

ADAPTÍVNE LESNÍCTVO PRE UDRŽATEĽNÉ OBHOSPODAROVANIE LESOV,

• OCHRANU PRÍRODY A ROZVOJ VIDIEKA. Zvolen 29.09. 2017

GLOBÁLNA KLIMATICKÁ ZMENA A LESY SLOVENSKA

JAROSLAV ŠKVARENINA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta,

Katedra prírodného prostredia,

Masarykova 24, 96053 Zvolen, Slovenská republika

tel.: +421 45 5206 209; e-mail: skvarenina@tuzvo.sk

SPOLUPRACA:

prof. Lapin, doc. Mind'áš, prof. Šiška, prof. Szolgay, prof. Holécy, doc. Škvareninová, doc. Sřelcová, Dr. Vido, Dr. Bartík, Dr. Hříbik, Ing. Korísteková, Ing. Jančo, doc. Fleischer, Ing. Slivinský, Ing. Pjatek, Dr. Vido

Problematika:

- nadlimitná imisná záťaž koncom 80-tych rokov minulého storočia
- nastupujúca globálna zmena klímy
- rastúce prírodné riziká a katastrofy, ako napríklad:
 - teplotné extrémny,
 - riziko skorých a neskorých mrazov,
 - sucho, lesné požiare,
 - privalové lejaky, krupobitie - ľadovec,
 - povodne, zosuvy pôdy a jej erózia,
 - lavíny, ťažký sneh, zimné búrky,
 - veterné kalamity a kalamity podkôrneho hmyzu,

sú podľa mnohých vedcov neklamnými znakmi človekom podmienennej globálnej zmeny klímy.



KLÍMA

Fyzikálna klíma

- žiarenie
- teplota
- tlak
- obsah vodnej pary
- úhrn zrážok
- prúdenie vzduchu a i.

CHEMICKÁ KLÍMA

- plyny (druh, koncentrácia)
- aerosólové častice (zloženie, počet)
- chemické zloženie zrážok a i.



interakcie



synergizmus



Ekosystémy



kategórie fyzikálnej a chemickej klímy

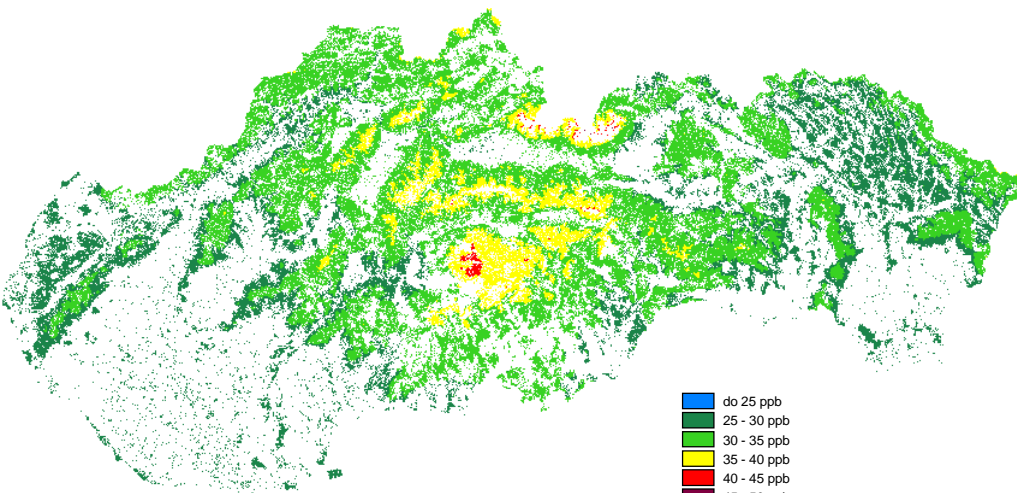
makro - mezo - mikro

klíma

KATEGÓRIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA

MIERKA	ROZSAH (km)	ENVIRONMENTÁLNY DOPAD	HODNOTENIE
<i>lokálne znečistenie (urbanizované)</i>	< 20 - 50	smog, zadymovanie, dopad hlavne na zdravie obyvateľstva	imísne hodnoty, limity index znečistenia ovzdušia
<i>regionálne znečistenie (kontinentálne)</i>	20 - 1000	kyslé zrážky, acidifikácia, eutrofizácia depozície, ťažké kovy ...	kritické úrovne a záťaže ekosystémov
<i>globálne znečistenie</i>	> 1000	klimatická zmena, redukcia stratosferickej ozónovej vrstvy	prognózy a scenáre environmentálneho rizika, adaptačné a mitigačné opatrenia

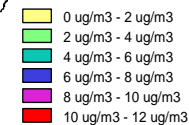
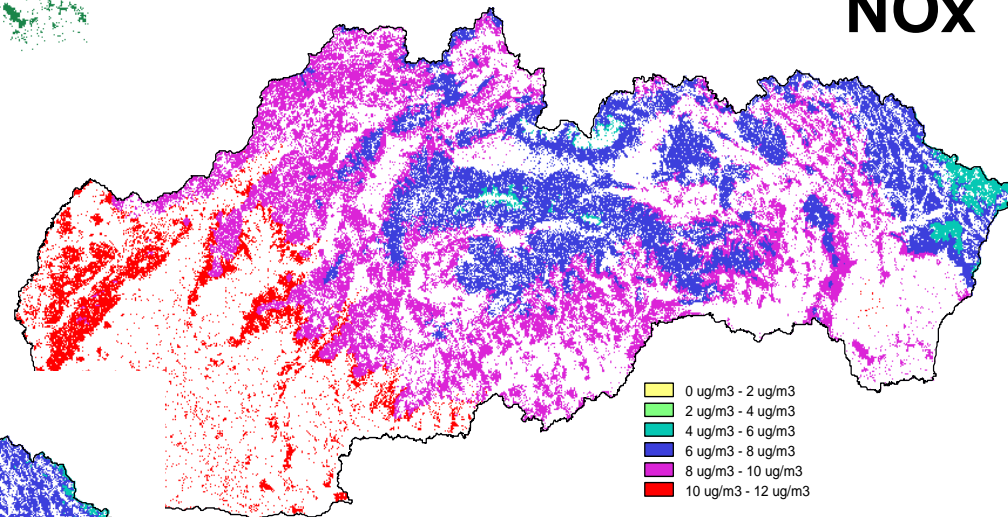
Znečistenie ovzdušia



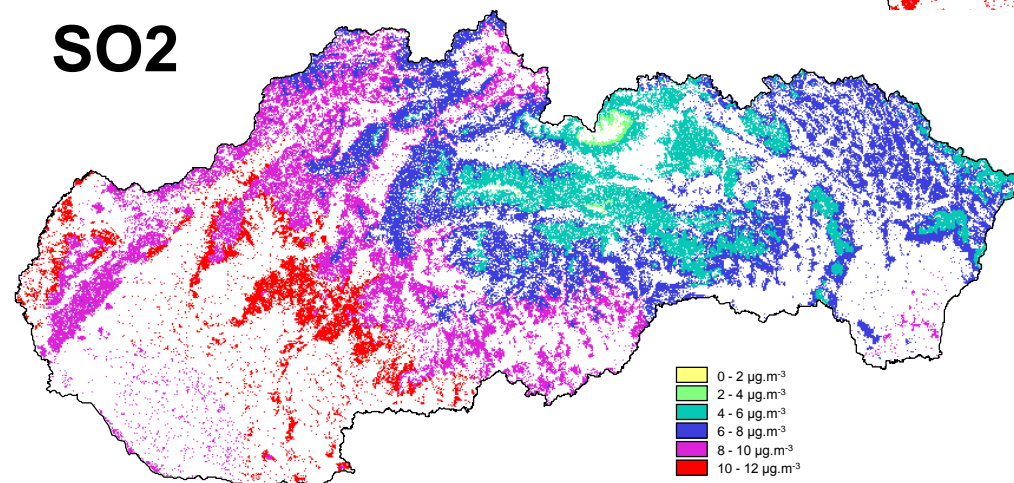
Ozón



NO_x

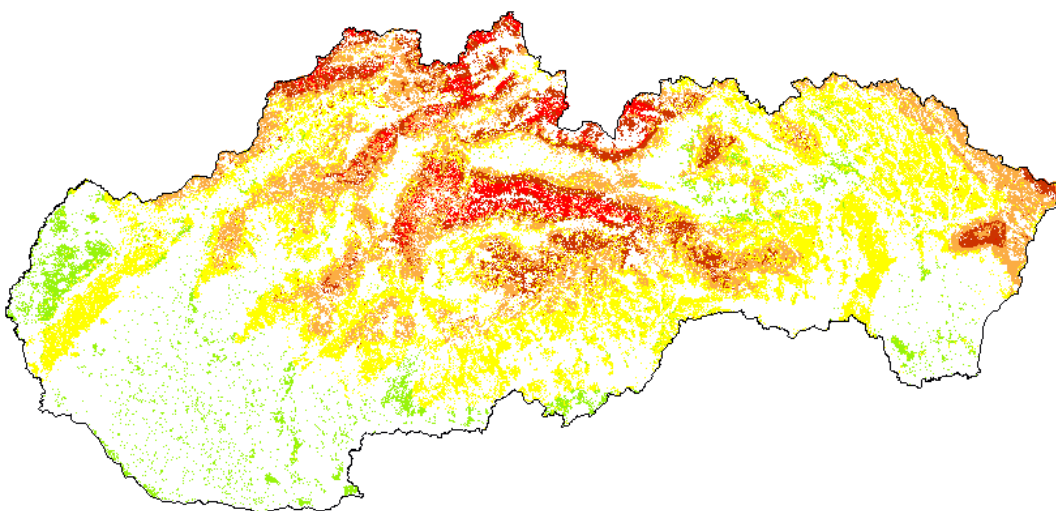


SO₂



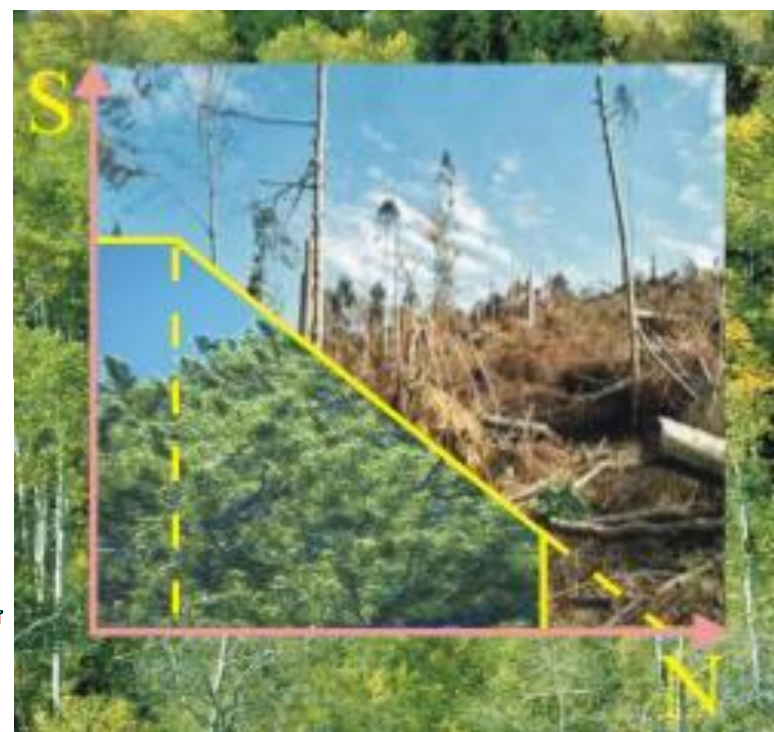
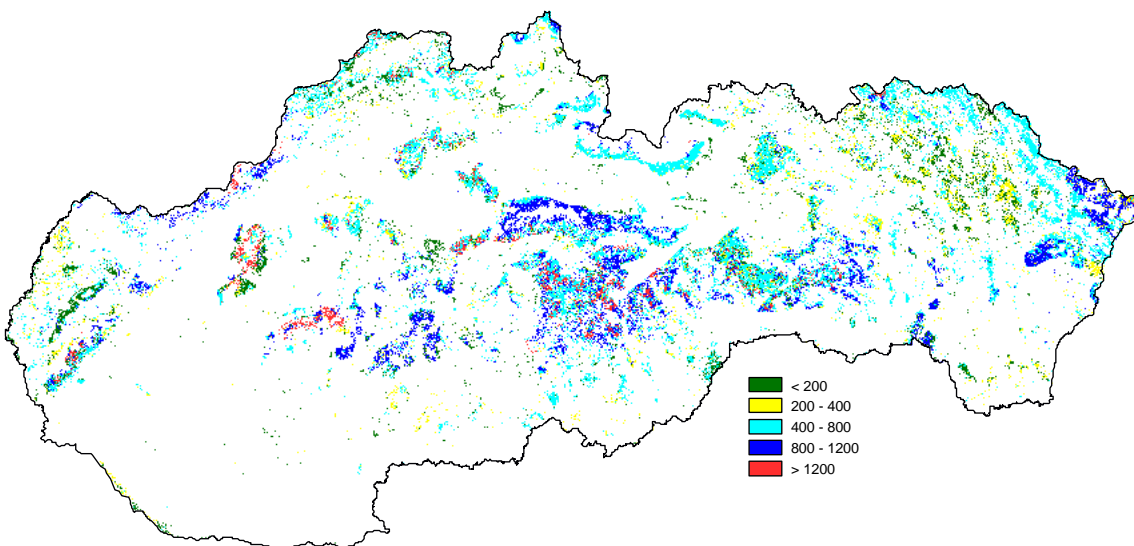
MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J.,(eds.) 2004: Lesy Slovenska a znečistenie ovzdušia. 149 s...

