



JAK REAGUJE SMRK NA KLIMATICKÉ ZMĚNY

PETR ČERMÁK

LDF MENDELU V BRNĚ

OČEKÁVANÉ KLIMATICKÉ ZMĚNY V EVROPĚ A ČR

Je zřejmé, že se na Zemi během dvacátého století oteplilo **nejvíce a nejrychleji za posledních 500 let** a že tyto změny jsou v některých regionech **doprovázeny změnami dalších klimatických parametrů (srážek, četnosti a intenzity výskytu extrémních klimatických jevů atd.)**.

OČEKÁVANÉ ZMĚNY V EVROPĚ V 21. STOLETÍ

Oteplování pravděpodobně poroste o 0,1 až 0,4 °C za desetiletí. Nejvíce se v Evropě bude oteplovat v jižní Evropě, hlavně ve Španělsku, Itálii a Řecku, znatelné oteplení je však očekáváno také ve Finsku a západním Rusku, nejméně se bude oteplovat na pobřeží Atlantiku. Očekává se oteplení zejména v zimě, zároveň jsou však očekávána vlny letních veder.

	roční srážky ve 20. století	roční srážky v 21. století	extrémy v 21. století
Severní Evropa	+ 10 až 40 %	+1 až 2 % za dekádu zimní i letní	intenzivní srážky
Střední Evropa	malé zvýšení – západ malé snížení – východ	změny malé, nejasné	intenzivní srážky, sucho
Jižní Evropa	- 20 %	- 5 % za dekádu	intenzivní srážky, extrémní sucho

Zjištěné a očekávané změny v intenzitě a chodu srážek dle projektu Acacia („A Concerted Action Towards A Comprehensive Climate Impacts and Adaptations Assessment for the European Union“), který se zabýval klimatickými změnami, jejich dopady a potenciální adaptacemi v Evropě do roku 2080 (PARRY et al. 2000)

Změny v distribuci srážek pravděpodobně povedou k dalším hydrologickým změnám. Lze očekávat nárůsty maximálních říčních průtoků a zvýšení rizika přívalových povodní v severní a střední Evropě a v alpské oblasti.

OČEKÁVANÉ A JIŽ POZOROVANÉ ZMĚNY V ČR

dosud nejsou zjištěny žádné signifikantní poklesy jarních měsíčních srážek
(i ty byly však byly v některých oblastech pozorovány, viz graf)

dřívější začátek
vegetační doby

vyšší celkové
záření, vyšší teploty
a vyšší deficit tlaku
vodních par

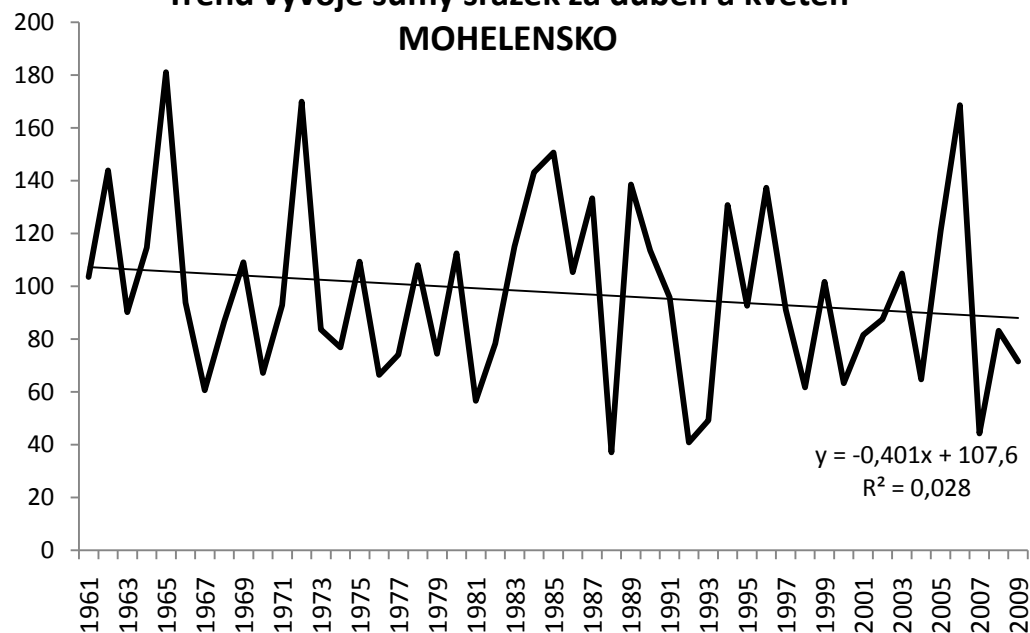
zvýšení četnosti tzv. „velmi deštivých dnů“
(very wet days) následovaných často kratšími i
delšími suchými a teplými obdobími
(Parry et al. 2000, Tolasz et al. 2007)

