami a zdravím konštatujú, že slabé verejné zdravotníctvo a obmedzený prístup k základnej zdravotnej starostlivosti prispieva k zvýšeniu zraniteľnosti a nízkej schopnosti adaptácie obyvateľstva. Infraštruktúra zdravotníckych služieb musí byť schopná sa prispôsobiť extrémnym javom. Zdravotnícky pracovníci musia byť „vytrénovaní“, aby porozumeli rizikám spôsobeným klimatickými zmenami.

Súčasná situácia v rezorte zdravotníctva na Slovensku, najmä stav zdravotníckych zariadení lôžkového typu (nemocnice), je dlhodobo nepriaznivá čo spôsobilo veľmi nízku úroveň pripravenosti na riešenie potenciálnych náhlych udalostí vyvolaných extrémami v počasí.

Manažmenty zdravotníckych zariadení v súčinnosti s ich zriaďovateľmi si musia stanoviť krátkodobé i dlhodobé ciele a vytvoriť podmienky pre ich dosiahnutie tak, aby v reálnom čase boli schopné reagovať na mimoriadne udalosti vyvolané extrémnym počasím v závislosti od regionálnych podmienok. Výraznejší pokrok treba urobiť aj v kvalite komunikácie s ostatnými zložkami v rezorte a podľa možnosti aj mimo rezort, štruktúra systému e-Health by mala umožniť využitie vybraných údajov aj pre hodnotenie dopadov klimatických zmien na zdravie.

Nemocnice počas trvania horúcich období počasia by mali byť schopné zabezpečiť opatrenia na zmiernenie horúčav pre pacientov i zdravotnícky personál, a to

- identifikovať symptómy asociované k horúčavam u vysoko rizikových pacientov a aktívne monitorovať stav
- prispôsobiť farmakologickú liečbu
- odložiť neurgentné operácie
- zaistiť disponibilnosť lôžok na oddeleniach rýchlej pomoci
- zvýšiť počet zdravotníkov na zabezpečenie plnej starostlivosti v prípade nárastu hospitalizovaných
- umiestniť vysoko rizikových pacientov do miestností s chladením/klimatizáciou a menej rizikovým pacientom umožniť prístup do klimatizovanej miestnosti aspoň počas najhorúcejších hodín
- zvýšiť príjem tekutín u pacientov
- upraviť stravu – zvýšiť podiel ovocia a zeleniny
- prispôsobiť lôžka pacientom a pracovné oblečenie personálu

Vzdelávanie lekárov a zdravotníckeho personálu vôbec je potrebné upriamiť na doplnenie vedomostí o zdravotných dôsledkoch zmien klímy, na včasné rozpoznanie symptómov ochorení súvisiacich s teplom. Úroveň vedomostí lekárov o rizikách z vysokých teplôt ale aj o existujúcich varovných, sociálnych a záchranných systémoch musí zaručiť, že poskytne pacientovi vo zvýšenom riziku vopred inštrukcie ako sa správať pri výskyte horúcich vln, dodržiavať pitný režim atď.

Pri navrhovaní adaptačných opatrení pre prevenciu ochorení, úrazov a úmrtí spôsobených vplyvom horúčav je dôležité myslieť na infraštruktúru obydľí, vhodne plánovať výstavbu v mestách a systém dopravy, keďže môže najmä v mestách dochádzať k heat-island efektu. Tento efekt sa dá vysvetliť kumuláciou tepla, ktoré je produkované obyvateľmi, domácnosťami a zadržované prehriatymi betónovými stavbami. Bežný človek si môže svoje zdravie ochrániť napríklad správnym pitným režimom a priebežným osviežovaním sa. Je

dôležité, aby sa nezdržiaval v horúčavách na priamom slnku, v prehriatych miestnostiach alebo dopravných prostriedkoch a snažil sa udržiavať príjemné prostredie vo svojej domácnosti. Vhodné nie sú ani fyzicky namáhavé aktivity. Rovnako je potrebné vhodne si zvoliť typ stravy, kedy počas horúčav nie sú odporúčané ťažké, masné a presolené jedlá a alkohol. Pomôcť môže aj správne naplánovanie si denných aktivít na základe aktuálnej predpovede počasia.

Je potrebné si uvedomiť, že SR vzhľadom na svoju geografickú polohu, relatívne malú rozlohu, poľnohospodársku a priemyselnú produkciu a ekonomické aktivity rozhodujúcim spôsobom neovplyvní globálny vývoj počasia vo svete ani na európskom kontinente, avšak dôsledky klimatických zmien budú pociťovať aj obyvatelia Slovenska tak ako v hociktovej inej krajine. Rozdiel bude pravdepodobne iba v ich frekvencii a intenzite. Obyvateľstvo je potrebné systematicky pripravovať na pochopenie klimatických javov a ich účinkov na existenciu spoločnosti i jednotlivca tak, aby bolo schopné akceptovať a prijať adaptačné opatrenia navrhované vládou. Pri vytváraní postojoiv verejnosti k adaptačným opatreniam, ktoré budú mať často i reštrikčný charakter, je úloha verejného zdravotníctva kľúčová, pretože má pri objasňovaní a vysvetľovaní potreby prijatia adaptačných opatrení veľmi silný argument a tým je zdravie. Schopnosť rýchlo reagovať na potrebu poskytnutia zdravotnej starostlivosti v dôsledku mimoriadnych udalostí akými sú prírodné živly zvyšuje dôveru obyvateľstva nielen k zdravotníckemu systému ale aj k štátnym inštitúciám a orgánom. Na dosiahnutie adekvátnej pripravenosti zdravotníckeho sektoru riešiť kritické situácie súvisiace s klimatickými zmenami je potrebné výrazne zvýšiť uvedomenie si zodpovednosti a vážnosti svojej úlohy v rámci sektoru samotného i mimo neho.

5.6.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení v zdravotníctve

Niektoré štúdie zamerané na ekonomické dopady klimatických zmien založené na costs-benefit hodnotení uvádzajú globálne náklady od 6 – 88 bil.USD, pričom vychádzajú zo stratených rokov života v dôsledku klimatických zmien. Sú to však odhady (nezaložené na dôkazoch), ktoré uvažujú len úmrtnosť na horúce vlny a chlad. Niektorí autori použili odhady založené na priamych dopadoch klimatických zmien na produktivitu cez práceneschopnosť počas horúcich vln, čo však nezahŕňa zdravotné vplyvy u detí a starých. Všeobecne sa však pripúšťa, že je nevyhnutné ďalej sa zaoberať odhadom ekonomických dopadov klimatických zmien na zdravie. Na Slovensku nebola doteraz vykonaná cost-benefit analýza, keďže nie sú údaje o úmrtiach resp. chorobnosti v dôsledku zmien klímy dostupné.

Na ľudské zdravie majú nepochybne vplyv klimatické zmeny. Tie môžu viesť k zvýšenému výskytu infekčných a neinfekčných chorôb ako aj zranení v dôsledku extrémnych výkyvov počasia. V zahraničnej odbornej literatúre existuje konsenzus v tom, že klimatické zmeny vplývajú aj na mieru úmrtnosti. Avšak na Slovensku nie sú dostupné údaje týkajúce sa úmrtí resp. chorobnosti, ktoré sú nimi zapríčinené. Kvôli nedostupnosti dát, sa pre účely odhadnutia makroekonomických efektov klimatických zmien ako aj nákladov súvisiacich s adaptačnými opatreniami v oblasti zdravotníctva zjednodušene uvažovalo iba s nákladmi na posilnenie infraštruktúry verejného zdravotníctva.⁴

Uvažované celkové náklady tvoria investičné náklady (náklady na rekonštrukciu laboratórií a administratívnych priestorov, na nákup pojazdných laboratórnych jednotiek, laboratórnych prístrojov, zariadení a na IT techniku) a prevádzkové náklady (náklady na

⁴ Kvantifikovateľné a nekvantifikovateľné vplyvy v oblasti zdravotníctva sú bližšie rozpracované napríklad vo francúzskej štúdií: Climate change: costs of impacts and lines of adaptation (2009)

zvýšené kapacitné zabezpečenie činností spojených s klimatickou zmenou a zabezpečením prevádzky nových laboratórnych kapacít).

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví. Z dôvodu určitej neistoty a veľkej variability v prognózach budúceho vývoja faktorov vonkajšieho prostredia v zmysle jednotlivých klimatických scenárov sa uvažovalo s dvomi variantmi. Pri vytváraní prvého scenára sa počítalo s nižšou úrovňou dopadov klimatických zmien na ekonomiku – *nízky scenár*, a naopak, pri druhom scenári s ich vyššou úrovňou – *vysoký scenár*.

V rámci týchto dvoch scenárov bolo následne vytvorených šesť podscenárov, ktoré sa líšia jednak mierou adaptácie, t.j. výškou investičných a prevádzkových nákladov ako aj zdrojmi financovania adaptačných opatrení (zahraničné zdroje: EU, dodatočné zdanenie domácich subjektov: d).

Pri podscenároch s horným odhadom nákladov na adaptačné opatrenia (HO) sa celkové ročné investičné náklady pohybovali v intervale od 0,5 – 1 mil. € a ročné prevádzkové náklady na tieto opatrenia sa nachádzali v intervale od 0,775 – 1,0315 mil. €.

Pri podscenároch s dolným odhadom (DO) sa ročné investičné náklady pohybovali v rozpätí od 0,25 – 0,75 mil. € a ročné prevádzkové náklady boli v intervale od 0,5 – 0,6125 mil. €).

V tejto súvislosti je dôležité spomenúť existenciu interakcie medzi zdravotnou starostlivosťou a územným plánovaním, pričom vhodná architektúra ako aj adekvátne mestské a krajinné plánovanie môže pomôcť zmierniť klimatické otepľovanie v mestách. Najmä v mestských aglomeráciách by mali existovať „koridory“, ktoré by zabezpečovali prívod čerstvého vzduchu ale aj rozsiahlejšie zelené plochy, takzvané „studené ostrovy“. Ďalej by súkromní ale aj verejní vlastníci budov (najmä vlastníci nemocníc, opatrovateľských zariadení, domovov dôchodcov atď.) na zmiernenie dopadov klimatických zmien mali zabezpečiť primeranú tepelnú izoláciu ako aj chladiace zariadenia (napr. solárne chladenie)⁵.

Dolný odhad dopadu klimatických zmien – nízky scenár

Vývoj produkcie v sektore zdravotníctva v závislosti od uvažovaných podscenárov v rozpätí rokov 2010-2050 zachytáva tabuľka 44. Najpriaznivejší vývoj produkcie by Slovensko dosahovalo pri realizovaní základného podscenára, ktorý neuvažuje s tým, že bude dochádzať ku klimatickým zmenám (BS). Tento podscenár však nie je príliš pravdepodobný, nakoľko klimatická zmena nadobúda v dnešnej dobe na významnosti (Vojtilla, S., Šíroký, P., 2009). Produkcia odvetvia zdravotníctva tak ako bolo pre účely analýz definované (klasifikácia OKEČ: N – Zdravotníctvo a sociálna starostlivosť) predstavovala v roku 2010 približne 2,2% celkovej produkcie hospodárstva.

Následne je možné porovnať podscenár ktorý zohľadňuje klimatické zmeny, avšak neuvažuje s realizáciou adaptačných opatrení (NA – tento scenár by mal najnegatívnejší dopad na objem vytvorenej produkcie) s podscenármi uvažujúcimi s horným a dolným odhadom nákladov na adaptačné opatrenia, ktoré môžu byť financované buď dodatočným daňovým zaťažením obyvateľstva, alebo prostredníctvom zdrojov EÚ. Hoci z tohto pohľadu nie sú rozdiely medzi výsledkami jednotlivých podscenárov z krátkodobého ale ani z dlhodobého hľadiska markantné, lepšie výsledky z dlhodobého hľadiska dosahujú podscenáre využívajúce na adaptačné opatrenia prostriedky EÚ, ako tie, v ktorých sa

⁵ The German Federal Government (2008): German Strategy for Adaptation to Climate Change.

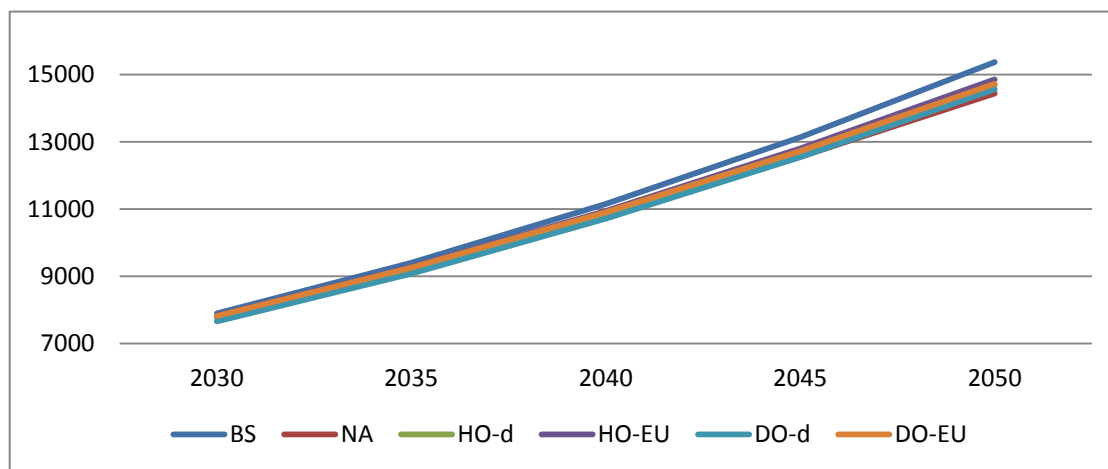
uvažovalo s dodatočným zdanením obyvateľstva. V prípade klimatických zmien a možnosti získania financií zo zdrojov EÚ na realizovanie adaptačných opatrení, by k rýchlejšiemu rastu produkcie došlo pri vyšších investíciách ako pri nižších.

Tab. 44 Vývoj produkcie v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov v mil. EUR, nízky scenár

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	3304	3304	3304	3304	3304	3304
2015	4131	4126	4065	4127	4065	4127
2020	5173	5156	5109	5159	5109	5158
2025	6377	6331	6277	6343	6274	6340
2030	7894	7792	7663	7826	7654	7816
2035	9400	9206	9100	9278	9080	9257
2040	11153	10807	10758	10947	10717	10906
2045	13136	12553	12615	12803	12541	12728
2050	15378	14438	14689	14858	14564	14731

Zdroj: výpočty autorov

Dosiahnuté výsledky vývoja produkcie v sektore zdravotníctva v závislosti od realizovaného podscenára zobrazuje graf 68. Pozitívne výsledky realizovaných adaptačných opatrení je možné pozorovať najmä v dlhšom časovom horizonte.



Obr. 68 Vývoj produkcie v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov v mil. EUR, nízky scenár

Zdroj: výpočty autorov

Ak by došlo ku klimatickým zmenám, náklady v prípade nečinnosti by sa mohli prejaviť nielen v spomínanom pomalšom raste produkcie, ale rovnako aj v pomalšom raste zamestnanosti v tomto sektore. V roku 2007, celkový počet pracovníkov v zdravotníctve predstavoval 109 829 ľudí, t.z. okolo 4,64% celkovej pracovnej sily na Slovensku. Z celkového počtu zamestnancov pracujúcich v zdravotníckych strediskách v roku 2007 bolo 16,6% lekárov, 2,6% zubárov, 3% lekárníkov, 31% zdravotných sestier, 1,5% pôrodných asistentiek, 5,2% laboratórnych technikov, 8,7% asistentov, 1,8% technikov, 2,6% ostatných zdravotných pracovníkov (napr. fyzioterapeuti, psychológovia atď.) a 27, 1% tvorili ostatní

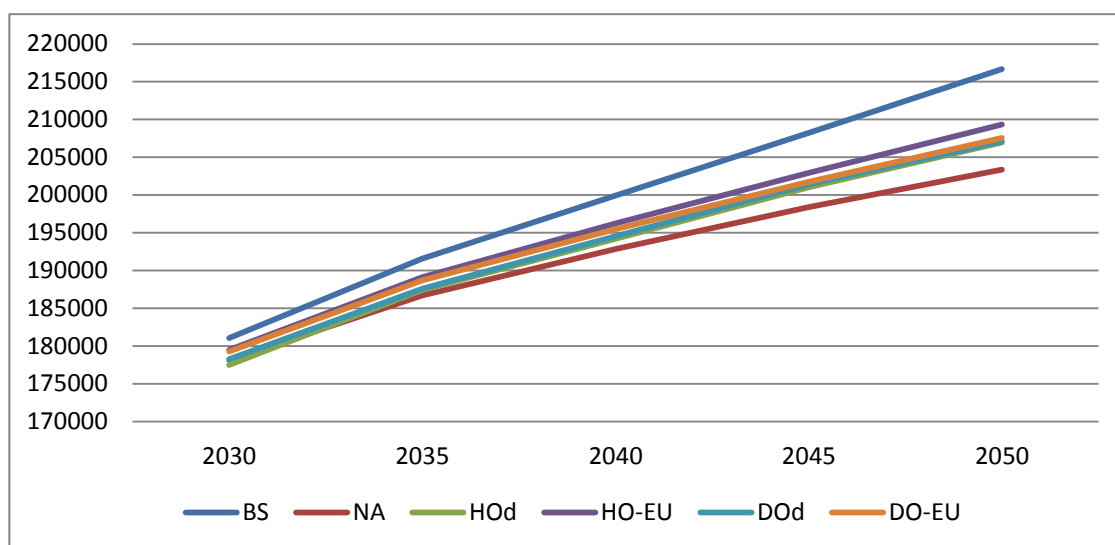
pracovníci (technický a prevádzkový personál). Počet absolventov štyroch lekárskech fakúlt je približne 500 ročne, pričom mnohí z nich opúšťajú Slovensko najmä z dôvodu vyššieho ohodnotenia v zahraničí (Szalay, T. a kol. 2011). V dôsledku klimatických zmien by sa mohli v zdravotníctve vytvoriť nové pracovné miesta, pričom na zamestnanosť by mal z dlhodobého hľadiska najpozitívnejší vplyv, podobne ako v prípade produkcie, podscenár uvažujúci s vyššími investíciami do adaptačných opatrení, ktoré by sa financovali z prostriedkov EÚ (tabuľka 45).

Tab. 45 Vývoj zamestnanosti v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov , nízky scenár, osoby

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	143045	143045	143045	143045	143045	143045
2015	152599	152352	151212	152397	151069	152392
2020	158324	157569	157367	157898	156973	157870
2025	166643	165047	165413	165770	164947	165680
2030	181076	178149	177512	179503	178263	179284
2035	191584	186677	187437	189099	187587	188672
2040	199913	192857	194186	196216	194530	195476
2045	208236	198404	201030	202950	201395	201767
2050	216656	203379	206967	209324	207109	207544

Zdroj: výpočty autorov

Rovnako ako pri produkcii, tak aj v oblasti zamestnanosti by sa pozitívne účinky realizovania adaptačných opatrení prejavili až v dlhšom časovom horizonte (obr. 69).



Obr. 69 Vývoj zamestnanosti v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov , nízky scenár, osoby

Zdroj: výpočty autorov

Horný odhad dopadu klimatických zmien – vysoký scenár

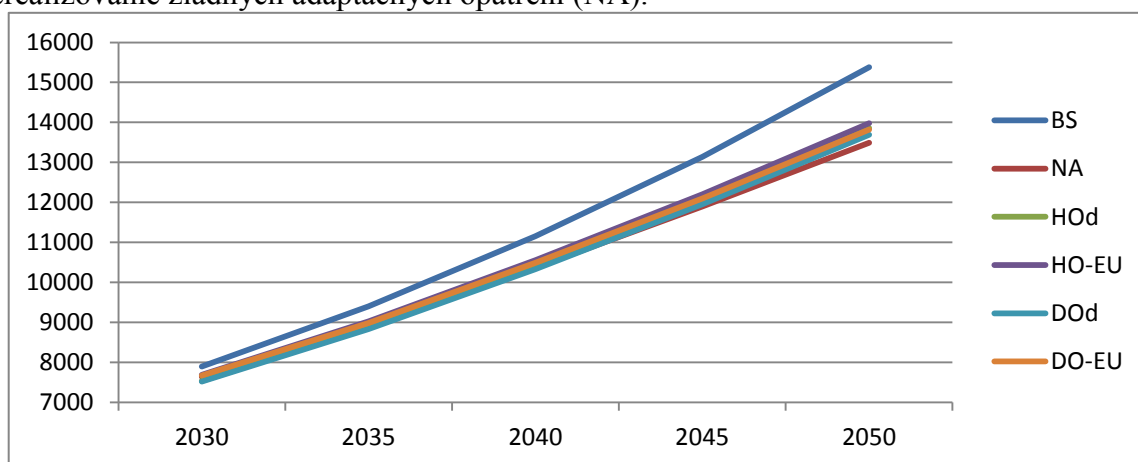
Pri oboch scenároch, či už s vyššou alebo nižšou úrovňou dopadov klimatických zmien, sa pri porovnaní so situáciou nečinnosti oplatí realizovať adaptačné opatrenia. Pri nižšej úrovni dopadov klimatických zmien je z pohľadu produkcie rozhodujúca skutočnosť, že tieto zdroje budú financované z externých zdrojov EÚ. Pri vyššej úrovni dopadov klimatických zmien je naopak z pohľadu produkcie rozhodujúca výška vynaložených prostriedkov na AO, pričom výhodnejšia je horná hranica odhadovaných nákladov pred dolnou. Avšak tieto rozdiely nie sú výrazné.

Tab. 45 Vývoj produkcie v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov v mil. EUR, vysoký scenár

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	3304	3304	3304	3304	3304	3304
2015	4131	4118	4057	4118	4057	4118
2020	5173	5124	5081	5130	5079	5128
2025	6377	6255	6212	6274	6205	6268
2030	7894	7639	7535	7688	7519	7672
2035	9400	8919	8867	9020	8833	8986
2040	11153	10366	10390	10549	10329	10488
2045	13136	11896	12054	12204	11950	12100
2050	15378	13494	13858	13980	13693	13815

Zdroj: výpočty autorov

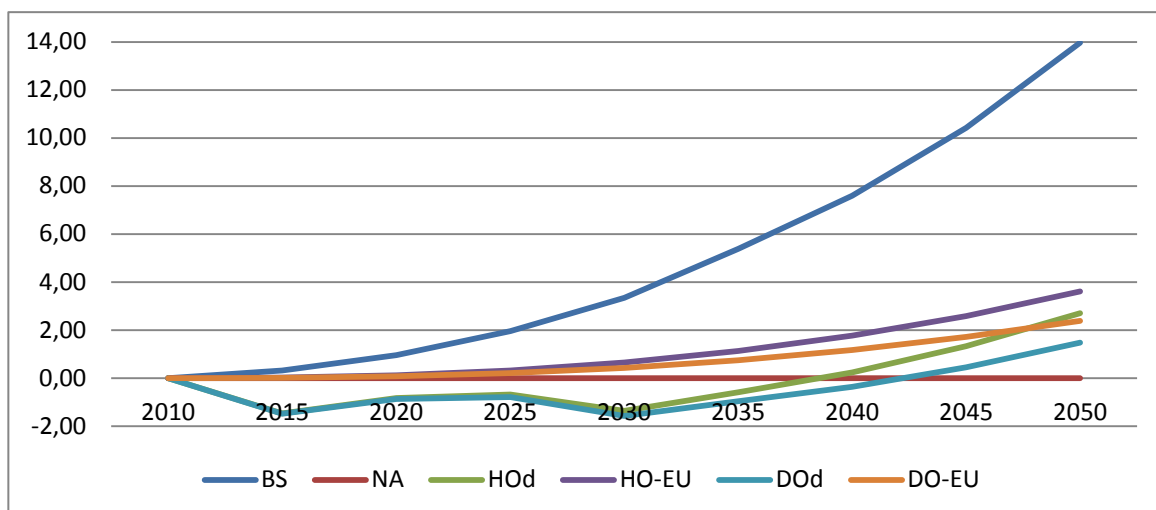
Pri uvažovaní s vyššou úrovňou dopadov klimatických zmien na produkciu môžeme konštatovať, že z hľadiska rastu produkcie zdravotníctva sa ako najvýhodnejšie ukazuje financovanie prostredníctvom EÚ (HO-EÚ) a ako najmenej výhodná alternatíva sa ukazuje nerealizovanie žiadnych adaptačných opatrení (NA).



Obr. 70 Vývoj produkcie v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov v mil. EUR, vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Pri uvažovaní s medziročnou zmenou produkcie v rámci klimatických zmien a jednotlivých podscenárov v porovnaní s podscenárom bez adaptačných opatrení sa ukazuje, že pri realizovaní adaptačných opatrení a financovaní nákladov klimatických zmien je ako už bolo napísané výhodnejšie použiť zdroje EÚ, pretože pri financovaní prostredníctvom daní sa medziročná zmena produkcie zdravotníctva začne v sledovanom období pozitívne prejavovať až v roku 2040 (HO-d), resp. v roku 2045 (DO-d).



Obr.1: Medziročná zmena produkcie pri jednotlivých podscenároch v porovnaní s podscenárom s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení (NA, %), vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Klimatické zmeny najviac zasiahnu najzraniteľnejšie skupiny populácie. V našich podmienkach sú to najmä starí osamelo žijúci ľudia, deti, ľudia s nízkym príjmom ale aj ľudia ktorí trpia určitým postihnutím. Z tohto dôvodu bude zdravotnícky systém zohrávať dôležitú úlohu najmä pri aplikovaní opatrení na prevenciu ale aj pri reagovaní na dopady klimatických zmien na zdravie. Preto v dôsledku klimatických zmien je možné uvažovať s potrebou zvýšenia personálnych kapacít v tomto odvetví.

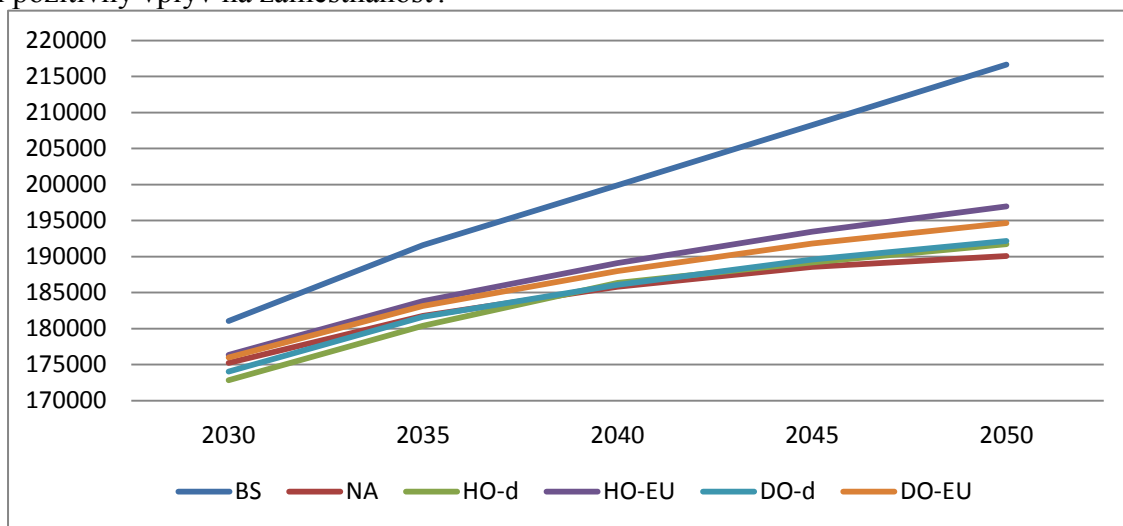
Pri porovnaní scenárov s nižšou a vyššou úrovňou klimatických zmien, výdavky na AO budú mať v prípade druhého scenára o niečo nižší vplyv na celkovú zamestnanosť vo všetkých uvažovaných podscenároch (okrem podscenára (BS), ktorý neuvažuje s klimatickými zmenami). Pri oboch scenároch je výhodnejší aktívny prístup riešenia dopadov klimatických zmien pred pasívnym, pričom do určitej miery je rozhodujúci zdroj financovania jednotlivých aktivít. Výhody externého financovania prevyšujú výhody domáceho financovania adaptačných opatrení.

Tab. 47 Vývoj zamestnanosti v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov , vysoký scenár, osoby

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	143045	143045	143045	143045	143045	143045
2015	152599	152104	151060	152136	150887	152125
2020	158324	156815	156868	156999	156407	156938
2025	166643	163452	163665	163969	163439	163797
2030	181076	175222	172827	176356	174043	175978
2035	191584	181769	180400	183817	181643	183132
2040	199913	185801	186347	189090	186062	187985
2045	208236	188572	189173	193463	189598	191813
2050	216656	190102	191737	196967	192168	194641

Zdroj: výpočty autorov

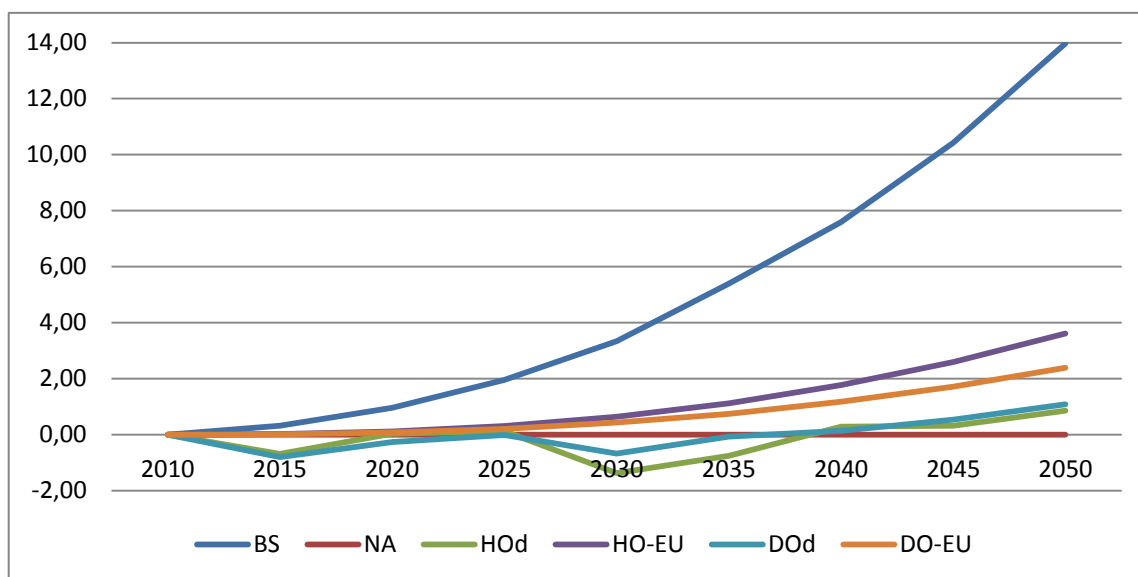
Pri uvažovaní s vyššou úrovňou klimatických zmien sa v súvislosti s vývojom zamestnanosti v sektore zdravotníctva ukazuje, že vo všetkých podscenároch sa počíta s rastom zamestnanosti, pričom rozdiely medzi nimi sa postupom rokov mierne zväčšujú. V hľadiska rastu zamestnanosti v sektore zdravotníctva sa pri realizácii adaptačných opatrení, podobne ako inde, ukazujú ako najvýhodnejší zdroj financovania prostriedky z EÚ. Tiež je zrejmé, že v prípade nerealizovania adaptačných opatrení (NA) je vývoj zamestnanosti priaznivejší v porovnaní s adaptačnými opatreniami financovanými z daní až do roku 2020 (HOd), resp. do roku 2040 (DOd), ale z dlhodobého hľadiska je možné očakávať že preváži ich pozitívny vplyv na zamestnanosť.