Znečistenie zrážok – depozícia, kritické zát'aže

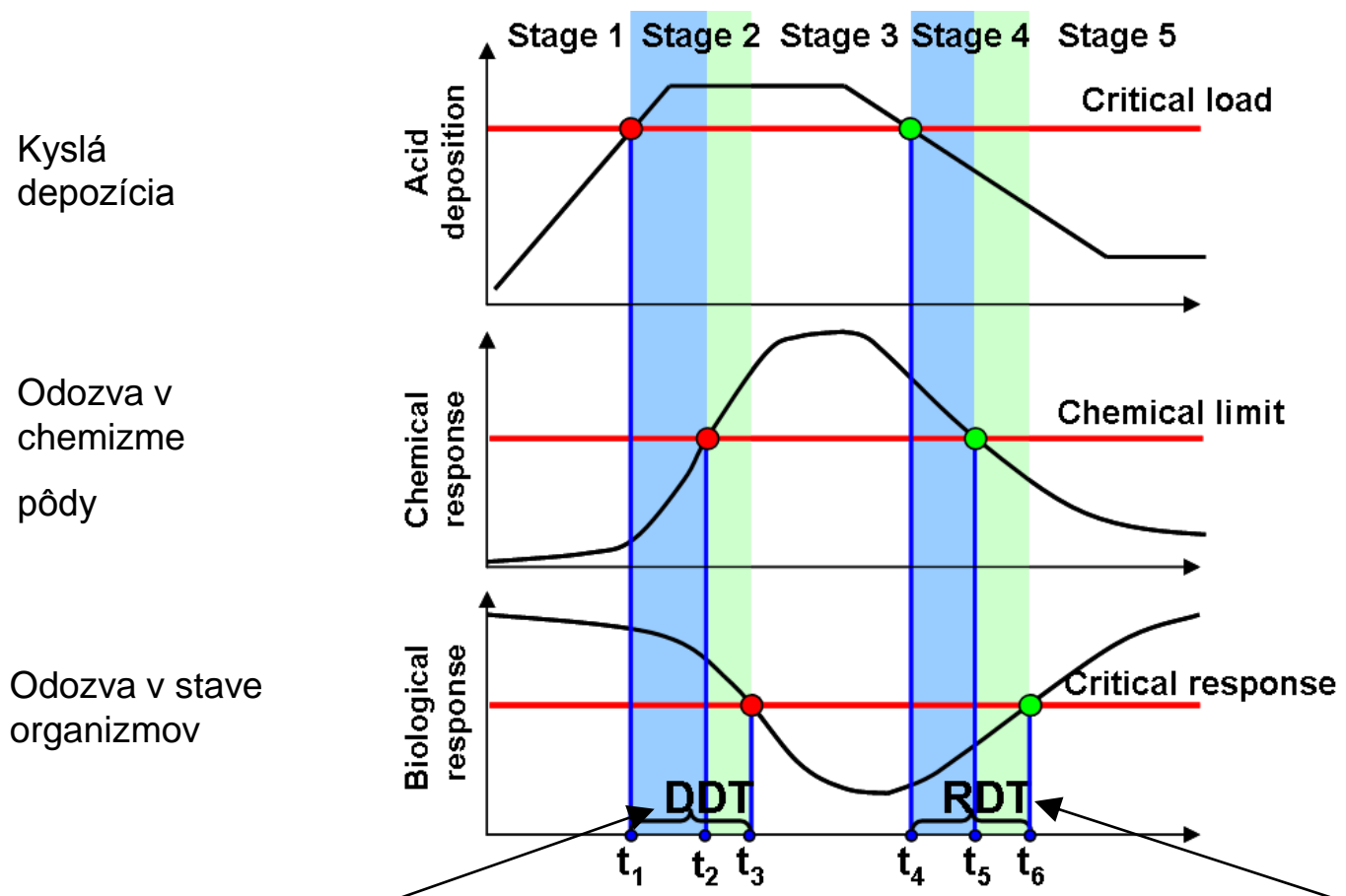


Depozícia síry

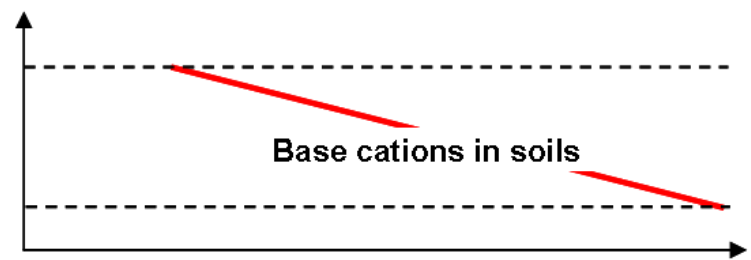
1951 - 2000



Prekračovanie kritickej zát'aže acidity



Damage Delay Time
Oneskorenie poškodenia



Recovery Delay Time
Oneskorenie zotavenia



štúdiá | **XXV**
slovenskej bioklimatologickej spoločnosti sav | ročník XXII

Jaroslav Škvarenina
Ján Szolgay
Bernard Šiška
Milan Lapin (eds.)

KLIMATICKÁ ZMENA A KRAJINA

dopady klimatickej zmeny
a hodnotenie zraniteľnosti územia
na Slovensku v sektoroch
„vodné hospodárstvo, lesy
a poľnohospodárstvo“



slovenská bioklimatologická spoločnosť
slovak bioclimatological society

ZVOLEN 2010



Projekt OPŽP-PO3-08-5 ITMS 24130120015

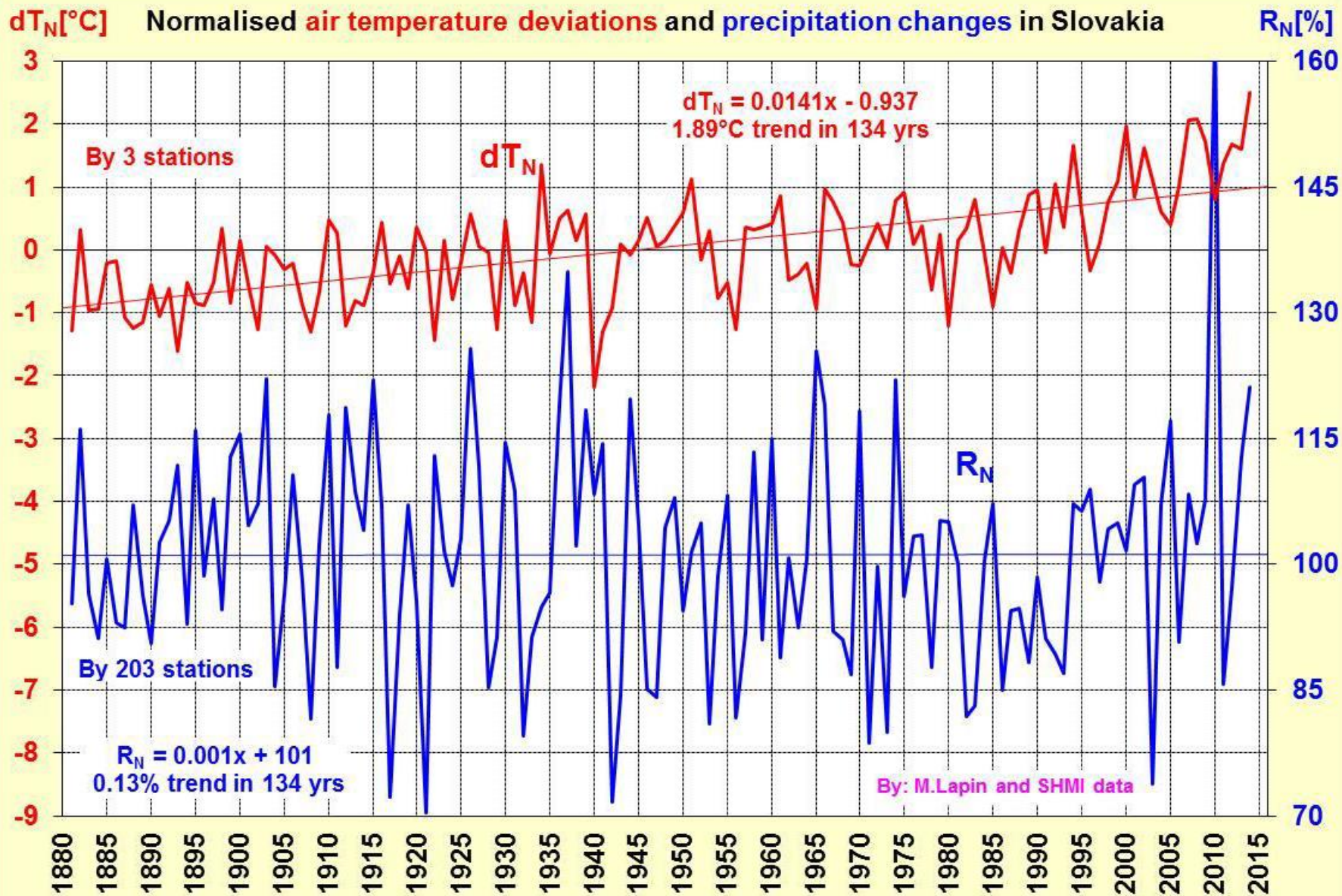
Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch

Záverečná správa - zhrnutie

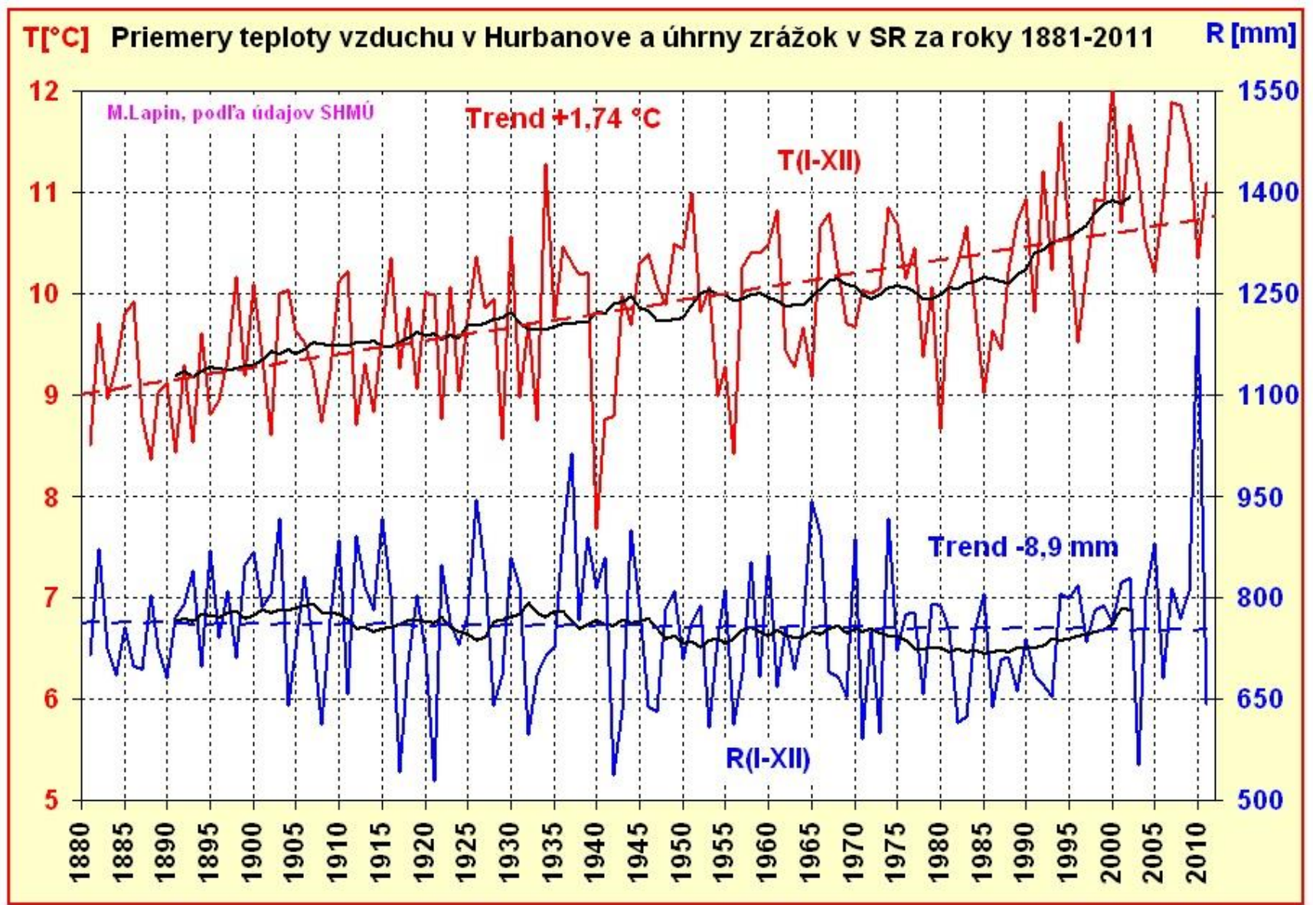
RNDr. Pavol Nejedlík, CSc.
Doc. RNDr. Ing. Jozef Mindaš, PhD.
(editori)



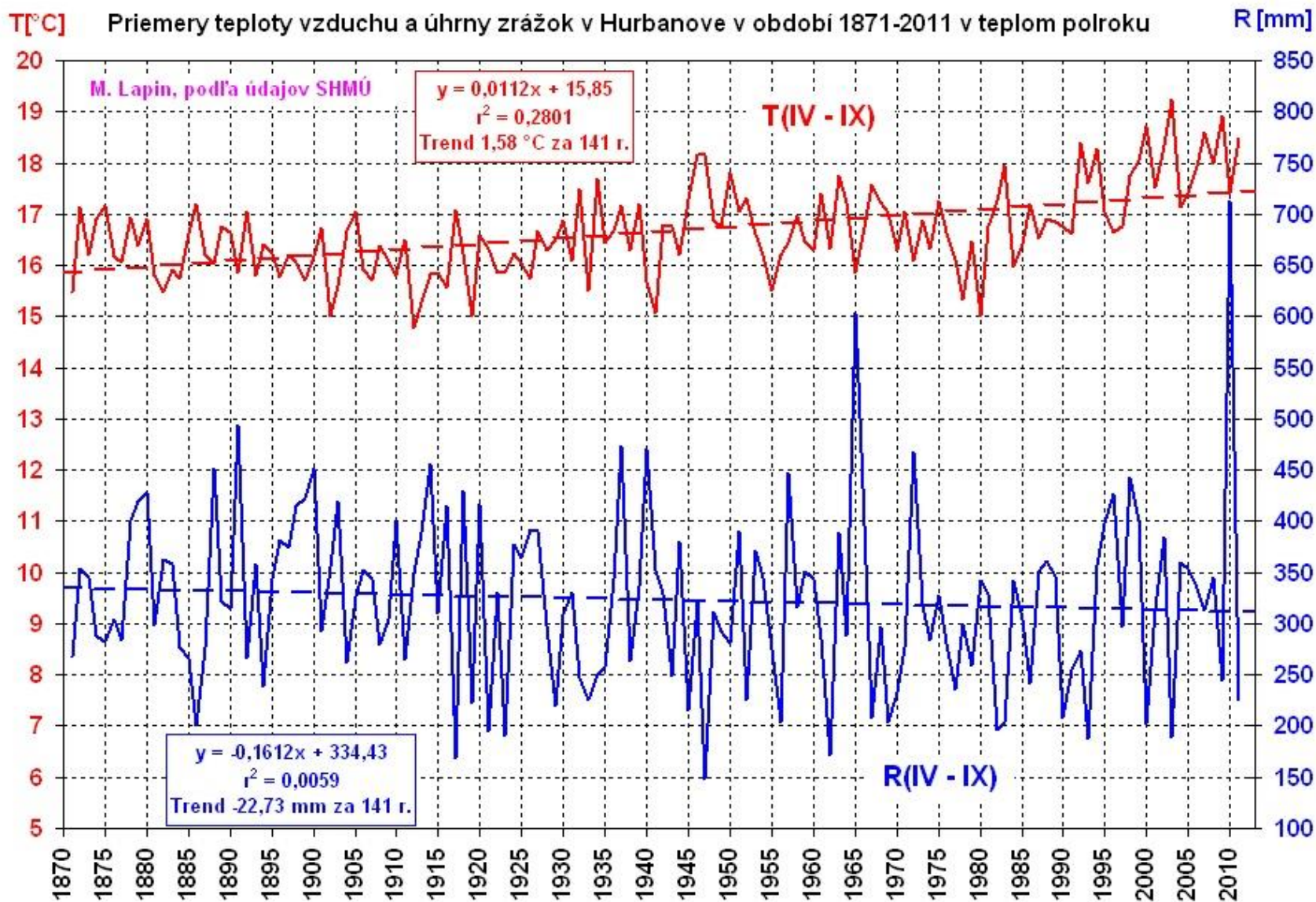
Bratislava, December 2011



Zdroj: Lapin M. (2016)