zvýšení evapotranspirace vedoucí
k rychlejšímu vyčerpání zásob vody
v půdě (např. Trnka et al., 2014)

delší období s nízkými či žádnými
srážkami

při přívalových srážkách relativně
menší zásak a vyšší odtok

Trend vývoje sumy srážek za duben a květen
MOHELENSKO



PODMÍNKY PRO RŮST SMRKU A JEJICH ZMĚNY

Optimální podmínky pro smrk jsou perhumidní:

- hodnoty Langova dešťového faktoru nad 120
- průměrná roční teplota nepřevyšuje 6°C
- roční srážky přesahují 800 mm
- De Martonneho index aridity $I > 60$
- vegetační doba 120–130 dní

prodlužování období s teplotou v noci pod bodem mrazu a ve dne nad ním a to i výrazně – ohrožení vytranspirováním

nedostatek vody na jaře či po celou vegetační sezónu a to zejména v nižších polohách – stávající 3. a 4. lvs

zvýšená četnost extrémních klimatických jevů – bořivých větrů (destrukce porostu), extrémně horkých dní (predispozice)

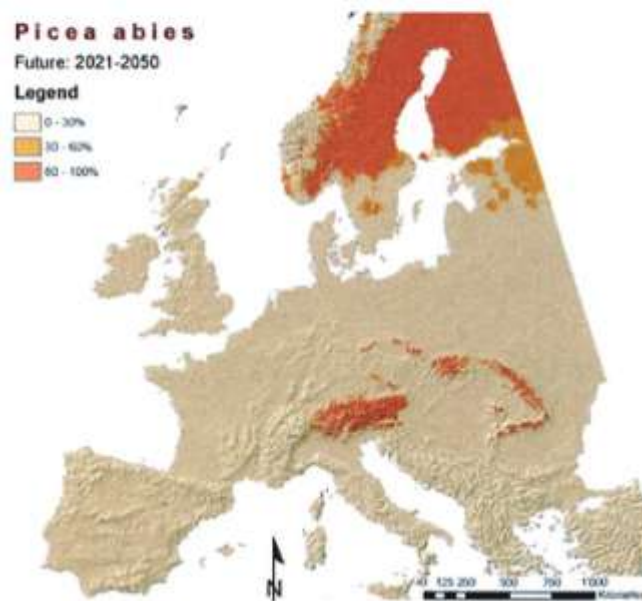
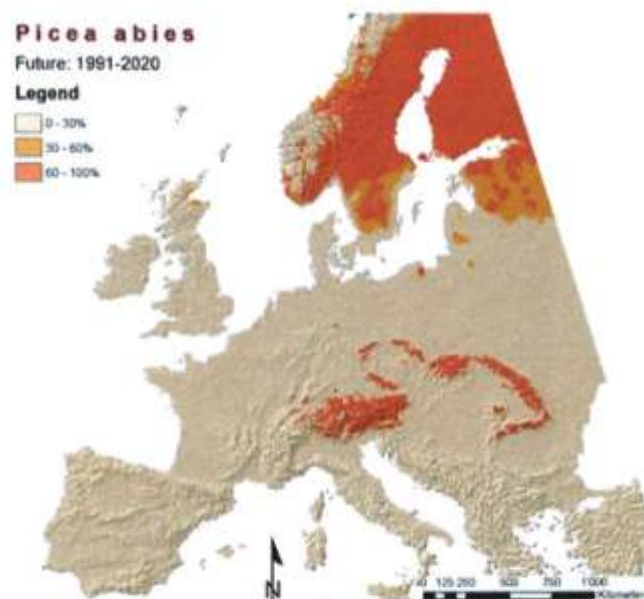
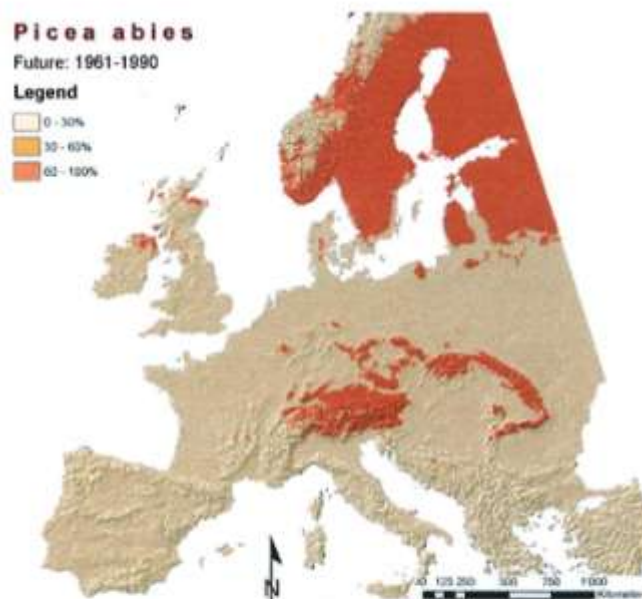
