

Dopady potenciální změny klimatu na produkci žateckého chmele v Čechách

M. MOŽNÝ⁽¹⁾, D. BAREŠ⁽¹⁾, M. TRNKA⁽²⁾, Z. ŽALUD⁽²⁾ and M. DUBROVSKÝ⁽³⁾

⁽¹⁾ Český hydrometeorologický ústav, Observatoř Doksany, Česká republika (e-mail: martin.mozny@chmi.cz)

⁽²⁾ Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Česká republika
(e-mail: mirek_trnka@yahoo.com)

⁽³⁾ Ústav fyziky atmosféry, Česká akademie věd, Česká republika (e-mail: dub@ufa.cas.cz)

Abstract In Czech Republic where Zatec hops are economically and culturally important, improved assessments of yield and quality responses to future climate are needed to prioritize adaptation strategies. In order to assess trends, magnitude and effect of adaptation strategies we applied crop model CORAC. Model CORAC was used to simulate hop yields and bitter acids content in present and changed climate conditions. The input daily weather series (precipitation, solar radiation, humidity and extreme temperatures) were synthesised by stochastic weather generator Met&Roll whose parameters were derived from observed weather series and then modified in accordance with climate change scenario. Estimates of future climatic conditions are based on of A2, average A1B1 and B1 emission scenarios and ECHAM, HadCM3 and NCAR-PCM global circulation models. In the next step synthetic weather series were generated for time periods centred on years 2025, 2050 and 2100. Climate change in Bohemia is very likely to put downward yields and bitter acids content from hop gardens, simulated average decrement of yields is range from 6 - 9 % and bitter acids content 9 - 25 %.

Key words: hops, climate change, scenarios, adaptation strategies

1. Úvod

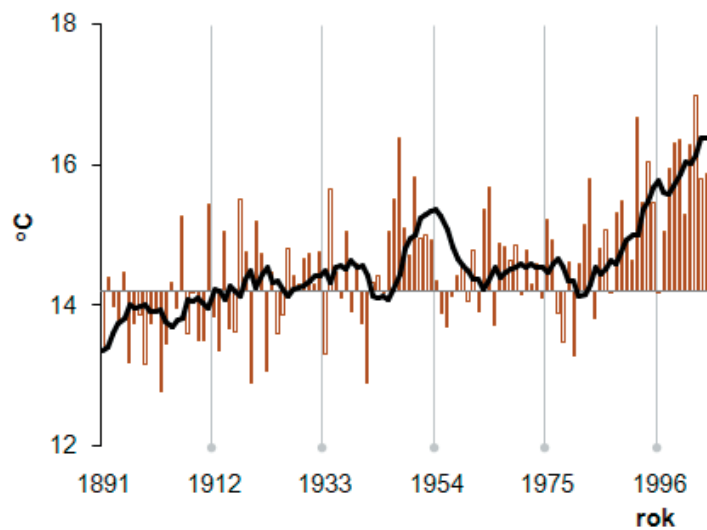
Pochopení vlivu potenciálních změn klimatu na výnosy plodin může pomoci v plánování zemědělské politiky, s cílem stanovení vhodných adaptačních opatření [1]. Změny klimatu mají potenciál změnit stávající zemědělské systémy [2, 3]. Předpokládané zvýšení klimatické proměnlivosti a větší výskyt extrémů může mít zásadní vliv na rostlinnou produkci a rentabilitu zemědělského sektoru [4]. Zvýšení počtu tropických dnů, potenciální evapotranspirace a suchých period, může mít velký dopad na výnosy a kvalitu zemědělské produkce [5]. Velmi zranitelné jsou víceleté trvalé plodiny, kterým je paradoxně věnována nejmenší pozornost při studiu [6, 7]. Zatím velkou neznámou zůstává otázka kompenzačního vlivu zvýšené koncentrace CO₂ [8], neboť daný efekt by mohl pomoci zvýšené využitelnosti vody částečně eliminovat negativní dopady klimatických změn především v aridních oblastech.