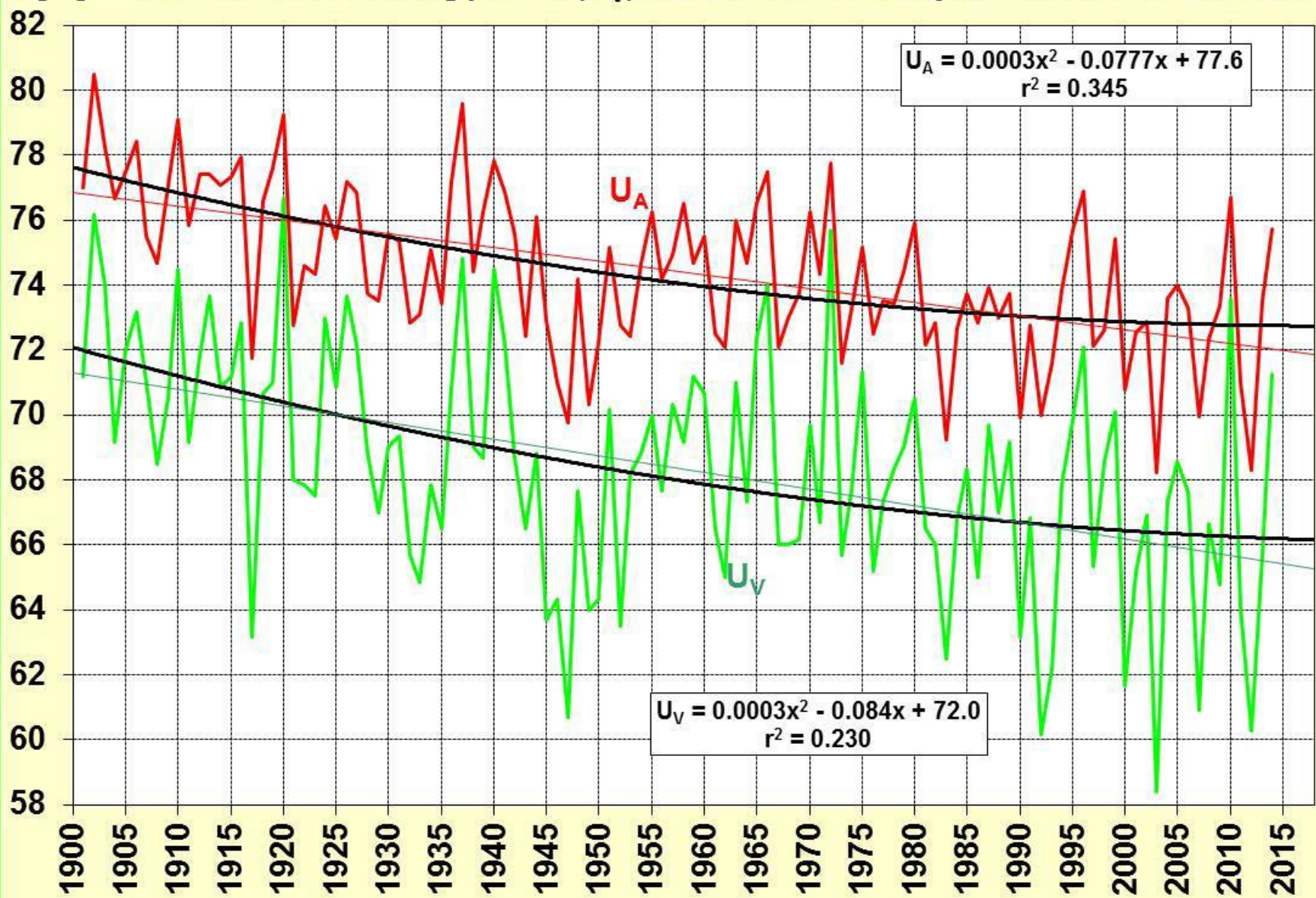


Zdroj: Lapin M. (2016)

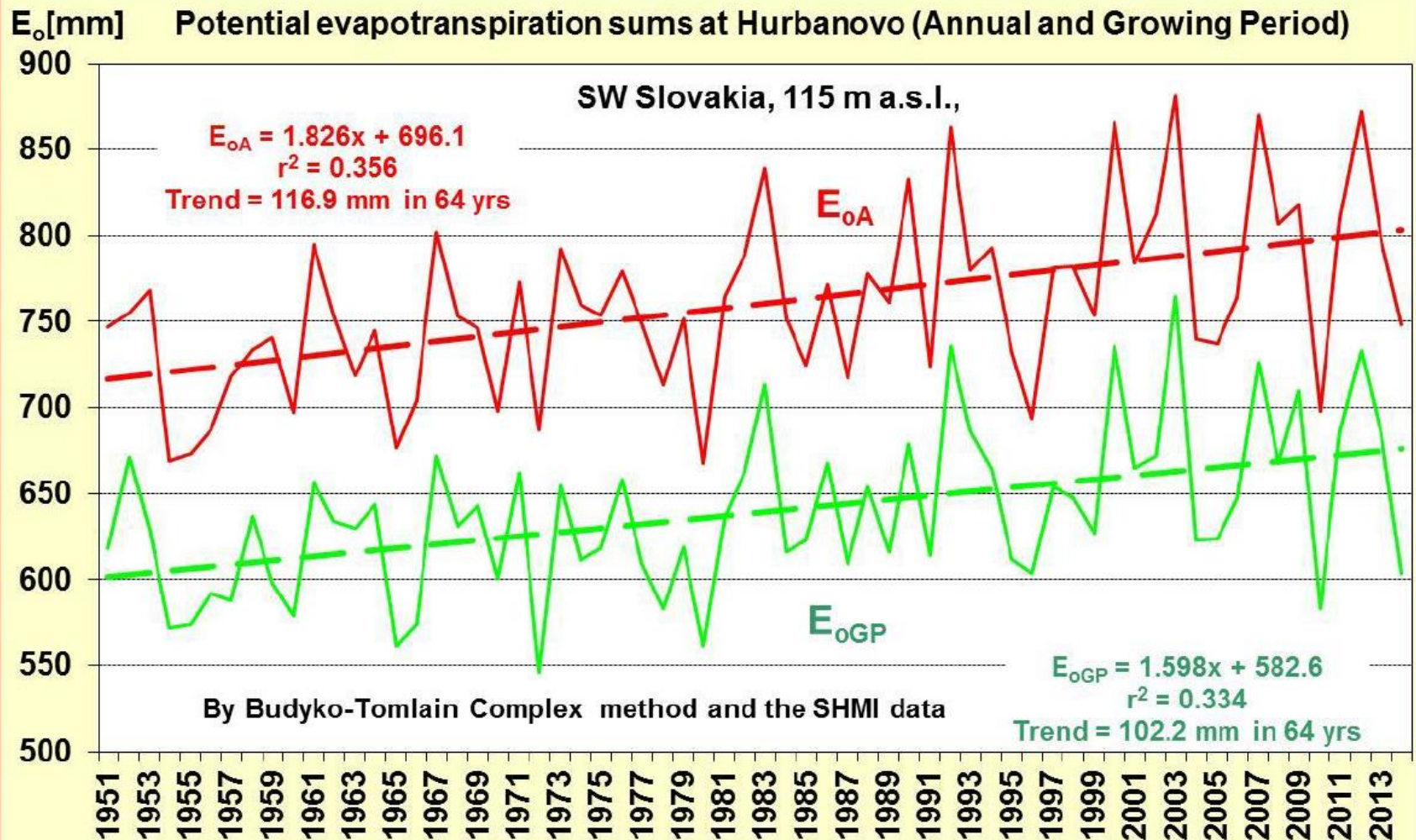


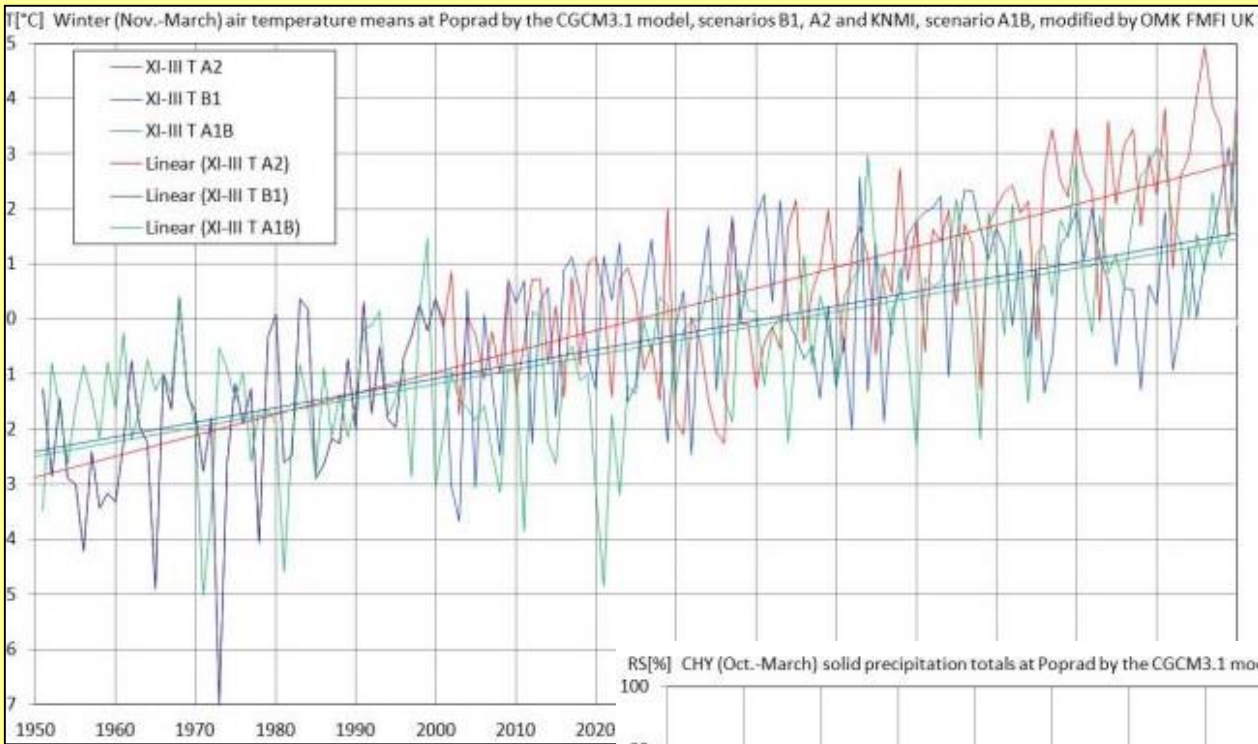
Zdroj: Lapin M. (2016)

U[%] Annual and Growing period (U_V) relative air humidity at Hurbanovo 1901-2014



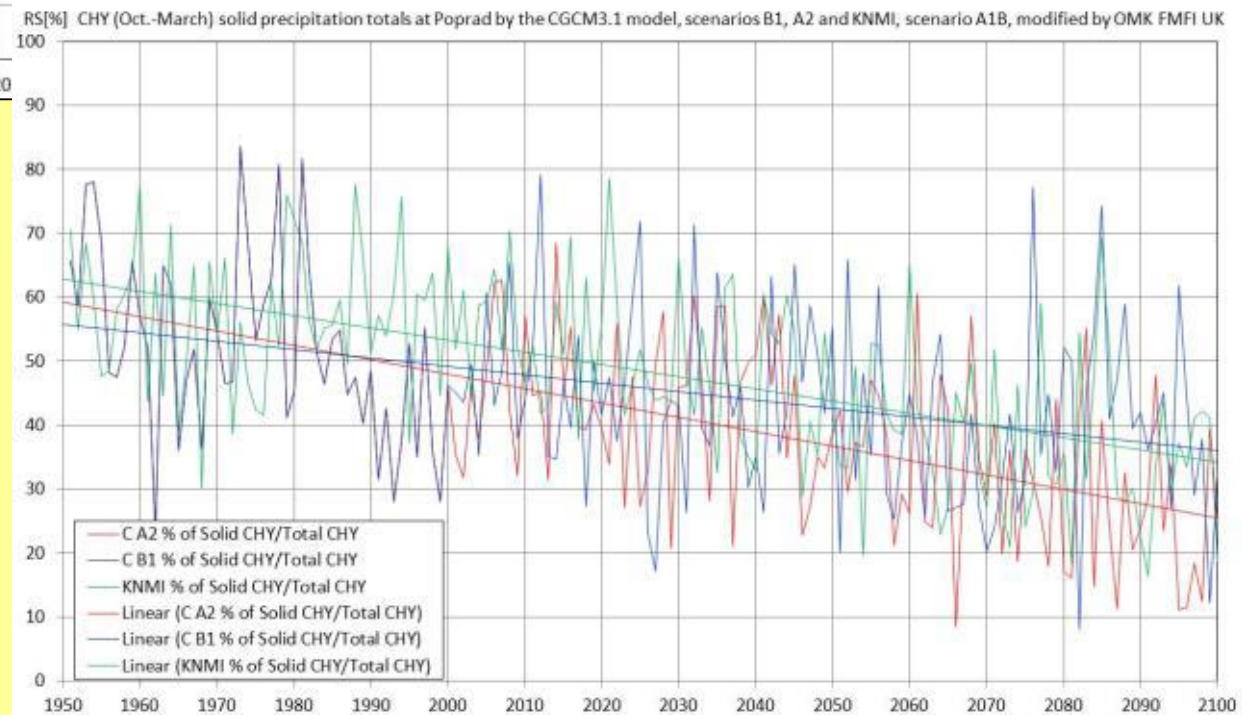
POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION TRENDS AT HURBANOVO, 1951-2014





Zimné teploty
vzduchu (XI.-III.)