prodloužení vegetační doby spojené například s rizikem pozdní lignifikace a následného poškození mrazem; v současné době je délka vegetační doby ve 4. stupni přibližně 140–150 dní, při očekávané změně klimatu by v roce 2030 mohla být v podmínkách dosavadního 4. stupně až o 10–15 dní delší.

nadále bude klesat rozloha lesa vhodného pro pěstování smrku, respektive pro jeho rentabilní a bezpečné pěstování

SNÍŽENÍ ROZLOHY PLOCHY VHODNÉ PRO PĚSTOVÁNÍ SMRKU

Soubor modelových změn vhodnosti lokalit pro pěstování smrku ztepilého v Evropě při použití klimatického modelu 6RCM, scénáře A1B (IPCC) a kalibrace z 6 statistických modelů. Výstup z projektu MOTIVE – MOdels for AdapTIVE forest Management (Fitzgerald, Lindner 2013).

Odhady pro ČR ukazují, že by v časovém horizontu desítek let mohlo dojít k tomu, že rozloha lesní půdy vyhovující pro pěstování smrku poklesne o desítky procent současné rozlohy



RADIÁLNÍ RŮST – UKAZATEL VITALITY SMRKU

Radiální růst dobrým a často používaným indikátorem vitality, a to především pro možnost získat informací zpětně letokruhovou analýzou, tj. sledovat reakce stromu na klima v dlouhých časových řadách.