Obr. 71 Vývoj zamestnanosti v sektore zdravotníctva podľa jednotlivých podscenárov , vysoký scenár, osoby

Zdroj: výpočty autorov

Na obrázku 72 môžeme opäť vidieť medziročné zmeny pre jednotlivé podscenáre v porovnaní s podscenárom s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení, tentokrát však v oblasti zamestnanosti. Výraznejšie pozitívne dopady realizácie adaptačných opatrení možno očakávať v časovom horizonte dvadsiatich rokov.



Obr. 72 Medziročná zmena zamestnanosti pri jednotlivých podscenároch v porovnaní s podscenárom s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení (NA, %), vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Menšie, ale aj väčšie uvažované dopady klimatických zmien na ekonomiku sa negatívne prejavia či už na produkcii (pokles o 6,1% - 12,3 %) ako aj na zamestnanosti v odvetví zdravotníctva v sledovanom období (zánik 6,5% – 14% pracovných miest). Najnegatívnejší dopad na zamestnanosť a produkciu v zdravotníctve má scenár uvažujúci s klimatickými zmenami bez realizácie adaptačných opatrení. Vo všeobecnosti možno povedať, že v sektore zdravotníctva sa oplatí z dlhodobého horizontu realizovať adaptačné opatrenia a to najmä tie, ktoré sú financované zo zdrojov EÚ.

5.7 Doprava

5.7.1 Základné informácie

Geografická poloha Slovenska v centrálnej časti európskeho kontinentu a zároveň jeho poloha voči najvýznamnejším hospodárskym jadrom a prístavom Európy spôsobuje, že v jeho priestore prichádza ku stretu viacerých významných transkontinentálnych dopravných smerov:

- centrálny stredoeurópsky severo-južný smer, spájajúci prístavy na severnom pobreží Jadranského mora so St. Peterburgom a prístavmi v Pobaltí,
- západovýchodný smer, spájajúci tradičné jadrá v západnej Európe s centrami v Rusku a na Ukrajine,
- smer spájajúci severozápad Európy s juhovýchodnou časťou kontinentu (prepojenie medzi prístavmi v Severnom mori a prístavmi na Balkánskom polostrove).

Územie Slovenska je teda dôležitým tranzitným územím, pričom jeho tranzitná úloha je umocnená jeho periférnou polohou v rámci rozširujúcej sa Európskej únie s prepojením na hospodársky zaujímavý priestor východnej Európy (Ukrajina a ostatné štáty bývalého ZSSR).

Z desiatich pan-európskych multimodálnych dopravných koridorov, vyčlenených v rokoch 1994 a 1997 na Kréte (tzv. krétske koridory) a v Helsinkách prechádzajú územím Slovenska nasledovné štyri koridory (obr. 1):

- koridor IV (Berlin/Nürnberg – Praha – Budapešť – Constanta/Thessaloniki/Istanbul),
- koridor VA (Trieste – Ljubljana – Budapešť/Bratislava – Uzgorod – Lviv),
- koridor VI (Gdańsk – Warszawa – Žilina),
- koridor VII (Dunaj).

V súvislosti s tranzitnou polohou Slovenska v strednej Európe však geografi upozorňujú na existenciu konkurenčných dopravných trás na území susedných štátov: v smere západ – východ existujú dobre rozvinuté konkurenčné dopravné trasy v Maďarsku a Poľsku, v smere sever – juh v susednej Českej republike (HORŇÁK, 2001).

Faktor polohy pôsobí diferencovane v rôznych častiach Slovenska. Z hľadiska dopravno-geografickej polohy sú najvýznamnejšími priestormi región juhozápadného Slovenska (región Bratislavy v blízkosti Viedne a Budapešti) a región severozápadného Slovenska (región Žiliny v blízkosti významných hospodárskych jadier na severovýchode Českej republiky a v južnej časti Poľska). Osobitosť dopravno-geografickej polohy Bratislavy je dôvodom dynamických zmien v dopravnom systéme hlavného mesta v uplynulom období. Na druhej strane určitou periférnosťou a polohou mimo hlavných transkontinentálnych dopravných trás sa vyznačuje predovšetkým oblasť južného Slovenska a región severovýchodného Slovenska. Východné Slovensko má však pomerne veľký potenciál vyťažiť zo spomínanej hraničnej polohy voči štátom ležiacim východne od rozšírenej Európskej únie.

Sektor dopravy významným spôsobom podmieňuje hospodársky rast, významne prispieva k fungovaniu ekonomiky Slovenska a je mimoriadne dôležitý pre rozvoj

jednotlivých regiónov. Doprava realizuje voľný pohyb osôb, tovarov, slobodné poskytovanie služieb a voľný pohyb kapitálu, čím napĺňa fungovanie jednotného vnútorného trhu EÚ. Sektor dopravy vytvára približne 8,2 % hrubého domáceho produktu SR a asi 4,2 % pracovných miest. Sektor dopravy je ovplyvňovaný širokým spektrom vonkajších sociálnych a ekonomických faktorov, ako sú demografia, životná úroveň obyvateľstva, územné plánovanie, organizácia produkcie, štrukturálne zmeny spoločnosti, prístupnosť k dopravnej infraštruktúre a integrácia krajiny do medzinárodného obchodu. Tieto faktory ovplyvňujú dopyt a ponuku dopravných služieb (Stratégia, 2010).

Vstupom SR do EÚ, prostredníctvom prístupovej zmluvy, ktorou bolo doplnené rozhodnutie EP a Rady č. 1692/96/EC o pravidlách pre rozvoj TEN-T, boli hlavné dopravné koridory definované medzinárodnými dohodami AGTC a AGC a závermi medzinárodných konferencií (Kréta, Helsinki) zaradené do transeurópskych dopravných sietí (ďalej len "TEN-T"). Sieť TEN-T pozostáva z dvojvrstvej štruktúry: základná sieť a prioritné projekty. Do základnej siete TEN-T patrí:

- cestná infraštruktúra: diaľnica D1, D2, D3 v dĺžke 654 km a rýchlostné cesty R3 a R4 v dĺžke 390 km (spolu 1 044 km)
- železničná infraštruktúra: paneurópske koridory IV, V a VI, južná trasa Bratislava – Zvolen – Košice a úsek Plaveč – Prešov – Košice – Kechnec “ (spolu 1382 km)
- vodná doprava: rieka Dunaj,
- letecká doprava: letiská Bratislava, Košice a Poprad.

Súčasný stav nadradenej cestnej infraštruktúry je charakterizovaný nedostatočným pokrytím územia a prístupu k sieti diaľnic a rýchlostných ciest, pričom až tretina územia Slovenska má prístup na diaľnicu, resp. rýchlostnú cestu v čase dlhšom ako 45 minút. Jedným z dôvodov je skutočnosť, že v predchádzajúcom období (do roku 2006) neboli naplnené plánované ročné výdavky na výstavbu diaľnic a rýchlostných ciest, a to najmä z dôvodov: nedostatočná projektová príprava stavieb, nekompletnosť projektovej dokumentácie, meškanie rozhodnutí vydávaných v režime stavebného zákona a nedostatočné finančné krytie.

Tab. 48 Súčasný stav diaľnic a rýchlostných ciest k 1. 1. 2010

	Celkom	V prevádzke	Vo výstavbe	V príprave
D1	515	282	49,5	195,1
D2	80,1	80,1	0	0
D3	59	12,9	2,8	43,3
D4	50,6	2,3	3,2	45,1
R1	178,3	118,3	18	51,4
R2	343	53,5	0	289,5
R3	230,4	29,0	7,2	196,6
R4	159,3	18,1	4,6	136,6
R5	2	0	0	2
R6	31,6	6,5	0	25,1
R7	213,5	0	0	213,5
R8	56,5	0	0	56,5
D spolu	704,7	377,3	55,5	283,5
R spolu	1214,6	225,4	29,8	971,2
D+R spolu	1919,3	602,7	85,3	1254,7

Infraštruktúra železničnej dopravy SR je charakterizovaná vysokou hustotou siete, ale so zastaranou technológiou, nízkou využiteľnosťou jej kapacity a vysokými poplatkami za

prístup. Najmä tieto nedostatky neumožňujú jej širšie uplatnenie na dopravnom trhu. K 1. 1. 2010 bolo v prevádzke 3 623 km železničných tratí, z toho 3 474 km železničných tratí normálneho rozchodu, 50 km úzkorozchodných tratí a 100 km širokorozchodných tratí, pričom 2 640 km bolo jednokoľajných tratí a 1 020 km dvojkolejných tratí. Z uvedených železničných tratí je 1 577 km elektrifikovaných, čo predstavuje 43,5 % z celkovej dĺžky železničných tratí. V sieti TEN-T je zahrnutých 1 382 km tratí. Súčasná infraštruktúra terminálov intermodálnej prepravy (8 kontajnerových prekladísk) na pokrytie budúcich prepravných prúdov v zámorskej a kontinentálnej intermodálnej preprave a služieb logistiky nepostačuje kapacitne ani technologicky. Tieto prekladiská, s výnimkou terminálu v Dobrej, sú technicky a technologicky zastarané, nespĺňajú základné parametre stanovené Dohodou AGTC. Prekladiská sú v súkromnom vlastníctve a umiestnené v zastavaných mestských častiach, čo neumožňuje ich ďalší priestorový rozvoj.

Slovensko nepatrí v oblasti leteckej dopravy k významným operátorom na tomto dopravnom trhu. Medzinárodné letiská na Slovensku (Bratislava, Košice, Poprad-Tatry, Sliač, Piešťany a Žilina) majú len regionálny význam. Tieto letiská boli modernizované tak, aby boli splnené úlohy vyplývajúce zo vstupu do Schengenského priestoru a tieto letiská boli k 29. 3. 2008 zaradené do kategórie medzinárodných schengenských letísk.

Vodná doprava sa prevádzkuje na vodnom toku rieky Dunaj (podľa dohody AGN označenej E-80, ktorá patrí do TEN-T a zároveň je súčasťou paneurópskeho dopravného koridoru VII (Dunaj – Mohan – Rýn) a prioritného projektu TEN-T č. 18. Táto vodná cesta umožňuje napojenie na prístavy v Severnom a Čiernom mori a napojenie na sieť západoeurópskych vodných ciest. Uznesením vlády SR č. 642/2009 bol schválený “Generálny program implementácie integrovaného európskeho akčného programu pre vnútrozemskú vodnú dopravu (NAIADES) v SR“, ktorý sa zameriava na päť oblastí: infraštruktúra, trh, loďstvo (flotila), pracovné miesta a zručnosti a vnímanie verejnosťou. Rozvoj infraštruktúry je zameraný na zlepšovanie parametrov vodných ciest na slovenskom úseku Dunaja Sap – Štúrovo a v úseku medzi Bratislavou a ústím rieky Moravy, Vážsku vodnú cestu na úseku Komárno – Sereď – Hlohovec a optimalizáciu údržby plavebných komôr v Gabčíkove.

Celkové ročné množstvo prepraveného tovaru za obdobie 1995 až 2008 sa pohybovalo na úrovni 250 mil. ton. V železničnej nákladnej doprave sa uvedené množstvo znížilo takmer o 16 % a v cestnej nákladnej doprave o 2 %. Podiel železničnej dopravy na preprave tovarov sa znížil z 23 % na 20 % a zvýšil sa podiel cestnej dopravy zo 76 % na 79 %. Vývoj prepravnej náročnosti slovenskej ekonomiky za obdobie po roku 1989 je charakterizovaný jej trvalým poklesom. Pokiaľ v roku 1995 bolo potrebných prepraviť 445 ton na vytvorenie 1 mil. Sk HDP, tak v roku 2008 bolo potrebných prepraviť len 123 ton surovín, materiálov a výrobkov na vytvorenie 1 mil. Sk HDP. Prepravná náročnosť sa v tomto období znížila takmer o 73 %. Toto zníženie spôsobili zásadné štrukturálne zmeny slovenskej ekonomiky, ako napr. vybudovanie nových priemyselných závodov automobilového a elektrotechnického priemyslu, ktorých výrobky majú vyššiu pridanú hodnotu.

Cestná nákladná doprava má najväčší podiel na trhu následkom liberalizácie a odstránenia cezhraničných prekážok v rámci EÚ, zmenou štruktúry prepravovaného tovaru – rastu zásielok nižšej hmotnosti, vyššou flexibilitou, realizáciou komplexných služieb (“od dverí k dverám“) a nižšími nákladmi za používanie infraštruktúry v porovnaní so železničnou dopravou. Prístup na trh medzinárodnej cestnej dopravy je regulovaný povoleniami, licenciami a právnymi predpismi týkajúcimi sa konštrukcie a technického stavu vozidiel, práce osádok a podmienok vykonávania prepravy. Významnú úlohu v tejto oblasti má kontrola dodržiavania právnych predpisov, zameraná najmä na technický stav cestných motorových vozidiel, denné doby jazdy, prestávky a denné doby odpočinku vodičov, vozidlá prepravujúce nebezpečné veci a rýchlo skaziteľný tovar a doklady oprávňujúce na podnikanie. Preprava tovaru v rámci jednej krajiny uskutočňovaná prepravcom z inej krajiny (tzv.

kabotáž) zabezpečuje 1,2 % vnútroštátnych trhov cestnej dopravy. Vykonávanie kabotáže je novo upravené v nariadení EP a Rady o spoločných pravidlách prístupu na medzinárodný trh nákladnej cestnej dopravy. Na rozvoj hospodárskej súťaže majú vplyv značné rozdiely výšky daní medzi členskými štátmi, predovšetkým výška spotrebnej dane z palív.

Nákladná železničná doprava v EÚ je úplne liberalizovaná od 1. januára 2007. Právny rámec EÚ pre železničnú dopravu bol ukončený v roku 2007, tzv. “tretím železničným balíčkom“, ktorého cieľom bolo odstrániť zvyšné štrukturálne prekážky konkurencieschopnosti železničného odvetvia. Celkový objem prepravených tovarov v železničnej doprave v roku 2008 bol 47 910 000 ton, pričom medzinárodná železničná doprava predstavovala 82,2 % celkovej železničnej dopravy. Najviac zaťaženu časťou železničnej siete je úsek Košice - Žilina, kde súčasná ročná intenzita je približne 20 000 vlakov. Na tratiach južného ťahu sa využitie dopravnej cesty pohybuje okolo 30 až 50 % (za dostatočne obsadené prevádzkové zariadenie sa považuje stupeň obsadenia 50 – 70 %).

V osobnej doprave celkový počet prepravených osôb v období od roku 1995 do roku 2008 sa výrazne nemenil. K zásadným zmenám však došlo v štruktúre podielu jednotlivých druhov dopravy na celkových výkonoch dopravy. Podiel verejnej osobnej dopravy (VOD) na prepravnom množstve poklesol z 50 % v roku 1995 na 30 % v roku 2008 a podiel individuálnej automobilovej dopravy (IAD) sa v tomto období tak zvýšil na 70 %.

Presun výkonov z verejnej osobnej autobusovej a železničnej dopravy na individuálnu má negatívny vplyv na príjmy dopravcov z cestovného, čo má za následok vyššie požiadavky na subvencovanie z verejných zdrojov. Dôsledkom tejto skutočnosti sa dotácia na realizovaný výkon (na osobokm) zvyšuje, pričom v železničnej doprave patrí medzi najvyššie v EÚ. Financovanie verejnej osobnej dopravy vyplýva z nariadenia EP a Rady č. 1370/2007 o službách verejnej železničnej a autobusovej dopravy, ktorého hlavný účel je zaručiť transparentnosť pridelovania a podmienok plnenia zmlúv o službe vo verejnom záujme v doprave a odstrániť podozrenia zo štátnej pomoci.

V leteckej doprave bol v období 2002 – 2008 zaznamenaný výrazný nárast počtu prepravených cestujúcich. Letisko Bratislava zaznamenalo nárast počtu cestujúcich, najmä vstupom nízkonákladových leteckých dopravcov. Tento nárast výkonov, vzhľadom na absolútne hodnoty rastu a predchádzajúcu nízku úroveň výkonov na letiskách, nepredstavoval zásadné problémy v oblasti kongescií a znečistenia. V dôsledku hospodárskej krízy však letiská na Slovensku už od konca roku 2008 zápasia s veľkým poklesom prepravených cestujúcich a letov tak v charterovej, ako aj v pravidelnej doprave. Je to nielen na malých regionálnych letiskách, ale aj na letiskách v Bratislave a Košiciach.

Inteligentné dopravné systémy (ITS) - v cestnej doprave umožňujú veľmi významne obmedzovať negatívne dopady vyplývajúce z prevádzky dopravných systémov, zvyšovať bezpečnosť a plynulosť dopravy, pozitívne ovplyvňovať ekonomickosť dopravných podnikov a služieb, znižovať nároky na verejné zdroje a umožňuje subjektom dopravného procesu efektívne rozhodovanie. ITS na Slovensku sú v porovnaní s vyspelými krajinami EÚ nedostatočne využívané na riadenie a zabezpečenie dopravných a prepravných procesov. V súčasnosti je v prevádzke na území SR päť vzájomne neprepojených úsekov diaľnic, kde je úplne vybudovaná komunikačná infraštruktúra a základná zostava externých technologických zariadení ako napr. meteo zariadenia, premenné optické dopravné značky, automatické sčítače dopravy a zariadenia kamerového dohľadu.

Program vychádza z Európskeho akčného plánu ITS a návrhu smernice EP a Rady o podpore ITS v cestnej doprave. NSDI bude v budúcnosti podporovaný európskym satelitným navigačným systémom Galileo, ktorý bude využívaný v sektore dopravy, predovšetkým v aplikáciách viazaných na informácie o zemepisnej polohe. Využitím údajov o polohe vozidiel k on-line informáciám o dopravnej situácii alebo pri riadení cestnej premávky bude možné predchádzať kritickým dopravným situáciám (kongescie a pod.). Cestní a železniční

dopracovia budú schopní efektívnejšie monitorovať pohyb svojich nákladných automobilov, železničných vozňov alebo kontajnerov.

Nárast cestnej osobnej a nákladnej dopravy zvyšuje dopyt po neobnoviteľných zdrojoch energií, zvyšuje produkciu skleníkových plynov a má za následok vyšší počet obetí na cestách. Najväčší podiel na emisiách a látkach znečisťujúcich životné prostredie v rámci dopravnej prevádzky v SR predstavuje cestná doprava - IAD a nákladná doprava, ktoré predstavujú až 87 % celkového objemu emisií. Množstvo emisií znečisťujúcich látok v doprave súvisí so spotrebou pohonných látok, ktorú negatívne ovplyvňujú technický stav prevádzkovaného vozidlového parku, využívanie kapacity dopravných prostriedkov a zaťaženie dopravnej infraštruktúry.

V období rokov 1995 – 2008 bol celkový nárast emisií skleníkových plynov z dopravy takmer 59 % a v roku 2008 predstavoval hodnotu 6 959,84 tis. ton CO₂ ekvivalentov. V priemere medziročná zmena v sledovanom období (1995 – 2008) predstavuje nárast o 4,3 %. Najvýraznejší podiel na tvorbe emisií skleníkových plynov má jednoznačne cestná doprava, ktorá je zodpovedná až za 95 % emisií vznikajúcich z jednotlivých druhov dopravy.

Preťaženie dopravnej infraštruktúry má negatívny vplyv na dosiahnutie prepravných požiadaviek ako sú kvalita, požadovaný čas a na životné prostredie. Najväčšie kongescie sú predovšetkým vo väčších mestách, na hlavných cestách blízko mestských aglomerácií a na konci ukončených diaľnic (D1) a rýchlostných ciest (R1), kde doprava pokračuje na cestách I. triedy. Vývoj intenzity cestnej dopravy SR v rokoch 1995 – 2008 má neustále rastúci trend, pričom najprogresívnejšie rastie na diaľniciach a v značnom rozsahu aj na cestách I. triedy v trasách plánovaných rýchlostných ciest. Za uvedené obdobie bol dvojnásobný nárast priemernej dennej intenzity predovšetkým na diaľniciach.

V oblasti bezpečnosti dopravy cieľom SR je, v súlade s politikou EÚ, znížiť počet obetí na cestách o 50 % v období 2002 – 2010, čo znamená do roku 2010 znížiť úmrtnosť na cestách SR oproti roku 2002 (610 usmrtených osôb) o 50 % a prispieť k zastaveniu percentuálneho nárastu počtu dopravných nehôd. V súčasnosti je možné konštatovať, že tento cieľ sa nedarí plniť aj napriek schválenému „Národnému plánu na zvýšenie bezpečnosti cestnej premávky do roku 2010“. Najväčší efekt sa očakával predovšetkým od preventívnych opatrení v oblasti dopravnej výchovy a osvetu, zvyšovaním bezpečnosti na cestách, napr. budovaním kruhových križovatiek, znižovaním rýchlosti v obciach, inštaláciou kamerových systémov na diaľniciach, dohľadom nad bezpečnosťou a plynulosťou cestnej premávky (orientácia na kritické nehodové lokality, kontrola požívania alkoholických nápojov) a opatreniami v oblasti bezpečnosti cestných vozidiel, zdravotnej výchovy a psychológie, ako aj opatreniami v legislatíve, propagácie v médiách a v medzinárodnej spolupráci.

V oblasti zamestnanosti sektor dopravy predstavuje významného zamestnávateľa v hospodárskych sektoroch súvisiacich s dopravou (služby, vybavenie, infraštruktúra). Sektor dopravy vytvára približne 8,2 % hrubého domáceho produktu SR a asi 4,2 % pracovných miest. Celkový počet zamestnancov v sektore dopravy ku koncu roku 2008 predstavoval 93 912, čo napríklad v porovnaní s rokom 2006 predstavoval nárast o 10 %. Najdynamickejší nárast počtu zamestnancov bol zaznamenaný v cestnej nákladnej doprave z 8 304 zamestnancov v roku 2006 na 13 347 zamestnancov v roku 2008.

V cestnej nákladnej doprave do začiatku hospodárskej krízy (druhý polrok 2008) dopyt po pracovných profesiách stúpá. Medzi hlavné faktory rastu zamestnanosti patrili predovšetkým nižšie náklady našich dopravcov v porovnaní so zahraničnou konkurenciou. V nadväznosti na hospodársku krízu sa úroveň výkonov pohybuje v roku 2009 na úrovni približne 30 % oproti predchádzajúcemu obdobiu. Tento pokles má za následok, že počet dopravcov ku koncu roka 2008 sa prvýkrát od roku 2004 znížil o 4,5 %. V medzinárodnej cestnej nákladnej doprave bolo k 31. 12. 2008 vydaných celkom 6 402 povolení Európskeho spoločenstva na 32 212 vozidiel (Príloha 1, tab. 2 a 3). Na jedného dopravcu pripadá v

priemere 5,03 vozidla, pričom 34,47 % dopravcov vlastní jedno vozidlo, 20,3 % dopravcov dve vozidlá, tri vozidlá má 12,7 % firiem, atď. Až 91,59 % dopravcov vlastní menej ako 10 vozidiel.

5.7.2 Dôsledky klimatickej zmeny na dopravu

Nežiadúce poveternostné javy vedú, v súvislosti s dopravou, k zvýšeniu dopravného času prepravy tovarov, predĺženiu času cestovania a zvýšeniu pravdepodobnosti nehôd. V sektore dopravy je niekoľko oblastí, ktoré sú bezprostredne spojené s prejavmi počasia. Ide najmä o extrémne javy počasia (vysoké a nízke teploty, intenzívne búrky, snehové kalamity), ktoré spôsobujú vážne komplikácie u takmer všetkých druhov dopravy. Komplexnú analýzu potenciálnych efektov zmien klímy na dopravu urobili Koetse a Rietveld (2007) a je sumarizovaná v nasledovnom prehľade:

Tab. 49

Doprava	Vplyv počasia	Dôsledky
Cestná doprava	Extrémny počasia (búrky, záplavy)	Odstávky cestných komunikácií, obchádzky, poškodenie cestnej infraštruktúry
	Zhoršené meteorologické podmienky (dážď, sneh, poľadovica, hmla, ...)	Zhoršenie bezpečnosti a plynulosti dopravy, dopravné zápchy
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zvýšené požiadavky na zimnú údržbu, poškodzovanie povrchu ciest
Letecká doprava	Extrémny počasia (búrky, záplavy)	Prerušenie prevádzky letísk, poškodenie zariadení, meškania letov
	Zhoršené meteorologické podmienky (dážď, sneh, poľadovica, hmla, ...)	Meškania letov
Železničná doprava	Extrémny počasia (búrky, záplavy)	Prerušenia dopravy, výluky, poškodenie infraštruktúry
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zvýšené požiadavky na zimnú údržbu, poškodzovanie koľají a výhybiek
Lodná doprava	Extrémny počasia (búrky, záplavy)	Prerušenia dopravy, poškodenie infraštruktúry
	Zhoršené zimné podmienky (časté sneženie, vietor, dlhé trvanie zimy)	Zamrzanie tokov – prerušenie vodnej cesty

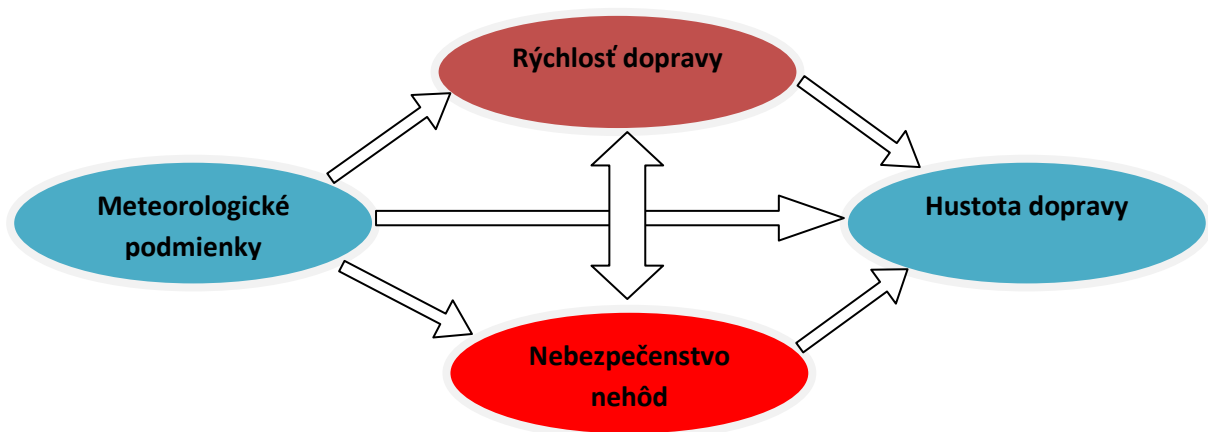
Bezpečnosť a plynulosť dopravy

Otázka bezpečnosti, hlavne na cestách, je prioritnou pri skúmaní vplyvu počasia na dopravu a nehodovosť, nakoľko tu dochádza k priamemu ohrozeniu zdravia a života ľudí. Môžeme identifikovať niekoľko meteorologických parametrov, ktoré sú významné pre dopravu. Stern a Zehavi (2000) skúmali závislosť medzi výskytom horúceho počasia a nehodami na cestách a dospeli k záveru, že zvyšovanie intenzity horúceho počasia (vysoké

teploty a ich dlhšie trvanie) vedie k zvyšovaniu nehodovosti, pričom konštatovali, že zvyšujú sa nehody hlavne individuálnych automobilov. Ďalšie meteorologické faktory zmieňované v literatúre sú hmla a vietor, ale jednoznačne najvýznamnejším faktorom sú zrážky (dážď a sneh). Koetse a Rietveld (2007) analyzovali výsledky skúmania vplyvu dažďa a snehu na nehodovosť (západná Európa, USA, Kanada) a dospeli k nasledovným záverom:

- Snehové zrážky sú z hľadiska nehodovosti významnejšie ako dažďové
- Z hľadiska nehodovosti je dôležitý aj stav počasia pred výskytom zrážok
- Výskyt nehôd sa zvyšuje hlavne pri silných intenzívnych zrážkach, prichádzajúcich po suchom období
- Frekvencia nehôd pri snežení sa zvyšuje, ale vyskytuje sa tu menej závažných dopravných nehôd ako pri suchom počasi (ľudia jazdia nižšími rýchlosťami)

Je však evidentné, že nehodovosť je ovplyvňovaná celým radom ďalších faktorov, ktoré ovplyvňujú rýchlosť dopravy, hustotu dopravy a pod., čo môžeme vyjadriť nasledovným vzťahovým grafom (obr.73).