% podiel tuhých zrážok



Zdroj: Lapin M.& Gera M.
(2016)

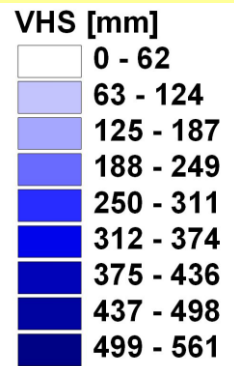
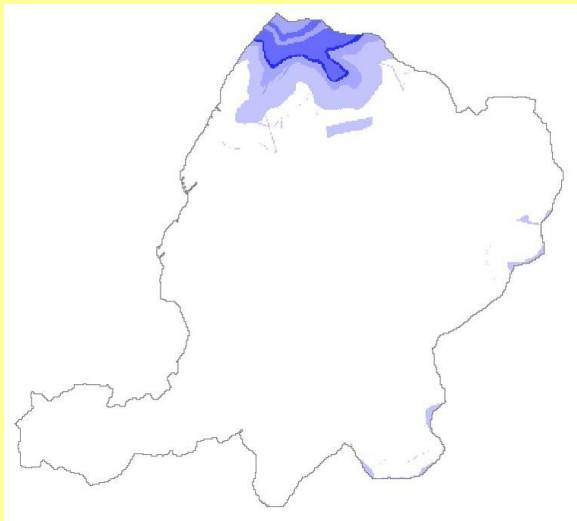
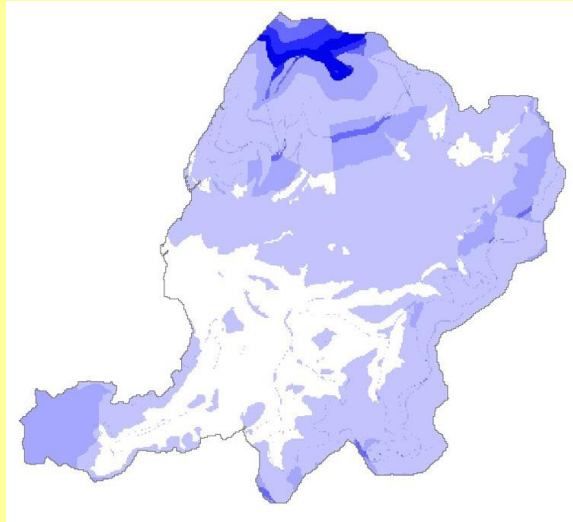
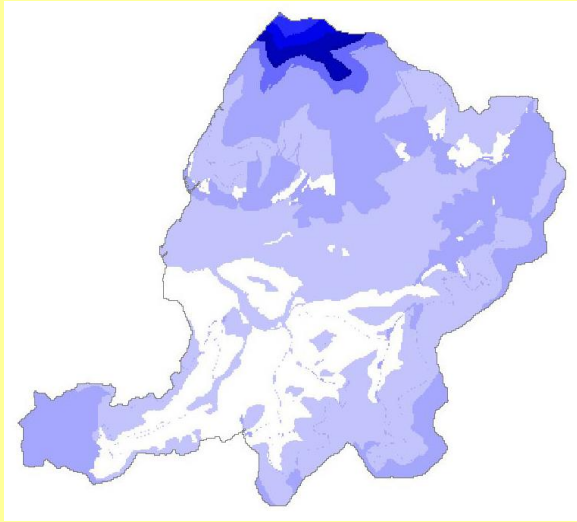
Potenciálne poveternostné stresové faktory:

Mesiace	Veg. obdobie												Veg. obdobie											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	rok i												rok i + 1											
Extrémne periódy chladu	X	X	x								x	X	X	X	x								x	X
Náhle poklesy teplôt	X	X	X	X	x						x	X	X	X	X	X	x						x	X
Neskoré mrazy				x	X	x										x	X	x						
Skoré mrazy									x	X	x										x	X	x	
Veľké T - amplitúdy		x	X	X	x									x	X	X	x							
Teplé periódy	X	X	X	x					x	X	X	X	X	X	X	x					x	X	X	X
PERIÓDY HORÚČAV						x	X	X	x									x	X	X	x			
PERIÓDY SUCHA		x	x	X	X	X	X	X	X	x	x			x	x	X	X	X	X	X	X	x	x	
Intenzívne radiačné poč.					x	X	X	X	x								x	X	X	X	x			
Inverzné situácie	X	X	x						x	X	X	X	X	X	x						x	X	X	X
Mohutné víchrice	X	X	X	x					x	X	X	X	X	X	X	x					x	X	X	X
Námraza a mokrý sneh	X	X	X	x							x	X	X	X	X	x							X	X
Fotooxidanty, O ₃ - ozón				x	X	X	X	X	x							x	X	X	X	X	x			
Mokrý smog, SO ₂ NO _x	X	X	x								x	X	X	X	x								x	X

X – výskyt faktora významný, x – výskyt faktora menej významný

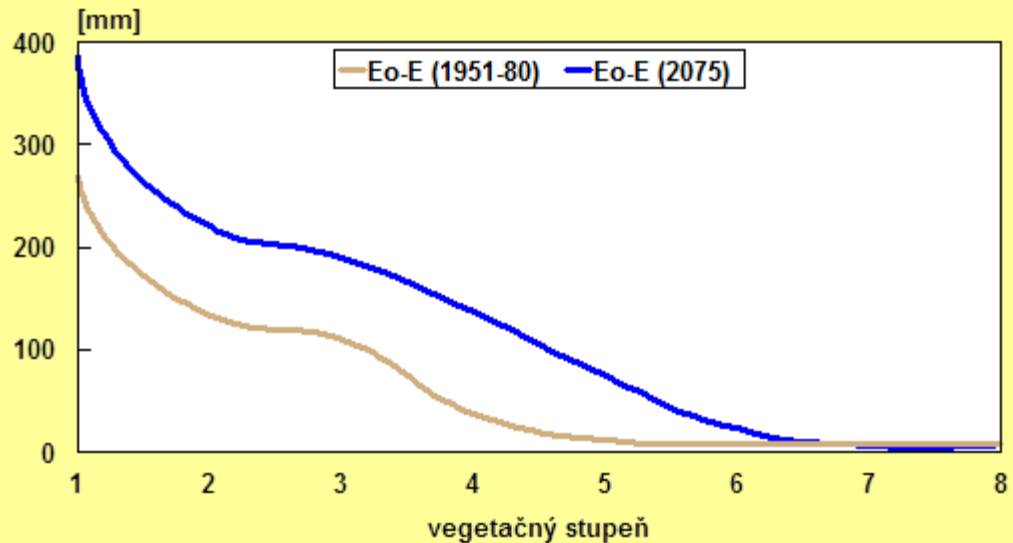
Zdroj: Škvarenina et al.
(2014)

Vodná hodnota snehovej pokrývky



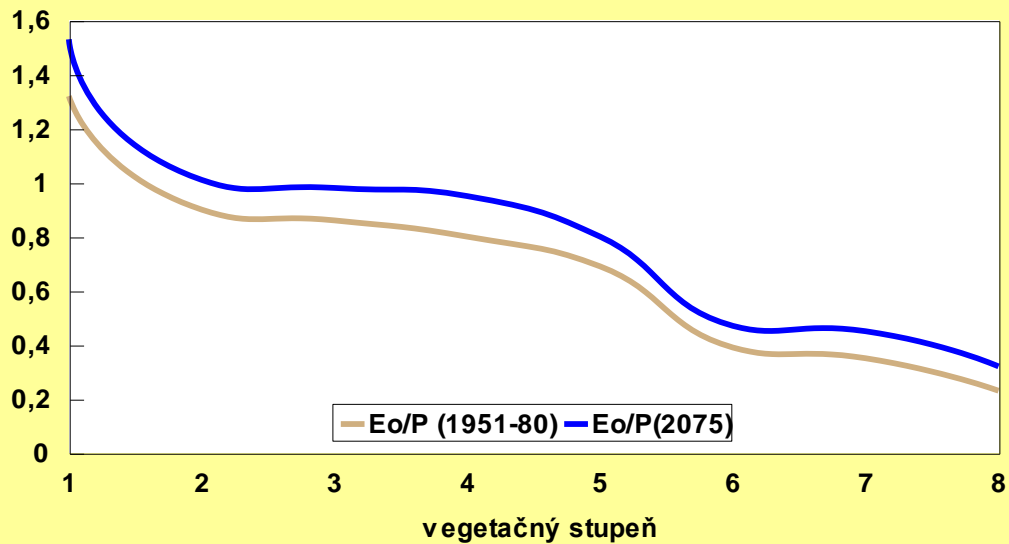
Kráľová hoľa,
modelovanie pre
povodie Zubrovce
(**Hrúbik et al. 2015**) –
rok 2007 (vľavo
hore), rok 2030
(vpravo hore) a rok
2075 (scenár
klimatickej zmeny
CCCM) (vľavo dole)

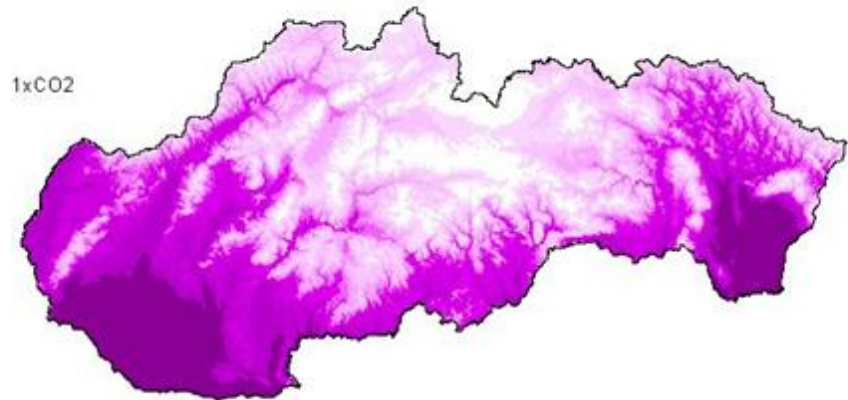
Evapotranspiračný deficit (Eo-E)



Indexy sucha

Budykov index Eo/P

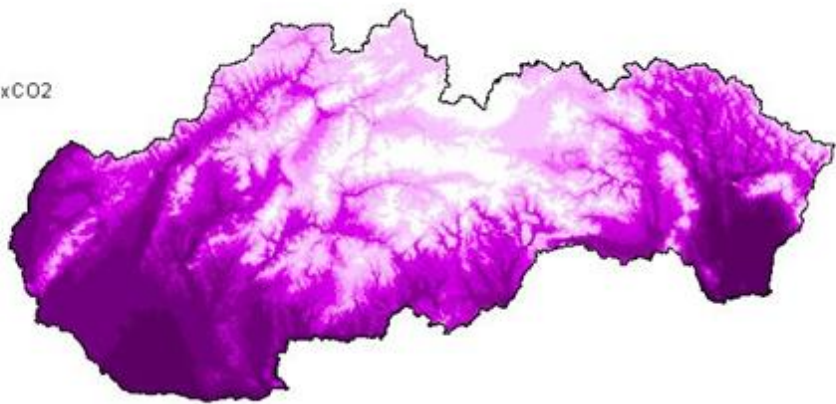




E₀ - Z [mm]



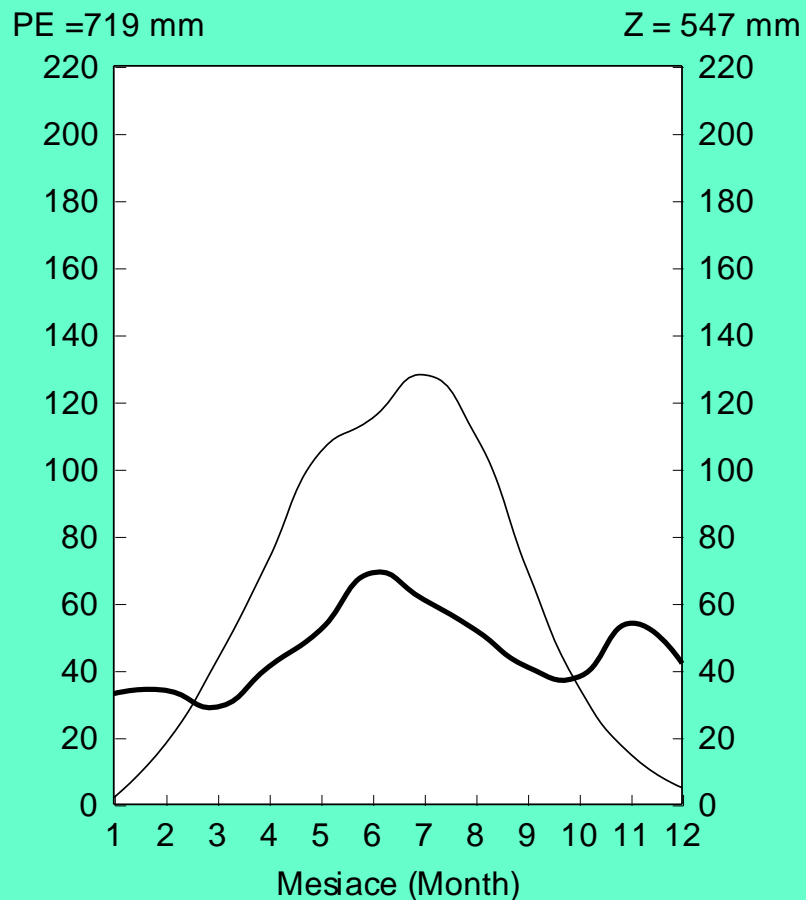
2xCO₂



Klimatická vodná bilancia (E_0-Z)
 v mm vo veľkom vegetačnom období
 (VVO) pre podmienky klímy 1xCO₂
 a 2xCO₂ (podľa CCCM20) na území
 SR (Šiška in (Škvareninová eds.)
 2009)

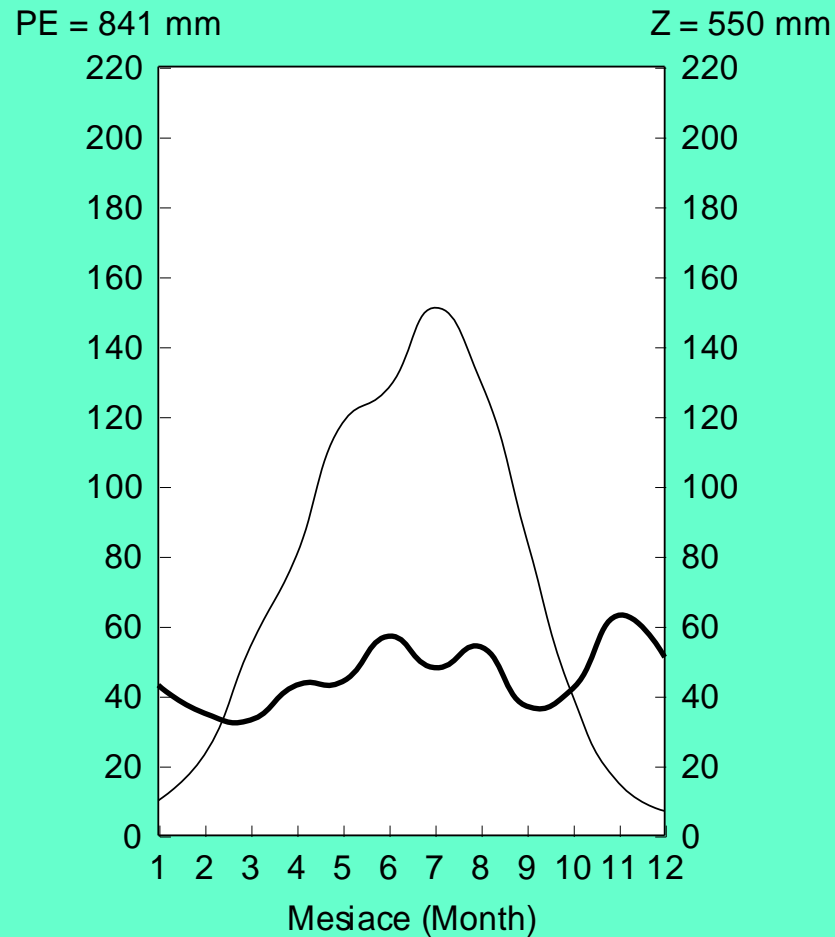
1. vs dubový (1.oak tier)

Current climate -1951-80- Hurbanovo (115 m n. m.)



— Potential Evapotranspiration — Zrážky (Precipitation)

CCCM scenario-2075 -Hurbanovo (115 m n.m.)