Česká republika patří k největším pěstitelům chmele na světě, specializuje se na pěstování původní genetické skupiny aromatických chmelů, označované jako Žatecký chmel. České chmelařství čelí v současnosti vážným problémům v důsledku ztráty konkurenceschopnosti [9]. Důvody jsou jednak ekonomické (posilování české koruny, dotační politika EU), ale i produkční (stagnace výnosů, pokles obsahu hořkých kyselin). Cílem této studie je posoudit vliv změn současného a změněného klimatu na výnosy a obsah hořkých kyselin Žateckého chmele v Čechách.

2. Kolísání klimatu v letech 1891-2006

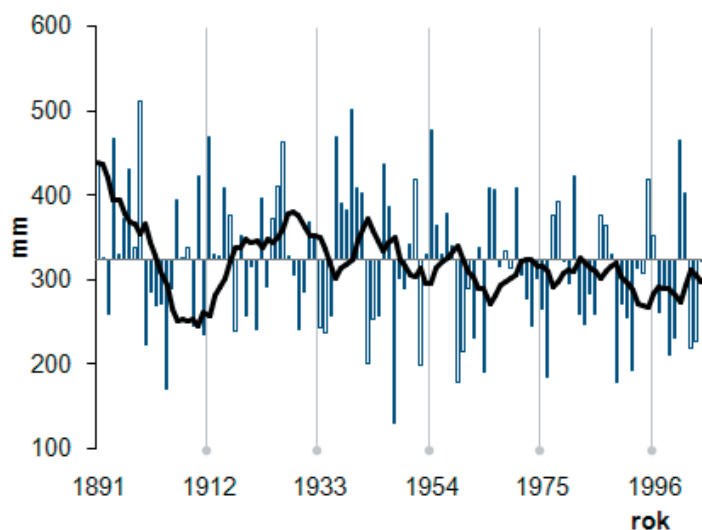
Na obr. 1 je znázorněno kolísání průměrné teploty vzduchu v české chmelařské oblasti ve vegetačním období (duben až září) během let 1891-2006. Řada průměrných teplot vykazuje statisticky významný vzestupný trend ($+ 0,015 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{rok}$), největší nárůst teplot byl zaznamenán v posledních 25 letech. Nejchladnějším desetiletím bylo období 1894-1903, naopak nejteplejším obdobím 1997-2006. Nejteplejším rokem byl rok 2003 s průměrem $17,0 \text{ } ^\circ\text{C}$, naopak nejchladnějším rok 1902 s průměrem $12,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Obr. 1 Kolísání průměrné teploty vzduchu ve vegetačním období (duben až září) během let 1891-2006, použito exponenciální vyrovnání



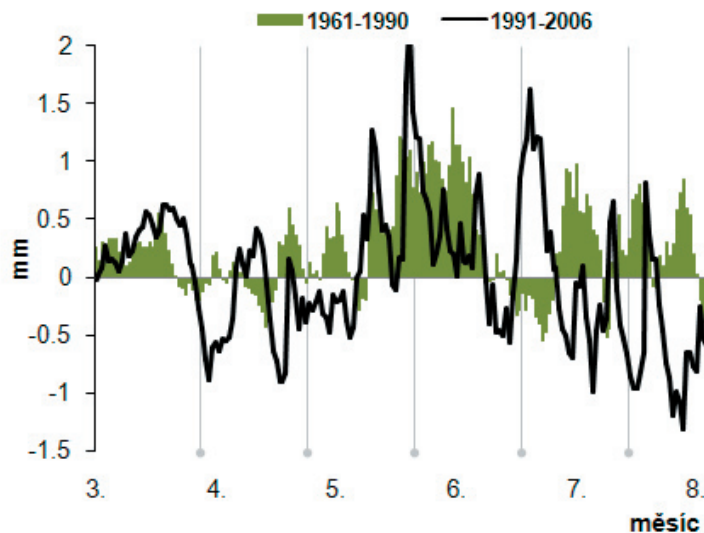
Na obr. 2 je patrné, že řady srážkových úhrnů v české chmelařské oblasti za vegetační období (duben až září) během let 1891-2006 vykazují klesající trend, v posledních 50 letech ovšem bez výraznější dlouhodobé tendence, dlouhodobý chod zde vykazuje cyklický charakter kolísání srážek. Nejvíce srážek $511,9 \text{ mm}$ bylo zaznamenáno v roce 1899, naopak nejméně $130,9 \text{ mm}$ v roce 1947.