Obr.73 Vzťah medzi počasím, bezpečnosťou dopravy, rýchlosťou a hustotou premávky (Koetse, Rietveld 2007)

Ďalšie štúdie sa zameriavali všeobecne na skúmanie vplyvu zhoršených poveternostných podmienok na podmienky cestnej dopravy. Vo všeobecnosti konštatovali, že zhoršené meteorologické podmienky vedú k znižovaniu cestnej rýchlosti (v rozsahu 10-30%) a predlžovaniu času cestovania (Martin et al., 2000, Agarwal et al., 2005). Záverom môžeme konštatovať, že zhoršené poveternostné podmienky majú zvyšujúci efekt na počet nehôd, menej už na počet vážnych dopravných nehôd. Zapríčiňujú znižovanie dopravnej rýchlosti, v menšej miere zvyšujú aj nebezpečenstvo nehôd, vedú k zvyšovaniu hustoty dopravy a času cestovania. Avšak musíme konštatovať, že hoci efekty počasia na bezpečnosť dopravy sú evidentné, stále je málo kvantitatívnych poznatkov na hodnotenie priamych aj nepriamych vplyvov počasia na dopravu a vyžaduje si to ďalší detailný výskum. Zároveň musíme konštatovať, že pre územie Slovenska zatiaľ nebola vypracovaná žiadna komplexná analytická štúdia o vplyve poveternostných faktorov na bezpečnosť a plynulosť najmä cestnej dopravy.

Je predpoklad, že ak sa budú meniť, v súvislosti so zmenou klímy, parametre počasia v budúcnosti musíme počítať aj s ich priamymi resp. nepriamymi dôsledkami na bezpečnosť

dopravy. Vzhľadom na aktuálne scenáre zmeny klímy pre územie Slovenska môžeme predpokladať, že oblasť bezpečnosti dopravy bude ovplyvnená nasledovne:

- Častejší výskyt kvapálnych zrážok v zimnom období môže viesť k častejším vznikom námrazových javov na cestách, a tým k zvýšeniu rizika nehodovosti (týka sa to severných oblastí Slovenska a horských polôh), naopak v južných oblastiach Slovenska sa toto riziko môže mierne znižovať
- Častejší výskyt intenzívnych búrkových zrážok s občasným výskytom krupobitia môže jednoznačne viesť k zvýšeniu rizika nehodovosti na cestách, čo sa bude týkať najmä podhorských a horských oblastí

Dopravná infraštruktúra

V súvislosti s vplyvom klimatických zmien na dopravnú infraštruktúru sa viaceré štúdie venujú hlavne extrémnym prejavom počasia ako sú búrky s intenzívnymi lejakmi, záplavy a silný vietor (hurikány). Prejavy týchto extrémov počasia sú samozrejme odlišné pre jednotlivé druhy dopravy, v každom prípade sú v týchto prípadoch ohrozené celé dopravné systémy, ktoré poškodením dopravnej infraštruktúry strácajú funkčnosť na niekoľko hodín až dní. Pravdepodobne najvážnejšie stavy ohrozenia dopravných systémov vznikajú v súvislosti s povodňami najmä v cestnej a lodnej doprave v oblasti vysokofrekventovaných dopravných ciest a v urbanizovaných oblastiach (RAE 2011). V čerstvej pamäti máme pražský dopravný kolaps pri povodni v auguste 2002.

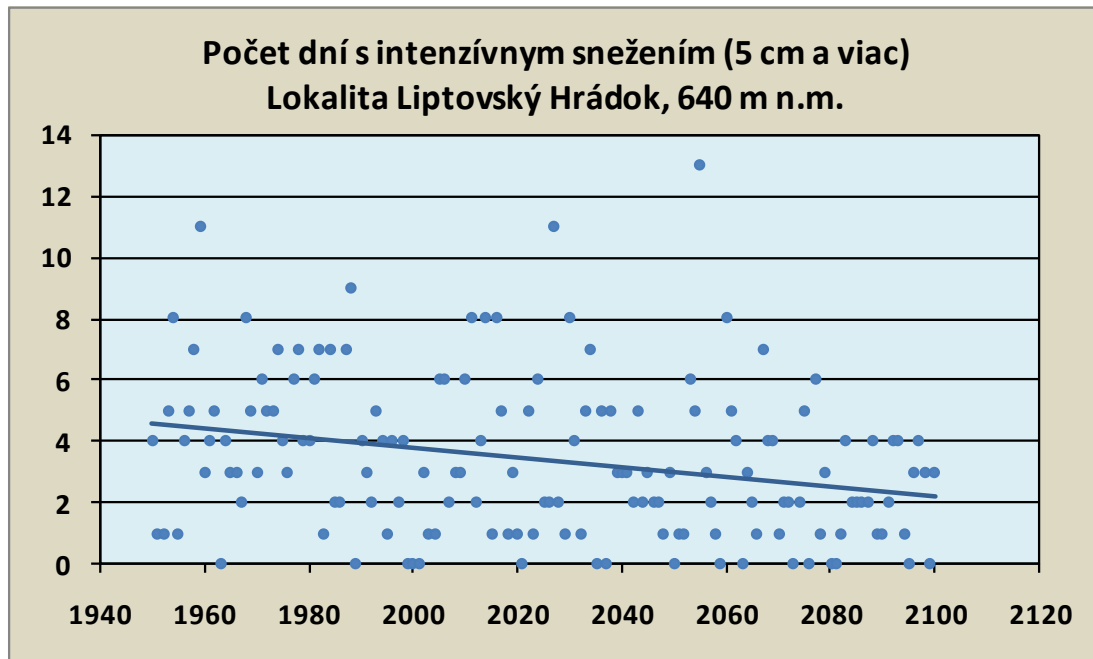
Je potrebné si ďalej uvedomiť, že extrémny počasia nevedú len k samotnému poškodeniu dopravnej infraštruktúry, ale následne spôsobujú značné národohospodárske škody v súvislosti s ekonomickými následkami straty dopravnej funkčnosti a výkonnosti (omeškania do práce, omeškania dodávok tovarov, straty prepravcov, znehodnotenie tovarov a pod.) (AVV 2006).

Pre podmienky Slovenska môžeme uvažovať s negatívnymi dôsledkami zmeny klímy hlavne na cestnú dopravnú infraštruktúru (menej na železničnú dopravu) najmä v súvislosti s intenzívnymi búrkovými lejakmi a následným vznikom povodňových situácií, či už na lokálnej či regionálnej úrovni. Za rizikové prvky dopravnej infraštruktúry treba považovať odvodňovacie a kanalizačné systémy, priepusty, mosty a časti ciest v bezprostrednej blízkosti vodných tokov. Osobitným problémom sú urbanizované lokality s vysokým stupňom nepriepustných povrchov (asfalt, betón), kde najväčší problém môže spôsobiť nedostatočná kapacita kanalizačných systémov (Eichhorst 2009) a následné rýchle zaplavenie cestných komunikácií. Za menej dôležitý problém považujeme poškodzovanie cestnej infraštruktúry v zimnom období v dôsledku striedania kladných a záporných teplôt (mechanické rozrušovanie povrchu a okraja ciest). Tento problém by mohol byť výraznejší len vo vyšších nadmorských výškach nad 800 m n.m. (horské priechody).

Špecifické postavenie má vodná doprava na Dunaji, kde vzhľadom na plochu povodia a predpokladané zmeny zrážkového režimu v Európe môže dôjsť k zmene prietokov a ich sezónnosti. V tomto smere je kľúčový vývoj zrážkovoodtokových pomerov v Alpskej oblasti, ktoré z tohto hľadiska ešte nie sú jednoznačne identifikovateľné vo vzťahu ku klimatickým zmenám. Pokles prietokov na Dunaji by mohol komplikovať lodnú dopravu po tejto dopravnej ceste, čo je najpravdepodobnejšie v letnom období. Jednoznačné predikcie pre povodie Dunaja podľa scenárov KZ však dodnes chýbajú. V rámci aktivít „Dunajskej komisie“ (ICDR) sa pre povodie Dunaja v súčasnosti pripravuje prvý návrh adaptácií na klimatickú zmenu, kde prvé výsledky očakávame v roku 2012.

Zimná údržba dopravnej infraštruktúry

Na základe scenárov zmeny klímy pre územie Slovenska, z ktorých vyplýva, že v zimnom období stúpne teplota vzduchu, poklesne výskyt snehových zrážok a zvýši sa podiel kvapalných zrážok. Tieto zmenené podmienky si vyžadujú aj zmenu v zabezpečovaní zimnej údržby najmä cestnej dopravnej infraštruktúry, kde sa vynakladá najviac finančných prostriedkov. Obr.x nám dokumentuje predpokladaný vývoj počtu dní s intenzívnym snežením, teda dní s výskytom kalamitných situácií na cestách, kde je zrejmy pokles týchto kalamitných situácií. Znamená to, že jednak to môže mať priaznivý dopad na celkovú nehodovosť v zimnom období a jednak to bude znamenať znižovanie intenzity (a teda aj nákladov) zimnej údržby.



Obr. 74 Predpokladaný vývoj počtu dní s intenzívnym snežením (5 cm a viac) v lokalite Liptovský Hrádok (Lapin et al. 2011) - scenár KNMI

Gregorová (2009) uvádza pre podmienky Slovenska nasledovné závery vo vzťahu k dôsledkom zmeny klímy v sektore Doprava:

- cestná doprava bude na hlavných koridoroch negatívne ovplyvňovaná aj v budúcnosti najmä v zimnom období (snehová pokrývka, námraza, poľadovica, vietor) v horských oblastiach a vyššie položených horských priechodoch stredného a severného Slovenska, napr. Donovaly, Čertovica, Besník, Šturec, Cesta Slobody v Tatranskej oblasti – hlavne jej západná časť od Smokovca po Podbanské,
- v najvyšších úsekoch koridorov cestnej dopravy v oblasti Štrbského plesa a Čertovice je možné očakávať zvýšené úhrny snehových zrážok v zimnom období,
- z hľadiska cestnej dopravy v nížinách môžeme predpokladať pokles snehových zrážok, počtu mrazových dní, prípadne dní s poľadovicou,
- zvýši sa celková variabilita vplyvu klímy na cestnú dopravu – od pozitívnejších vplyvov v nížinách po negatívnejšie vplyvy v najvyšších polohách,
- z hľadiska železničnej dopravy očakávame pozitívnejšie vplyvy klimatickej zmeny z hľadiska teploty vzduchu v kotlinách a horských oblastiach, negatívnejšie vplyvy sa môžu prejaviť extrémne vysokými teplotami vzduchu v letnom období v nížinách,

- z hľadiska železničnej dopravy a atmosférických zrážok môže nastať v chladnejšej časti roka v kotlinách a horských oblastiach ich zvýšením negatívne ovplyvnenie tohto druhu dopravy,
- vnútrozemská vodná doprava realizovaná na Dunaji, Morave a dolnom toku Váhu bude negatívne ovplyvňovaná znížením prietokov v letnom období,
- letecká doprava bude náchylnejšia na jej ovplyvňovanie extrémnymi poveternostnými javmi, letiská v Bratislave a Košiciach budú pozitívnejšie ovplyvňované nebezpečnými klimatickými javmi v zimnom období (poľadovica, snehová pokrývka),
- predpokladaná klimatická zmena sa pravdepodobne neprejaví pri potrubnej doprave,
- z hľadiska dopravy sa ako najzraniteľnejšia na predpokladanú klimatickú zmenu javí cestná doprava (podobne i v súčasnosti),
- z regionálneho hľadiska, podobne ako i dnes, sa javia z hľadiska dopravy najzraniteľnejšie kotliny a horské oblasti severného, stredného a východného Slovenska,
- niekoľko krátkych úsekov nad cca 1200 m n.m. bude pravdepodobne negatívne ovplyvňovaných zvýšeným úhrnom zrážok v zimnom období, týka sa to cestnej a čiastočne niektorých špeciálnych druhov dopravy.

Na základe výsledkov analýzy doterajších poznatkov a poznania podmienok dopravy na Slovensku treba za najzávažnejšie dôsledky zmeny klímy na sektor dopravy jednoznačne považovať otázku zvyšovania rizík bezpečnosti dopravy (osobitne cestnej) a negatívne dôsledky zmeny klímy na dopravnú infraštruktúru (cestnú a železničnú). Sumarizáciou dostupných poznatkov sme odhadli mieru rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor dopravy pre jednotlivé samosprávne kraje.

Tab. 50

Druh dopravy	Vyšší územný celok							
	BA-SK	TT-SK	NR-SK	TN-SK	BB-SK	ZA-SK	PO-SK	KE-SK
Cestná doprava	**	*	*	*	**	**	**	**
Železničná doprava	*	*	*	*	*	**	**	**
Letecká doprava	*	0	0	0	*	0	*	*
Vodná doprava	*	*	*	0	0	0	0	0
Potrubná doprava	0	0	0	0	0	0	0	0

Riziko negatívneho vplyvu KZ na dopravu
 0 – minimálne riziko, *mierne riziko **vysoké riziko ***veľmi vysoké riziko

5.7.3 Adaptačné opatrenia v doprave

Adaptačné opatrenia v doprave je potrebné rozdeliť do dvoch skupín opatrení, a to opatrenia zamerané na znižovanie bezpečnostných rizík v cestnej doprave vplyvom extrémov počasia a na opatrenia zamerané na skvalitnenie dopravnej infraštruktúry v rizikových lokalitách.

Otázka bezpečnosti dopravy, aj vo vzťahu k očakávaným efektom zmeny klímy, úzko súvisí s realizáciou už spomínaných Inteligentných dopravných systémov (ITS). Realizácia ITS veľmi dobre napomôže aj pri znižovaní rizík vplyvu extrémov počasia na nehodovosť, aj keď ITS nemôžeme považovať za štandardné a špecifické adaptačné opatrenie. Jeho realizácia na slovenských cestách však prinesie aj tento pozitívny vedľajší efekt. Ďalším opatrením v tejto oblasti by mohla byť výraznejšia edukačná a osvetová činnosť (médiá, školy, autoškoly) zameraná na informovanosť o rizikách extrémov počasia vo vzťahu k podmienkam dopravy a reakcii vodičov na situáciu na cestách v takýchto situáciách.

Druhou skupinou opatrení sú adaptačné opatrenia smerujúce k prebudovaniu časti dopravnej infraštruktúry vo vzťahu k zvyšujúcemu sa riziku intenzívnych búrkových lejakov a povodňových situácií. Tento typ adaptačných opatrení je vo všeobecnosti odporúčaný v rámci celej Európy (FISTA 2009). Tieto opatrenia môžeme špecifikovať nasledovne:

- Rekonštruovať a zabezpečiť funkčnosť odvodňovacích systémov ciest I, II a III. triedy najmä v Žilinskom, Banskobystrickom, Prešovskom a Košickom samosprávnom kraji
- Rekonštruovať mosty a priepusty s cieľom ich spevnenia a zvýšenia prietokových parametrov najmä v Žilinskom, Banskobystrickom, Prešovskom a Košickom samosprávnom kraji

5.7.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení v doprave

Ekonomické odhady adaptačných opatrení sa zamerali na hodnotenie investičných a prevádzkových nákladov na rekonštrukcie odvodňovacích systémov, mostov a priepustov. Pri týchto kalkuláciách sa vychádzalo z aktuálnej úrovne cien a prevádzkových nákladov na základe podkladových údajov Národnej diaľničnej spoločnosti, Slovenskej správy ciest a jednotlivých správcoch ciest II a III triedy v rámci jednotlivých VÚC.

Investičné náklady zahŕňajú nasledovné nákladové položky: rekonštrukcie odvodňovacích systémov ciest I, II triedy, rekonštrukcie mostov a priepustov na cestách I, II a III triedy, rekonštrukcie úsekov ciest bezprostredne susediacich s vodnými tokmi – cesty I a II triedy.

Prevádzkové náklady kalkulujú s pravidelnou údržbou realizovaných investícií v rámci činnosti NDS, SSC a správ ciest jednotlivých VÚC.

Rezort dopravy definuje dopravu ako jeden z kľúčových faktorov rozvoja každej modernej spoločnosti, pričom sama o sebe nie je cieľom ale prostriedkom hospodárskeho rozvoja a predpokladom k dosiahnutiu sociálnej a regionálnej súdržnosti. Doprava pôsobí naprieč ekonomikou a spojuje rôzne sektory, umožňuje prekonávať vzdialenosti, zlepšuje deľbu práce v rámci výroby, podporuje produktivitu výrobnéj pracovnej sily a kapitálu čím podporuje rast prosperity a konkurencieschopnosti ekonomiky. Na zabezpečenie funkčného dopravného systému SR a fungujúcej ekonomiky je nevyhnutná rozvinutá a po technickej a kvalitatívnej stránke vyhovujúca dopravná infraštruktúra, ktorá predstavuje základný predpoklad rozvoja spoločnosti spolu s ostatnými faktormi. Do odvetvia dopravy sú zaradené organizácie vykonávajúce dopravnú činnosť, služby v železničnej, cestnej, vodnej, leteckej a potrubnej doprave a skladové a pomocné činnosti v doprave. Do odvetvia nie je zahrnutá závodná doprava vykonávaná pre cudzie a pre vlastné potreby v podnikoch, ktoré sú svojou hlavnou činnosťou zaradené do iných odvetví hospodárstva SR (neverejná doprava).

Cestná infraštruktúra je v podmienkach Slovenska charakterizovaná relatívne hustou sieťou ciest, avšak s nízkym podielom diaľnic a rýchlostných ciest. Podobne infraštruktúra železničnej dopravy je charakteristická pomerne vysokou hustotou siete avšak so zastaranou technológiou. Letecká doprava zohráva strategickú úlohu najmä v oblasti zabezpečovania dopravných služieb so zahraničím a prispieva k spoločenskému a ekonomickému rozvoju štátu. Letecká infraštruktúra SR disponuje v súčasnosti s relatívne hustou sieťou letísk s výhodným geografickým rozmiestnením. Hlavné letiská na Slovensku sú: Letisko M. R. Štefánika v Bratislave, Letisko Košice, Letisko Poprad – Tatry, Letisko Sliač, Letisko Piešťany a Letisko Žilina⁶. Vodná doprava predstavuje významnú súčasť dopravnej sústavy

⁶ Rezort dopravy.

Slovenskej republiky. Zohráva dôležitú úlohu pri zefektívňovaní tovarovej výmeny, najmä v zahraničnom obchode pri prepravách hromadných, tekutých a kusových zásielok. Vnútrozemská vodná doprava sa v súčasnosti vykonáva na sledovaných vodných cestách riek Dunaja, Váhu, Moravy a Bodrogu, dĺžka ktorých je 256,00 km.

Odborníci na odvetvie dopravy zastávajú názor, že jedným z hlavných problémov, s ktorými sa bude musieť vyrovnáť odvetvie dopravy sú klimatické zmeny. Podľa správy Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC) globálna zmena klímy vytvára dve hlavné výzvy pre odvetvie dopravy: zabezpečiť, aby dopravné siete vydržali, vplyvy spôsobené zmenou klímy, ktoré už prebiehajú v plnom prúde, a znižovanie emisií skleníkových plynov. Z pohľadu adaptačných opatrení je dôležitá práve prvá otázka. Nakoľko je táto štúdia zameraná na adaptačné opatrenia, tak sa budeme podrobnejšie venovať tejto oblasti. Druhá výzva spadá do oblasti mitigačných opatrení, ktorá je samozrejme nemenej dôležitá a bude vyžadovať ďalší výskum v budúcnosti. Z pohľadu udržateľnosti dopravnej infraštruktúry bude kľúčová otázka, ako sa dokážeme vyrovnáť s vplyvmi ako napr. záplavy, zosuvy pôdy, snehové kalamity, prudké často neočakávané zmeny teploty a podobne.

Ekonomické odhady adaptačných opatrení sú zamerané na analýzu investičných a prevádzkových nákladov na skvalitnenie a dobudovanie dopravnej infraštruktúry. Pri týchto kalkuláciách sa vychádzalo z aktuálnej úrovne cien a prevádzkových nákladov. Dôraz bol kladený na náklady na rekonštrukciu cestnej infraštruktúry za účelom zvýšenia odolnosti voči poveternostným faktorom, najmä povodňami a privalovým dažďom.

Tab. 51 Odhadované náklady na adaptačné opatrenia v mil. EUR

Dolný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0	1,75	2,25	3,00	3,40	3,80	4,20	4,60	5,00
Prevádzkové náklady	0	0,50	0,75	1,31	1,36	1,41	1,46	1,51	1,56
Spolu	0	2,25	3,00	4,31	4,76	5,21	5,66	6,11	6,56
Horný odhad	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Investičné náklady	0	2,00	2,50	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25
Prevádzkové náklady	0	0,81	0,88	1,69	1,86	2,04	2,21	2,39	2,56
Spolu	0	2,81	3,38	5,44	6,11	6,79	7,46	8,14	8,81

Zdroj: výpočty autorov

Tabuľka 51 zobrazuje hraničné odhady nákladov na adaptáciu v sektore. Náklady na adaptačné opatrenia v odvetví dopravy sú v roku 2015 pre dolný odhad 1,75 milióna EUR a pre horný odhad 2,81 milióna EUR. V roku 2050 pre dolný odhad 5,00 milióna a pre horný odhad 8,81 milióna EUR. V roku 2010 sa adaptačné opatrenia nerealizovali. Vychádzame z predpokladu, že investičné náklady by mali smerovať do produktov z odvetví: ťažba nerastných surovín, priemysel, stavebníctvo a doprava. Prevádzkové náklady by mali smerovať do produktov z odvetví: ťažba nerastných surovín, priemysel, stavebníctvo a energetika. V porovnaní s ostatnými skúmanými odvetviami sú náklady v tomto odvetví relatívne nízke. Nakoľko odvetvie dopravy je jedno z najvýznamnejších odvetví v národnom hospodárstve a samotná údržba existujúcej infraštruktúry a budovanie novej infraštruktúry je finančne veľmi náročná. Preto sa vo všeobecnosti dá povedať, že odhadované náklady sú značne poddimenzované.

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví.

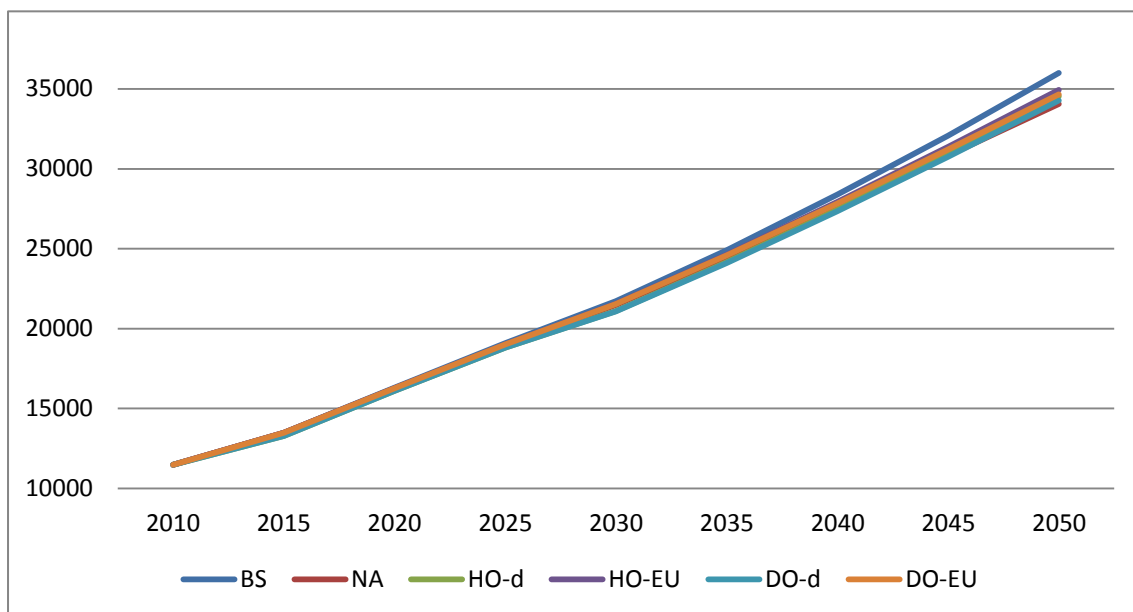
Analýza je zložená z jedného základného scenára (BS), ktorý vychádza z hypotézy, že klimatické zmeny nemajú žiadny vplyv na vývoj v ekonomiky. Opačným extrémom je scenár s klimatickou zmenou, ale bez adaptačných opatrení (NA). Ďalej uvažujeme so štyrmi alternatívnymi scenármi predpokladajúcimi klimatické zmeny, aj následné adaptačné opatrenia. Tieto scenáre sa navzájom líšia mierou adaptácie (horný odhad: HO; dolný odhad: DO) a zdrojom financovania adaptačných opatrení (zahraničné zdroje: EU (DO-EU a HO-EU); dodatočné zdanenie domácich subjektov (DOd a HOd)).

Dolný odhad dopadu klimatických zmien – nízky scenár

Produkcia odvetvia pre odhad vplyvu klimatických zmien naznačuje, že ak by sa nerealizovali žiadne adaptačné opatrenia, tak by produkcia odvetvia v roku 2050 bola o 5,4% nižšia v porovnaní so základným scenárom. Ak sa realizujú adaptačné opatrenia, tak vyšší prínos prináša, ak sú tieto opatrenia financované zo zahraničných zdrojov (fondy EÚ), než keby sa realizovali z daňových príjmov. V prípade, ak sú adaptačné opatrenia financované z vlastných zdrojov, tak sa pozitívne efekty prejavujú po tridsiatich rokoch pre horný odhad nákladov a po tridsiatich piatich rokoch pre dolný odhad nákladov. Toto je spôsobené zvýšenou daňovou záťažou, čo vo všeobecnosti prináša spomalenie produkcie a preto sa aj pozitívny efekt z adaptačných opatrení objavuje neskôr, než v prípade, keby sa tieto opatrenia realizovali zo zahraničných zdrojov. Produkcia odvetvia doprava (OKEČ: I – Doprava, skladovanie, pošta a telekomunikácie) predstavovala v roku 2010 približne 7,7% celkovej produkcie hospodárstva.

Tab. 52 Produkcia na základe jednotlivých variantov scenára, mil. EUR, nízky scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	11484	13486	16303	19096	21711	24905	28387	32087	36008
NA	11484	13473	16257	18981	21477	24463	27619	30834	34059
HOd	11484	13274	16110	18815	21106	24157	27449	30914	34539
HO-EU	11484	13475	16266	19012	21554	24628	27932	31375	34935
DOd	11484	13273	16107	18806	21084	24109	27357	30754	34277
DO-EU	11484	13474	16264	19004	21532	24580	27839	31213	34672

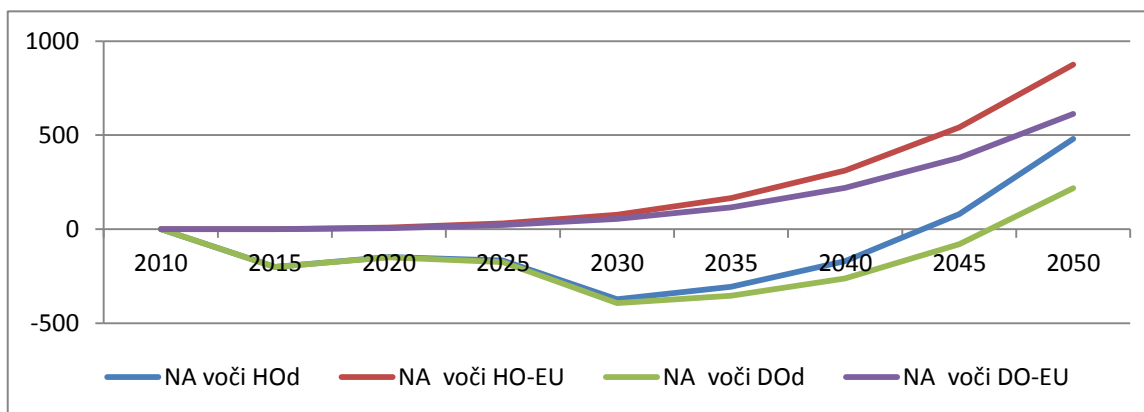


Obr. 75 Produkcia na základe jednotlivých variantov scenára, mil. EUR, nízky scenár
Zdroj: výpočty autorov

Ak by boli adaptačné opatrenia financované z domácich zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o 0,64 % vyššia a pri hornom odhade o 1,41 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Ak by boli adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude produkcia pri dolnom odhade o 1,8 % vyššia a pri hornom odhade o 2,57 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Na základe toho sa dá vysloviť záver, že je pre ekonomiku Slovenska výhodné, ak využije financovanie nákladov adaptácie nielen z vlastných ale aj zo zahraničných zdrojov, ako fondy EÚ pre jej členské štáty. Nasledujúci obrázok znázorňuje rozdiel produkcie v jednotlivých variantných scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení.

Tab. 53 Rozdiel produkcie jednotlivých scenárov od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NA voči HOd	0	-200	-147	-167	-371	-306	-170	81	480
NA voči HO-EU	0	1	9	31	77	165	313	541	875
NA voči DOd	0	-200	-150	-175	-393	-354	-262	-80	218
NA voči DO-EU	0	1	7	22	55	117	220	380	612



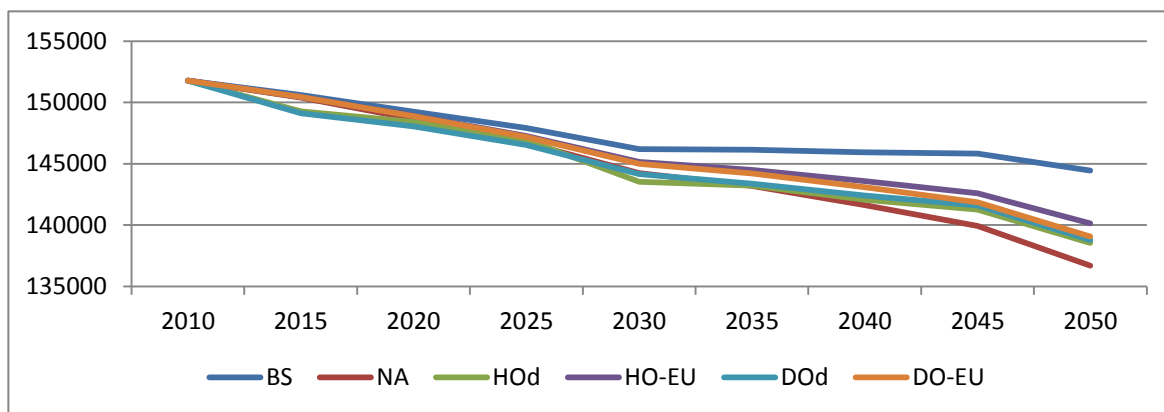
Obr. 76 Rozdiel produkcie jednotlivých scenárov od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, nízky scenár

Zdroj: výpočty autorov

Z pohľadu zamestnanosti je možné očakávať postupný pokles počtu zamestnancov v odvetví dopravy. Tento predpoklad, je založený na očakávanej modernizácii dopravnej infraštruktúry, čo prinesie vyšší stupeň automatizácie a efektívnosti produkcie a taktiež na demografickom faktore. Tento trend je možné očakávať hlavne v železničnej, leteckej a lodnej doprave. Nakoľko v podmienkach SR, produkcia v odvetví dopravy je závislá na počte zamestnaných, najpruďší pokles počtu zamestnancov je možné očakávať v prípade, ak sa nebudú realizovať žiadne adaptačné opatrenia. Toto predstavuje v roku 2050 vyše 5 % pokles oproti základnému scenáru. Ak by sa realizovali buď dolná alebo horná hranica adaptačných opatrení, môžeme očakávať, že pokles počtu zamestnaných bude spomalený a bude sa pohybovať niekde medzi dvoma hraničnými scenármi. V prípade horného alebo dolného odhadu a financovania z domácich zdrojov by sa to pohybovalo okolo 1,5 %. Ak by sa adaptačné opatrenia financovali zo zahraničia, tak by to malo pozitívny vplyv na zamestnanosť o 1,74 % pre dolný a 2,51 % pre horný odhad nákladov.