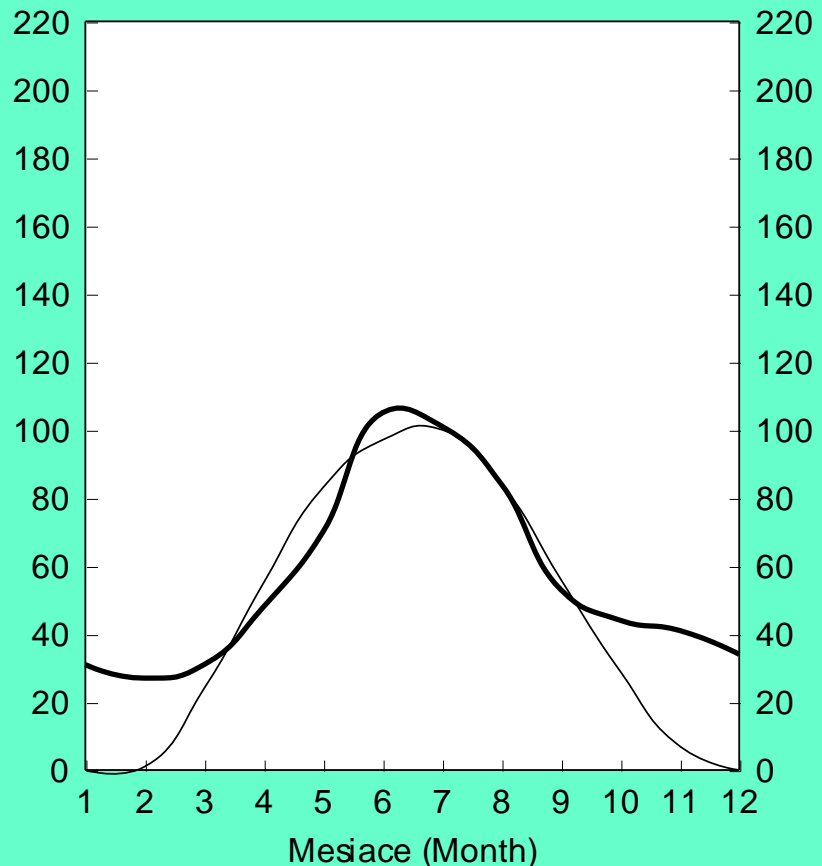
— Potential Evapotranspiration — Zrážky (Precipitation)

Zdroj: Škvarenina et al.
(2010)

4. vs bukový (4. beech tier)

Current climate -1951-80 Plaveč o. St. Ľubovňa
(448 m n.m.)

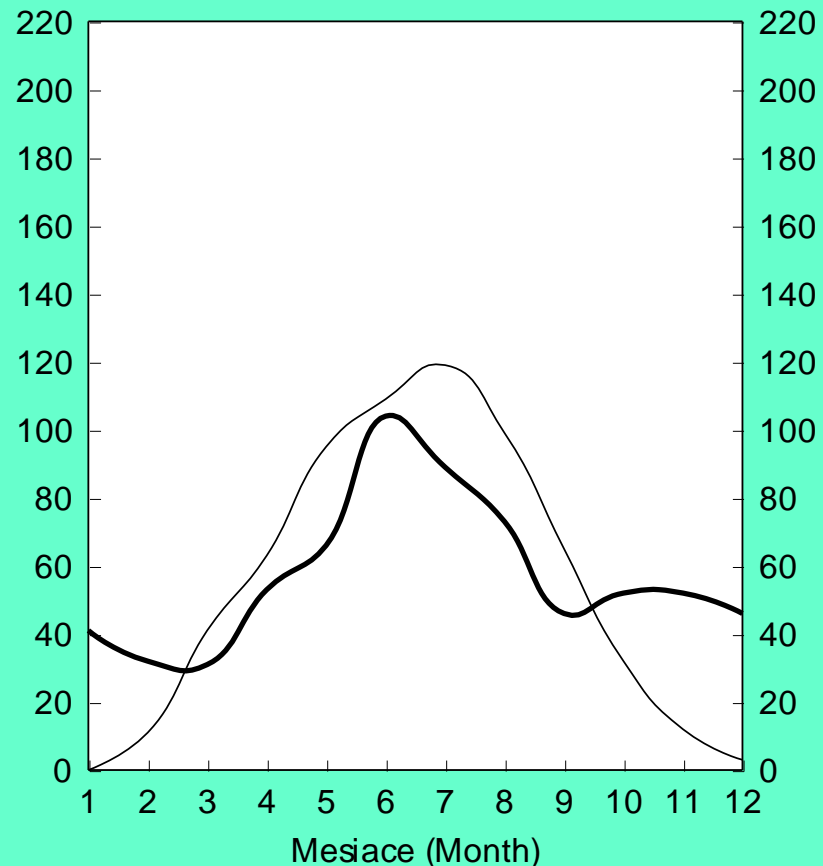
PE = 536 mm Z = 669 mm



— Potential Evapotranspiration — Zrážky (Precipitation)

CCCM scenario-2075 -Plaveč o. St. Ľubovňa
(448 m n.m.)

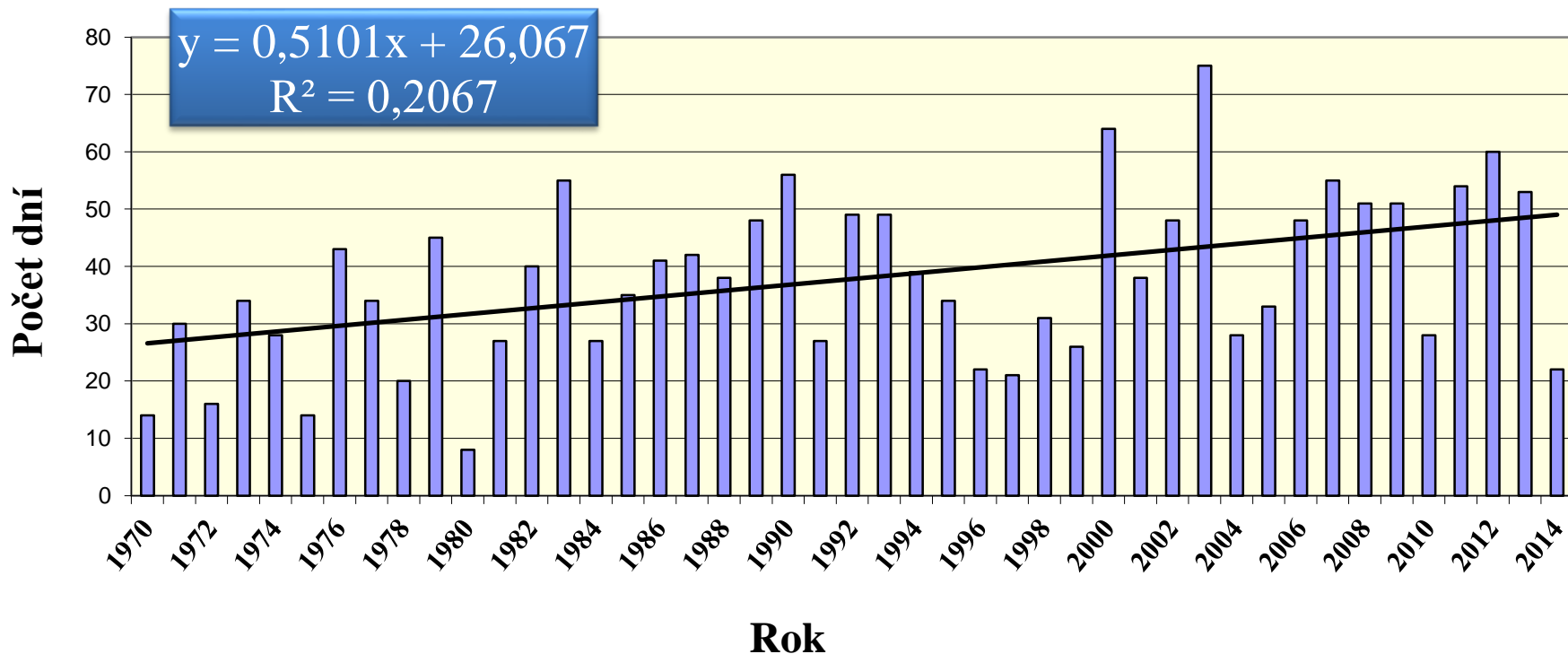
PE = 649 mm Z = 685 mm



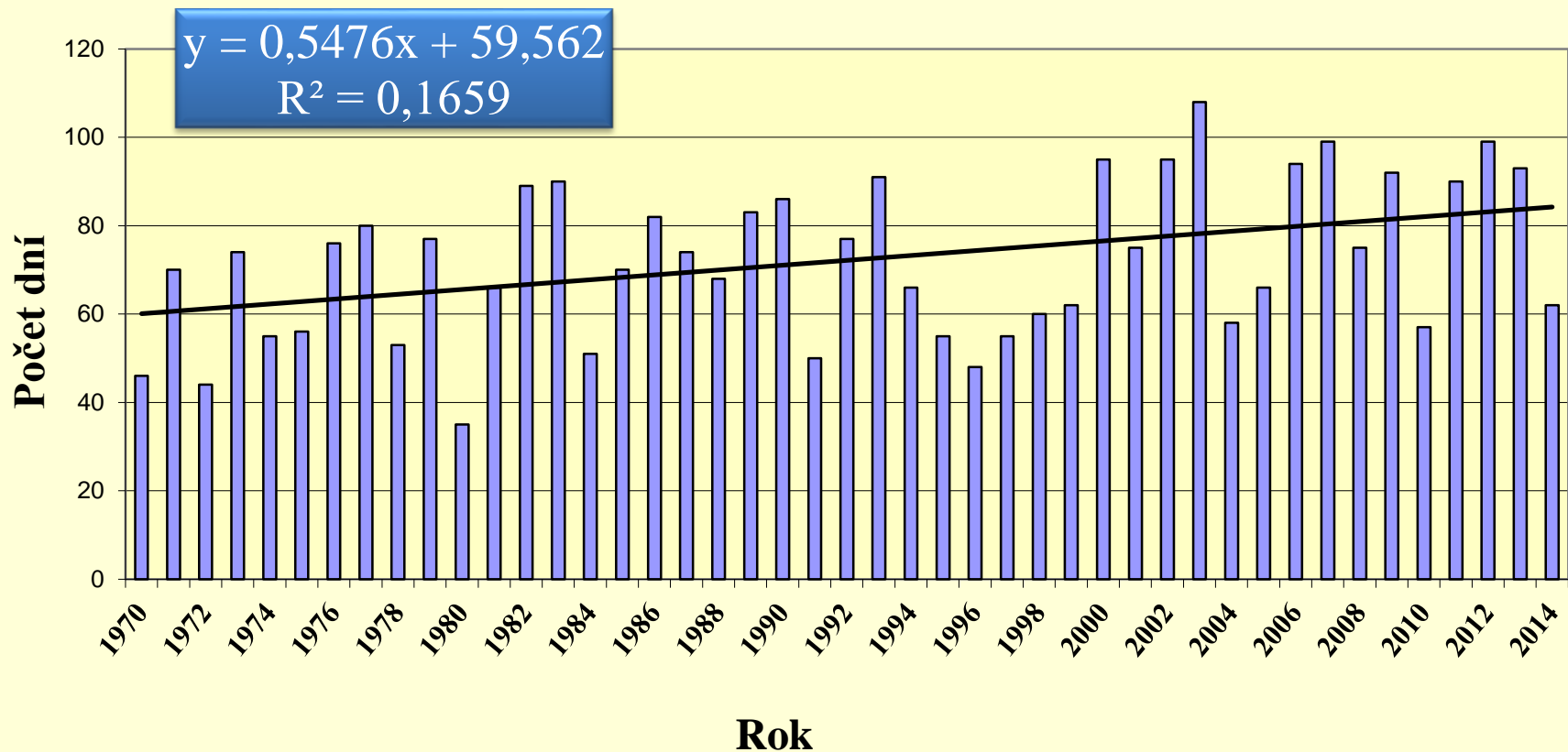
— Potential Evapotranspiration — Zrážky (Precipitation)

Zdroj: Škvarenina et al.
(2010)

Rast rizika lesných požiarov



Počet dní s rizikom 4 + 5 (vysoké až extrémne vysoké riziko lesných požiarov) v rozmedzí rokov 1970 - 2014 a ich lineárny trend pre Angströmov požiarový index

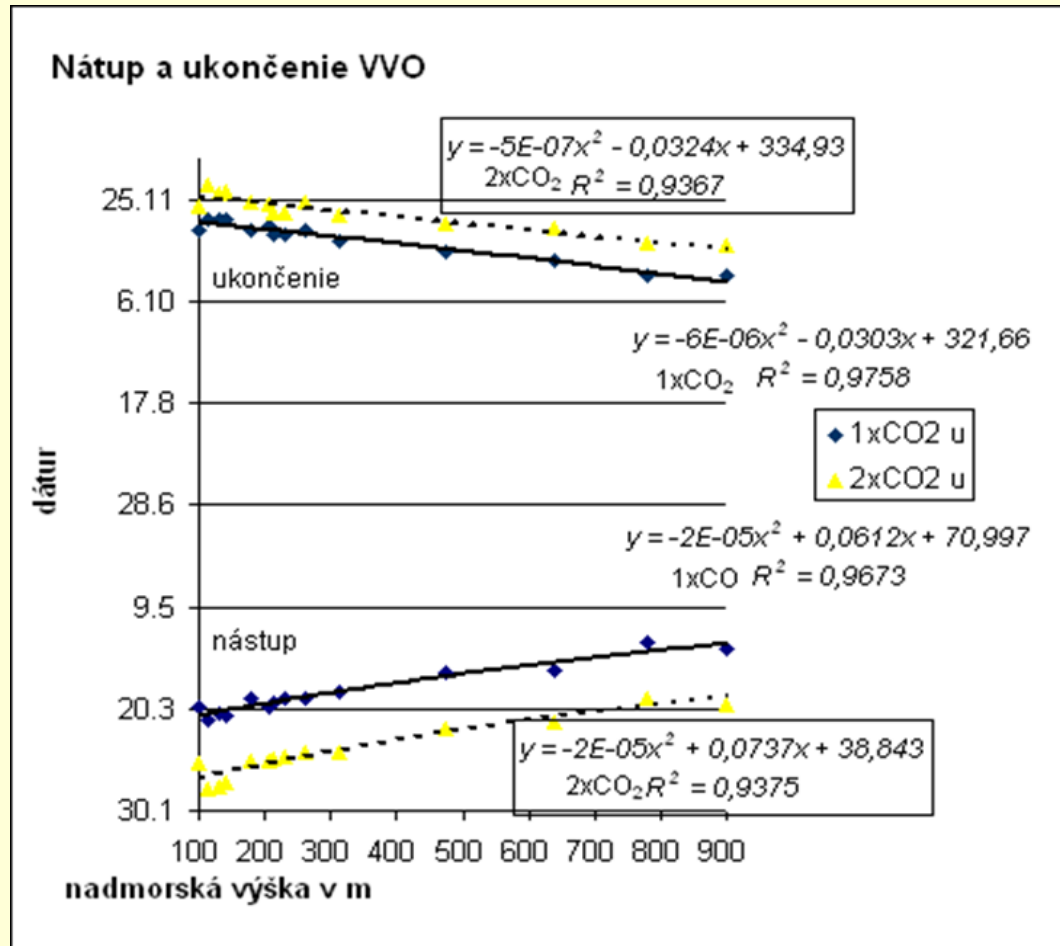


Počet dní s rizikom 3 + 4 + 5 (stredné až extrémne vysoké riziko lesných požiarov) v rozmedzí rokov 1970 - 2014 a ich lineárny trend pre Angströmov požiarový index