Obr. 2 Kolísání úhrnů srážek za vegetační období (duben až září) během let 1891-2006, použito exponenciální vyrovnání



Stagnace srážek a vzestup teplot má za následek zvýšení výskytu suchých období. Na obr. 3 je znázorněna průměrná denní vláhová bilance za období 1961-1990 a 1991-2006. Vláhová bilance byla vypočtena jako rozdíl mezi srážkami a potenciální evapotranspirací standardního travního porostu. Za období 1991-2006 se záporná vláhová bilance (suché období) vyskytuje mnohem častěji než za období 1961-1990.

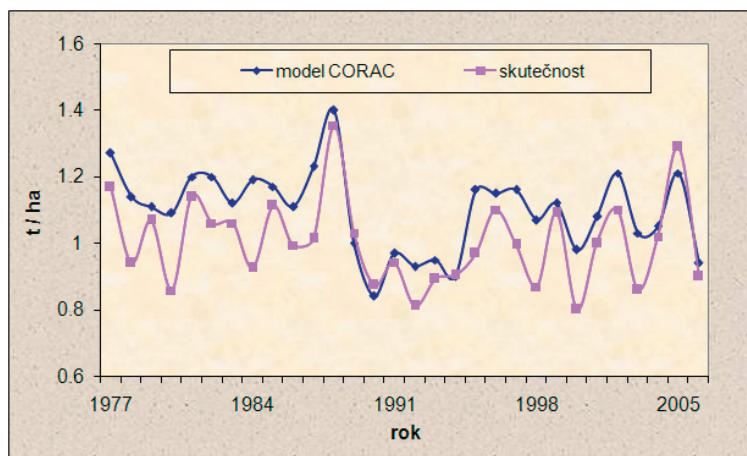
Obr. 3 Průměrná denní vláhová bilance v české chmelařské oblasti za období 1961-1990 a 1991-2006



3. Simulace produkce Žateckého chmele v současných klimatických podmínkách

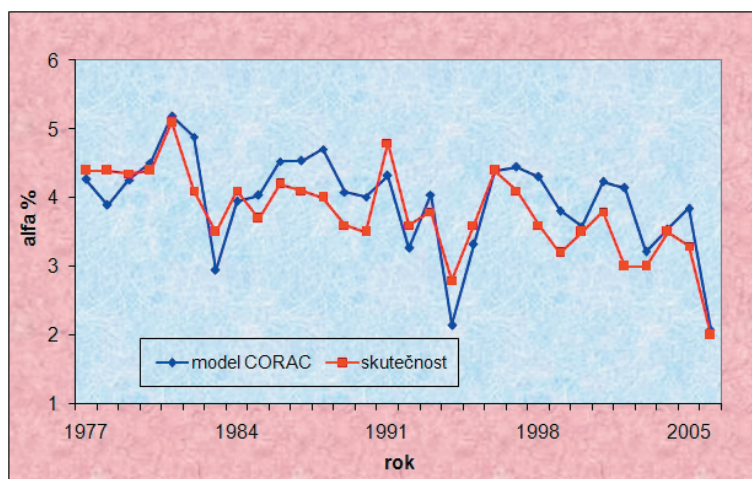
Pro simulaci produkce chmele v současných klimatických podmínkách byl využit model CORAC [10, 11], který na základě zpracování vstupních denních meteorologických dat (teplot a vlhkosti vzduchu, srážek a slunečního svitu) modeluje výnosy a obsah alfa hořkých kyselin chmele, včetně nebezpečí hlavních chorob a škůdců chmele. Na obr. 4 jsou znázorněny simulované a skutečné průměrné výnosy Žateckého chmele za celou českou chmelařskou oblast za posledních 30 let. Byla zjištěna statisticky významná závislost mezi simulovanými a skutečnými výnosy ($r^2 = 0,772$, $p < 0,01$). Řada ročních výnosů nevykazuje výraznější tendence, kolísá od 0,8 do 1,29 t/ha. Průměrný výnos za posledních 30 let je 1 t/ha, za posledních 10 let 0,99 t/ha.