V rámci projektů VAV/640/18/03 “CzechCarbo – Studium cyklu uhlíku v terestrických ekosystémech České republiky”, VaV SP/2d1/93/07 „CzechTerra – adaptace uhlíkových deponií v krajině v kontextu globální změny“ a SP/2d1/70/08 “ForChange – Indikace stavu a změn lesních ekosystémů v kontextu globální změny aplikací analýzy ekofyziologických procesů a sledování s využitím metod DPZ” řešených v letech 2003–2011 a dalších návazných výzkumných aktivit žadatele (2012–2013) byla získána rozsáhlá data o růstových reakcích smrku ztepilého. Případové studie byly realizovány na územích:

- Orlické hory – Anenský vrch (viz Rybníček et al. 2009),
- Slezské Beskydy – Jablunkovsko (viz Rybníček et al. 2010),
- Dražanská vrchovina – Proklest (viz Rybníček et al. 2012a),
- Českomoravská vrchovina – okolí Mohelna (viz Rybníček et al. 2012b),
- Českomoravská vrchovina – okolí Herálce (viz Rybníček et al. 2012c).

Celkem byl výzkum realizován na 41 plochách s 1040 stromy.



RADIÁLNÍ RŮST – UKAZATEL VITALITY SMRKU

Srážky ve vegetační sezóně zásadní měrou pozitivně ovlivňovaly přírůst na plochách v nižších a středních polohách. Pouze tam, kde byl srážek komfortní dostatek (Orlické hory), objevily se také negativní korelace mezi srážkami ve vegetační sezóně a radiálním růstem. Teploty ve vegetační sezóně ovlivňovaly radiální růst v nižších polohách negativně, ve vyšších polohách pak byly zjištěny pozitivní i negativní korelace, které však nebyly tak četné jako korelace srážkové.

			<u>Vliv srážek ve vegetační sezóně</u>	<u>Vliv teplot ve vegetační sezóně</u>
6–7 lvs	Orlické hory <i>Anenský vrch</i>	roční úhrn srážek: 1055 mm březen–srpen: 562 mm průměrná teplota: 6,2 °C březen–srpen: 10,5 °C	pozitivní i negativní korelace <i>signifikantní pozitivní v červnu předchozího roku</i>	pozitivní i negativní korelace <i>signifikantní v červenci</i>
5–6 lvs	Českomoravská vrchovina <i>Herálec</i>	roční úhrn srážek: 785 mm březen–srpen: 471 mm průměrná teplota: 6,2 °C březen–srpen: 10,6 °C	pozitivní korelace léto <i>bez signifikance v daném roce signifikantní v červnu předchozího roku</i>	pozitivní i negativní korelace <i>bez signifikance v daném roce a v předchozím roku pozitivní v červenci a v září</i>
5 lvs	Slezské Beskydy <i>Písek, Nýdek, Horní Lomná</i>	roční úhrn srážek: 947 mm březen–srpen: 604 mm průměrná teplota: 6,7 °C březen–srpen: 10,9 °C	pozitivní korelace léto <i>signifikantní v červnu a v předchozím roku v červenci a září</i>	pozitivní i negativní korelace <i>signifikantní v březnu</i>
3–4 lvs	Drahanská vrchovina <i>Proklost</i>	roční úhrn srážek: 779 mm březen–srpen: 478 mm průměrná teplota: 7,1 °C březen–srpen: 11,7 °C	pozitivní korelace <i>signifikantní od května do srpna a v předchozím roku v září</i>	negativní korelace <i>signifikantní od května do srpna a v předchozím roku od července do září</i>
2–3 lvs	Českomoravská vrchovina <i>Mohelno</i>	roční úhrn srážek: 529 mm březen–srpen: 349 mm průměrná teplota: 7,9 °C březen–srpen: 12,5 °C	pozitivní korelace <i>signifikantní od května do srpna</i>	negativní korelace <i>signifikantní v srpnu a v předchozím roku v červnu, červenci a srpnu</i>

předchozí rok

aktuální rok

Horké a suché jaro

*(duben–červen celé období
nebo některé měsíce)*

DOBBERTIN 2005
PICHLER, OBERHUBER 2007

Horké léto

*(červen–září, celé období
nebo některé měsíce)*

FELIKSIK 1993
MÄKINEN et al., 2001
ANDREASSEN et al., 2006
AFFOLTER et al., 2010
AAKALA, KUULUVAINEN, 2011
RYBNÍČEK et al. 2012a, b, c