Tab. 54 Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví dopravy, osoby, nízky scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	151770	150608	149247	147906	146193	146140	145932	145838	144445
NA	151770	150403	148653	146724	144225	143180	141637	139931	136705
HOd	151770	149262	148410	146943	143527	143217	142079	141248	138557
HO-EU	151770	150444	148912	147260	145137	144500	143574	142597	140134
DOd	151770	149121	148044	146542	144164	143376	142399	141602	138785
DO-EU	151770	150440	148890	147193	144989	144215	143096	141863	139077



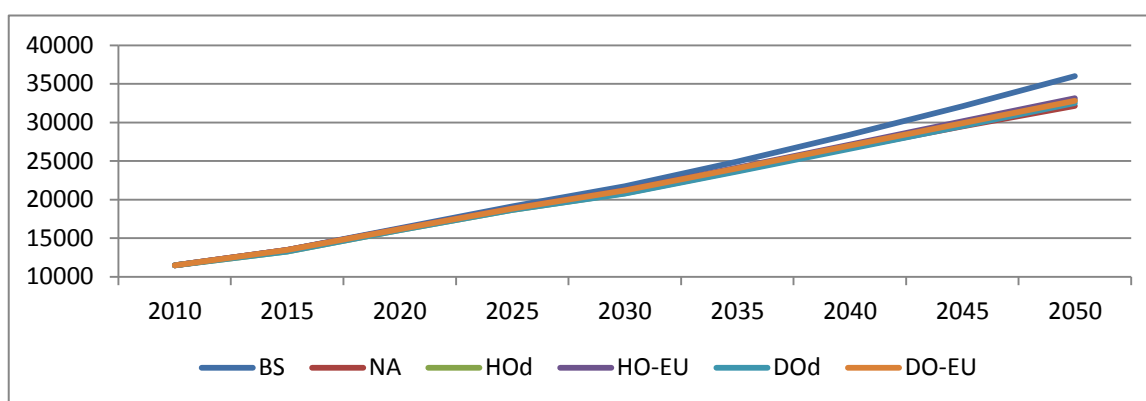
Obr. 77 Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví dopravy, osoby, nízky scenár
Zdroj: výpočty autorov

Horný odhad dopadu klimatických zmien – vysoký scenár

Trend vývoja produkcie je pre horný odhad dopadu klimatických zmien podobný ako bol u predošlej variante. Horný odhad dopadu klimatických zmien predpokladá intenzívnejší vplyv na produkciu oproti dolnému odhadu. Ak by sa nerealizovali žiadne adaptačné opatrenia, tak by oproti predošlej variante s dolným odhadom klimatických zmien poklesla produkcia o ďalších viac ako 5 %.

Tab. 52 Produkcia na základe jednotlivých variantov scenára, mil. EUR, vysoký scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	11484	13486	16303	19096	21711	24905	28387	32087	36008
NA	11484	13449	16173	18791	21126	23906	26721	29485	32150
HOd	11484	13251	16035	18652	20816	23721	26709	29757	32839
HO-EU	11484	13451	16189	18840	21239	24131	27117	30128	33129
DOd	11484	13250	16030	18636	20778	23646	26576	29541	32508
DO-EU	11484	13450	16184	18824	21202	24056	26984	29911	32798



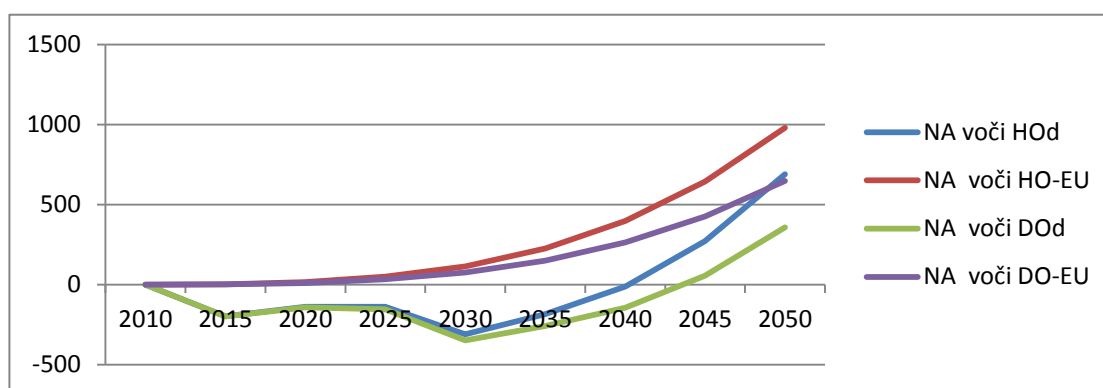
Obr. 78 Produkcia na základe jednotlivých variantov scenára, mil. EUR, vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Horný odhad dopadu klimatických zmien predpokladá silnejší vplyv klimatických zmien na produkciu. Ak by bola produkcia financovaná z domácich zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o 1,11 % vyššia a pri hornom odhade o 2,14 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia. Ak by boli adaptačné opatrenia

financované zo zahraničných zdrojov, tak môžeme očakávať, že v roku 2050 bude pri dolnom odhade o 2,01 % vyššia a pri hornom odhade o 3,14 % vyššia ako v prípade, ak sa nerealizuje adaptácia.

Tab. 53 Rozdiel produkcie jednotlivých scenárov od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
NA voči HOd	0	-198	-138	-138	-310	-184	-12	272	689
NA voči HO-EU	0	2	16	50	114	225	397	643	979
NA voči DOd	0	-199	-143	-155	-348	-259	-144	56	358
NA voči DO-EU	0	2	11	33	76	150	264	426	647



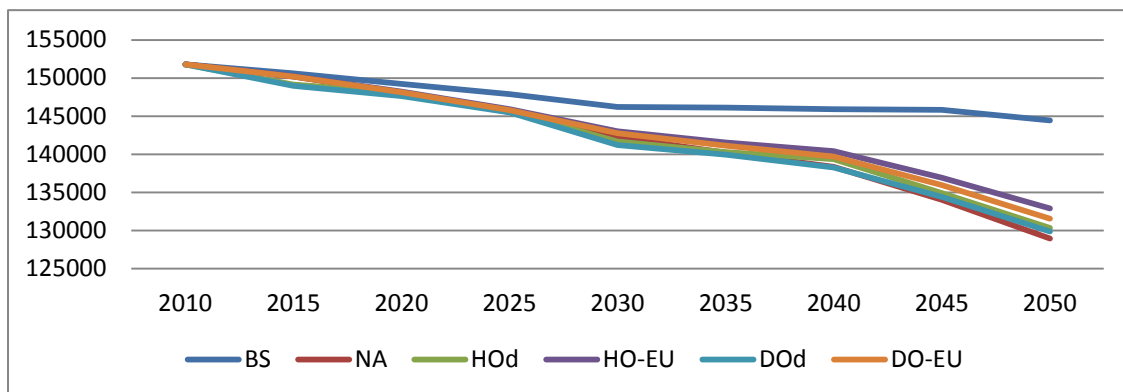
Obr. 79 Rozdiel produkcie jednotlivých variantných scenára od produkcie v scenári bez adaptačných opatrení, v absolútnom vyjadrení, mil. EUR, vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Podobne ako pri pohľade na produkciu v sektore najpriaznivejšie výsledky vykazuje základný scenár; vo všetkých ostatných scenároch je zamestnanosť v doprave nižšia. Čo sa týka zamestnanosti, pokles počtu zamestnaných v prípade intenzívnejšej zmeny klímy predstavuje skoro 6 %. Z pohľadu porovnania jednotlivých scenárov, môžeme očakávať v roku 2050 asi 10 % pokles dopytu po práci oproti základnému scenáru. Ak by sa realizovali buď dolná alebo horná hranica adaptačných opatrení, môžeme očakávať, že pokles počtu zamestnaných bude spomalený a bude sa pohybovať niekde medzi dvoma hraničnými scenármi. V prípade horného alebo dolného odhadu a financovania z domácich zdrojov by sa to pohybovalo okolo 1 %. Ak by sa adaptačné opatrenia financovali zo zahraničia, tak by to malo pozitívny vplyv na zamestnanosť zhruba o 2 % pre dolný a asi o 3 % pre horný odhad nákladov.

Tab. 54 Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví dopravy, osoby, vysoký scenár

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BS	151770	150608	149247	147906	146193	146140	145932	145838	144445
NA	151770	150197	148059	145543	142256	140220	138341	134024	128964
HOd	151770	149161	148079	145657	141660	140296	139359	134911	130361
HO-EU	151770	150224	148203	145928	143022	141555	140395	136947	132889
DOd	151770	148992	147654	145481	141197	139950	138276	134392	129889
DO-EU	151770	150215	148155	145800	142767	141109	139706	135962	131561

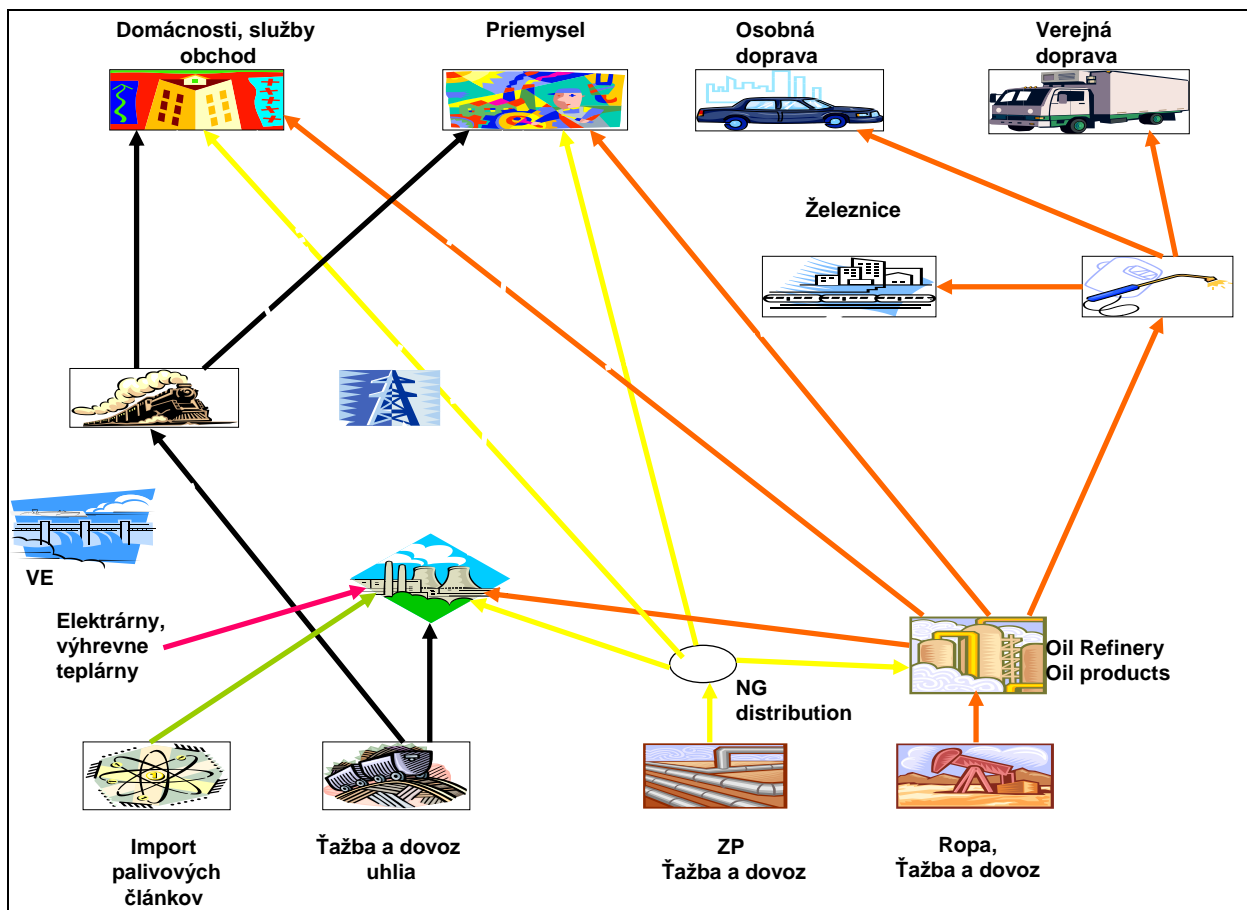


Obr. 80 Odhadovaný počet zamestnaných v odvetví dopravy, osoby, vysoký scenár
Zdroj: výpočty autorov

Vo všeobecnosti je možné konštatovať, že scenáre s aplikáciou adaptačných opatrení v horizonte do roku 2050 vykazovali schopnosť zmierňovať ekonomické dôsledky klimatických zmien v odvetví dopravy. Pokiaľ budú adaptačné opatrenia financované z domácich zdrojov, ich návratnosť sa môže dostaviť až ku koncu sledovaného obdobia. Adaptačné opatrenia financované zo zahraničných zdrojov sú ekonomicky výhodné počas celého obdobia, čo platí tak o celkovej produkcii, ako aj o zamestnanosti. Samozrejme, je naivné si myslieť, že by všetky adaptačné opatrenia boli financované iba zo zahraničných zdrojov, preto ostáva otvorená otázka nájdenia optimálneho mixu zdroju financovania týchto opatrení.

5.8.1 Základné informácie

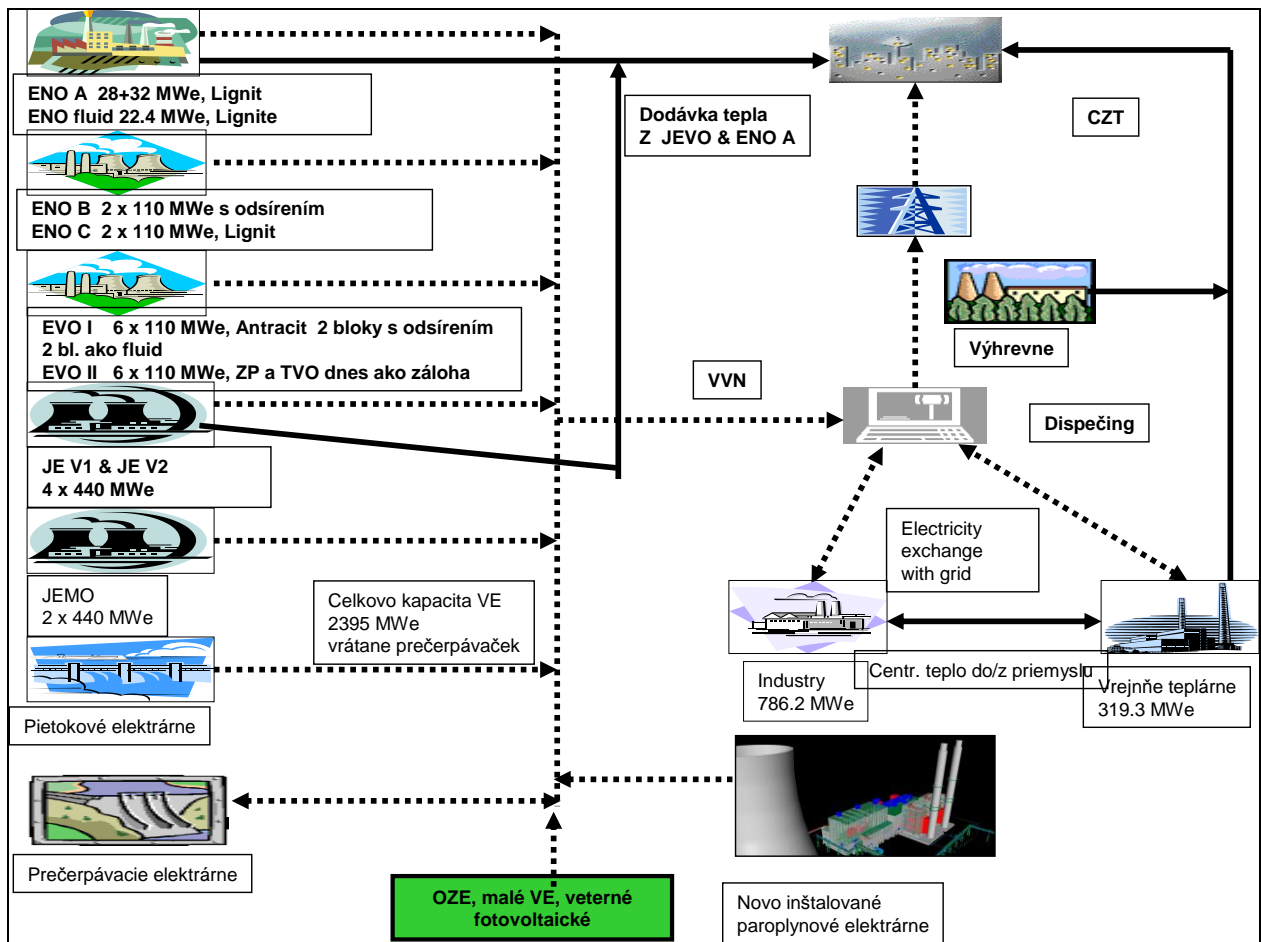
Energetický systém SR predstavuje štruktúry spotrebe primárnych energetických zdrojov a ich transformácie do konečnej respektíve užitočnej energetickej spotreby. Jednotlivé reťazce spotreby a konverzie energie sú schematicky znázornené na obr. 81.



Obr. 81 Základná schéma energetického systému SR

V rámci energetického systému z hľadiska bilancie skleníkových plynov je zahrnutá celá spotreba fosílnych palív stacionárnych a mobilných zdrojov. V rámci stacionárnych zdrojov tu patria nie len verejné a závodné teplárne, elektrárne a výhrevne ale aj spotreba palív v technológiách a to ako surovina tak aj pre priamy ohrev technologických procesov. Vlastný energetický systém zúžený na výroby elektrina a tepla je znázornený na obr. 82. Je to časť energetického systému, ktorá bude ovplyvnená klimatickými zmenami, a to

- Znížením spotreby tepla na vykurovanie
- Zvýšením spotreby elektrickej energie na klimatizáciu
- Výpadkami v elektrizačnej sústave vplyvom klimatických udalostí



Obr. 82 systém dodávky tepla a elektrickej energie

Ďalší rozvoj elektrizačnej sústavy ako to ukazuje vyššie uvedená schéma sa môže rozvíjať na troch možných scenároch alebo v ich kombinácii:

1. Zvýšenie podielu elektriny vyrobenej z JE
2. Zvýšenie podielu elektriny vyrobenej z OZE
3. Zvýšenie podielu elektriny vyrobenej z paroplynových cyklov

5.8.2 Dôsledky klimatickej zmeny na energetiku

Za účelom zhodnotenia dopadov klimatických zmien na energetický systém SR bola prevedená analýza zameraná na nasledovné účinky týchto zmien:

1. Zníženie energetických nárokov na zimné vykurovanie následkom skrátenia vykurovacieho obdobia
2. Black-outs spojené s pôsobením meteorologických faktorov ako sú búrky, víchrice, námraza, povodne a pod. Nárast intenzity extrémnych poveternostných javov by mohol zvýšiť výskyt „black-outs“ cca o 10% (dolný odhad) resp. 20% (horný odhad), expertný odhad pre r.2050 (referenčné obdobie 2000-2010)
3. Zvýšenie energetických nárokov na potreby klimatizácie budov, domov, bytov, priemyselných komplexov

Vplyv zmeny priemerných mesačných teplôt na spotrebu tepla

Pre určenie vplyvu zmeny priemerných mesačných teplôt na zníženie energetických nárokov na zimné vykurovanie je potrebné definovať ako táto zmena sa prejaví na medziročnom náraste spotreby tepla pre vykurovanie domácností a verejných inštitúcií a ako sa to následne prejaví na tvorbe emisií, spotrebe palív a pod.

Pre spracovanie scenárov bol použitý model MESSAGE [MESSAGE IAEA 2002] ktorý sa v SR používa pre modelovanie scenárov emisií ZZZ a skleníkových plynov. Model umožňuje na základe vstupných údajov energetickej a emisnej bilancie pre prvý rok projekcií a predpokladov nárastu konečnej spotreby tepla stanoviť vývoj výroby tepla, spotreby palív, tvorby emisií ako aj ekonomických nákladov. Popis modelu, vstupné parametre a získané výstupy sú podrobne popísané v správe o tomto modelovaní (S. de Bruyn, a kol. 2011, S. Moorová, J. Balajka 2009, J. Balajka, 2010). Pri analýze dopadu klimatických zmien sa vychádzalo z týchto predpokladov

- Pre analýzu boli z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém – NEIS 2009) vybrané verejné výhrevne a teplárne zásobujúce ako obyvateľstvo, tak aj verejné inštitúcie. Jednalo sa o zdroje ktoré v rámci databázy NEIS boli označené ako **kategória 1.1.1 a 1.1.2** (s výnimkou systémových elektrární) a podľa **nomenklatúry NFR IA1a - teplo pre obyvateľstvo a IA4a – teplo pre inštitúcie, obchod, servis a pod.**
- Zdroje boli rozdelené na 8 oblastí v súlade s nomenklatúrou, aplikovanou v databáze NEIS (prvý digit v nomenklatúre okresu)
- Pre každú túto oblasť boli osobitne aglomerované údaje podľa typu spaľovaných palív a to
 - **ZP** spaľovanie len zemného plynu
 - **L&G** spaľovanie ostatných plyných a kvapalných palív a to ako samotných alebo aj v zmesi s ostatnými kvapalnými a plynými palivami vrátane ZP
 - **TP** spaľovanie uhlí alebo koksu a to samostatne alebo v zmesi s kvapalným alebo plyným palivom
 - **BM** spaľovanie biomasy a to samotnej alebo v zmesi s kvapalným alebo plyným palivom
- Pre každú takto agregovanú skupinu sa stanovili agregované emisné faktory, vychádzajúce z bilancie roku 2009 ako prvého roku projekcie
- Ceny palív boli použité rovnaké ako v štúdií (S. de Bruyn, a kol. 2011)

Nárast konečnej spotreby

Základným faktorom vplyvu klimatických zmien na spotrebu tepla je pokles jeho konečnej spotreby. Aby sa tento pokles mohol jednoznačne dokumentovať volil sa nasledovný postup:

Ako základný stav – BAU (*business as usual*) sa u výše vybraných zdrojov predpokladá ustálená konštantná konečná spotreba tepla t.j. neprejaví sa tu účinok nárastu nových alebo odchod existujúcich spotrebiteľov a ani opatrenia na strane spotreby k jej zníženiu. To značí, že vývoj spotreby tepla u týchto zdrojov sa bude riadiť len klimatickými podmienkami

Pre každú oblasť boli stanovené priemerné mesačné teploty v rokoch 2009 2015 2020 2025 a 2050. Tieto hodnoty sa použili v dvoch variantoch a to hodnoty z modelu KNMI a z modelu CGCM3.1 A2. Vstupné hodnoty sú uvedené v prílohe 1. Predpokladá sa vykurovanie pri priemernej dennej teplote < 13°C. Boli volené dva postupy výpočtu medziročného rastu:

Prvý postup pre nárast vychádzal z nasledovného predpokladu

$$\Delta T \cdot \text{day} = \sum_{i=1}^{i=12} \{ \text{if } (13 - t_i [^{\circ}\text{C}]) < 0; 0; (13 - t_i [^{\circ}\text{C}]) * \text{dni}[\text{day}/\text{mon}] \}$$

Medziročný rast medzi rokmi j a k je potom daný

$$\text{AGR}_{k/j} = (\Delta T \cdot \text{day}_k / \Delta T \cdot \text{day}_j)^{(1/(k-j))}$$

Tento nárast/pokles je uvažovaný len pre dodávku tepla zatiaľ čo pre prípravu TUV sa nepredpokladá vplyv klimatických podmienok pre jej konečnú spotrebu.

Druhý postup sa zakladá na nasledovnom postupe

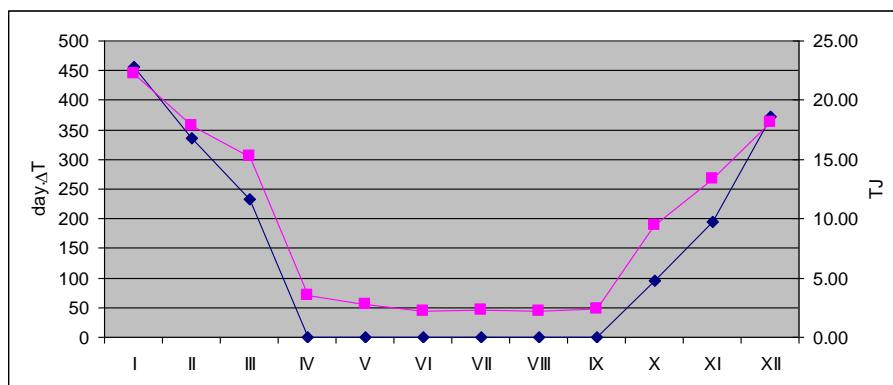
- 1 Prvým vstupným údajom boli opäť hodnoty $\Delta T \cdot \text{day}_i$ pre jednotlivé mesiace 1 -12
- 2 Pre vybrané zdroje z danej oblasti sa získali hodnoty spotreby palív - $Pal [TJ]$
- 3 Vyrátali sa mesačné podiely spotreby palív v roku 2009 $\xi_i = Pal_i / Pal_{2009}$
- 4 Spracovali sa závislosti 2009 $\xi = f(\sum T \cdot \text{day}_i)$ a stanovila sa regresná lineárna závislosť pre všetky spracované zdroje t.j. NTS Nitra, Handlovská energetika zdroje Handlová a Cígel, Hríňovská energetika a OZETA NEO Liptovský Mikuláš. Posledný zdroj aj keď sa jedná priemyslový zdroj, v roku 2009 len dodával teplo a TUV a nie teplo pre technológiu
- 5 Táto funkcie sa použila aj pre výpočet ξ_i pre prierezové roky 2015 2020 2025 a 2050. a tieto hodnoty sa pre každý prierezový rok - k rok sumarizovali

$$\Pi_k = \sum_{i=1}^{i=12} \xi_{i,k}$$

- 6 Hodnoty kor ξ_i sa použili k výpočtu medziročného nárastu spotreby tepla v danej oblasti a to ako pre vykurovanie tak aj dodávku TUV

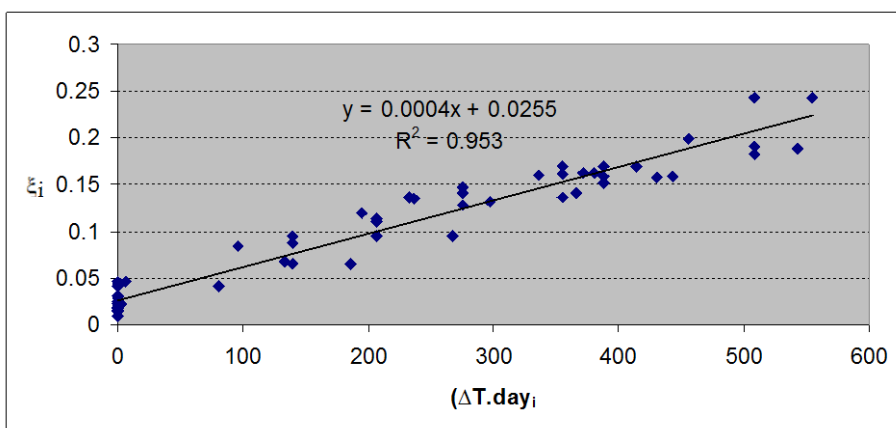
$$\text{AGR}_{i/k} = (\Pi_i / \Pi_k)^{(1/(i-k))}$$

Tabuľky vstupných hodnôt a vyrátaných medziročných nárastov spotreby tepla sú uvedené v prílohe. Nasledovný obrázok demonštruje príklad priebehu spotreby tepla a hodnôt $\Delta T \cdot \text{day}_i$ pre NTS Nitra, patriacej do oblasti 4.



Obr. 83 Priebeh hodnôt $\Delta T \cdot \text{day}$ a spotreby paliva v NTS Nitra

Regresná závislosť pre spracované zdroje NTS Nitra, Handlovská energetika zdroje Handlová a Cígel, Hríňovská energetika a OZETA NEO sa spracovala regresná závislosť $\xi_i = f(\Delta T \cdot \text{day}_i)$ použitá k výpočtu AGR podľa druhej metódy.