Obr. 4 Simulované a skutečné průměrné výnosy Žateckého chmele za celou českou chmelařskou oblast za období 1977-2006



Na obr. 5 je znázorněn simulovaný a skutečný obsah alfa hořkých kyselin Žateckého chmele za celou českou chmelařskou oblast za posledních 30 let. Byla zjištěna statisticky významná závislost mezi modelovanými a skutečnými obsahy hořkých kyselin ($r^2 = 0,793$, $p < 0,01$). Řada ročních obsahů hořkých kyselin vykazuje statisticky významný pokles ($- 0,049$ %/rok). Průměrný obsah hořkých kyselin za posledních 30 let je 3,8 %, za posledních 10 let 3,3 %.

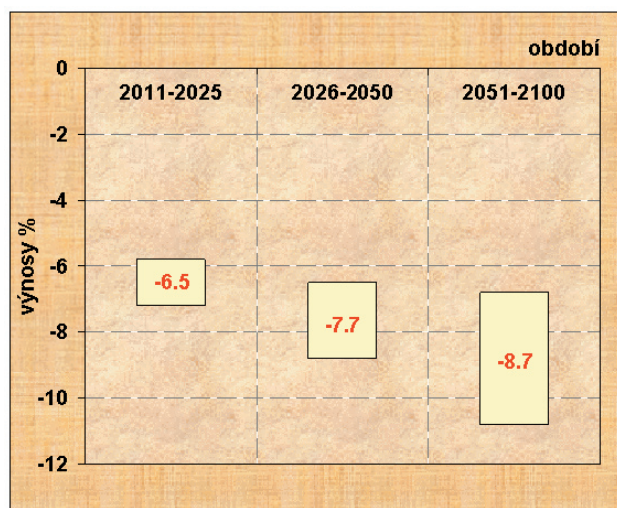
Obr. 5 Simulovaný a skutečný obsah alfa hořkých kyselin Žateckého chmele za celou českou chmelařskou oblast za období 1977-2006



4. Simulace produkce Žateckého chmele ve změněných klimatických podmínkách

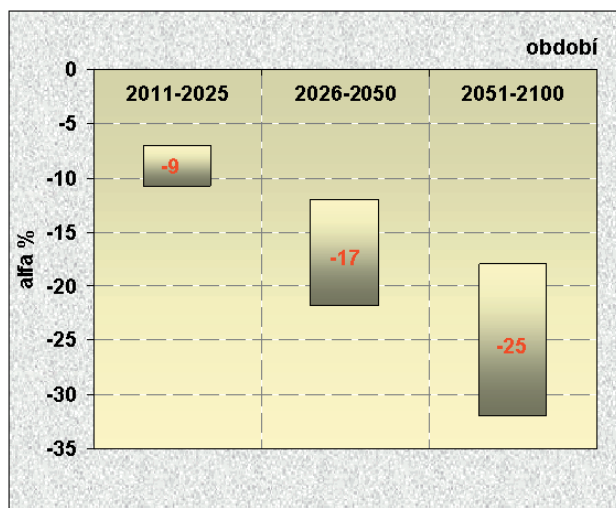
Pro simulaci chmelových výnosů a obsahu hořkých kyselin ve změněných klimatických podmínkách byl využit model CORAC. Vstupní denní meteorologická data byla získána pomocí stochastického generátoru Met&Roll [12], analýza byla zaměřena na roky 2025, 2050 a 2100. Odhady budoucích klimatických podmínek byly založeny na emisních scénářích A2, A1B1 a B1 a na globálních cirkulačních modelech ECHAM, HadCM3 a NCAR - PCM. Na obr. 6 je znázorněn dopad změněných klimatických podmínek na průměrné výnosy Žateckého chmele za celou českou chmelařskou oblast. Lze očekávat snížení průměrných výnosů za období 2011-2025 o 6,5 % na 0,94 t/ha, za období 2026-2050 o 7,7 % na 0,92 t/ha a za období 2051-2100 o 8,7 % na 0,91 t/ha.