ŠKVARENINA, J. HOLECY, J. VIDA, T.
HRÍBIK, M. (2012) Incendios Forestales

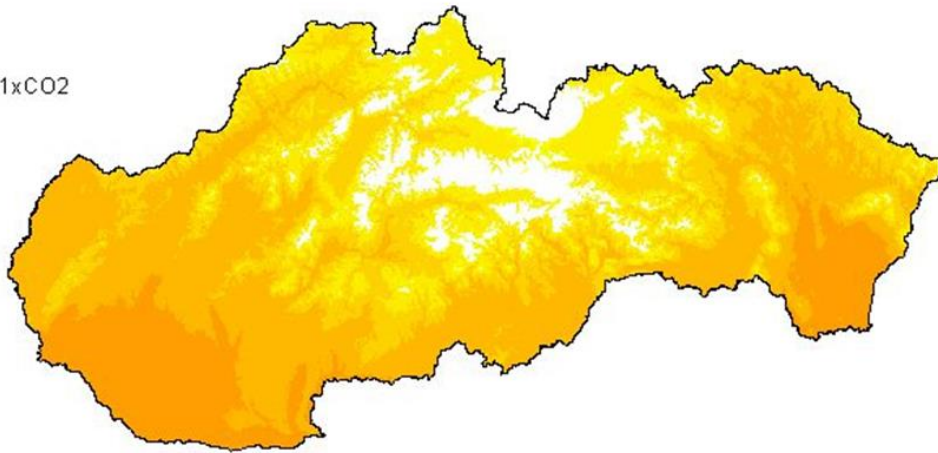
Zmeny fenologických fáz

VVO = $T \geq 5^\circ\text{C}$



Závislosť nástupu a ukončenia VVO (**Veľké vegetačné obdobie**) od nadmorskej výšky pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂ vo výškovom profile SR (Škvareninová et Šiška (eds.) 2009)

1xCO₂

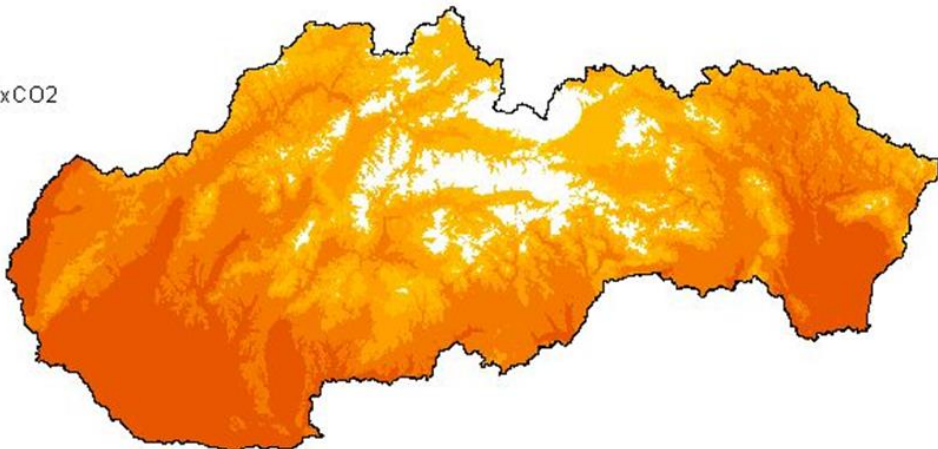


50 0 50 100 Kilometers

Trvanie [dni]

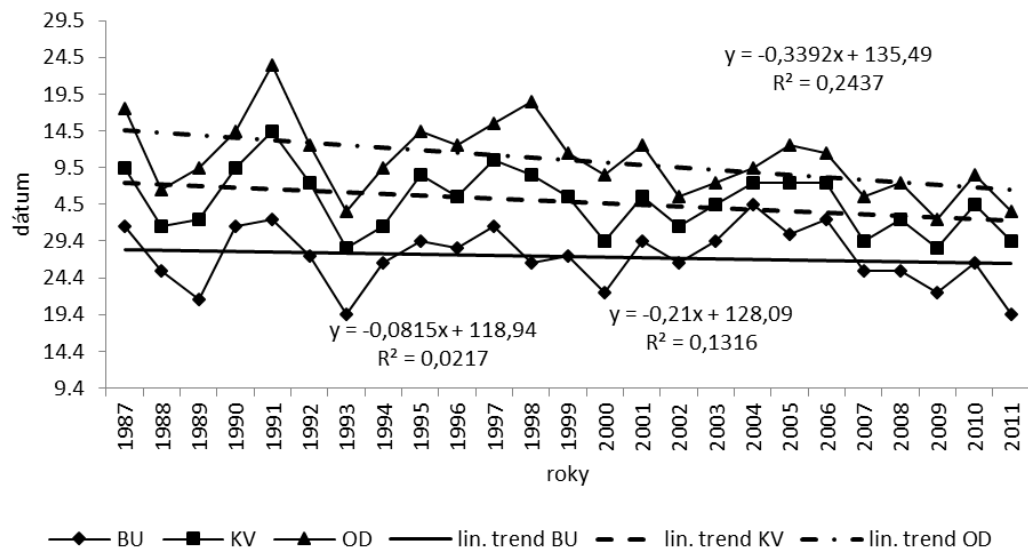


2xCO₂



Trvanie hlavného vegetačného obdobia°(HVO) v dňoch pre klimatické podmienky 1xCO₂ a 2xCO₂ na Slovensku - priestorové rozdelenie (Šiška in Škvareninová eds. 2009)

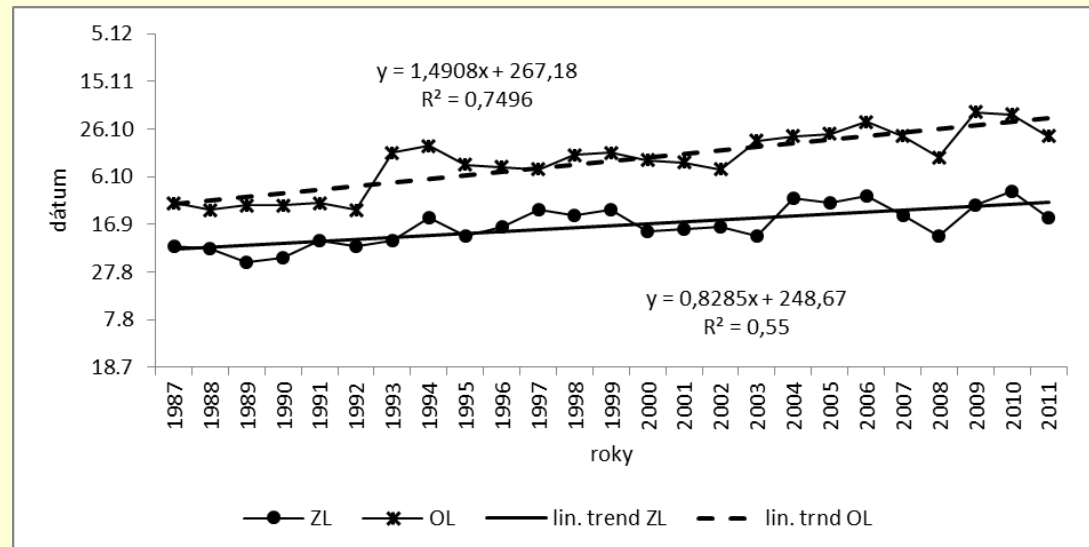
HVO = $T \geq 10^{\circ}\text{C}$

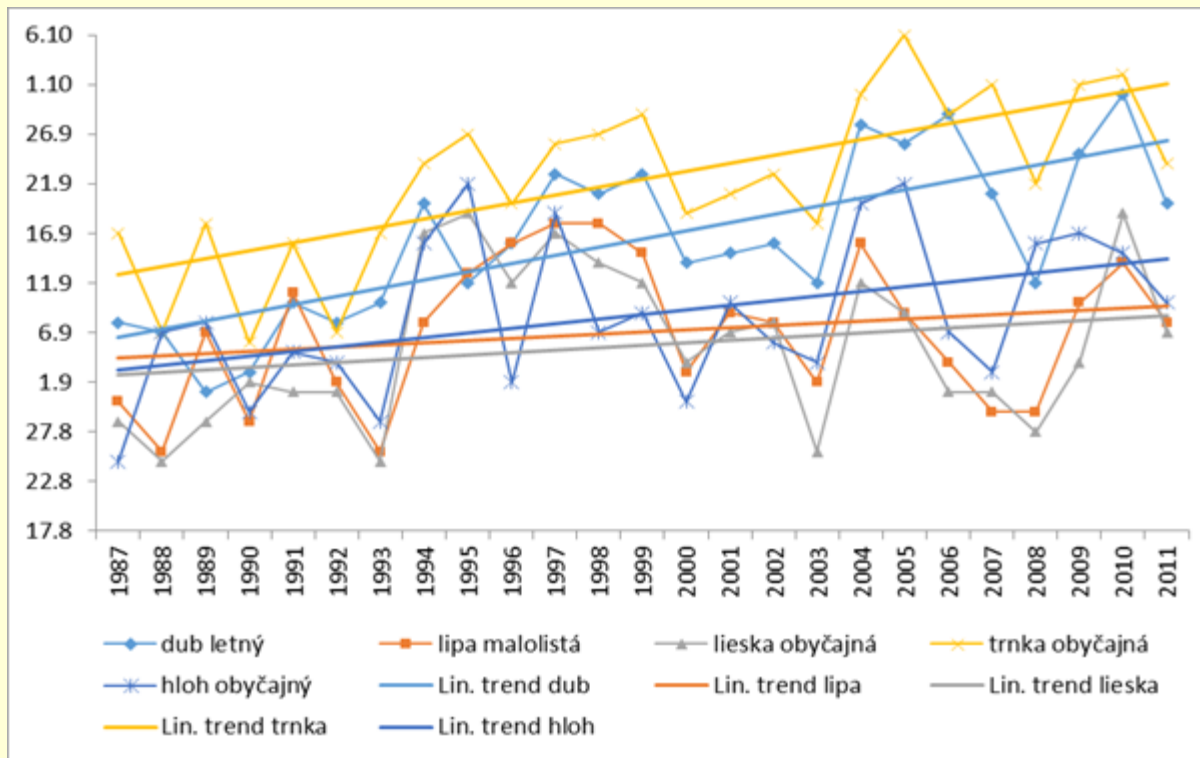


Skorší nástup **jarných** vegetatívnych fenologických fáz duba letného

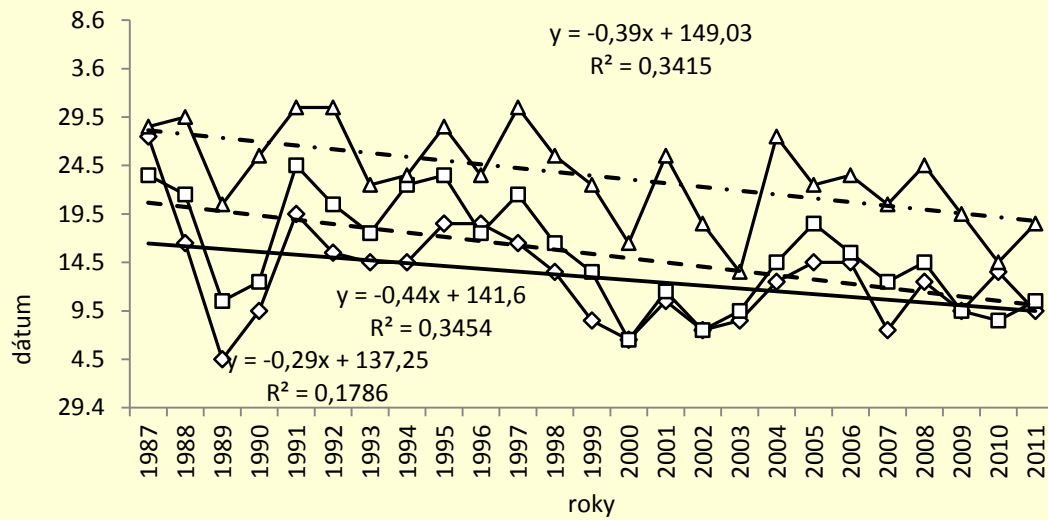
Fenológia ako bioindikátor nastupujúcej zmeny klímy

Oneskorený nástup **jesenných** vegetatívnych fenologických fáz duba letného (Škvareninová 2013)



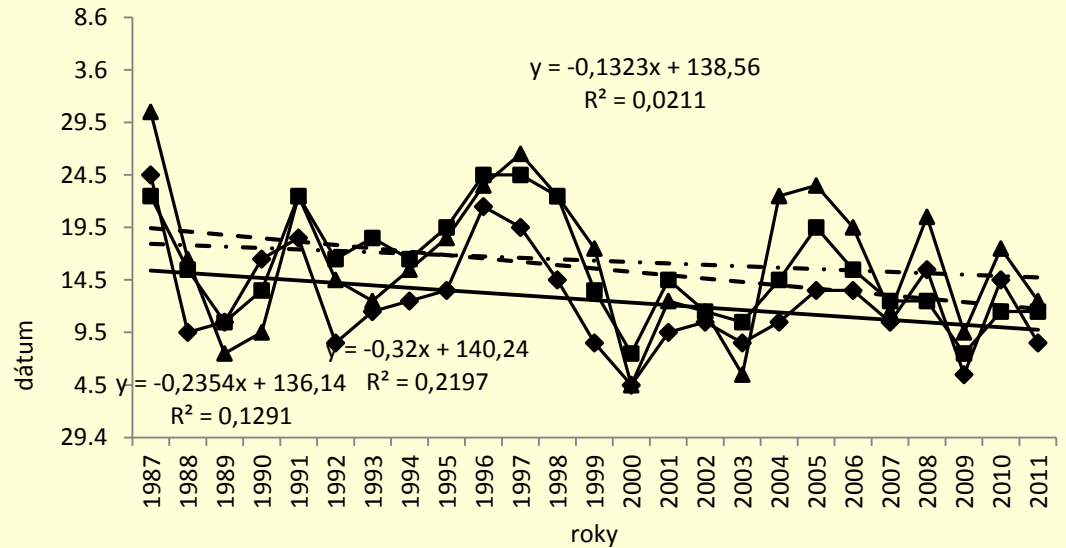


Nástupy fenologickej fázy **žltnutie listov** a trendy vývoja u 4 pozorovaných lesných drevín (Škvareninová 2013)



◇ 300-500 m □ 501-700 m ▲ 701-900 m
 — Lineárny (300-500 m) - - - Lineárny (501-700 m) - · - Lineárny (701-900 m)

Smrek – nástup fenologickej fázy „kvitnutie“
 (Škvareninová et al. 2017)