Obr. 84 Regresia pre stanovenie $\xi_i = f(\Delta T \cdot \text{day}_i)$

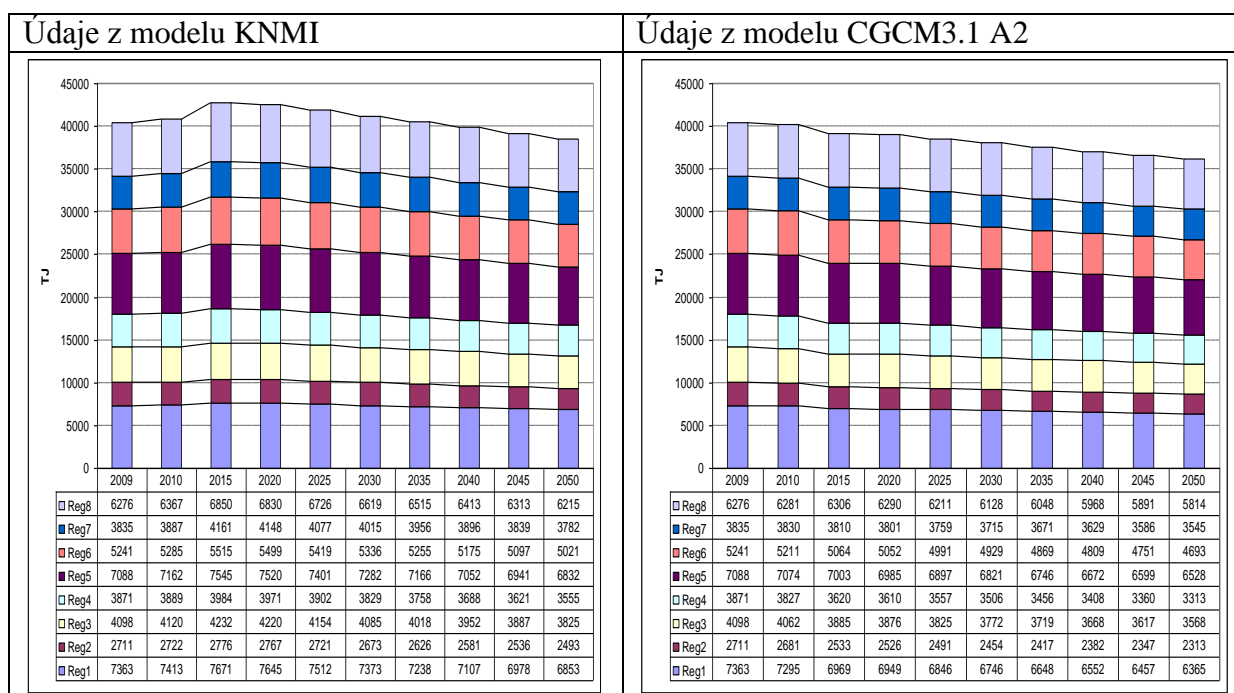
Ako prvý krok k zhodnoteniu použitých postupov sa porovnali výsledky konečnej spotreby tepla spracované prvým a druhým postupom. Pre toto porovnanie sa použili mesačné hodnoty teplôt podľa modelu KNMI Nasledovná tabuľka porovnáva sumárne hodnoty konečnej spotreby tepla pre obidve metódy a demonštruje rovnocennosť obidvoch postupov.

Tab. 52 Porovnanie použitých postupov pre stanovenie konečnej spotreby tepla

Postup	1	2
	PJ	
2009	40.483	40.484
2010	40.845	40.846
2015	42.734	42.715
2020	42.599	42.581
2025	41.910	41.907
2030	41.213	41.228
2035	40.531	40.562
2040	39.864	39.905
2045	39.213	39.259
2050	38.576	38.623

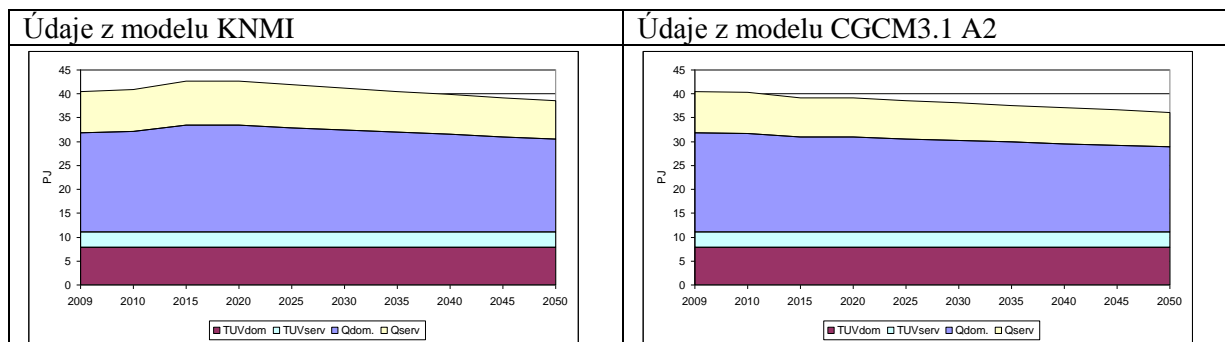
Výsledky modelovania

Vzhľadom k tomu, že konečná spotreba tepla spracovaná podľa prvého ako aj druhého postupu sa podstatne nelíši sú ďalej porovnané výsledky získané zo vstupných hodnôt podľa modelov KNMI a CGCM3.1 A2 spracované prvým postupom.



Obr. 85 Konečná spotreba tepla podľa regiónov na základe vstupných údajov modelov KNMI a CGCM3.1 A2

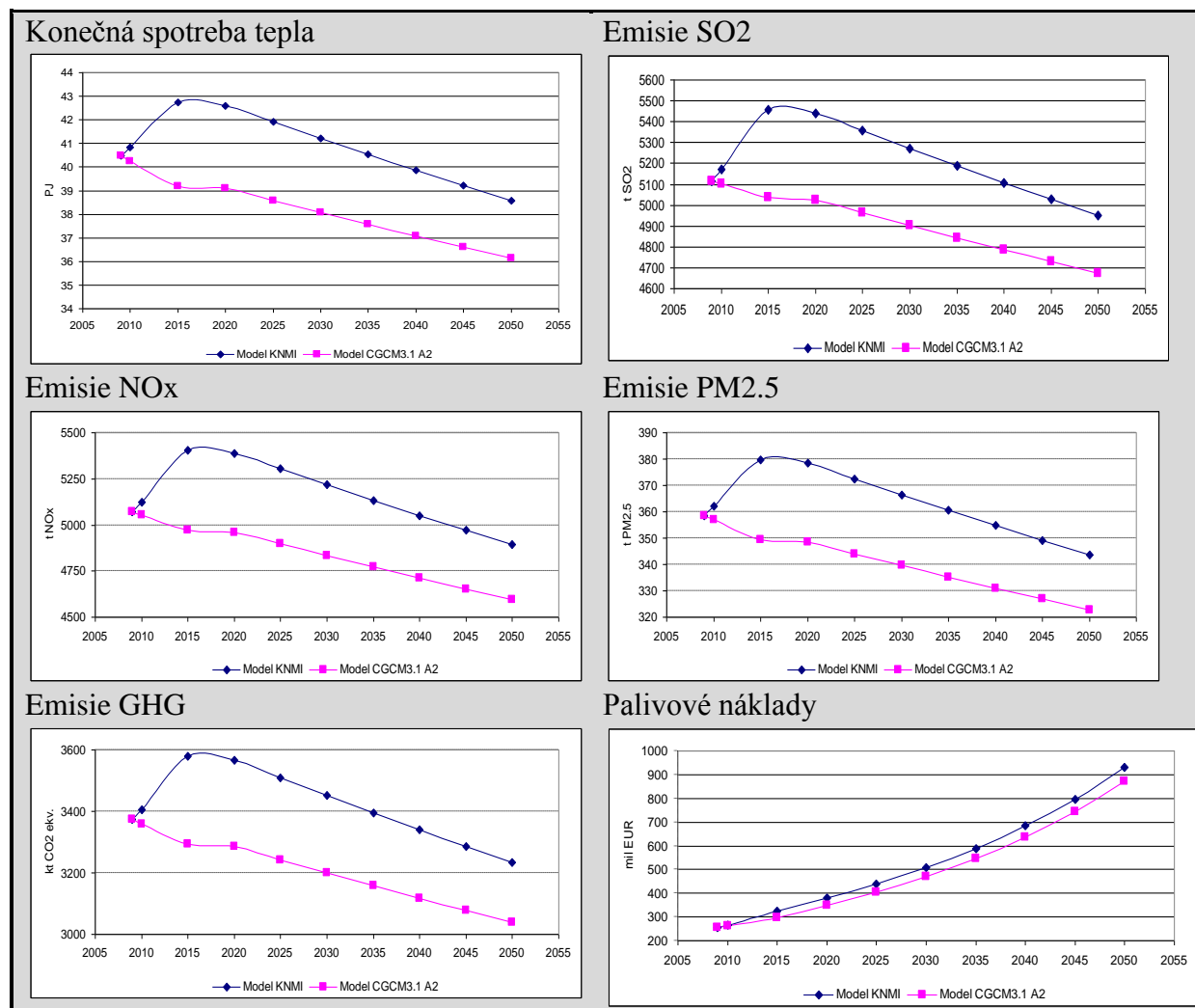
Nasledovné obrázky ukazujú ako sa menila spotreba tepla pre vykurovanie a prípravu TUV v domácnostiach a sektoru služieb a obchodu (CRF 1A4a).



Obr. 86 Podiel spotreby tepla pre vykurovanie a prípravu TUV

Nasledovné obrázky udávajú základné parametre pre hodnotenie vplyvu klimatických zmien a to:

- Konečná spotreba tepla
- Emisie znečisťujúcich látok, ktoré majú výrazný vplyv na ekonomické hodnotenie z hľadiska externých nákladov a národné emisné stropy ako sú SO₂, NO_x, PM_{2.5}



Obr. 87 Základné parametre dopadu klimatických zmien na výrobu tepla

Pre ekonomické zhodnotenie dopadov klimatických zmien sme volili nasledovné indikátory:

Zmena palivových nákladov bola vyrátaná ako rozdiel celkovej spotreby palív PJ v rokoch 2009 a 2050 vynásobená súčasnou cenou palív pre rok 2009.

Zmena externých nákladov spôsobených emisiami SO₂, NO_x a PM_{2.5} a CO₂ekv. Boli použité stredné hodnoty externých nákladov vychádzajúce zo štúdie NEEDS pre SR (Balajka J.,2008).

Tab. 53

	SO ₂	Nox	PM _{2.5}	CO ₂ ekv
EUR/t	4931	5987	15911	19

Výsledky porovnania pre obidva scenáre je uvedený v nasledovnej tabuľke 54.

Tab. 54 Ekonomické indikátory dopadu klimatických zmien - úspory pri dodávke tepla vztiahnuté na rok 2050

	EC SO2	EC NOx	EC PM2.5	EC CO2	Paliva
	Mil. EUR				
Model KNMI	0.820	1.074	0.240	2.647	11.407
Model CGCM3.1 A2	2.178	2.858	0.569	6.448	26.635

EC SO2, EC NOx, EC PM2.5, EC CO2 ročné zníženie externých nákladov následkom zníženia tvorby emisií v roku 2050 oproti roku 2009. **Palivá:** zníženie palivových nákladov v roku 2050 oproti roku 2009.

Vplyv klimatických zmien na elektrizačnú sústavu.

Vplyv klimatických zmien na elektrizačnú sústavu sa prejaví nasledovne:

- Zvýšenie požiadaviek na dodávku elektriny z titulu uplatnenia klimatizácie
- Zníženie dodávky elektrickej energie z teplární s kombinovanou výrobou elektriny a tepla následkom zníženie objemu výroby tepla a tým aj v nadväznosti výroby elektriny
- Dopadom zvýšenia búrkovej činnosti na prerušenie dodávky elektriny v prenosovej sústave.

Vplyv definovaný v bode c vyžaduje analýzu štatistických údajov o búrkovej činnosti a výpadkoch elektrizačnej sústavy. Pre tuto analýzu je potrebné nazhromaždiť štatisticky významné množstvo údajov. Predbežne sa zistilo že podobné dáta o výpadkoch sústavy sú k dispozícii u firmy EON ale môžu byť aj u iných podnikov zaoberajúcich sa prenosovou sústavou. Analýzou týchto dát s údajmi u výskytu klimaticky významných udalostí by sa dali získať regresné závislosti pre predikciu tohto dopadu. Vzhľadom k tomu, že v dobe spracovania tejto správy tieto dáta neboli k dispozícii sme sa orientovali na dopady definované len v bodoch a) a b)

Postup riešenia

Pre modelovanie dopadu klimatických zmien na elektrizačnú sústavu sa uvažovali faktory uvedené v bodoch a) a b). Na základe výsledkov modelovania spotreby tepla sa získali hodnoty výroby zníženie výroby elektrickej energie v verejných teplárnach zo scenárov spracovaných na základe údajov z modelu **KNMI** pre nízky scenár a z modelu **CGCM3.1A2** pre vysoký scenár.

Pre modelovanie boli takto spracované tri scenáre:

Základný scenár -neuvažoval sa vplyv klimatických zmien a pre celkový medziročný nárast spotreby elektrickej energie sa uvažovala hodnota 1.37%.

Nízky scenár dopadu klimatických zmien pre celkový počet bytov a domov 1060000 sa uvažovalo so zavedením klimatizácie postupne u 30% zo všetkých domov a bytov v roku 2050. Vplyv obmedzenia výroby elektrickej energie v verejných teplárnach sa uvažoval zo scenára spracovaného na základe údajov z modelu **KNMI**

Vysoký scenár dopadu klimatických zmien pre celkový počet bytov a domov 1060000 sa uvažovalo so zavedením klimatizácie postupne u 50% zo všetkých domov a bytov v roku 2050. Vplyv obmedzenia výroby elektrickej energie v verejných teplárnach sa uvažoval zo scenára spracovaného na základe údajov z modelu **CGCM3.1A2**.

Doba prevádzky klimatizačných zariadení sa uvažovala 1500 prevádzkových hodín za rok, priemerný príkon 14 kW a priemerná cena klimatizačnej jednotky 4000 EUR. Podklady pre výpočet zaťaženia elektrizačnej sústavy sú uvedené v prílohe 2.

Nakoľko dopad klimatických zmien v prípade verejných teplární s kombinovanou výrobou elektriny a tepla bol už kvantifikovaný v predošlej časti. V tejto časti sú kvantifikované dopady klimatických zmien na:

- výrobu elektrickej energie v systémových elektrárnach
- zvýšenie nákladov pre obyvateľstvo

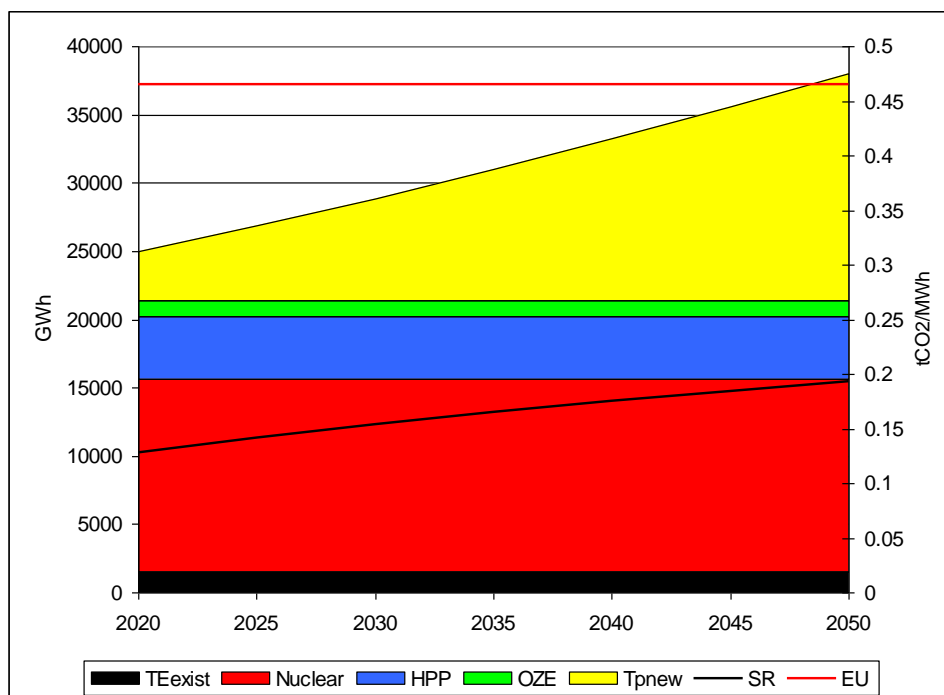
V prvom prípade sú pre vyššie uvedené scenáre kvantifikované tieto indikátory:

1. Objem výroby elektrickej energie u systémových elektrární – Elektrárne firmy ENEL a novo inštalované zdroje nezávislých výrobcov.
2. Objem tvorby emisií CO₂, SO₂, NO_x a PM_{2.5}
3. Náklady na aukčný nákup emisných povolení CO₂ pre systémové elektrárne
4. Externé náklady vyvolané tvorbou SO₂, NO_x a PM_{2.5}
5. Spotreba palív a palivové náklady
6. Vyvolané investície nových zdrojov a ich investičné náklady

V druhom prípade sú kvantifikované investičné náklady a náklady na elektrickú energiu vyvolané inštaláciou klimatizačných zariadení.

Výsledky modelovania dopadu klimatických zmien na systémové elektrárne

V základnom scenári sa neuvažovalo uplatnenie politiky na zvýšenie podielu OZE ako aj účinku potreby aukčného nákupu povolení na vypúšťanie emisií CO₂. Nasledovný obrázok ukazuje štruktúru výroby elektrickej energie v rámci systémových elektrární.



Obr. 88 Predpokladaná štruktúra výroby elektriny u systémových elektrární v základnom scenári

TEexist - existujúce, v súčasnosti inštalované tepelné elektrárne – ENO a EVO

Nuclear - jadrové elektrárne v Bohuniciach a Mochovciach

HPP - vodné elektrárne

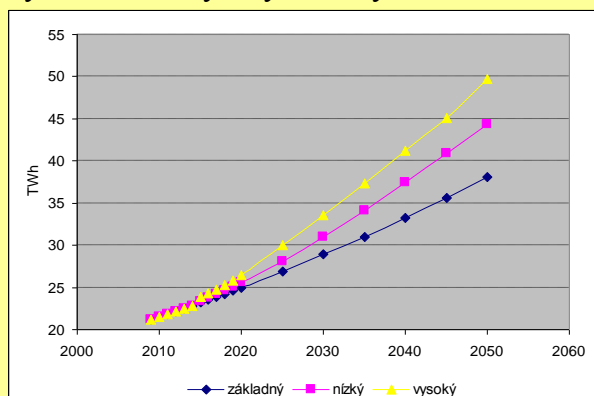
OZE - novo inštalované obnoviteľné zdroje energie

Tpnew - novo inštalované tepelné elektrárne model vybral ako najvhodnejší kombinované cykly

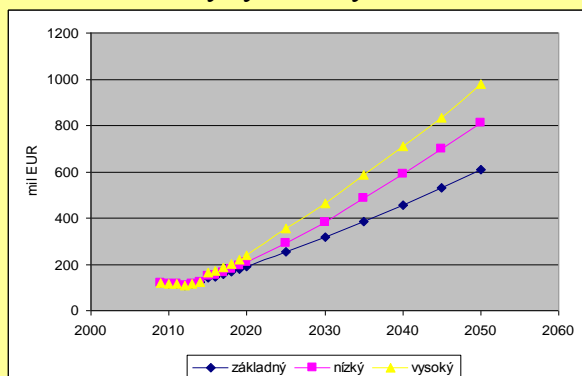
Čierna čiara ukazuje vyrátané merné emisie CO₂ v tCO₂-MWh, ktoré sú porovnané s odporúčaným benchmarkom pre EU – červená čiara.

Získané výsledky z modelu MESSAGE odpovedajú zadaným ekonomickým parametrom ako aj obmedzeniam stávajúcich zdrojov na výrobu na úrovni roku 2009. V prípade tepelných elektrární sa však uvažuje s plánovanými odstávkami zdrojov. Táto štruktúra výroby slúžila ako základ pre porovnanie dopadu klimatických zmien na výrobu v rámci systémových elektrární. Nasledujúce obrázky ukazujú získané indikátory.

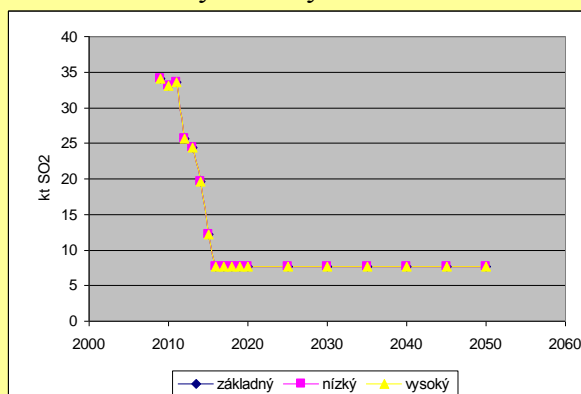
Výroba elektriny u systémových elektrární



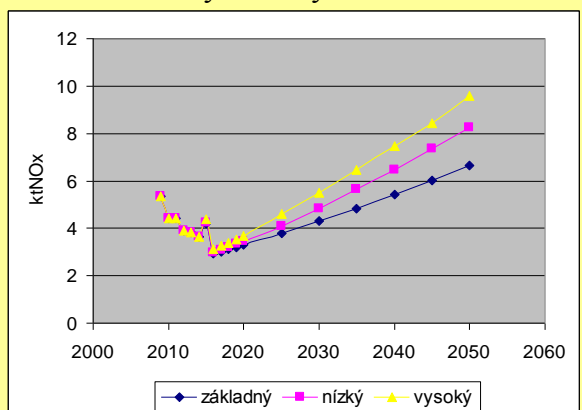
Palivové náklady systémových elektrární



Emisie SO₂ z systémových elektrární

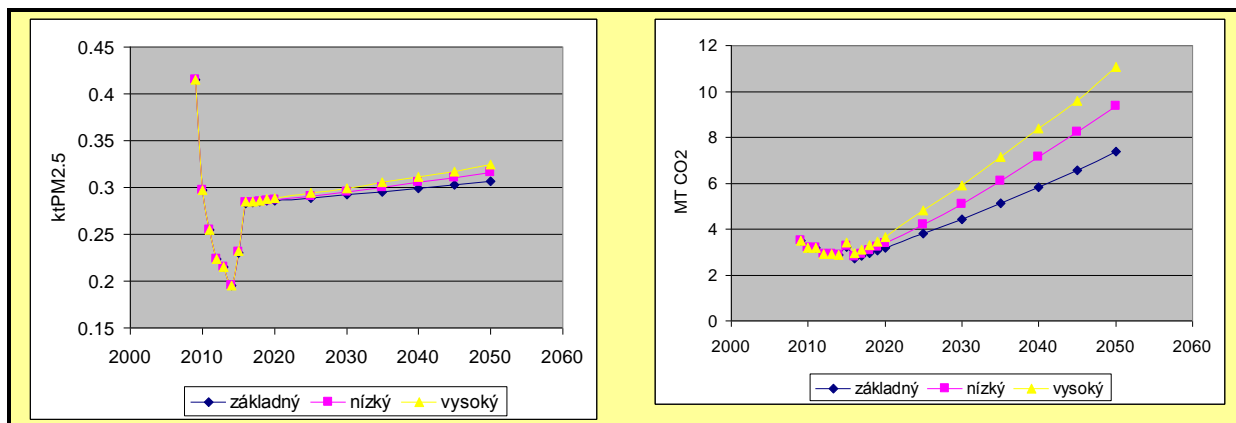


Emisie NO_x z systémových elektrární



Emisie PM_{2.5} z systémových elektrární

Emisie CO₂ z systémových elektrární



Obr. 89 Indikátory dopadu klimatických zmien na systémové elektrárne

Záver a odporúčania pre ďalší postup

Hodnotiac spracované výsledky ako aj slabé miesta tohto spracovania je možné konštatovať

Vplyv zmeny mesačných priemerných teplôt na spotrebu tepla pre vykurovanie

1. Predbežná analýza vplyvu priemernej mesačnej teploty na spotrebu tepla pre vykurovanie, bola spracovaná na základe dostupných údajov z niektorých zdrojov, vychádzajúc zo správ o overovanie emisií CO₂ u autorom tejto správy spracovaných zdrojov. MŽP má k dispozícii všetky správy o emisiách, ktoré zahŕňajú prakticky všetky oblasti SR, pre ktoré máme k dispozícii údaje o mesačných priemerných teplotách. Bolo by preto možné už spracované regresné závislosti spresniť a detailnejšie spracovať pre jednotlivé oblasti SR na základe prakticky všetkých rokov, pre ktoré sú tieto správy k dispozícii t.j. od roku 2005
2. Analýza zahŕňala len zdroje verejných výhrevní a teplární a to v rámci nomenklatúry NFR 1A1a - teplo pre obyvateľstvo a 1A4a – teplo pre inštitúcie, obchod, servis a pod. V modeli neboli zahrnuté tak zv. *area zdroje*, t.j. zdroje ktoré nie sú zahrnuté v systéme NEIS. Jedná sa o kategóriu NFR 1A4b, kde neboli k dispozícii údaje podľa miest spotreby. SHMU má však tieto dáta spracované a bolo by aj tu možné rozšíriť analýzu na tieto zdroje.
3. V analýze neboli zahrnuté zdroje tepla pre NFR kategórie 1A2a-f a 1A4c kde údaje o spotrebe palív a emisiách sa netýkajú len dodávky tepla pre vykurovanie ale aj pre technologickú spotrebu. V skutočnosti veľká časť aj tu vyrábaného tepla je použitá na vykurovanie. Je potrebné v prípade potreby prehodnotiť či nové údaje v rámci spracovania alokácie emisných kvót pre obdobie po roku 2013 by nemohli poskytnúť potrebné údaje pre spracovanie aj týchto regresíí pre priemyslové zdroje.

Vplyv klimatických zmien na výrobu elektrickej energie v systémových elektrárnach

1. Ako základná úroveň pre posúdenie vplyvu klimatických zmien sa použili výsledky z poslednej spracovanej štúdie, kde nasadenie zdrojov v základnom scenári je len na základe ekonomických faktorov. Z tohto modelovania vyšlo že ako zdroj ktorý bude pokrývať nárast spotreby budú paroplynové cykly. Preto aj vplyv zvýšenia spotreby elektrickej energie v rámci tohto modelovania sa prejavil zvýšením výroby a potrebou inštalácie nových PPC. Z hľadiska emisií sa to prejavuje predovšetkým zvýšením tvorby NO_x a CO₂. Vzhľadom k tomu, že výrobcovia elektrickej energie budú musieť povolenky na emisie CO₂ získať len aukčným nákupom, má zvýšenie CO₂ vplyv na náklady výroby.
2. Pre ďalšie spracovanie by mohli byť využité aj iné základné scenáre na pr. s vyšším využitím OZE a vyššou výrobou v JE. V tom prípade negatívny dopad zvýšenia

výroby následkom klimatických zmien by z hľadiska emisií a potreby aukčného nákupu povoleniek bol nižší.

3. Vplyv klimatických zmien, tak ako bol v tejto štúdii modelovaný uvažuje na jednej strane s nárastom spotreby následkom inštalácie klimatizačných jednotiek, na druhej strane aj s presunutím výroby elektrickej energie z verejných teplární na systémové elektrárne. Toto je uvažované na základe predpokladu, že úroveň výroby elektrickej energie v teplárnach je závislá na výrobe tepla. V skutočnosti, pokiaľ tepláreň má parné turbíny s regulovateľným odberom tepla pomer výroby elektriny a tepla sa môže meniť podľa požiadavkou spotreby. V skutočnosti zvýšenie spotreby elektrickej energie následkom zníženie výroby elektriny v teplárnach je nižšie ako 1% zvýšenia výroby následkom zavedenia klimatizačných jednotiek
4. Zvýšenie výroby elektrickej energie z titulu inštalácie klimatických jednotiek sa presunie hlavne do letného obdobia, čo môže mať za následok vyrovnanie diagramu zaťaženia. Toto je výhodné z hľadiska využitia JE s nižšou schopnosťou možnosti menenia výkonu.
5. Negatívny vplyv klimatických zmien sa z titulu zavedenia klimatizácie výrazne prejaví v spotrebe elektriny a investičných nákladov na tieto zariadenia. Uplatnený výpočet vychádza z existujúcich údajov o finančných nákladov ako je cena investície a tarifná cena elektriny.
6. Zhodnotenie dopadu klimatických udalostí vedúca k výpadku dodávky elektrickej energie vyžaduje hlbšiu analýzu na základe regresnej analýzy týchto udalostí a výpadkov dodávky *Black-outs*. Na druhej strane je potrebné aj zhodnotiť dopad výpadku na rôzne sektory priemyslu a pod, na čo v tejto fáze chýbajú dostatočné podklady.

5.8.3 Adaptačné opatrenia v energetike

V rámci energetického sektoru, s ohľadom na vyššie uvedené analýzy navrhujeme nasledovné adaptačné opatrenia:

1. Vypracovať návrh bezpečnostných, technických a prevádzkových opatrení pre adaptáciu prenosovej elektrizačnej sústavy na zvýšený výskyt výpadkov elektrickej energie (black-outs) v dôsledku výskytu nebezpečných meteorologických javov (najmä intenzívnych búrok, lejakov a lokálnych povodní)
2. Vypracovať stratégiu budovania a financovania systému klimatizácie domov, bytov, administratívnych budov, nemocníc a zariadení sociálnych služieb a pod. a vypracovať návrh technických a prevádzkových opatrení zohľadňujúcich sezónne zmeny odberu elektrickej energie
3. Prehodnotiť stratégiu tepelnej energetiky s ohľadom na skracovanie vykurovacej sezóny

5.8.4 Ekonomická analýza adaptačných opatrení v energetike

Pre ekonomické zhodnotenie dopadov klimatických zmien sme volili nasledovné indikátory:

Zmena palivových nákladov bola vyrátaná ako rozdiel celkovej spotreby palív PJ v rokoch 2009 a 2050 vynásobená súčasnou cenou palív pre rok 2009.