Obr. 6 Simulace průměrných výnosů Žateckého chmele vyjádřených odchylkami od dlouhodobého průměru (1976-2006) za celou českou chmelařskou oblast



Na obr. 7 je znázorněn dopad změněných klimatických podmínek na průměrný obsah alfa hořkých kyselin v Žateckém chmelu za celou českou chmelařskou oblast. Lze očekávat snížení obsahu hořkých látek ve chmelu za období 2011-2025 o 9 % na 3,4 alfa %, za období 2026-2050 o 17 % na 3,2 alfa % a za období 2051-2100 o 25 % na 2,9 alfa %.

Obr. 7 Dopad změněných klimatických podmínek na průměrný obsah hořkých látek v Žateckém chmelu vyjádřený odchylkami od dlouhodobého průměru (1976-2006) za celou českou chmelařskou oblast



5. Závěr

V současných klimatických podmínkách je v české chmelařské oblasti pozorován významný vzestup teplot, mírný pokles srážek a růst četnosti suchých období. Zatímco řada průměrných výnosů Žateckého chmele v české chmelařské oblasti nevykazuje výraznější tendence, průměrný obsah hořkých látek ve chmelu má klesající tendenci. Analýza prokázala prostřednictvím výstupů modelu CORAC statisticky významnou závislost výnosů a obsahu hořkých látek Žateckého chmele na povětrnostních podmínkách.

Ve změněných klimatických podmínkách lze očekávat snížení průměrných výnosů Žateckého chmele v české chmelařské oblasti o 6,5 % za období 2011-2025, o 7,7 % za období 2026-2050 a o 8,7 % za období 2051-2100. Lze očekávat i snížení obsahu hořkých látek v Žateckém chmelu o 9 % za období 2011-2025, o 17 % za období 2026-2050 a o 25 % za období 2051-2100.

Literatura

- [1] Sun, L., Huilan, L., Ward, M.N., Moncunill, D.F., 2007. Climate Variability and Corn Yields in Semiarid Ceará, Brazil. *J. Appl. Meteorol.*, 46, 2, 226-240.
- [2] IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II. *Climate Change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability*. IPC Working Group II.
- [3] Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G., 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environ. Change* 14, 53-67.
- [4] Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Vara Prasad, P.V., 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 82, 159-167.

- [5] Izaurrealde, R.C., Rosenberg, N.J., Brown, R.A., Thomson, A.M., 2003. Integrated assessment of Hadley Center (HadCM2) climate change impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095, *Agric. For. Meteorol.*, 117, 97-122.
- [6] Lobell, D.B., Field, C.H.B., Cahill, K.N., Bonfils, C., 2006. Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agric. For. Meteorol.*, 141, 208-218.
- [7] Trnka, M., Eitzinger, J., Gruszynski, G., Buchgraber, K., Resch, R., Schaumberger, A., 2006. A simple statistical model for predicting herbage production from permanent grassland. *Grass and Forage Sci.*, 61, 3, 253-271.
- [8] Tubiello, F.N., Ewert, T F. 2002. Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change. *Eur. J. Agron.*, 18, 57-74.
- [9] Kavka, M., Rataj, V., Trávníček, Z., Ciniburk, V., Kavka, Pe., Kavka, Pa., 2006. Analysis of economic risks of hop growing. *Agric.Econ.-Czech*, 52, 76-82.
- [10] Možný, M., Krejci, J., Kott, I., 1993. CORAC, Hops Protection Management Systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 9, 103-110.
- [11] Možný, M., 2006. Modulární systém CORAC. Výzkumná zpráva, ČHMÚ Doksany, 66 s.
- [12] Dubrovsky M., Trnka M., Zalud Z., 2005: "Met&Roll Weather Generator and its use in Crop Growth Modelling". In: *AgriDema Workshop*, Vienna, November 28 - December 2.