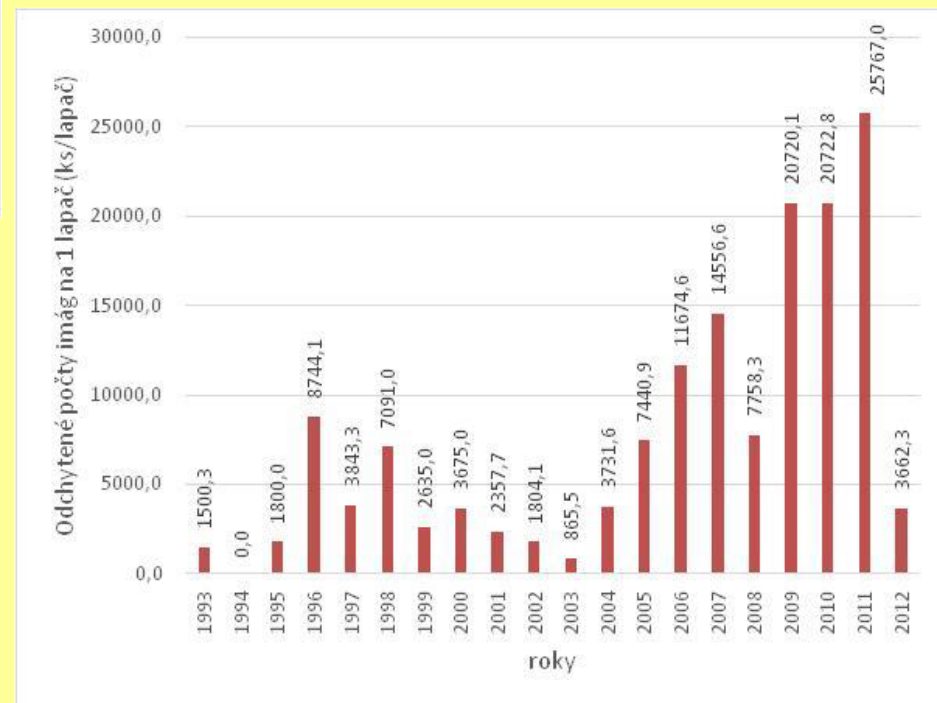
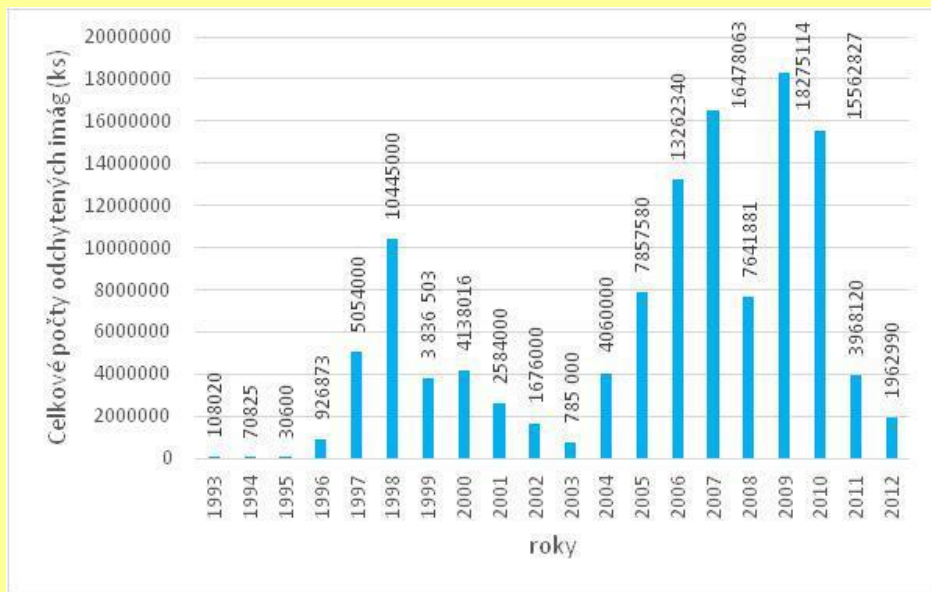


◆ 300-500 m ■ 501-700 m ▲ 701-900 m
 — Lineárny (300-500 m) - - - Lineárny (501-700 m) - · - Lineárny (701-900 m)

- Podľa IPCC a NKP SR by sa v dôsledku nastupujúcich klimatických zmien mohla zvýšiť frekvencia a rozsah extrémnych prejavov počasia ako sú **silné búrky, horúčavy, suchá, požiare alebo záplavy**. Podľa viacerých klimatických modelov, by mal súčasný vývoj, ktorý je poznamenaný narastajúcou frekvenciou a dopadom týchto javov vo svete, naďalej pretrvávať.
- Zvýšenie teploty vzduchu v čase výskytu cyklonálneho počasia vyvolá významné zvýšenie tlaku vodnej pary (aj množstva vodnej pary pripravenej na kondenzáciu v atmosfére), čo zapríčiní dramatický rast **búrok a mimoriadne vysokých úhrnov zrážok** v teplom polroku (úhrny až do 400 mm)
- Konôpka et al. (2008a) na základne podrobnej analýzy **nebezpečných vetrov** (nad 8 stupeň Beauforta, čo je búrlivý vietor o rýchlosti vetra viac ako 70 km.h⁻¹) zistili, že priemerná ročná početnosť týchto vetrov sa v porovnaní so situáciou do roku 1960 sa zvýšila o viac ako dvojnásobok. Potvrdili sa tým doterajšie hypotézy o náraste početnosti nebezpečných vetrov pre lesné porasty. Zistili, že došlo k nárastu nebezpečných vetrov najmä pri vyšších rýchlostiach, a to hlavne v lesných oblastiach Tatry a Nízke Tatry. Tiež konštatujú fakt, že smerom k vyššie ležiacim vegetačným stupňom sa početnosť vetrov o väčších rýchlostiach zvyšuje

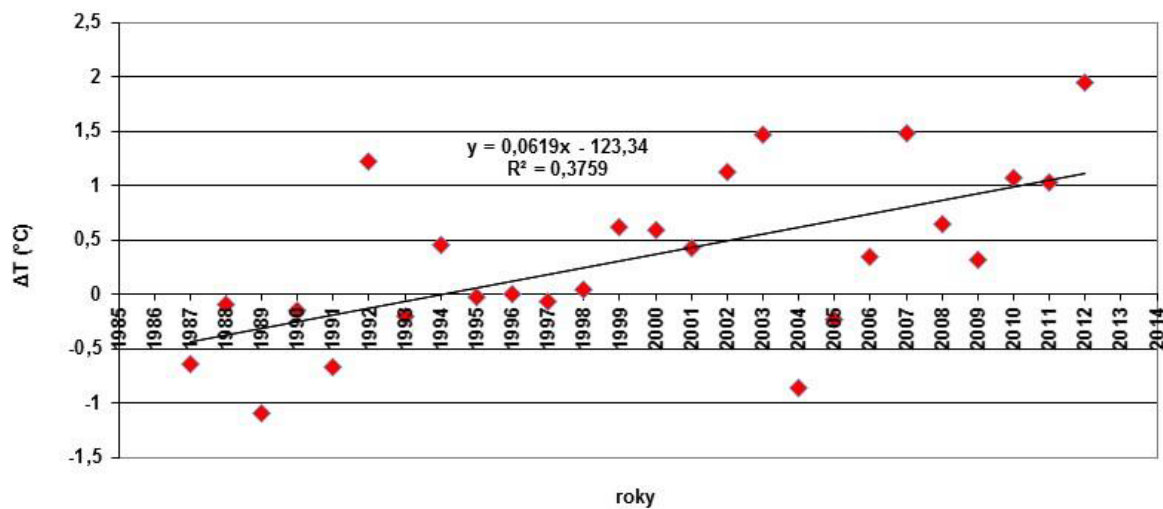
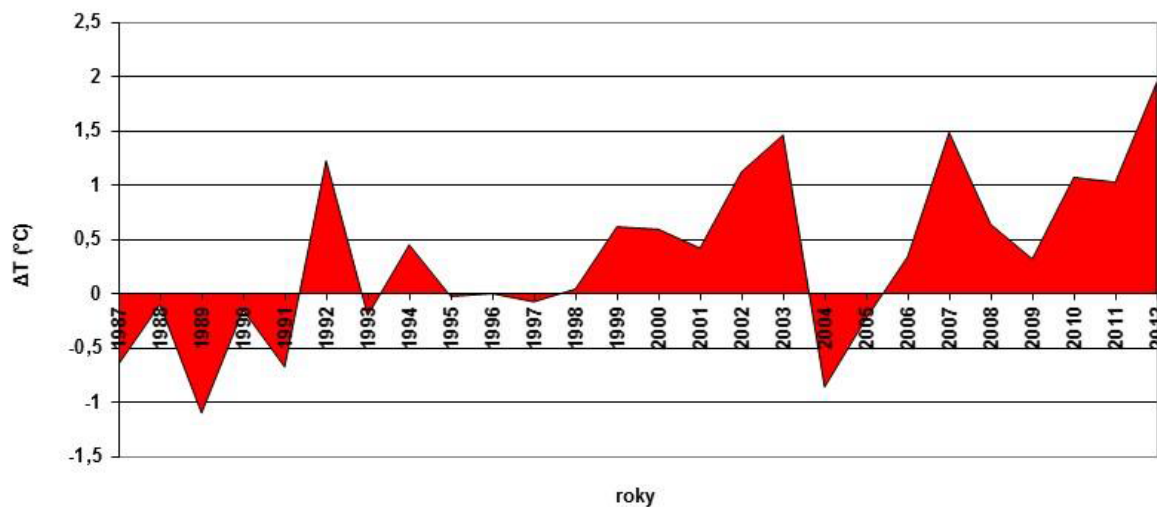
- **Sneh**, predovšetkým ťažký a mokrý (tzv. lepkavý sneh) predstavuje závažný škodlivý činiteľ v lesoch SR (Konôpka et al., 2008b). Globálne oteplenie ako dôsledok klimatickej zmeny spôsobí posun hranice výskytu lepkavého snehu do vyšších nadmorských výšok (Hrúbik 2008). Vo vzťahu ku klimatickej zmene Konôpka et al. (2008b) konštatujú, že pásmo najväčšieho poškodenia lesných porastov snehom sa posunulo do vyšších nadmorských výšok, ako bolo tomu v minulosti. Ide o nadmorské výšky nad 1000 m, najmä od 1300 do 1400 m. (6 až 7 vegetačný stupeň).
- **Škodcovia lesných porastov** reagujú na meniace sa podmienky prostredia priamo, zmenou svojej populačnej dynamiky, a nepriamo cez zmeny v štruktúre lesa a rezistencii stromov. Možný prejav dopadov klimatických zmien je taký, že v súčasnosti relatívne bezvýznamní škodcovia môžu v budúcnosti zmeniť svoje správanie a spôsobiť rozsiahle škody. Hmyz je fyziologicky mimoriadne citlivý na teplotu a dokonca aj jej malé výkyvy môžu mať na les rozsiahle dopady (Lange a kol., 2006).
- Okrem zmeny distribučných areálov škodcov, klíma ovplyvňuje aj ich voltinizmus, čiže počet realizovaných **generácií** v roku (Hansen & Bentz, 2003).
- V prípade, ak otepľovanie predĺži vegetačnú sezónu, očakáva sa, že počet generácií viacerých druhov sa zvýši smerom na sever, ako aj vo vyšších nadmorských výškach.

Tatranská Javorina – vývoj kamamity podkôrneho hmyzu



Zdroj: Pjatek, Škvarenina 2015

Trend vývoja teploty vzduchu pre stanicu Tatranská Javorina



($\alpha = 0.001$ **** vysoko významný rast, stupeň voľnosti $n = 25$)

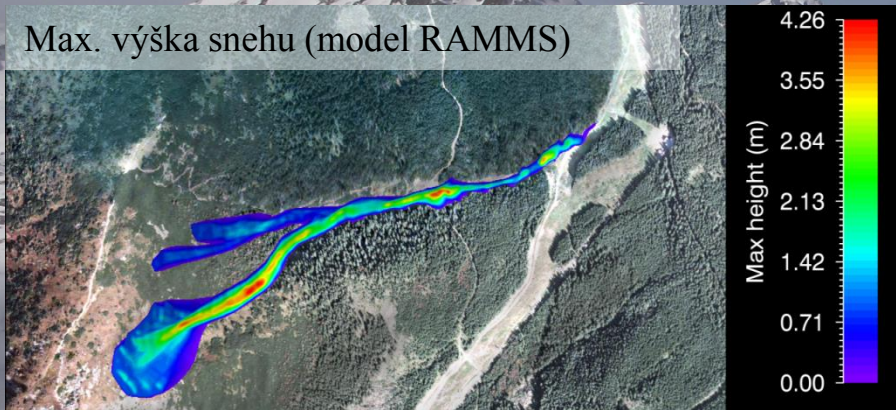
Prírodné riziká – Natural hazards

- Zmena klímy
- Rast teploty vzduchu, zmeny v časovej a priestorovej dynamike zrážok
- Rast extrémov a nebezpečných prírodných rizík
 - **Prívalové dažde, Povodne** (1993, 1997, 1998 Jarovnice 50 osôb, júl 2002, 2007, 2009, 2010, 2013...).
 - **Sucho, lesné požiare** (1992, Záhorie, 2000 Slov. raj, 2005 Tatry, 2007 Staré Hory, 2015, 2016 Stredné a Južné Slovensko ...),
 - **Veterné kalamity** (1996 Osrblie, 2004 Tatry 2014...),
 - **Kalamity podkôrneho hmyzu** (1992 Javorina, 2005-2009 ...> Tatry, severné Slovensko...),
 - **Lavíny vs LES** (napr. Žiarska dolina 2009...)
 - **Prívalové lejaky > Zosuvy pôdy a svahov vs LES** (napr. Vrátna 2014)

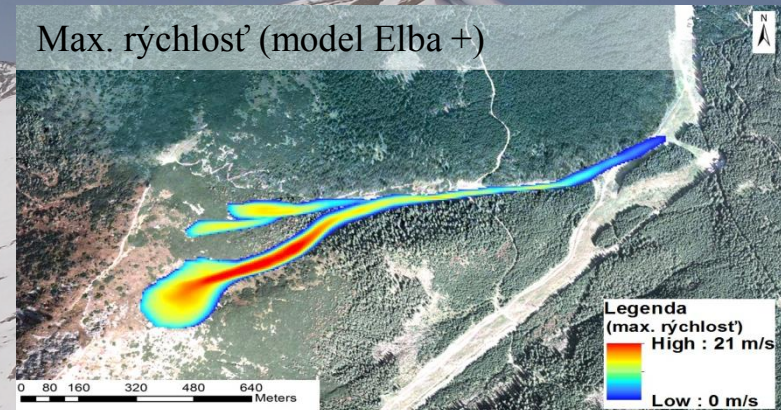
Popis modelov Ramms a Elba+

- numerické modely, ktoré slúžia na modelovanie pohybu geofyzikálnych pohybov hmoty od spustenia, až po jej dosah v trojdimenzionálnom teréne