Zmena externých nákladov spôsobených emisiami SO₂, NO_x a PM_{2.5}. Boli použité stredné hodnoty externých nákladov vychádzajúce zo štúdie NEEDS pre SR (Balajka J. 2008) rovnako v predchádzajúcej časti

Zmena nákladov súvisiacich s aukčným nákupom povoleniek CO₂ Nakoľko emisie z výroby elektriny podliehajú aukčnému nákupu povoleniek, bol ako indikátor použité náklady spojené s týmto nákupom za predpokladu aukčnej ceny 17 EUR/t CO₂

Potreba investičných nákladov bola vyvolaná zvýšením výroby následkom implementácie klimatizačných jednotiek. Model vybral ako kandidáta pre pokrývanie zvýšenej spotreby bloky kombinovaných cyklov s jednotkovým výkonom 110 MWe. Ako indikátory model poskytol počet potrebných inštalovaných blokov, ich celkový výkon a investičné náklady

V nasledovnej tabuľke 55 sú uvedené získané indikátory dopadu klimatických zmien na systémové elektrárne pre rok 2050:

Tab. 55 Ekonomické indikátory dopadu klimatických zmien na systémové elektrárne vzťahnuté na rok 2050

	EC SO ₂	EC NO _x	EC PM _{2.5}	AN CO ₂	Palivové náklady	Nové bloky	Inst. Výkon	Inv. Náklady
	Mil. EUR					#	MWe	Mil. €
Nízky	0.05	10	0.16	34	201823	9	990	587
vysoký	0.09	18	0.29	63	370811	16	1760	1044

EC SO₂, EC NO_x, EC PM_{2.5} ročné zvýšenie externých nákladov následkom zvýšenia tvorby emisií

AN CO₂ náklady spojené so zvýšením potreby aukčného nákupu povoleniek na emisie CO₂

Palivové náklady zvýšené náklady na nákup paliva v systémových elektrárnach, prakticky sa jedná o nákup ZP

Nové bloky počet potreby inštalácie nový PPC blokov s výkonom 110 MWe

Inst. Výkon Celkové zvýšenie inštalovaného výkonu

Inv. Náklady Vyvolané investičné náklady

Náklady vyvolané inštaláciou klimatizačných zariadení

Následkom klimatických zmien a s tým súvisiacou potrebou inštalácie klimatických zariadení vznikajú pre domácnosti nároky spojené s náklady na investíciu a zvýšenými náklady na odber elektriny. Pre ekonomické hodnotenie týchto dopadov už v predchádzajúcej kapitole uvedené predpoklady:

- 1500 prevádzkových hodín za rok,
- priemerný príkon 14 kW
- priemerná cena klimatizačnej jednotky 4000 EUR
- Tarif 0.12 EUR/kWh
- Životnosť klimatickej jednotky 15 rokov
- Diskontná miera DR = 4%

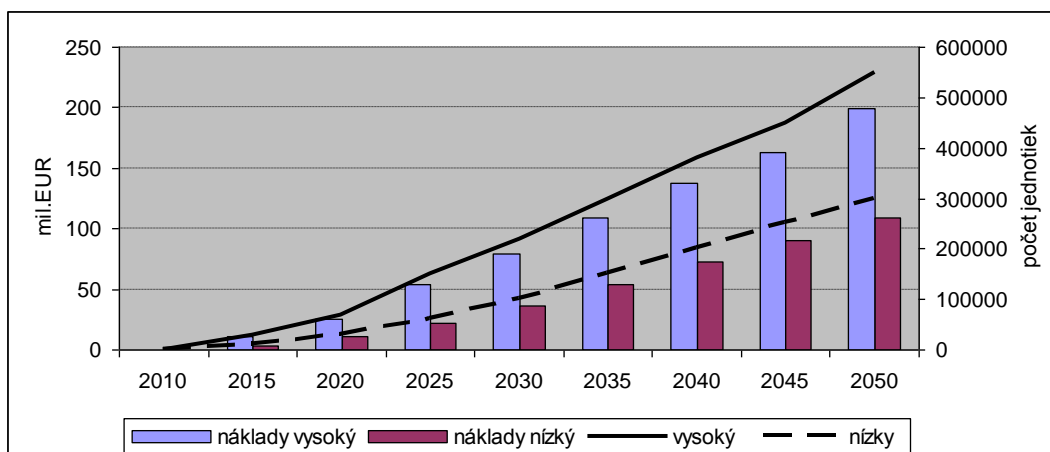
Ročné náklady sú vyjadrené vzťahmi

$$RN[\text{EUR/rok}] = JED \times 1500 [\text{h/rok}] \times 14[\text{kW}] \times 0.12[\text{EUR}] + \text{anuita}[\text{EUR/rok}]$$

$$IN [\text{EUR}] = JED \times 4000[\text{EUR/JED}]$$

$$\text{Anuita}[\text{EUR/rok}] = IN[\text{EUR}] \times ((1+4\%)^{15} \times 4\%) / ((1+4\%)^{15} - 1)$$

Následovný obrázok 90 ukazuje vývoj inštalácie klimatizačných jednotiek a tým aj vyvolané náklady pre obyvateľstvo:



Obr. 90 Vývoj inštalácie klimatizačných jednotiek a vyvolaných nákladov
Porovnanie nákladov pre vysoký a nízky scenár je uvedený v nasledovnej tabuľke 56.

Tab. 56 Ekonomické indikátory dopadu klimatických zmien na obyvateľstvo z titulu zavedenia klimatizácie vztiahnuté na rok 2050

scenár	Počet kl. zar.	Spotreba	Cena	Náklady	Inv. Nakl	Životnosť	DR	Anuita	Celkom
		MWh	EUR/MWh	mil. EUR	mil. EUR	roky		mil. EUR	mil. EUR
nízky	300000	6300000	120	756	1200	15	4%	108	864
vysoký	550000	11550000	120	1386	2200	15	4%	198	1584

Energetika ako celok je v súvislosti z klimatickou zmenou jednou z najviac ovplyvnených sektorov hospodárstva. Na energetický sektor podobne ako na priemysel výrazne narastá environmentálny tlak a množstvo regulácií v súvislosti so znižovaním emisií. Produkcia sektoru je výrazne ovplyvňovaná cenou hlavných energetických komodít: uhlia, ropy, plynu a uránu. Zásoby týchto komodít sú obmedzené a očakáva sa postupný rast ich cien na svetových trhoch. Využívanie energetických zariadení založených na obnoviteľných zdrojoch je v súčasnosti často závislé na dotačnej politike, ale v budúcnosti môžeme očakávať ich výraznejší rozvoj a nárast konkurencieschopnosti.

Zároveň rovnako závažnou otázkou z ekonomického hľadiska je otázny budúci vývoj spotreby, energetickej efektívnosti a správania sa obyvateľstva. V poslednej dobe po nehode v Japonsku (Fukušima) sme boli svedkami polemiky ohľadne využívania energie z jadra. V nasledujúcich desaťročiach, kedy môžeme vplyvom otepľovania očakávať presuny v nárokoch na energiu zo zimných mesiacov na letné, bude ešte kľúčovjším prvkom nárast pravdepodobnosti extrémnych udalostí (záplavy, orkány a pod.), ktoré môžu zvyčajne rýchlo a neočakávane narušiť základnú energetickú infraštruktúru a tým ohroziť energetickú bezpečnosť dotknutých krajín. Toto ohrozenie infraštruktúry sa týka rovnako transportu primárnych energetických zdrojov, ako aj dopravnej infraštruktúry vyrobenej elektriny a tepla.

Z ekonomického hľadiska je veľmi dôležité poznamenať, že na sektor energetiky sú sekundárne naviazané všetky dôležité sektory hospodárstva krajiny. Ako bolo v práci niekoľkokrát poznamenané, očakávaný nárast tzv. „blackoutov“ môže viesť k výrazným hospodárskym škodám. Podľa expertného odhadu autorov, jednodňový kompletný výpadok zásobovania krajiny elektrickou energiou môže primárne vytvoriť škodu na úrovni 0,2 - 0,35 % HDP. Z pohľadu adaptačných opatrení je jednoznačne nevyhnutné zamerať sa na

diverzifikáciu zdrojov a snahu o substitutovateľnosť energetickej infraštruktúry prostredníctvom alternatívnych kanálov pri jej čiastočnom poškodení (sieťová bezpečnosť). V prípade negatívnych efektov klimatickej zmeny na ekonomiku sú preto očakávané výpadky len na lokálnej úrovni.

Sektor energetiky je najnákladnejší z hľadiska nákladov na adaptačné opatrenia. Tie smerujú jednak do potreby vytvorenia odolnejšej infraštruktúry schopnej pracovať aj pri čiastočnom lokálnom poškodení vplyvom extrémnych udalostí. Vplyv na infraštruktúru bude mať aj presun časti energetických špičiek do letnej sezóny pre extrémne teploty. Badateľný je preto postupný nárast objemu a podielu prostriedkov na adaptačné opatrenia vzhľadom na celkové výdavky.

V roku 2050 sa predpokladá, že až 80 % prostriedkov na AO poputuje do sektora energetiky, pričom v počiatočnom období sa predpokladá podiel výdavkov len na úrovni 27%, resp. 38 % vzhľadom na referenčný scenár. V nákladoch sú zahrnuté aj investičné náklady domácností a podnikov na klimatizačné zariadenia. Preto z celkových nákladov opatrení v tomto sektore pripadá až 72% na investičné výdavky, a len 28 % na prevádzkové náklady.

Tab. 57 Vývoj celkových nákladov adaptačných opatrení v energetike podľa uvažovaných scenárov v mil. EUR

Prevádzkové + Investičné náklady	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Horný odhad	83	193	415	636	857	1 078	1 299	1 554
Dolný odhad	28	83	166	298	431	564	696	865
ako podiel celkových nákladov AO								
Horný odhad	38%	54%	66%	73%	77%	80%	82%	83%
Dolný odhad	27%	48%	56%	67%	73%	76%	78%	80%

Zdroj: výpočty autorov

Po odhade nákladov jednotlivých adaptačných opatrení boli v zmysle metodiky vypočítané dopady klimatických premenných na hospodársku dynamiku Slovenskej republiky (ročného rastu HDP), ktorá následne predstavovala exogénny šok vstupujúci do štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy, ktorý následne prepočítal dopady klimatickej zmeny na produkciu a zamesnanosť zvolených odvetví.

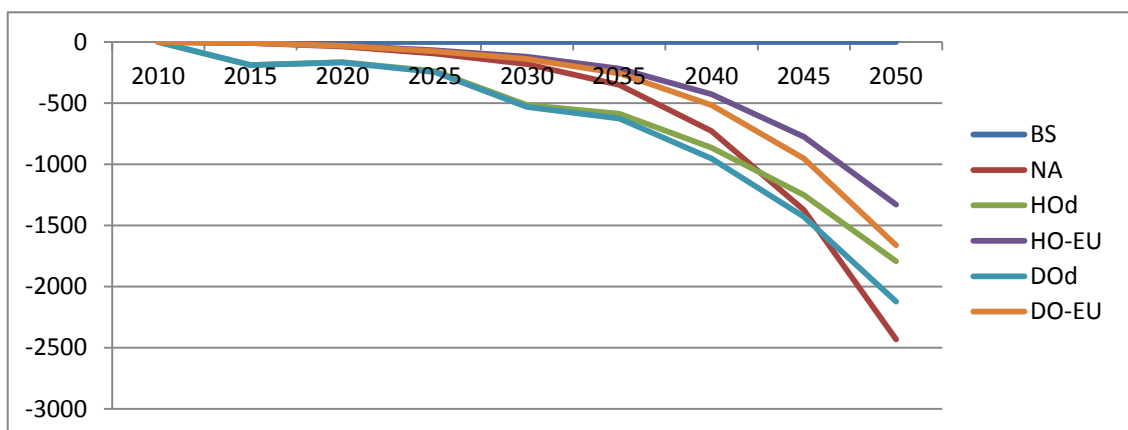
V rámci ekonomického modelu bol sektor energetiky z hľadiska produkcie pomerne presne špecifikovaný podľa klasifikácie OKEČ na divíziu 40 - Výroba a rozvod elektriny, pary a teplej vody. Tento sektor tvorí z hľadiska produkcie mierne menej ako pätinu celkovej produkcie priemyslu, resp. takmer 7% celkovej produkcie národného hospodárstva. Slovensko v rámci energetickej politiky predpokladá diverzifikáciu zdrojov na výrobu elektrickej energie a tepla, zároveň nepredpokladá vo výhľade do roku 2030 pre Slovensko výrazný odklon od jadra. Po odstavení blokov v Jaslovských Bohuniciach však predpokladá zvýšené výdavky na budovanie nových vedení, posilnenie existujúcich a vytvorenie nových cezhraničných spojení. Na strane spotreby predpokladá zvýšenie efektívnosti využívania energie a znižovanie energetickej náročnosti. Vzhľadom na predpoklady klimatickej zmeny, predpokladaného rastu celkovej životnej úrovne obyvateľstva a nárastu využívania energeticky náročnejších zariadení (klimatizácií) bude celková spotreba významne narastať. Otázne je rozšírenie alternatívnych zdrojov energie a vplyv technologických inovácií na tento sektor. Celková produkcia podľa základného scenára ekonomických dopadov narastie v nominálnom vyjadrení viac ako štvornásobne.

Tab. 58 Vývoj produkcie v sektore energetika, mil. EUR, nízky scenár

	BS	NA	HOd	HO-EU	DOd	DO-EU
2010	10192	10192	10192	10192	10192	10192
2015	12125	12116	11936	12117	11936	12117
2020	14182	14145	14016	14152	14014	14150
2025	16588	16493	16347	16519	16340	16512
2030	19082	18900	18566	18960	18549	18943
2035	19839	19236	19000	19370	18961	19331
2040	25785	25056	24919	25357	24831	25268
2045	33249	31873	31997	32474	31819	32295
2050	42152	39720	40357	40820	40028	40489

Zdroj: výpočty autorov

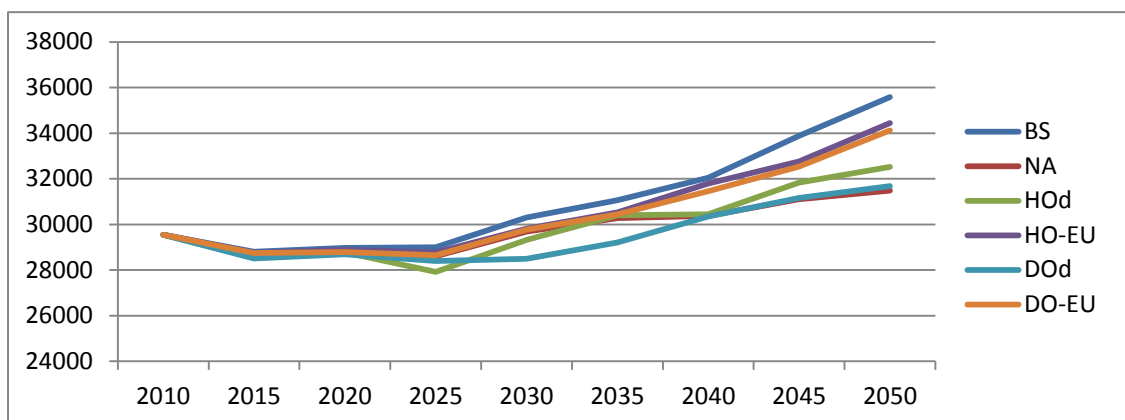
Pri nízkom scenári klimatickej zmeny bez adaptačných opatrení očakávame postupný pokles celkovej produkcie o takmer 2,5 mld. Eur v roku 2050, teda o takmer 6 % oproti základnému scenáru. V prípade zavedenia adaptačných opatrení môžeme predpokladať zníženie tejto negatívnej zmeny. Pokiaľ náklady týchto opatrení budú financované z vonkajších zdrojov (EÚ), v prípade variantu s nižším financovaním môže byť eliminovaných 32 % poklesu produkcie, pri hornom variante až takmer polovica (46 %). V prípade financovania z vlastných zdrojov môžu byť tieto efekty v dlhodobom horizonte pri nižšom financovaní znížené o 13 %, pri vyššom financovaní o viac ako štvrtinu (26%). Kumulovaný výpadok produkcie sektoru energetiky však v tomto prípade bude vyšší, ako scenár bez adaptačných opatrení, čo súvisí so zdražením vlastnej produkcie prostredníctvom nárastu daní.



Obr. 91 Výpadok produkcie oproti scenáru bez klimatických zmien (základného scenára), mil. EUR, nízky scenár

Zdroj: výpočty autorov

Pokiaľ ide o zamestnanosť v sektore energetiky, všetky scenáre predpokladajú celkový rast zamestnanosti. V základnom scenári bez klimatickej zmeny sa predpokladá rast celkovej zamestnanosti v sektore o 6 tisíc pracovných miest, teda o takmer 17 %. Pri pohľade na scenár s klimatickou zmenou bez adaptačných opatrení môžeme vidieť rast zamestnanosti o takmer 4 tisíc zamestnaných, čo je o viac ako 2000 pracovných miest menej. Z prehľadu jednoznačne vyplýva, že adaptačné opatrenia umožňujú eliminovať výrazný objem straty zamestnanosti, a to až na scenár s nízkym financovaním z vlastných zdrojov. Tu sa negatívne prejaví vyšší nárast nákladov na pracovnú silu a potrebu zvýšenia produktivity práce v sektore a to aj na úkor vyššej zamestnanosti.



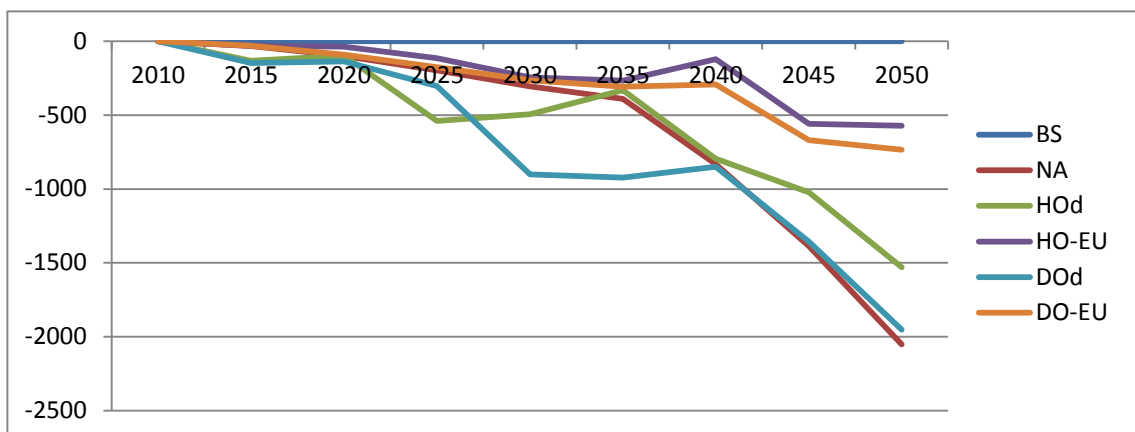
Obr. 92 Vývoj zamestnanosti v sektore energetika, nízky scenár, osoby
Zdroj: výpočty autorov

Tab. 59 Vývoj zamestnanosti v sektore energetika, nízky scenár, osoby

	BS	NA	HOd	HO-EU	DOd	DO-EU
2010	29550	29550	29550	29550	29550	29550
2015	28810	28776	28677	28779	28661	28778
2020	28969	28869	28870	28932	28832	28878
2025	29001	28803	28462	28885	28696	28825
2030	30304	29999	29810	30058	29402	30039
2035	31064	30674	30732	30797	30140	30756
2040	32041	31209	31245	31919	31191	31748
2045	33878	32491	32856	33319	32521	33209
2050	35586	33535	34057	35014	33635	34852

Zdroj: výpočty autorov

Ak sa bližšie pozrieme na výpadok zamestnanosti z pohľadu jednotlivých scenárov adaptačných opatrení pri nízkom vplyve (dolný odhad) klimatickej zmeny, tak v prípade financovania adaptačných opatrení z vonkajších zdrojov (EÚ) je možné prostredníctvom adaptačných opatrení udržať až 64 %, resp. 72 % pracovných miest ohrozených klimatickou zmenou v závislosti od zvoleného objemu financovania. Pri zvýšenom financovaní z vlastných zdrojov je pri zvýšenom financovaní možné zachovať štvrtinu pracovných miest. Pri nízkom financovaní z vlastných zdrojov je možné zachovať len 5 % (100) pracovných miest, dlhodobo však bude v tomto prípade zamestnanosť nižšia, ako bez adaptačných opatrení.



Obr. 93 Výpadok zamestnanosti oproti scenáru bez klimatických zmien (základného scenára), nízky scenár, mil. EUR

Zdroj: výpočty autorov

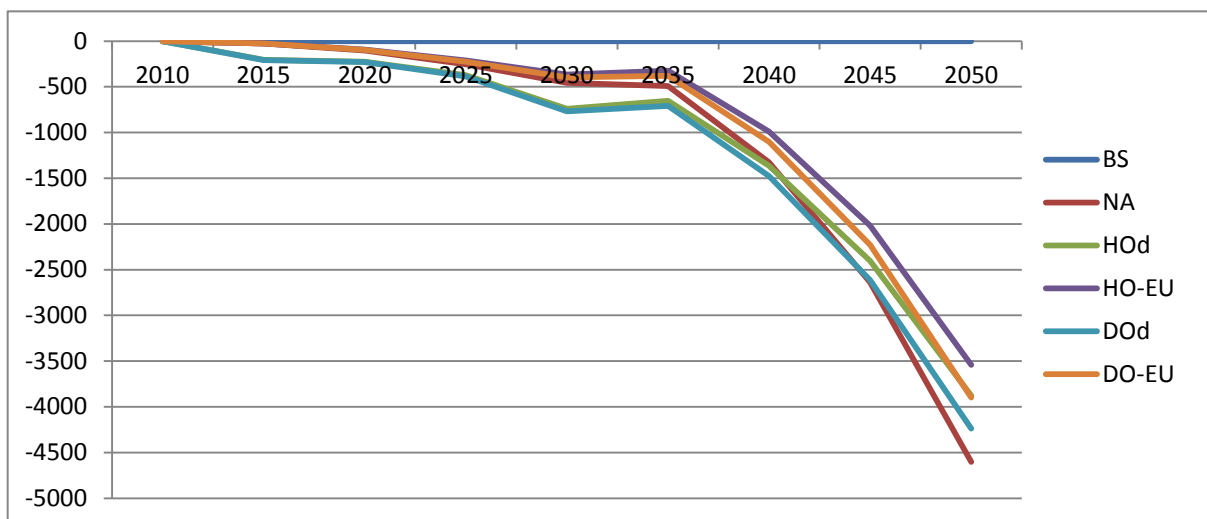
Pri hornom odhade klimatických zmien (vyšší vplyv na ekonomiku) dôjde bez adaptačných opatrení v sledovanom horizonte k poklesu produkcie v sektore energetika o 4,6 mld. Eur, teda o takmer dvojnásobok oproti dolnému scenáru. V relatívnom vyjadrení je to pokles produkcie o takmer 11 %.

Tab. 60 Vývoj produkcie v sektore energetika, vysoký scenár, mil. EUR

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	10192	10192	10192	10192	10192	10192
2015	12125	12098	11919	12099	11919	12099
2020	14182	14077	13956	14090	13952	14086
2025	16588	16335	16214	16377	16200	16363
2030	19082	18626	18342	18716	18313	18686
2035	19839	19098	18936	19263	18881	19208
2040	25785	24461	24421	24795	24310	24683
2045	33249	30613	30845	31230	30638	31022
2050	42152	37551	38274	38612	37915	38253

Zdroj: výpočty autorov

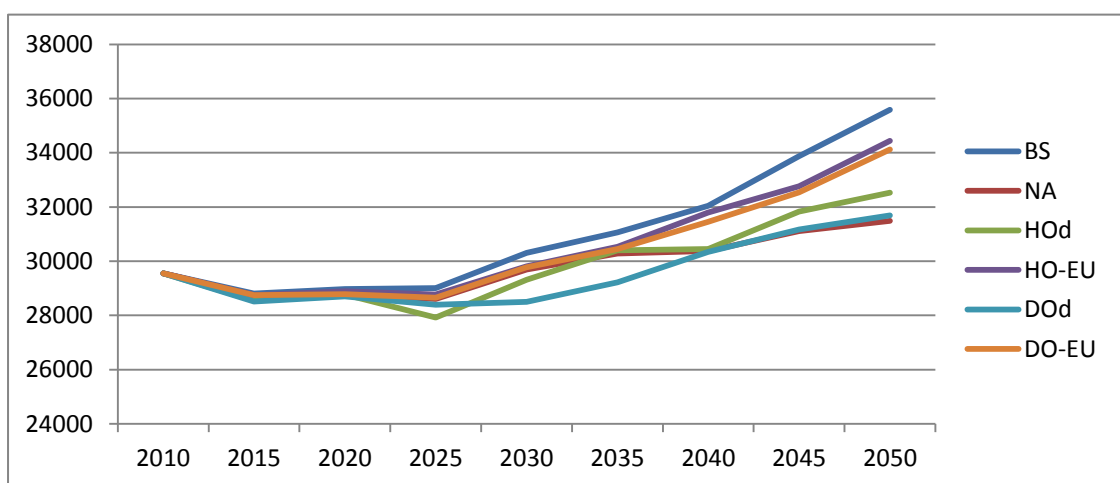
Vplyv klimatickej zmeny na produkciu v sektore je taký významný, že uvažované prostriedky na adaptačné opatrenia zmierňujú celkové negatívne efekty tejto zmeny len vo veľmi nízkej miere. Financovanie z externých zdrojov (EÚ) dokáže eliminovať len 15 % až 23 % tohto vplyvu v súvislosti od predpokladaného objemu financovania. Pri financovaní z vlastných zdrojov je tento efekt ešte výrazne nižší a to v rozsahu od 8 % pri nízkom financovaní po 16 % pri vysokom financovaní. Pri nízkom objeme financovania adaptačných opatrení z domácich zdrojov je však celkový výpadok v produkcii sektora výrazne vyšší, ako v scenári bez adaptačných opatrení.



Obr. 94 Výpadok produkcie oproti scenáru bez klimatických zmien (základného scenára), vysoký scenár, mil. EUR

Zdroj: výpočty autorov

Pri pohľade na očakávaný vývoj zamestnanosti v sektore energetika a vyššom vplyve klimatických zmien môžeme naďalej vidieť rastúci dopyt po práci pri všetkých scenároch. Oproti variantu s nízkym vplyvom je ohrozených viac ako dvojnásobný (4100) počet pracovných miest. Podobne ako pri nízkom scenári zvýšenie dopytu po práci a produkcií prostredníctvom zavedenia adaptačných opatrení dokáže eliminovať významnú časť potenciálne ohrozených pracovných miest.



Obr. 95 Vývoj zamestnanosti v sektore energetika, vysoký scenár, osoby

Zdroj: výpočty autorov

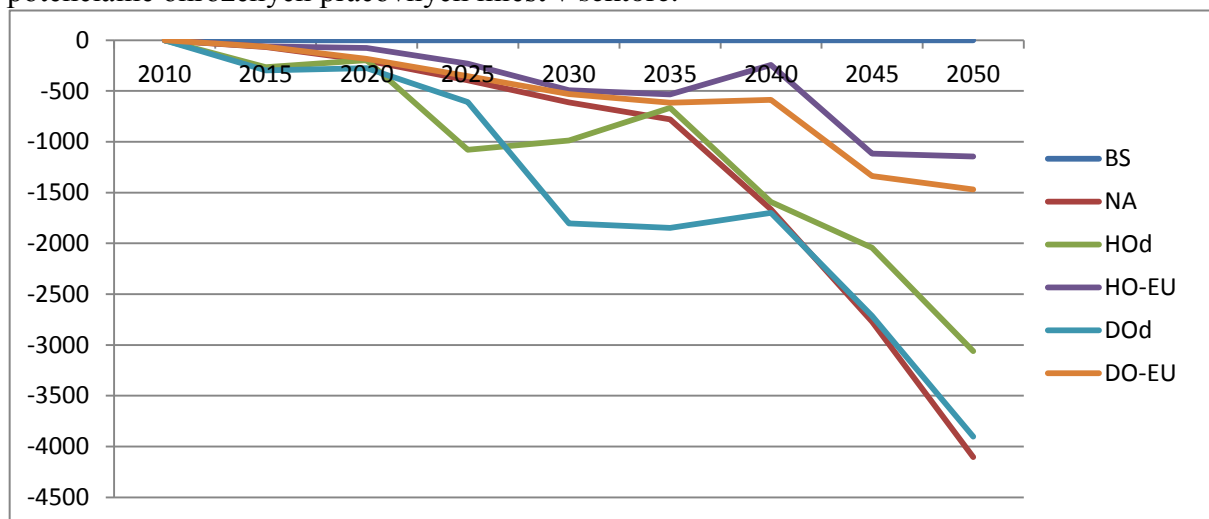
Tab. 61 Vývoj zamestnanosti v sektore energetika, vysoký scenár, osoby

	BS	NA	HO-d	HO-EU	DO-d	DO-EU
2010	29550	29550	29550	29550	29550	29550
2015	28810	28743	28544	28747	28512	28746
2020	28969	28769	28771	28894	28695	28786
2025	29001	28604	27922	28770	28392	28648

2030	30304	29693	29316	29813	28500	29773
2035	31064	30283	30399	30529	29216	30447
2040	32041	30376	30449	31796	30341	31455
2045	33878	31105	31834	32760	31164	32540
2050	35586	31484	32527	34441	31684	34118

Zdroj: výpočty autorov

Na nasledujúcom grafe môžeme vidieť, že pri zavedení adaptačných opatrení financovaných z externých zdrojov (EÚ) môžeme udržať až 64 %, resp. 72 % ohrozených pracovných miest a to v závislosti od objemu financovania. V nominálnom vyjadrení ide o 2600 až 3000 zachránených miest v dlhodobom horizonte. Pri vyššom financovaní adaptačných opatrení z domácich zdrojov dokážeme eliminovať negatívny efekt klimatickej zmeny na zamestnanosť o takmer 20 %, celkovo však pri porovnaní vývoja zamestnanosti počas celého obdobia oproti scenáru bez adaptačných opatrení nie je jednoznačne výhodnejší. Variant s nižším financovaním z vlastných zdrojov môžeme jednoznačne hodnotiť ako horší oproti scenáru bez adaptačných opatrení, i keď k horizontu prognózy môže udržať 5 % potenciálne ohrozených pracovných miest v sektore.