Chladná a suchá zima

ROLLAND, LEMPERIERE 2004

**Nízký
přírůst**

**Komfortní srážky
ve vegetační sezóně**

(jako celku nebo některé měsíce)

FELIKSIK 1993
PICHLER, OBERHUBER, 2007
AFFOLTER et al., 2010
AAKALA, KUULUVAINEN, 2011
RYBNÍČEK et al.
2009, 2010, 2012a, c

Vysoké srážky v září

RYBNÍČEK et al. 2010, 2012a

**Chladné babí léto
(září)**

MZE ČR, VÚLHM 2004

Teplý říjen

RYBNÍČEK et al. 2010, 2012a,c

**Teplý začátek zimy
(prosinec)**

MZE ČR, VÚLHM 2004

**Vysoký
přírůst**

MÄKINEN et al., 2000
SAAVA ET AL., 2006
ANDREASSEN et al., 2006
AAKALA, KUULUVAINEN, 2011

Teplý leden

ROLLAND, LEMPERIERE 2004
RYBNÍČEK et al. 2012a

Velmi teplé jaro
*(březen–květen , celé období
nebo některé měsíce)*

BOURIAUD, POPA 2009
AFFOLTER et al., 2010
RYBNÍČEK et al. 2012a, b

Horké léto
*(červen–září, celé období
nebo některé měsíce)*

WIMMER, GRABNER 1997

Velmi deštivé léto
(červen–srpen)

FELIKSIK 1993
MZE ČR, VÚLHM 2004
RYBNÍČEK et al. 2009, 2012a, b

Vyšší jarní srážky
*(březen–květen, celé období
nebo některé měsíce)*

FELIKSIK et al 1994
VITAS, 2004
KOPROWSKI, ZIELSKI, 2006
BOURIAUD, POPA 2009

Vyšší letní srážky
*(červen–srpen , celé období
nebo některé měsíce)*

AFFOLTER et al., 2010
RYBNÍČEK et al. 2010, 2012a, b

FELIKSIK et al 1994
NEUMANN, ROHLE 2001
MZE ČR, VÚLHM 2004

Teplé jaro
*(březen–květen , celé období
nebo některé měsíce)*

FELIKSIK, WILCZYŃSKI, 2009
RYBNÍČEK et al. 2010

FELIKSIK et al 1972
PETITCOLAS 1993
SANDER et al. 1995

Teplé léto
*(červen–září, celé období
nebo některé měsíce)*

BEDNARZ et al. 1997
BÜNTGEN et al., 2007
RYBNÍČEK et al. 2009

RADIÁLNÍ RŮST – UKAZATEL VITALITY SMRKU

Všechny naše lokality kromě nejvýše položených Orlických hor s vysokým srážkovým úhrnem vykazovaly **za posledních 50 let trend poklesu radiálního růstu, nejužší letokruhy vznikly u podstatné části stromů v posledních 20 letech a to zejména v suchých letech 1991–92 (všechna 4 území), 2003 (Proklest, Mohelno, Slezské Beskydy) a 2008 (Mohelno) – jde o letokruhy o šířce 1 mm a méně.**

Ve stejných letech došlo v řadě regionů k zhoršení zdravotního stavu – k nárůstu defoliace, k chřadnutí porostů (viz například chřadnutí smrku ve Slezských Beskydech akcelerující po suchém roce 2003).

Srážkové úhrny za vegetační období přitom nevykazují od zmíněného roku 1961 žádný zřejmý trend, s výjimkou Mohelna a Orlických hor, kde došlo k mírnému poklesu. Zatímco na Mohelně jde o pokles významný, neboť snižuje již tak nízký srážkový úhrn, v případě Orlických hor jde o pokles v rámci srážkového komfortu.