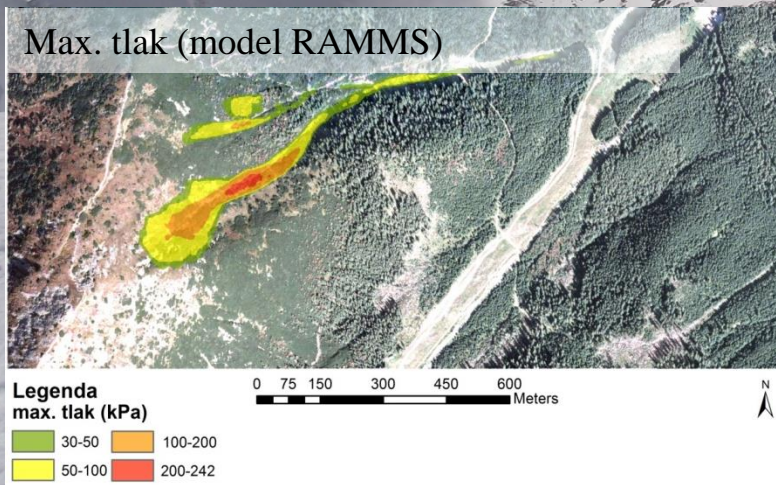
Max. výška snehu (model RAMMS)



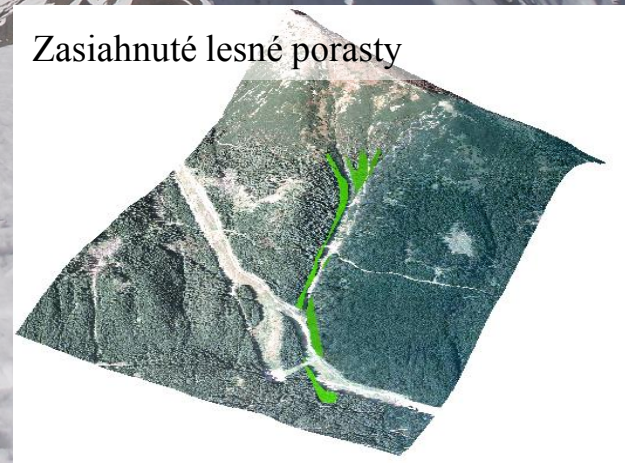
Max. rýchlosť (model Elba +)



Max. tlak (model RAMMS)



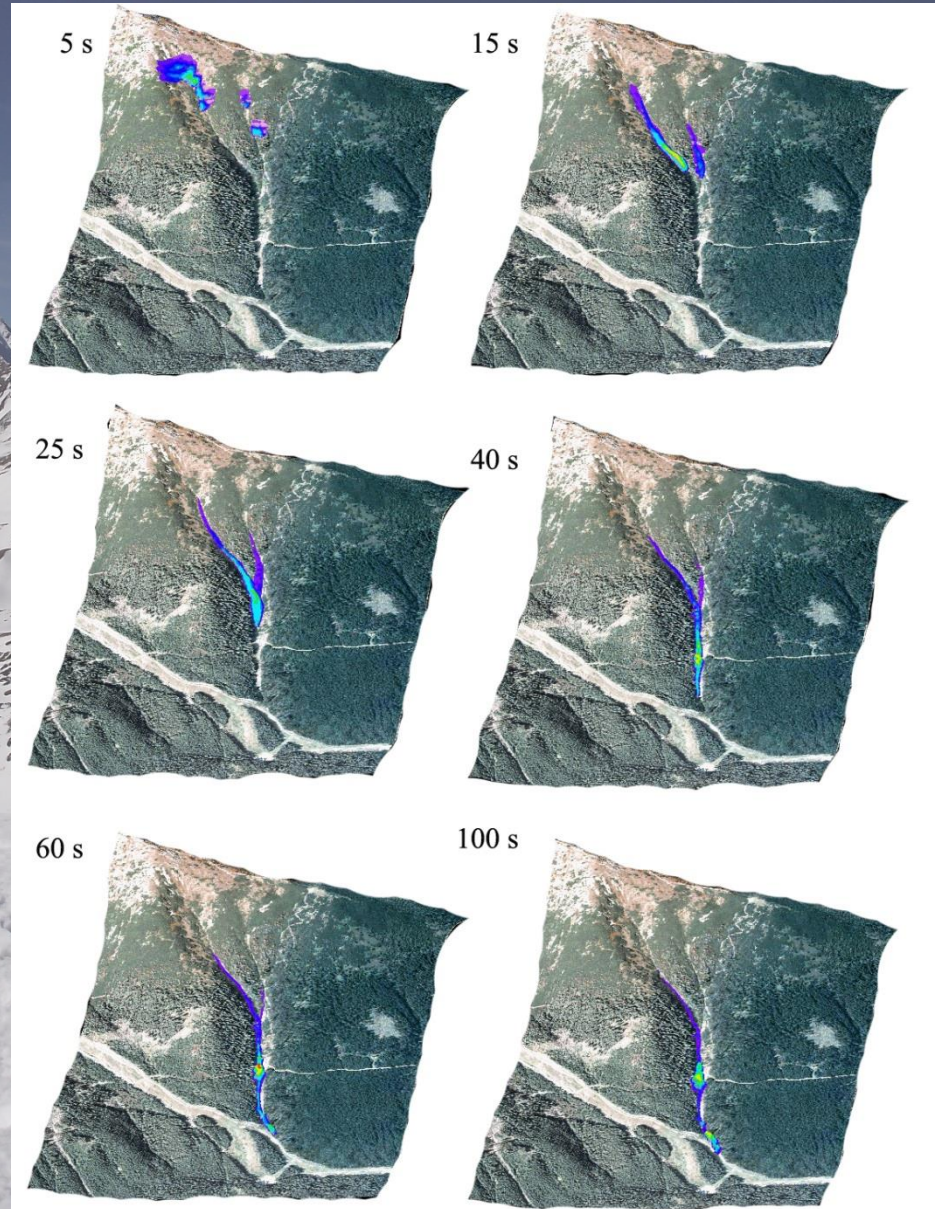
Zasiahnuté lesné porasty



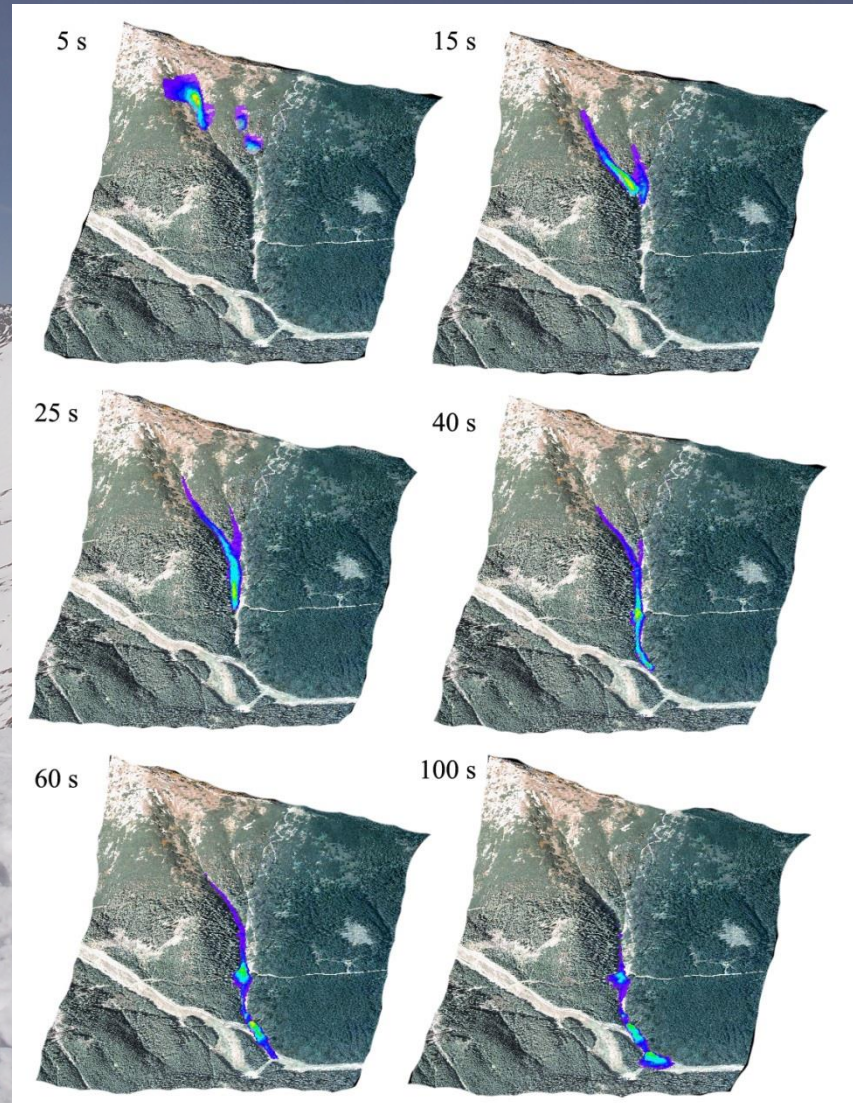
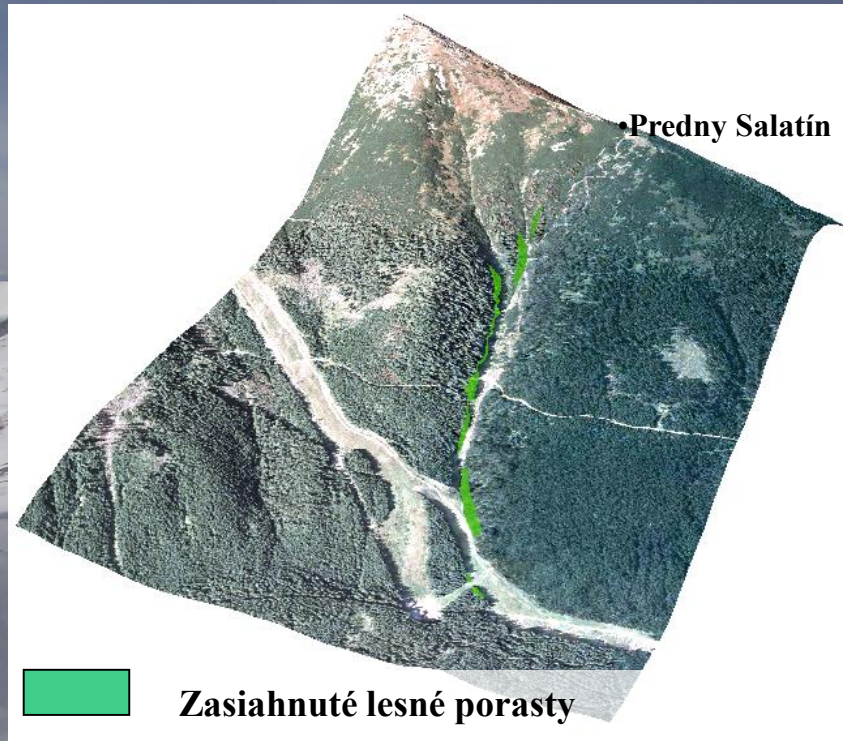
Simulácia lavíny pri výške odtrhov 70 cm

- max. tlak 242 kPa (Ramms) a 139 kPa (Elba+)

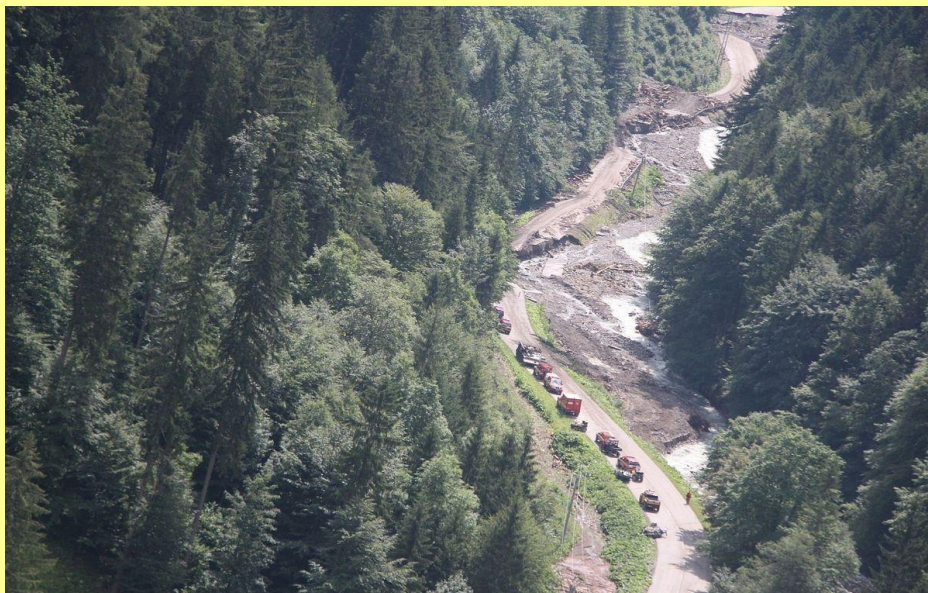
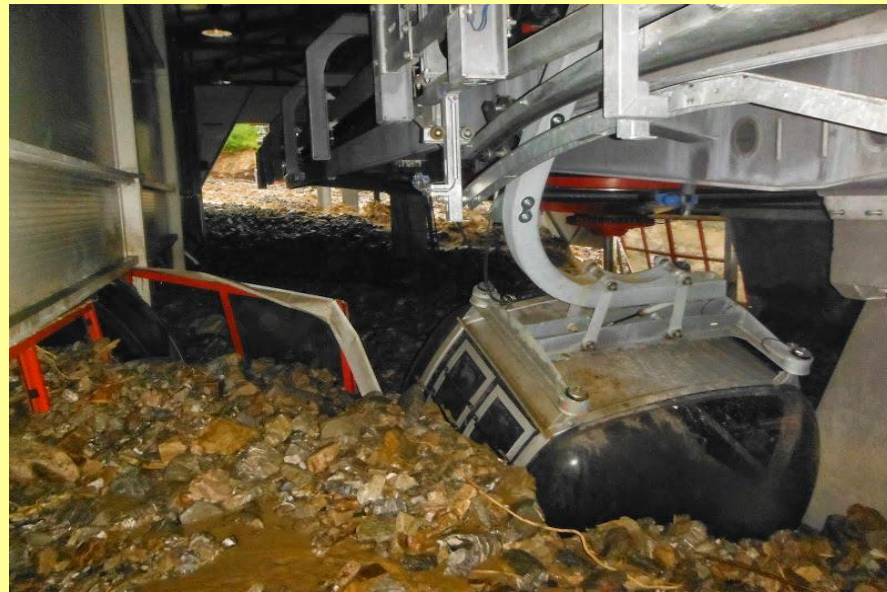
- Max rýchlosť 111,6 k/h (Ramms) a 75,6 km/h (Elba +)



Simulácia lavíny pri výške odtrhov 150 cm



Zdroj: Longauer, Bartík, Škvarenina 2015



Leto 2014 - extrémne zrážky a katastrofálne zosuvy pôdy v NP Malá Fatra - Vrátna

Ďakujem za pozornosť



Prezentácia vznikla za podpory projektu: APVV-15-0425 Impact of natural hazards on forest ecosystems in Slovakia under conditions of future climate - Dopad prírodných rizík na lesné ekosystémy Slovenska v meniacich sa klimatických podmienkach. Akronym: NHF2019,