Obr. 96 Výpadok zamestnanosti oproti scenáru bez klimatických zmien (základného scenára), vysoký scenár, osoby

Zdroj: výpočty autorov

Veľkosť uvažovaného vplyvu klimatickej zmeny má výrazný vplyv na náklady a efektívnosť adaptačných opatrení v sektore energetika. Pokiaľ uvažujeme, že tento sektor má najvyššie náklady adaptačných opatrení v dlhodobom horizonte, tak scenár s vyššou klimatickou zmenou z hľadiska produkcie nebude možné jednoznačne eliminovať len pomocou týchto opatrení. Pri nízkom variante klimatickej zmeny však pri vhodne zvolenej adaptačnej politike môže byť eliminovaná až polovica negatívnych efektov na produkciu a zachované až takmer tri štvrtiny potenciálne ohrozených pracovných miest.

Z ekonomickej analýzy jednoznačne vyplynulo, že adaptačné opatrenia financované z externých zdrojov jednoznačne znižujú ekonomický dopad klimatickej zmeny a dokážu udržať prevažnú časť zamestnanosti, a to aj pri hornom scenári. Pokiaľ ide o financovanie adaptačných opatrení v energetickom sektore z vlastných zdrojov, potom relatívne výhodnejší je jednoznačne vyšší objem financovania, ktorý napomôže okrem udržania produkcie aj zachovanie časti pracovných miest. Pri nízkom financovaní z domácich zdrojov prevládne negatívny efekt zníženia konkurencieschopnosti ekonomiky prostredníctvom vyšších daní,

pričom pri vyššom dopade klimatickej zmeny je tento variant jednoznačne horší ako variant bez adaptačných opatrení. Pri financovaní z vlastných zdrojov zároveň v krátkodobom horizonte dochádza k zníženiu produkcie a zamestnanosti vzhľadom k scenáru bez adaptačných opatrení, v strednodobom horizonte 15-20 rokov však realizované adaptačné opatrenia umožnia vyššiu rast produkcie tohto sektoru.

Napriek tomu je nutné poznamenať, že náklady adaptačných opatrení tvoria len časť celkových predpokladaných nákladov klimatickej zmeny a bez posilnenia energetickej bezpečnosti bude vplyv extrémnych udalostí na ekonomiku krajiny výrazne horší.

6 Ekonomická analýza adaptačných opatrení v rámci národného hospodárstva

V súčasnosti prebiehajúce klimatické zmeny signifikantným spôsobom determinujú všetky oblasti modernej spoločnosti. Názory odborníkov sa často rozchádzajú o intenzite očakávaných dopadov. Niektorí prezentujú názory, často hraničiace s katastrofickým vývojom, iní považujú zmenu klímy za buď nepodstatnú alebo dokonca ekonomickú šancu. Odhad ekonomických dopadov klimatických zmien, ktorý je prezentovaný v tejto práci bol vykonaný pomocou modelu integrovaného modelu hodnotenia, ktorý v sebe spája modifikáciu modelu DICE (Nordhause, 1994) vychádzajúceho z princípov modelov rastu so súčasnou aplikáciou geo-fyzikálnej funkcie a štruktúrneho modelu všeobecnej vypočítateľnej rovnováhy. Odhad vplyvov realizácie adaptácie je v rámci prvého submodelu zahrnutý do tzv. funkcie škody (Damage function). De Bruin *et al.* (2007) rozpracovali Norhausov DICE model na model, ktorý nazvali Adaptácia v DICE (Adaptation in DICE, ďalej AD-DICE) tak, že adaptácia je vyjadrená ako rozhodovacia premenná. Kalibrácia modelu vychádza z literatúre všeobecne uvádzaných očakávaných prínosov realizácie adaptačných opatrení, pričom ak je adaptácia optimálna, tak výsledky AD-DICE sú identické s výsledkami modelu DICE. Pôvodná funkcia škody je v modeli AD-DICE takáto:

$$\frac{GD_t}{Y_t} = \alpha_1 TE_t + \alpha_2 TE_t^{\alpha_3}$$

kde D_t predstavuje čistú škodu spôsobenú zmenou teploty, Y_t je celková produkcia a TE_t predstavuje zmenu teploty v čase oproti základnému roku (v našom modeli je to rok 2005).

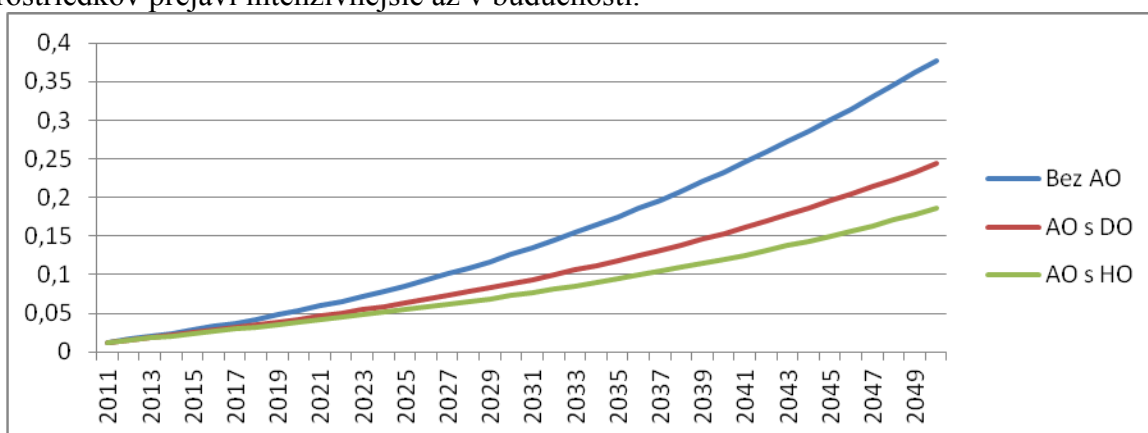
V predloženej štúdii preto uvažujeme s dvoma alternatívnymi scenármi vývoja dopadu klimatických zmien na ekonomiku SR. Tieto odhady vychádzajú z princípov všeobecne očakávaných dopadov bežne publikovaných v zahraničnej literatúre (de Bruin *et al.* 2007, Model ADAM financovaný Európskou komisiou v rámci Šiesteho rámcového programu, Stern, 2006). Prvý scenár je tzv. nízky variant, ktorý je založený na predpoklade, že klimatické zmeny budú determinovať našu ekonomiku najmä cez zraniteľné odvetvia ako poľnohospodárstvo a lesníctvo, vodné hospodárstvo alebo stavebníctvo. Očakávame nižší vplyv na infraštruktúru a pomalšie znehodnocovanie kapitálu. Druhý scenár očakáva intenzívnejší vplyv zmien klímy na životné prostredie, než ten prvý, nakoľko, Slovensko je z pohľadu štruktúry ekonomiky a zastaranosti infraštruktúry relatívne zraniteľnejšou ekonomikou a preto potrebné investície do vybudovania a obnovy infraštruktúry budú vyššie než v predošlom variante – vysoký variant. Nakoľko sa jedná o dlhodobú prognózu vývoja hospodárstva bola zmena teploty zvolená ako indikátor (na základe de Bruin, *et al.* 2007, ktorý vychádza z Nordhaus, 2000) charakterizujúci trend budúceho vývoja klímy. Vzhľadom na použitú metodiku sa jedná o prognózu dlhodobého vývoja a preto je možnosť modelovo zohľadniť náhodný výskyt extrémnych javov značne obmedzená, inak povedané model je vhodný na analýzu dlhodobých trendov a nie na zachytenie krátkodobých nečakaných výkyvov. Hlavným limitujúcim faktorom prečo neboli modelovo zohľadnené očakávané extrémne prejavy počasia je nemožnosť predikovania presného okamihu ich výskytu v budúcnosti. Modelové výsledky predstavujú priemernú úroveň možných budúcich dopadov, pričom v jednotlivých rokoch môžu byť reálne dopady značne odlišné a to najmä v závislosti od početnosti výskytu extrémnych javov.

Ďalšia z modifikácií spočíva v zohľadnení kumulatívnych efektov, čo znamená, že pôvodne autori ako de Bruin *et al.* (2007) vychádzali zo zníženia HDP na základe rozšírenia produkčnej funkcie, neuvažovali však s dynamikou poklesu, tzv. multiplikatívnym efektom

zanedbania resp. realizácie adaptačných opatrení. Táto modifikácia bola zavedená z dôvodu, že názory autorov sa značne rozchádzajú, napr. Stern (2006) uvádza, že očakáva v polovici storočia ročný pokles globálneho HDP na úrovni 0,5 % až 1 % ročne čo môže kumulatívne znamenať pokles HDP v absolútnom vyjadrení až o 20 %. Na druhej strane de Bruin *et al.* očakáva pokles HDP v roku 2050 na úrovni asi pol percenta v absolútnom vyjadrení. Nakoľko Slovensko je malá krajina s relatívne zanedbanou a zastaranou infraštruktúrou na konci transformačného procesu a preto predstavuje relatívne citlivý a zraniteľný subjekt na externé šoky. Očakávané vplyvy zmeny klímy na ekonomiku sú kombináciou metodík ktoré uvádza de Bruin *et al.* (2007) avšak s ohľadom na závery zo správy Stern (2006) a preto uvažujeme s dopadmi na HDP, ktoré sa nachádzajú vnútri intervalu ohraničenom spomínanými dvoma analýzami.

Dolný odhad dopadu klimatických zmien – nízky scenár

V prípade dolného odhadu je možné sledovať postupný nárast vplyvu zmeny klímy. Ak by sa nerealizovali žiadne adaptačné opatrenia, tak je možné v roku 2050 očakávať negatívny vplyv na HDP na úrovni asi 0,4 % ročne. Po roku 2050 predpokladáme pokračovanie tohto trendu. De Bruin *et al.* (2007) hovorí, že adaptačné opatrenia budú prinášať pribrzdzenie ekonomických dopadov zmeny klímy. Samozrejme, úroveň týchto dopadov bude závislá na výške vynaložených prostriedkov t. j. viac vynaložených prostriedkov vyšší efekt, pričom tieto efekty sú zhora ohraničené, čo znamená, že vynaložené prostriedky prinášajú pozitívny efekt iba po nejakú úroveň (ich hraničná efektívnosť je klesajúca). Toto je založené na myšlienke, že najprv sa realizujú lacnejšie a efektívnejšie opatrenia a potom drahšie ale menej efektívne opatrenia. Taktiež sa efekt vynaložených prostriedkov prejaví intenzívnejšie až v budúcnosti.



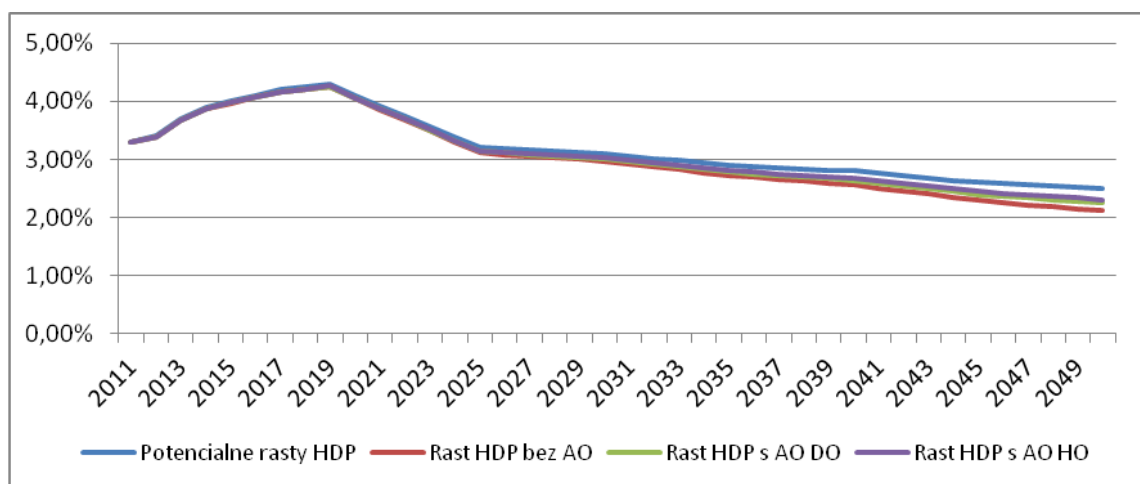
Obr. 97 Škody spôsobené klimatickými zmenami (zvýšením teploty) ako percento HDP ročne, (adaptačné opatrenia - ďalej AO, dolný odhad – DO, horný odhad – HO) –nízky scenár

Zdroj: výpočty autorov

Vo všeobecnosti sa dá povedať, že prínos opatrení realizovaných dnes bude badateľný najmä pre ďalšie generácie. Z pohľadu návratnosti investícií v podobe dodatočného HDP ako výsledku adaptačných opatrení očakávame, že pri dolnom odhade úrovne nákladov adaptačných opatrení prevýšia celkové prínosy v podobe dodatočného HDP vynaložené prostriedky okolo roku 2030 a v prípade horného odhadu okolo roku 2035. Síce výška prínosov pre vyššie investície bude prevyšovaná neskôr, ale tento efekt bude rásť rýchlejšie ako tomu bude v prípade dolného odhadu vynaložených prostriedkov na adaptačné opatrenia. Ak by sa realizovali adaptačné opatrenia na úrovni dolného odhadu, potom môžeme v roku 2050 očakávať, že vplyv zmeny klímy bude o približne 0,1 % HDP nižší než ak by sa tieto

opatrenia nerealizovali. Ak by finančné prostriedky vynaložené na adaptáciu boli na úrovni horného odhadu, potom by vplyv zmeny klímy bol o takmer 0,15 % HDP nižší než ak by sa tieto opatrenia nerealizovali. Efekt vynaložených prostriedkov nerastie lineárne s ich výškou, čo je v súlade ich s predpokladanou klesajúcou hraničnou užitočnosťou.

Ak sa pozrieme na dynamiku HDP⁷, tak vidíme, že je možné očakávať jeho rast v dlhodobom časovom horizonte. Intenzita rastu bude mierne klesajúca ale zachová si kladné hodnoty počas celého sledovaného obdobia. Na začiatku sledovaného obdobia očakávame intenzívnejší rast, ktorý následne bude spomalený a bude sa pohybovať v intervale medzi 2 % až 3 %. Na grafe nižšie je možné vidieť, že rozdiely v raste sa postupne zvyšujú. Modrá krivka je potenciálne HDP, ktoré by sa generovalo, keby klimatické zmeny nemali žiadny vplyv na ekonomiku. Druhý hraničný scenár je vyjadrený červenou krivkou, kedy by sa nerealizovali žiadne adaptačné opatrenia a vplyv zmeny klímy by sa prejavil naplno. Medzi nimi sú dva vyššie spomínané alternatívne scenáre, ktoré uvažujú s realizáciou adaptačných opatrení na dvoch úrovniach. Jednoznačne sa dá vysloviť záver, že adaptačné opatrenia budú mať priaznivý vplyv na ekonomický vývoj a budú zmierňovať dôsledky klimatických zmien nielen dnes ale aj v budúcnosti, čo je spoločensky žiaduce a zodpovedné.



Obr. 98 Prognózované rasty HDP v % (AO, DO, HO), nízky scenár

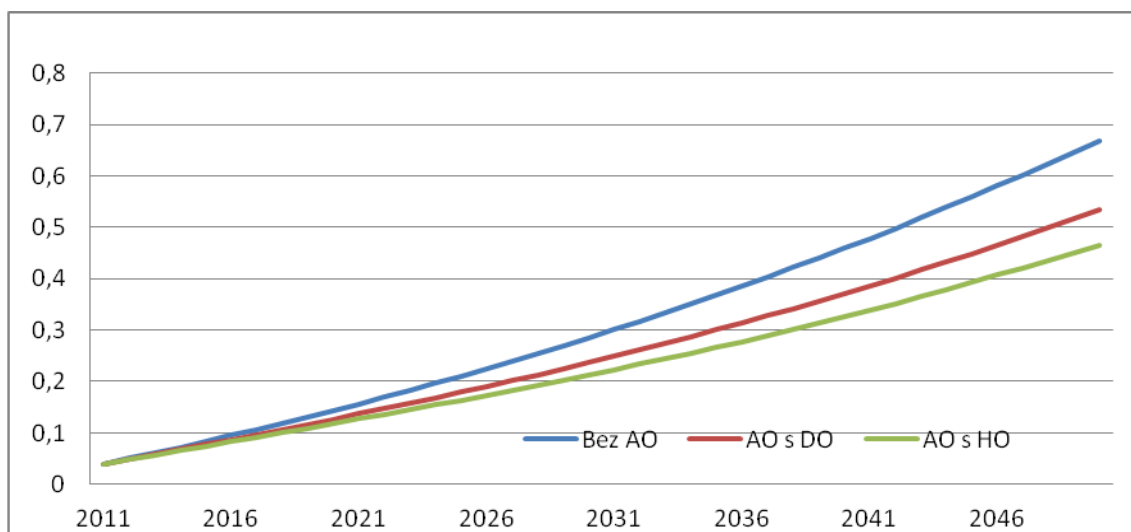
Zdroj: výpočty autorov

Horný odhad dopadu klimatických zmien – vysoký scenár

Vzhľadom na predpoklad veľkej variability správania sa počasia v zmysle klimatických scenárov bol pre Slovenskú republiku okrem nízkeho scenára odhadnutý aj variant s relatívne vyššími dopadmi. V uvažovanom vysokom scenári modelové kalkulácie naznačili možnosť podstatne vyšších dopadov klimatickej zmeny na výkonnosť Slovenského hospodárstva ako celku ako tomu bol v prípade nízkeho scenára. V horizonte prognózy sa efekt klimatickej zmeny na HDP v porovnaní s jeho potenciálnou úrovňou pri nulovom vplyve KZ pohybuje na úrovni takmer 0,7% HDP ročne v roku 2050. Na túto úroveň dopady pozvoľne rastú v priebehu celého sledovaného obdobia. V horizonte prognózy sa objem strateného HDP, ktorý by bolo možné zachrániť realizáciou adaptačných opatrení pohybuje v rozmedzí od približne 15 – 24 % spôsobených škôd v závislosti od úrovne vynaložených

⁷ Potenciálne rasty HDP boli odhadnuté aktualizáciou modelu ECM-ISWE06q1 a ďalších predpokladov aplikovaných vo výskumnej štúdii Starnutie, zdravotný stav a determinanty výdavkov na zdravie v podmienkach Slovenska (2007)

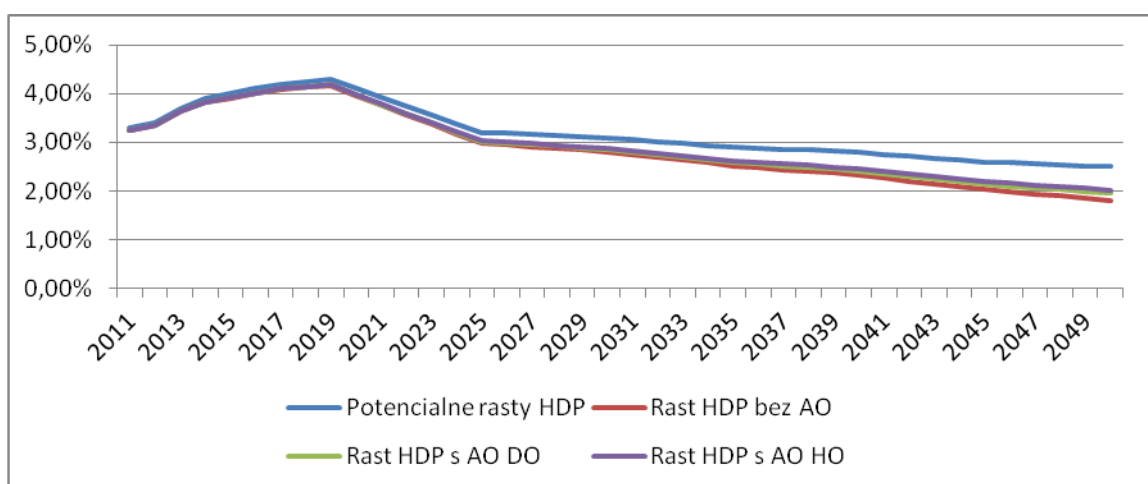
výdavkov na adaptáciu v danom roku. Pri pohľade na kumulatívne vyjadrenie prognózy HDP, ktoré by bolo možné počas skúmaného obdobia zachrániť toto sa pohybuje v rozmedzí od 47 – 71 mld. EUR. Pričom celkové náklady na adaptačné opatrenia sa v tom istom období pohybujú na úrovni 19 – 36 mld. EUR.



Obr. 99 Škody spôsobené klimatickými zmenami (zvýšením teploty) ako percento HDP ročne, (AO, DO, HO), vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Pri pohľade na dynamiku vývoja rastov HDP si je možné všimnúť relatívne vyššie rasty (3 – 4%) na začiatku prognózovaného obdobia s postupným miernym spomalením v druhej polovici uvažovaného obdobia. Podľa predpokladov prognózy vývoja HDP vrchol rastu výkonnosti Slovenskej ekonomiky nastane približne v rokoch 2019-2020 a v nasledujúcich rokoch nastane postupné zmiernovanie rastu. V prípade scenára bez adaptačných opatrení by sa rast HDP pohyboval na najnižších úrovniach v porovnaní s ostatnými variantmi možného vývoja a k horizontu prognózy dosahuje úrovne mierne pod hranicou 2%.



Obr. 100 Prognózované rasty HDP v % (AO, DO, HO), vysoký scenár

Zdroj: výpočty autorov

Pri detailnejšom pohľade na makroekonomické efekty realizácie adaptačných opatrení si môžeme všimnúť, že v prípade dopadov na produkciu jednotlivých odvetví k najväčšiemu prepadu by malo pri nerealizácii adaptačných opatrení k poklesu až o 12,6% a to v prípade stavebníctva. Produkcia odvetvia stavebníctva je vysoko previazaná na ostatné odvetvia a v rámci prognózy vykazuje relatívne vysoké tempá rastu, čo je spôsobené predovšetkým nižším stupňom rozvoja infraštruktúry a naznačuje potrebu jej dobudovania. Na druhej strane najmenej zasiahnutým by podľa prognózy malo byť odvetvie ubytovania a stravovania, ktorého produkcia by sa mala znížiť len o 8,4%. Čo môže byť spôsobené kompenzovaním predpokladaných strát v zimnom období zvýšenými výnosmi v letnom období.

Na záver je možné konštatovať, že klimatická zmena predstavuje hrozby nielen environmentálnu, ale aj sociálnu a ekonomickú a ľudstvo tejto hrozbe bude neodvratne v priebehu najbližších desaťročí čeliť. V prípade, že by sa Slovensko rozhodlo uvedený fakt ignorovať modelové prepočty naznačujú značné negatívne dopady na produkciu jednotlivých odvetví, zamestnanosť v týchto sektoroch ako aj výkonnosť Slovenského hospodárstva ako celku. V prípade naplnenia najhoršieho možného scenára a nerealizácie adaptačných opatrení by na Slovensku mohlo byť v roku 2050 ohrozených približne 290.000 pracovných miest a potenciálne by došlo k výpadku produkcie na úrovni viac ako 65 mld. EUR.

Vzhľadom na komplexnosť problematiky je potrebné sa naďalej venovať skúmaniu dopadov klimatickej zmeny na ekonomickú výkonnosť jednotlivých odvetví ekonomiky ako aj hospodárstva ako celku. V ďalšom skúmaní je potrebné sa predovšetkým zamerať na detailné posúdenie potenciálnych prínosov jednotlivých navrhovaných opatrení a s nimi spojených konkrétnych realizačných projektov.

7 Návrh východísk pre Národnú adaptačnú stratégiu Slovenskej republiky

Národná adaptačná stratégia Slovenskej republiky by mala definovať základný rámec adaptačných opatrení na zmiernenie dôsledkov zmeny klímy v Slovenskej republike na celonárodnej úrovni s vyšpecifikovaním opatrení pre jednotlivé sektory. Národná adaptačná stratégia musí vychádzať z aktuálnej úrovne poznania problematiky klimatickej zmeny a jej dôsledkov pre národné hospodárstvo a životné podmienky obyvateľov, pri rešpektovaní ďalších požiadaviek z hľadiska ochrany životného prostredia (napr. biodiverzita).

Vzhľadom na pomalý pokrok až stagnáciu v oblasti znižovania globálnych emisií skleníkových plynov, stáva sa adaptačná stratégia jedným z aktuálnych a nutných nástrojov štátu na prípravu národného hospodárstva a obyvateľstva na existenciu v zmenených podmienkach klímy v nasledujúcich desaťročiach. Aj Biela kniha EÚ o adaptácii na zmenu klímy zdôrazňuje podporu adaptačných opatrení najmä v oblasti využívania krajiny (poľnohospodárstvo, lesné a vodné hospodárstvo), zdravia (nebezpečenstvo šírenia nových chorôb, zásobovanie pitnou vodou) a kvality života obyvateľstva (klimatizovanie obytných a pracovných priestorov, zeleň v mestách a krajine).

V Slovenskej republike sa vypracovalo niekoľko štúdií a rezortných materiálov, ktoré definovali niektoré základné princípy adaptačných opatrení najmä v rezorte pôdohospodárstva. Doteraz však absentuje nadrezortný prístup, ktorý by zastrešoval sektorálne adaptačné stratégie a zjednocoval by rámec základných princípov adaptačnej stratégie ako sú napr. stanovenie národných priorít a systém financovania adaptačných opatrení.

Táto správa poskytuje rámcový odborný podklad pre vlastnú tvorbu národnej adaptačnej stratégie, hlavne z hľadiska odbornej argumentácie, odborných analýz dopadov zmeny klímy na vybrané oblasti národného hospodárstva a životného prostredia a návrhu dielčích adaptačných opatrení. Táto správa vzhľadom na základné personálne a finančné rámce nemohla vyčerpávajúcim spôsobom zodpovedať na všetky otázky potrebné pre vypracovanie adaptačnej stratégie na národnej úrovni, vytvára však solídny základ na to, aby v priebehu roku 2012 sa národná adaptačná stratégia (aj za prípadnej účasti spracovateľov tejto správy) vypracovala a predložila rezortu životného prostredia na schválenie.

8 Záver

Táto správa sumarizuje úroveň poznania problematiky zmeny klímy a jej dôsledkov pre vybrané sektory národného hospodárstva a oblasti životného prostredia a navrhuje rámcový súbor adaptačných opatrení vrátane ekonomických analýz pre hodnotené oblasti. Získané výsledky jednoznačne potvrdzujú nutnosť prijímania adaptačných opatrení, pravda, pri rešpektovaní socioekonomických reálií a možností financovania týchto opatrení.

Autori správy si uvedomujú, že problém klimatickej zmeny je širší ako je záber tejto správy. Napriek tomu je možné konštatovať, že všetky kľúčové problémy Slovenskej republiky, ktoré budú so zmenou klímy spojené, sa autori snažili do správy zakomponovať. Treba ďalej konštatovať, že takýmto komplexným spôsobom zatiaľ nebola táto problematika na Slovensku riešená a už teraz môžeme konštatovať, že ekonomický rámec adaptačných opatrení, môže zásadným spôsobom ovplyvniť hierarchiu resp. prioritizáciu jednotlivých adaptačných opatrení.

Zostavovatelia tejto správy chcú zároveň poďakovať Ministerstvu životného prostredia SR a Slovenskému hydrometeorologickému ústavu v Bratislave za vytvorenie podmienok pre vypracovanie tejto štúdie, ktorá by sa mohla stať základným východiskom pre tvorbu Národnej adaptačnej stratégie SR.

9 Literatúra

1. AGARWAL M, TH MAZE, R SOULEYRETTE, 2005, Impacts of Weather on Urban Freeway Traffic Flow Characteristics and Facility Capacity, in: Proceedings of the 2005 Mid-Continent Transportation Research Symposium
2. Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov SR (NEHAP) ,
3. AVV, 2006: Economische Waardering van Mobiliteitseffecten van een Dijkdoorbraak (Economic Valuation of Mobility Effects of a Flood), AVV, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Rotterdam.
4. BALAJKA, J., LAPIN, M., MINĎAŠ, J., ŠŤASTNÝ, P., THALMEINEROVÁ, D. (2005): Štvrtá národná správa SR o zmene klímy a Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu, Slovenská republika 2005, 114 s.
5. BALAJKA, J.: Aktualizácia projekcií základných znečisťujúcich látok , ECOSYS October 2010
6. BALONISHNIKOVA, J. A. (2004): Reservoirs of the world as indicators for water resources and water use control. Abstracts of papers for the With All–Russia hydrological Congress, Section 3. St. Petersburg, Gidrometeozidat, Russia (in Russian).
7. BATES, B.C., Z.W. KUNDZEWICZ, S. WU AND J.P. PALUTIKOF, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp., ISBN: 978-92-9169-123-4.
8. BAZZAZ, F., SOMBROEK, W., 1996. Global Climate Change and Agricultural Production, FAO, Rome and John Wiley and Sons Ltd: Chicester, 345, ISBN 92-5-103987-9.
9. BEKEROVÁ, L. (2006): Plán rozvoja verejných vodovodov a verejných kanalizácií pre územie SR. Vodohospodársky spravodajca 3-4/2006
10. bilancie za obdobia 1931 – 1980 a 1961 – 2000. J. Hydrol. Hydromech. 52, 4, 355-364
11. BOER, G.J., G.M. FLATO, AND D. RAMSDEN. 2000: A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: projected climate change in the 21st century. Climate Dynamics, 16:427-450.
12. CADOT, E., RODWIN V. G., SPIRA, A., 2007: In the Heat of the Summer - Lessons from the Heat Waves in Paris. Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine, doi:10.1007/s11524-007-9161-y, 2007, The New York Academy of Medicine.
13. Climate Change and Adaptation Strategy for Climate Change in Europe (cCASHh, www.euro.who.int/ccashh)
14. CUCULEANA, V., MARICA, A., SIMOTA, C., 1999: Climate change impact on agricultural crops and adaptation options in Romania. Climate Research 12: 153-160.
15. CURE, J.D., ACKOK. B., 1986: Crop responses to carbon dioxide doubling. A literature survey. Agricultural and Forest Meteorology 38:127-45.
16. CURTIS, P.S., 1996: A meta-analysis of leaf gas exchange and nitrogen in trees grown under elevated carbon dioxide. Plant Cell and Environment 19: 127-137.
17. ČABOUN, V. a kol. (2008): Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska. Záverečná správa úlohy výskumu a vývoja. NLC, 306 s., prílohy 110 s., realizačné výstupy 469 s.
18. DANIEL, S., DAWSON, J., & JONES, B. (2008). Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation – tourism sector. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 13, 577–596.
19. Dessai, 2003
20. DHAKHWA, G. B., CAMPBELL, C. L., LEDUC, S. K., COOTER, E. J. 1997. Maize growth: assessing the effect of global warming and CO2 fertilization with crop models. Agricultural and Forest Meteorology 87: 253-272.
21. DOUSSET, B., F. GOURMELON, E. GIRAUDET, K. LAAIDI, K. ZEGHNOUN, P. BRETIN, S. VANDENTORREN, 2010: Climate change and heat waves in Paris metropolitan area. AGU Press-Conference San Francisco, December 13, 2010.
22. DUBROVSKÝ, M., SVOBODA, M., TRNKA, M., HAYES, M. WILHITE, D. ŽALUD, Z., HLAVINKA, P. 2009. Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. Theoretical and Applied Climatology. 2009. zv. 96, 1-2:155--171. ISSN 0177-798X.