Problematické situace s dopadem na tloušťkový růst jsou vyvolávány zejména kombinací nerovnoměrné distribuce srážek, tj. výskytu extrémně deštivých dnů (s vysokým a rychlým odtokem), v nichž často vypadne podstatná část měsíčního úhrnu a vysokých jarních teplot (zvyšujících výpar a posouvajících začátek vegetační doby).

DŮSLEDKY PRO PĚSTOVÁNÍ SMRKU

PRODUKCE: v nižších vegetačních stupních očekávat její pokles v desítkách procent, ve vyšších nadmořských výškách (kde v současnosti růst limituje nízká teplota) lze očekávat nárůst produkce ve srovnatelných intencích (Hlásny 2012).

NÁRŮST RIZIKA PŘEDČASNÝCH ROZPADŮ POROSTŮ: nižších polohách (ve 3 a 4. lvs), a to vlivem houbových patogenů i hmyzích škůdců reagujících na silnou klimatickou predispozici porostů a zvýšením četnosti extrémních klimatických jevů (bořivý vítr, mokrý sníh, námraza).

KVALITA A BEZPEČNOST PRODUKCE: ani ve vyšších nadmořských výškách nemusí zvýšení produkce vést k nárůstu zisku. Rychlejší růst spolu nese **nižší hustotu** dřeva smrku a tím pravděpodobně i k zhoršení kvality produkce. Zároveň s tím by mohlo dojít také ke **snížení mechanické stability** a tak k nárůstu rizika zničení porostu větrem, sněhem a námrazou. Tento trend však může být kompenzován jinými vlivy, například může dojít vlivem zvýšených koncentrací CO₂ v územích s dostatkem dusíku k zvýšení podílu tloušťky buněčné stěny k lumenu buněk dřeva v příčném průřezu, což by zvýšilo jeho pevnost (Pokorný, Urban 2012). **Výsledný efekt na stabilitu nelze přesně předpovídat.**



snížení bezpečnosti produkce, zvýšení nákladů na pěstování těchto porostů, snížení výnosů, zvýšení pravděpodobnosti, že se takové porosty nepodaří dopěstovat do myšleného věku je vysoká

MOŽNÁ ČI NUTNÁ OPATŘENÍ

Výrazné omezení či ukončení pěstování smrku ve 3. lvs, omezení jeho pěstování ve 4. lvs, tj. jeho výsadba a pěstování jen na pro něj nejpříznivějších stanovištích a to pokud možno ve směsích.

I ve vyšších vegetačních stupních bude nutné se smrkem pracovat se zvýšenou opatrností, pěstební modely přizpůsobovat změněným podmínkám, jejich **cílem musí být bezpečnost produkce a to jak z pohledu mechanické stability porostů, tak z pohledu snížení rizika rozpadů porostů biotickými činiteli**, jejichž zvýšenou aktivitu lze očekávat. Cílem pěstování by mělo být také **zvýšení strukturní bohatosti lesa a podílu přirozené obnovy** (vyšší uplatnění přirozených adaptačních mechanismů).

Dalším nutným opatřením je **snížení obmýtí**, které má důvody nejen pěstitelské či environmentální, ale také ekonomické. Hanewinkel et al. (2010) ve svých modelech ekonomických dopadů změny klimatu na smrk ztepilý a buk lesní v jihozápadním Německu konstatují, že jako **optimální se jeví pro obmýtí věk přibližně 80 let**. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám a objevujícím se epizodám chřadnutí by bylo žádoucí, aby mohlo být **obmýtí operativně přizpůsobováno situaci**. Tj. například nedefinovat obmýtí v rámcových směrnících striktně, respektive uvádět potencionální obmýtí a spolu s ním rozsah jeho tolerovaného snížení (včetně rámcového popisu možných důvodů). Lze si představit, že v **extrémních případech porostů s vysokým rizikem předčasného rozpadu by obmýtí mohlo být sníženo až k 60 rokům** (zejména v existujících porostech ve 2. a 3. lvs).