23. DZUBÁK, M. (1995): Hydrologické návrhové veličiny a ich stabilita. In: Práce a štúdie 50. Niektoré praktické otázky vybraných oblastí hydrológie. Zborník referátov, SHMÚ, Bratislava.
24. DZUBÁK, M., HAMBEK, B., SZOLGAY, J. (1996): Odhad dôsledkov klimatických zmien na vodné hospodárstvo a rámcový návrh adaptačných opatrení na ich zmiernenie. Záverečná správa pre Country Study SR, SHMÚ.
25. DZUBÁK, M., SZOLGAY, J. (1994): Možné dôsledky klimatických zmien na vývoj režimu povrchových vôd. (Správa pre NKP SR) KVHK SVF STU, Bratislava, 1994.
26. EASTERLING, W.E., WEJSS, A., HAYS, C.J., MEARNNS, L.O., 1998: Spatial scales of climate information for simulating wheat and maize productivity: the case of the US Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology* 90: 51-63.
27. EICHHORST, U. (2009) Adapting Urban Transport to Climate Change. Module 5f.
28. EITZINGER, J. ET AL. 2003. A simulation study of the effect of soil water balance and water stress in winter wheat production under different climate change scenarios. In: *Agric. Water Manage.*, 61: 195-217.
29. European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC, 2010.
30. FEHÉR, A., KONČEKOVÁ, L. Tvorba indikátorov na hodnotenie biologických invázií pre potreby praxe, politického rozhodovania a legislatívy. (dostupné na internete http://www.slpk.sk/eldo/aktualne_otazky_legislativy/feher_koncekova.pdf)
31. FENDEKOVÁ, M. (1994): Analýza zmien a variability režimu podzemných vôd územia Slovenska. (Správa pre NKP SR) Katedra podzemných vôd PRIF UK, Bratislava, 1994.
32. FENDEKOVÁ, M. (1995): Analýza zmien a variability režimu prameňov v oblastiach budovaných neovulkanickými horninami. (Správa pre NKP SR) Katedra podzemných vôd PRIF UK, Bratislava, 1995.
33. FISCHER, J. (2007). Current issues in the interdisciplinary research field of climate change and tourism. *A meta-study of articles from 2006 and 2007*. Paper presented at the European Tourism and the Environment Conference "Promotion and Protection, Achieving the Balance" 11-12 September 2007, Dublin, Ireland. 31 s. (www.tourism-climate.de)
34. FISITA 2009: FISITA COP-15 Communique: Minimising the Effects of Roads Transportation on Climate Change. FISITA, London UK, 2009. (<http://www.sat1.fi/galleria/tiedostot/ajankohtaista/2009/cop15.pdf>)
35. FRIGA, J. (1994): Časový priebeh odtoku povrchových vôd z územia Slovenska za obdobie 1931 – 1990. (Správa pre NKP SR) SHMÚ Košice, 1994.
36. GAVURNÍK, J., KULLMAN, E., SADLOŇOVÁ, K. (1994): Analýza zmien a variability hydrologických prvkov (Analýza zmien a variability režimu prameňov územia Slovenska). (Správa pre NKP SR) SHMÚ, Bratislava, 1994.
37. GERTNER, G., CAO, X., PELZ, D. (1998): Estimation of forest diversity with misclassification. In: Bachmann et al. (eds): *Assesment of biodiversity for improved forest planning*, EFI, Proceedings 8: 199-210.
38. GIMARET-CARPENTIER, C., PÉLISSIER, R., PASCAL, J-P., HOULLIER, F. (1998): Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of vegetation Science* 9: 161-172.
39. GITAY, H., SUÁREZ, A., WATSON, R. T., DOKKEN, D. J. (2002): *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO, UNEP. 77 s.
40. GREGOROVÁ, B., 2009: Správa o dopade klimatickej zmeny a zhodnotenie zraniteľnosti územia na Slovensku v sektore „doprava“. FPV UMB Banská Bystrica, 2009.
41. Handbook for national vulnerability, impact and adaptation assessments, ECDC, 2010
42. HANSEN, S., 2000. DAISY, a Flexible Soil – Plant - Atmosphere System Model. Equation Section 1. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. 1–47.
43. HANSEN, S., JENSEN, H. E., NIELSEN, N. E., SVENDSEN, H. 1990. DAISY – A Soil Plant System Model. Danish simulation model for transformation and transport of energy and matter in the soil-plant-atmosphere system. National Agency for Environmental Protection, Copenhagen, 272 p. ISBN 87-503-8790-1.
44. HELTSHE, J.F., FORRESTER, N.E. (1983): Estimating species richness using the Jackknife procedure. *Biometrics* 39: 1-11.

45. HILL, M.O. (1973): Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54 (2): 427-432.
46. HLÁSNY, T., BALÁŽ, P., 2008, The climatic water balance of Slovakia based on the FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. *Geografický časopis*, 60, 1: 15–30
47. HORŇÁK, M. (2001): Dopravná integrácia Európy – pozícia Slovenska a Bratislavy. In: Novák, S. (ed.), *Geografické aspekty stredoevropského priestoru*. Sborník príspevků z IX. ročníku konferencie, MU Brno, pp. 48-52.
48. HRÍBIK, J. (2008): Náčrt dôsledkov klimatickej zmeny na vodu v poľnohospodárstve. *Vodohospodársky spravodajca* 1-2/2008
49. <http://www.invitour.sk/doc/articles/npcr.doc>
50. IDSO, K.E., IDSO, S.G., 1994: Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years research. *Agricultural and Forest Meteorology* 69: 153 - 203.
51. Impact of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment, EEA-JRC-WHO, 2008
52. IPCC 2007. IPCC Fourth Assessment Report. Working Group I Report "The Physical Science Basis". Oct. 2007. 996 pp. Available at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>.
53. IPCC report 2001: Climate Change 2001 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK. IPCC 2001, 1032 pp.
54. IPCC. 2007A. CLIMATE CHANGE 2007: IMPACTS, ADAPTATION, AND VULNERABILITY. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (editors)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1000pp.
55. IPCC WG11
56. IŠTOŇA, J., 1997: Diverzita porastových typov v chránených územiach Slovenska. In: Les - drevo - životné prostredie, sekcia: Ekológia lesa a jeho integrovaná ochrana, TU vo Zvolene, Vydavateľstvo TU, s. 131 - 136.
57. J. BALAJKA Aktualizácia projekcií skleníkových plynov , ECOSYS November 2010
58. J. BALAJKA New Energy Externalities Developments for Sustainability, National Implementation of the ExternE, PROFING s.r.o. Maj 2008
59. JANKOVIČ, J. (2000): Kvantifikácia druhej diverzity vegetácie v lesných ekosystémoch na príklade modelových území v Nízkych Tatrách a Strážovských vrchoch. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 46(2): 129-144.
60. JANKOVIČ, J. et. al. (1999): Hodnotenie stavu biodiverzity lesov. Záverečná správa VTP. LVÚ Zvolen, 153 s.
61. KAŠPÁREK, L., (2000): Vliv kolísání klimatu na postup výpočtu návrhových hydrologických dat. *Hydrologické dny 2000*, Zborník z konferencie, Plzeň.
62. KONÔPKA J., KONÔPKA B., 2009: Vietor a sneh – najzávažnejšie abiotické škodlivé činitele. Príloha časopisu Les, NLC Zvolen, 2009, 11 s.
63. KOPPE et.al, 2003. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/96965/E82629.pdf
64. KOPPOVÁ; Mimoriadne udalosti vo verejnom zdravotníctve, kap.4, 2011
65. KOS, Z. 1970. Simulation Models of Water Supply for Irrigation in Water Resources Systems, *ICID Bulletin*, 19 (1) 7 – 52.
66. KRECHŇÁK, L.: Koncepcia vodohospodárskej politiky SR do roku 2015. *Vodohospodársky spravodajca* 3-4/2006
67. KUNDZEWICZ, Z.W., MATA, L.J., ARNELL, N.W., DOLL, P., JIMENEZ, B., MILLER, K., OKI, T., SEN, Z., SHIKLOMANOV, I., 2008: The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological Sciences Journal*, 53:1, 3-10.
68. KURPELOVÁ, M., COUFAL, J., ČULÍK, J., 1975: *Agroklimatické podmienky ČSSR*, Bratislava, 1975.
69. Lapin M., Melo M. 2004. Methods of climate change scenarios projection in Slovakia and selected results. *J. of Hydrol. and Hydromech.*, 52: No. 4, 224-238.

70. LAPIN M., MELO M., DAMBORSKÁ I., VOJTEK M. & MARTÍNI M. 2006. Physically and statistically plausible downscaling of daily GCMs outputs and selected results. *Acta Met. Univ. Comenianae, Bratislava, XXXIV*: 35–57.
71. LAPIN, M. a kol., 2005. Spracovanie regionálnych scenárov klimatickej zmeny a metodické postupy pre ich aplikáciu. In: TAKÁČ, J., LAPIN, M., ŠIŠKA, B., VALŠÍKOVÁ, M., 2005. Očakávané dôsledky klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia zahŕňujúce technológie pestovania plodín, riadenie poľnohospodárskej výroby a reguláciu vodného a energetického režimu. Úloha štátneho programu výskumu a vývoja Aktuálne otázky rozvoja spoločnosti. Záverečná správa za ČÚ 01. Hydromeliórie, š. p., Bratislava, 20-41.
72. LAPIN, M., DRINKA, R., KREMLER, M., TOMLAIN, J., 2008: Scenarios of Air Humidity and Potential Evapotranspiration Change for Hurbanovo, 16 pp. In: CD Proc. of the XXth Czecho-Slovak Bioclimatological Conference, Mikulov, Czech Republic.
73. LAPIN, M., GERA, M., HRVOL, J., MELO, M., TOMLAIN, J., 2009: Possible Impacts of Climate Change on Hydrologic Cycle in Slovakia and Results of Observations in 1951-2007. *Biologia*, 64/3, 454-459.
74. LONG S.P., DRAKE B.G. 1991: Effect of the long-term elevation of CO₂ concentration in the field on the quantum yield of photosynthesis of the C₃ sedge *Scirpus olneyi*. *Plant Physiology* 96:221-226.
75. M.LAPIN a kol., NKP, 2011
76. MAJERČÁKOVÁ, O., ŠEDÍK, P. (1997): Hydrologické scenáre možných zmien odtokov počas roka na slovenských tokoch. NKP SR 6/97, s. 125 – 140.
77. MAJERČÁKOVÁ, O., MAJERČÁK, J. (1994): Možné účinky klimatických zmien na životné prostredie. In: Prognózované zmeny klímy a zmiernenie ich negatívneho vplyvu na krajinné prostredie. Zborník príspevkov z odbornej konferencie. SPaPK, ÚKIS, VÚZH Bratislava, s. 74 – 88.
78. MAJERČÁKOVÁ, O., MINÁRIK, B. (1995): The possible change of Slovak water balance with respect to climate change. In: Regional workshop on climate variability and climate change vulnerability and adaptation. NKP ČR Praha.
79. MAJERČÁKOVÁ, O., ŠEDÍK, P. (1994): Možné zmeny odtokov na slovenských tokoch. NKP SR 2/94, s. 107 – 137.
80. MAJERČÁKOVÁ, O., ŠKODA, P., DANÁČOVÁ, Z. (2007): Vývoj vybraných hydrologických a zrážkových charakteristík za obdobia 1961-2000 a 2001-2006 v oblasti Vysokých Tatier. *Meteorologický časopis*, 10, 4/2007, s. 205-210.
81. MAJERČÁKOVÁ, O., 1999: The hydrologists` contribution to National climate programme of Slovak Republic. *Meteorologický časopis*, 2, 1, s. 9 – 13.
82. MAJERČÁKOVÁ, O., KUČÁROVÁ, K., 2006: Vodné zdroje Slovenska. Príspevok na konferenciu VODA PRE ŽIVOT – VODA ŽIVEL, Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, Zborník č. 52, Nitra, október 2006.
83. MAJERČÁKOVÁ, O., PEKÁROVÁ, P., SZOLGAY, J., (2006): Vybrané hydrologické problémy a priority protipovodňovej ochrany. *Vodohospodársky spravodajca*, 49, 9-10, 2006, s. 22-25
84. MAJERČÁKOVÁ, O., POÓROVÁ, J., ŠKODA, P., 2009: Kvantitatívny stav vodných zdrojov našej krajiny. *Enviromagazín* 5, s.14-15.
85. Majerčáková, O., Škoda, P., Faško, P., Šťastný, P., (2004): Vývoj zložiek hydrologickej
86. MAJERČÁKOVÁ, O., ŠŤASTNÝ, P., FAŠKO, P., (2004): Prehľad mimoriadnych hydrologických a meteorologických situácií za ostatné roky. *Vodohospodársky spravodajca*, XLVII, č. 2-3, s.: 10-11.
87. MALATINSKÁ, L. 2010. Bioenergetický potenciál vybraných poľných plodín v podmienkach klimatickej zmeny na slovensku. Dizertačná práca, SPU Nitra, 2010, 1-152
88. MARTIN PT, J PERRIN, B HANSEN, I QUINTANA, 2000, Inclement Weather Signal Timings, UTL Research Report MPC01-120, UTL, University of Utah, Salt Lake City.
89. MATASCI, C., 2008: An inventory of estimates for future climate change impacts in Switzerland. Database. Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL), Lausanne.

90. MATASCI, C., 2009: Economic impacts of climate change and adaptation measures on tourism in Switzerland. 10th Climate Days 2009, Poster presentation. NCCR Climate, Swiss Climate Research.
91. MATEJKA, F., HUZULÁK J., 1995: Analysis of relationships between winter wheat leaf water potential and atmospheric factors. *Biology* 50(1): 105-114.
92. MEARNS, L. O., ROSENZWEIG, C., AND GOLDBERG, R., 1997: Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Climatic Change*, 35(4):367-396.
93. MELO, M. 2004. Teplota vzduchu, atmosférické zrážky a merná vlhkosť vzduchu v Hurbanove podľa pôvodných emisných scenárov „IS92a“ a nových emisných scenárov „A2-SRES“ A „B2-SRES“ In „Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy“ [CD-ROM]. Viničky (Bioklimatologické pracovné dni 2004)
94. MERGANIČ, J. (2001): Regionálna inventarizácia lesa s dôrazom na kvantifikáciu biodiverzity. Dizertačná práca. TU Zvolen, 132 s.
95. MERGANIČ, J. (2002): Vplyv vybraných porastových charakteristík na druhovú diverzitu
96. MERGANIČ, J. et al. (2003): Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy. EFRA, Tvrdošín, 200 s.
97. MERGANIČ, J., QUEDNAU, H.D., ŠMELKO, Š. (2004): Relations between geomorphology features and tree species diversity of forest ecosystems nad interpolation on a regional level. *Eur. J. Forest Res.*, 123: 75-85.
98. MERGANIČ, J., ŠMELKO, Š. (2004): Quantification of tree species diversity in forest stands – model BIODIVERSS. *Eur. J. Forest Res.*, 123: 157-165.
99. MESSAGE – Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts – User manual, International Atomic Energy Agency, September 2002
100. MINĐAŠ, J., ŠKVARENINA, J., 2010: Lesy Slovenska a voda. EFRA Zvolen, TU Zvolen, SEVŠ Skalica, Vydavateľ TU Zvolen, 129 s., ISBN 978-80-228-2216-9.
101. MŽP SR, GOYA Bratislava, 120 s.
102. Národný emisný informačný systém - NEIS (údaje z databázy spracované za rok 2007), Bratislava
103. NOVÁK, V. 1996. Vplyv očakávaných klimatických zmien na bilanciu vody v pôde a produkciu biomasy na Slovensku. Projekt Country Study SR. SHMÚ, ÚH SAV, Bratislava.
104. NOVOTNÝ, J. a kol. (1999): Zachovanie biodiverzity vybraných lesných spoločenstiev a ich integrovaná ochrana. Súhrnná záverečná správa VTP. LVÚ Zvolen,
105. OECD, 2007: Climate Change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazards management. OECD 2007, ISBN 92-64-03168-5.
106. OLESEN, J.E. et al. 2007. Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. In: *Climatic Change*, 81: 123-143.
107. PEKÁROVÁ, P. (2000): Zákonitosti kolísania priemerných ročných prietokov, NKP 9/2000, MŽP SR, Bratislava.
108. PEKÁROVÁ, P., SZOLGAY, J. (eds.), (2005): Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v povodí Hrona a Váhu v dôsledku klimatickej zmeny. ISBN 80-224-0884-0, Bratislava, Veda, 496 s.
109. PESETA (9.<http://peseta.jrc.es/results.html>)
110. PIELOU, E.C. (1975): Ecological diversity, Willey, New York, 132 s.
111. POÓROVÁ, J., (2007): Metódy vodohospodárskej bilancie. Dizertačná práca v odbore doktorandského štúdia: 39-41-9 Hydrológia a vodné hospodárstvo. STU Bratislava.
112. RAE 2011: Infrastructure, Engineering and Climate Change Adaptation – ensuring services in an uncertain future. Published by The Royal Academy of Engineering on behalf of Engineering the Future. February 2011, ISBN 1-903496-61-6.
113. ROBINE, ET AL., 2007: www.oecd.org/dataoecd/40/37/43767505.ppt
114. ROSENZWEIG C., PARRY M.L. 1994: Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature* 367: 13-138.

115. S. DE BRUYN, A. MARKOWSKA, D. NELISSEN, M. ŠCASNY, JIRI BALAJKA, L. REČKA
The economic impacts on Slovakia of tightening the EU GHG target from -20 to -30%, Delft, August 2011
116. S. Moorová, J. Balajka Pravidelná aktualizácia projekcií emisií základných a ostatných znečisťujúcich látok, ECOSYS November 2009
117. SHANNON, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. *Bell.Syst.Techn.J.*, 27: 379-423 and 623-656.
118. SIMPSON, E.H. (1949): Measurement of diversity. *Nature* 163, 688 s.
119. SIMPSON, M.C., GÖSSLING, S., SCOTT, D., HALL, C.M. AND GLADIN, E. (2008). *Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices*. UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO: Paris, France, ISBN - 978-92-807-2921-5, 152 s.
120. Sobocká, J., Šurina, B., Torma, S., Dodek, R., 2005: *Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska*. VÚPOP, Bratislava 2005, 46 s., ISBN 80-89128-15-7.
121. STEHLOVÁ, K. 2007. Assessment of the soil water storage with regard to prognosis of the climate change at lowlands. *Cereal Research Communications*, vol. 35, no. 2, pp 1093-1096
122. STERN, 2006. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm
123. STRAKA, P. – GUZIOVÁ, Z. (1998): *Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku*.
124. *Stratégia rozvoja dopravy Slovenskej republiky do roku 2020*. Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja. Január 2010. (<http://www.telecom.gov.sk/index/index.php?ids=1>)
125. SUPEK, M. (2007): *Koncepčné zámery Ministerstva životného prostredia SR v oblasti rozvoja a ochrany vodných zdrojov a vodných ekosystémov*. Vodohospodársky spravodajca 3-4/2007
126. *SUSTAINABLE TRANSPORT: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, November 2009. (<http://www.sutp.org>)
127. SZOLGAY, J. - HLAVČOVÁ, K. - MOSNÝ M. (1995): *Časové a priestorové hodnotenie charakteru kolísania prvkov hydrologickej bilancie na území východného Slovenska*. Záverečná správa pre NKP SR. KVHK SvF STU, Bratislava.
128. SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., PARAJKA, J., ČUNDERLÍK, J. (1997): *Vplyv klimatickej zmeny na odtokový režim na Slovensku*. *Klimatické zmeny - hydrológia a vodné hospodárstvo SR*. Publikácia Národného klimatického programu SR, 6/1997. SHMÚ, MŽP SR, Bratislava, s. 11-110.
129. ŠEBEŇ, V., MERGANIČ, J., BOŠEĽA, M. (2008): *Druhá bohatosť vegetácie lesov Slovenska zistená v rámci NIML SR*. In: HLÁSNY, T.(ed.) "Forests and Forestry – Risk, Challenges, Solutions", *Proceedings – International scientific conference, NFC Zvolen*:
130. ŠIPIKALOVÁ, H., ŠKODA, P., MAJERČÁKOVÁ, O. (2003): *Nové hodnotenie hydrologických charakteristík*. *Vodohospodársky spravodajca*, 46, č. 4, s.: 21-23
131. ŠIŠKA, B., 1997: *Predpokladané dopady zvýšenej koncentrácie CO₂ na úrody jarného jačmeňa v oblasti Podunajskej nížiny*. *Acta horticulturae et regio tecturae* 2: 107-120.
132. ŠIŠKA, B., MALIŠ J., 1997: *Slovak Agricultural University, Nitra, Slovakia: Supposed Changes in Production of Winter Wheat in Consequence of Climate Change in Danubian Lowland up to Year 2075.*, Bratislava 1997, NKP 7: 84-92.
133. ŠIŠKA, B., ŠPÁNIK, F., TOMLAIN, J. 2000. *Changes of phenological characteristics of long vegetative period as influenced by climate change impacts*. In: *Metorological Journal*, 2000, 1: 19-26.
134. ŠIŠKA, B., TAKÁČ, J. 2008. *Klimatická zmena a poľnohospodárstvo Slovenskej republiky. Dôsledky, adaptačné opatrenia a možné riešenia*. *Štúdia Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti SAV XXIV*, roč. XXI, SBkS, Zvolen, 69 s. ISBN-978-80-228-2009-7
135. ŠKODA, P., KULLMAN, E. (1997): *Monitorovanie zmien klímy na vybraných hydrologických staniciach na Slovensku*. In: NKP 6/97, Bratislava, 1997, p. 118 –124.
136. ŠKODA, P., MAJERČÁKOVÁ, O., DANÁČOVÁ, Z. (2005): *Hydrologické a klimatické pomery v povodí*. Kapitola v monografii *Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v povodí Hrona a Váhu v dôsledku klimatickej zmeny*. Editori Pavla Pekárová - Ján Szolgay. Veda, vydavateľstvo SAV, Bratislava 2005, s. 17- 47.

137. ŠKVARENINA J., KRÍŽOVÁ E., TOMLAIN J., 2004. Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages in Slovakia. *Ecology* 23, Supplement 2: 13-29
138. ŠKVARENINA, J., SZOLGAY, J., ŠIŠKA, B., LAPIN, M. (eds.), 2010: Klimatická zmena a krajina – dopady klimatickej zmeny a zhodnotenie zraniteľnosti územia na Slovensku v sektoroch vodné hospodárstvo, lesy a poľnohospodárstvo. Štúdiá XXV, ročník XXII, Slovenská bioeklimatologická spoločnosť, Zvolen 2010, ISBN 978-80-228-2272-5, 114 s.
139. ŠKVARENINA, J., TOMLAIN, J., HRVOL, J., ŠKVARENINOVÁ, J., NEJEDLÍK, P., 2009: Progress in dryness and wetness in altitudinal vegetation stages of West Carpathians: Time series analysis 1951-2007. *Idojárás* 113:47—54.
140. ŠMELKO, Š. (2003): Quantifizierung der Biodiversität in Waldbeständen unter der Anwendung von Stichprobenverfahren. *Forschungsbericht – AvHS, Universität Goettingen*, 17 s.
141. ŠMELKO, Š. (2008): Metodické problémy kvantifikácie druhej diverzity drevín v lesných ekosystémoch. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 54(4): 371-392.
142. ŠMELKO, Š., MERGANIČ, J., ŠEBEŇ, V., RAŠI, R., JANKOVIČ, J. (2006): Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005-2006. *Metodika terénneho zberu údajov. Národné lesnícke centrum – LVÚ Zvolen*, 129 s.
143. ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B., REPA, Š. 1998. Agroclimatic potential as influenced by Climate Change Impacts. *ESA congress, Nitra, 1998*, 180-181.
144. ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B. 2004. Predpokladaná zmena klímy v 21. storočí a poľnohospodárstvo. In: *Agrochémia*, roč. 44, 2004, 1: 22-26. ISSN 1335-2415.
145. ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B., et al., 2004: *Biometeorológia*, VES SPU Nitra, 2004, 227 s. ISBN 80-8069-315-3.
146. ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B., REPA, Š. 1996. Climate change impacts on agriculture and adaptive measures. *NKP SR 4, Bratislava, 1996*, 93 – 109.
147. Štvrtá národná správa o implementácii Dohovoru o biologickej diverzite v Slovenskej republike. 31. júl 2009, Bratislava, (www.rec.sk/LIFE%20Biodiversity/material_4_NS0B.pdf)
148. TAKÁČ, J. 2003. Dôsledky klimatickej zmeny na režim vlhkosti pôdy podľa scenárov CCCMprep a GISSprep. In: *Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda - ras-tlina - atmosféra. Zborník referátov z XI. posterového dňa s medzinárodnou účasťou, ÚH a GFÚ SAV Bratislava*, 409 - 417.
149. TAKÁČ, J. 2007. Možné dôsledky zmeny klímy na vlhkostný režim pôd v nížinách. 15th International Poster Day Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy- Atmosphere, ÚH SAV, GFÚ SAV, Bratislava, 650-658.
150. TAKÁČ, J., KOŠČ, V. 1995. Nenasýtená zóna a poľnohospodárstvo. *Záverečná správa za podporný projekt k projektu PHARE/EC/WAT/1 Danubian Lowland Ground Water Model. Bratislava : VÚZH*, 1995. 64 s.
151. The 5th National Communication of the Slovak Republic on Climate Change (2009): Slovak Ministry of the Environment and the SHMI, URL: http://unfccc.int/resource/docs/natc/svk_nc5.pdf
152. to Global Challenges, (prepared by Scott, D., Amelung, B., Becken, S., Ceron, JP., Dubois, G., Gössling, S., Peeters, P. and Simpson, M.C.), UNWTO, Madrid, and UNEP, Paris.
153. TOMLAIN, J. 1997. Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. *NKP 7/97. MŽP SR, SHMÚ, Bratislava*.
154. TRNKA, M., EITZINGER, J., DUBROVSKÝ, M., SEMERÁDOVÁ, D., ŠTĚPÁNEK, P., HLAVINKA, P., BALEK, J., SKALÁK, P., FARDA, A., FORMAYER, H., ŽALUD, Z. 2010. Is rainfed crop production in central Europe at risk? Using a regional climate model to produce high resolution agroclimatic information for decision makers. *The Journal of Agricultural Science*. 2010. 148: 1--18. ISSN 0021-8596.
155. TUBIELLO, F. N., DONATELLI, M., ROSENZWEIG, C., STOCKLE, C. O., 2000: Effects of Climate Change and Elevated CO2 on Cropping Systems: Model Predictions at Two Italian Locations. *European Journal of Agronomy* 13 (2000) 179 -189.
156. UNDP (2005): *Human Development Report 2005: International Cooperation at a Crossroads: Aid, Trade and Security in an Unequal World*, New York: UNDP
157. UNWTO and UNEP and WMO (2008), *Climate Change and Tourism: Responding*
158. VALTÝNI, J., 2001: *Les a povodne. Vedecké štúdie 5/2001/A,TU vo Zvolene*, ISBN 80-2258-1095-9, 46 s.

159. VIDOVIČ, J. – SOCHORCOVÁ, L.: Modelová simulácia vplyvu globálnej zmeny klímy na produkčný potenciál ozimnej pšenice v podmienkach Slovenska. SBkS SAV, Nitra, 1997, BPD 1997, 124-128.
160. VIDOVIČ, J., - NOVÁK, V.1987: Závislosť úrody kukurice od evapotranspirácie porastu. Rostlinná výroba 33(6): 663-670.
161. WATSON, R.T., ZINYOWERA, M.C., MOSS, R.H., 1996:, Adaptation and Mitigation of Climate Change. Cambridge Univ. Press, Climate Change Impacts 1996, 878 pp.
162. WHO Europe, 2008
163. WITWER, S. H. 1995. Food, climate, and carbon dioxide: the global environment and world food production. CRC Press, 236 s. ISBN 0873717961.
164. WOODWARD, F.I., THOMPSON, G.B., McKEE, I.F., 1991: The effect of elevated concentrations of carbon dioxide on individual plants, population communities and ecosystems. *Annals of Botany*, 61 (Supl.): 23 - 38.
165. YELLE, S., BEESON, R. C., TRUDEL, M.J., GOSSELIN, A., 1989: Acclimation of two tomato species to high CO₂ sugar and starch concentration. *Plant physiology* 90: 1465 -1472.
166. Zaťko, M., Trizna, M. (1994 a 1995): Analýzy časových a priestorových zmien vybraných prvkov režimu odtoku, kolísanie hladiny PZV a výdatností prameňov v povodí Turca z hľadiska možných vplyvov globálnych zmien klímy (s využitím údajov 1931, resp. 1961). (Správa pre NKP SR) Katedra fyzickej geografie PRIF UK, Bratislava, 1994, 1995.
167. ŽALUD, Z., DUBROVSKÝ, M. 2002. Modelling climate change impacts on maize growth and development in the Czech Republic. In: *Theoretical and Applied Climatology*, 2002, č. 72, s. 85-102.