

# Návrh derivátu na počasí pro cukrovku v České republice

DESIGN OF WEATHER DERIVATIVE FOR SUGAR BEET IN THE CZECH REPUBLIC

Jindřich Špička – Vysoká škola ekonomická v Praze

Rozhodujícím faktorem tvorby výnosů cukrovky jsou srážky, jejichž působení ovlivňuje volatilitu výnosů více než teplota vzduchu (1). Vliv sucha na výnos bulev cukrovky byl již v podmínkách ČR hodnocen se závěrem, že největším rizikem pro dobrý výnos cukrovky jsou sucha v období května, popřípadě června. Pokud sucho pokračuje i v následujících měsících, je snížení výnosů výraznější (2). Sucho působí současně na mnoho zemědělských podniků, přičemž je obtíženo období sucha časově a prostorově vymezit. Systematický charakter sucha komplikuje jeho pojistitelnost, a proto je důležité hledat jiné nástroje řízení rizika. Kromě opatření zlepšujících retenční schopnost půdy, závlahových systémů a šlechtění odolnějších odrůd polních plodin jsou teoreticky vhodným nástrojem řízení rizika sucha deriváty na počasí (*weather derivatives*).

Deriváty na počasí jsou vymezeny dobou trvání kontraktu, umístěním referenční meteorologické stanice, indexem obsahující veličinu charakterizující průběh počasí v průběhu doby trvání kontraktu, výplatní funkcí (*pay-off*), která převádí hodnotu indexu do finanční hodnoty kritériální proměnné (tržby, zisk aj.), a u opčních kontraktů také tzv. prémii. K výplatě dochází, když index počasí překročí, resp. nedosáhne předem stanovené prahové hodnoty (*strike*). Výše plnění je pak určena jako součin kompenzace vztážené k jednotce indexu (*tick*) a rozdílu mezi reálně naměřenou hodnotou indexu počasí a hodnotou strike. Není tedy potřeba účast likvidátora pojistných událostí jako v případě komerčního pojištění.

Podkladovým indexem derivátů bývá nejčastěji teplota vzduchu, méně často úhrn dešťových srážek, výška sněhové pokrývky, rychlost větru, výjimečně také vlhkost vzduchu, vlhkost či teplota půdy, průtok, délka slunečního svitu. Obchodování s deriváty na počasí se rozvíjí od druhé poloviny 90. let 20. století. Podle průzkumu Weather Risk Management Association a PricewaterhouseCoopers v obchodní sezoně 2010/2011 působilo 46 % uživatelů derivátů na počasí v odvětví energetiky, 23 % ve stavebnictví, 12 % v zemědělství, 5 % v dopravě, 3 % v maloobchodu a zbytek v ostatních odvětvích. Výhodami derivátů na počasí v porovnání se zemědělským pojištěním jsou nízké transakční a administrativní náklady, nižší míra informační asymetrie a obchodovatelnost derivátů na finančních trzích. Z investičního hlediska jsou klimatické deriváty vhodnou příležitostí pro diverzifikaci investičního portfolia, protože počasí a změny klimatu jsou řízeny fyzikálními zákony a nekorelují s vývojem finančních trhů (3).

Nevýhodou derivátů na počasí je tzv. bazické riziko kontraktu (*basis risk*), které vyplývá z nedokonalé korelace indexu počasí a klíčových výnosových indikátorů, čímž dochází k nadměrnému nebo naopak nedostatečnému plnění. Literatura (4)

rozlišuje geografické bazické riziko, které se zvyšuje s rostoucí vzdáleností referenční meteorologické stanice od daného porostu, a produkční bazické riziko, které vyplývá z odlišných technologií a jiných vlivů manažerských rozhodnutí na výnosy podniku. Na bazické riziko jako největší překážku použití derivátů na počasí v rostlinné výrobě poukazuje řada zahraničních odborných studií (5, 6). Bazické riziko je možné eliminovat maximální lokalizací a individualizací kontraktu na konkrétní plodinu/pozemek a referenční meteorologickou stanicí (čímž se však ztrácí atraktivita kontraktu pro investory), použitím nelineárních funkcí závislosti mezi výnosy a počasím nebo konstrukcí kontraktů v produkčně homogenních regionech (7).

Cílem článku je pomocí matematicko-statistických a simulačních metod zhodnotit účinnost derivátů na počasí pro cukrovku v produkčních podmínkách ČR. V rámci naplnění cíle je kvantifikována také velikost bazického rizika.

## Materiál a metody

Závislost výnosů cukrovky na počasí byla hodnocena ve Středočeském, Královéhradeckém a Olomouckém kraji, které se společně v roce 2009/2010 podílely na sklizni cukrovky z 66 %. Údaje o sklizni na úrovni okresů Český statistický úřad (ČSÚ) od roku 2002 nezjišťuje. Krajské průměry výnosů cukrovky byly získány z ČSÚ, přepočten výnosů na novou podobu krajů před rokem 2001 je proveden s využitím okresních dat o sklizních cukrovky. K dispozici je časová řada 1970–2009 (40 let), rok 2010 slouží jako testovací rok. Časová řada výnosů cukrovky je očištěna od trendu. Vzhledem ke kvalitativním změnám osiva, modernizaci strojového parku a změně rajonizace pěstování cukrovky po roce 1990 je časová řada výnosů detrendována vzestupnou polynomickou funkcí 3. stupně. Historické výnosy byly vztáжены k průměrnému očekávanému výnosu vypočítanému jako průměrný výnos let 2005–2009 bez extrémů. Data o počasí jsou získána z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Odděleně je analyzována závislost mezi krajskými výnosy cukrovky a průměrem indexů počasí v kraji (zprůměrováno ČHMÚ) a mezi krajskými výnosy a indexy počasí naměřenými na referenčních meteorologických stanicích (Semčice, 234 m n. m.; Hradec Králové 278 m n. m.; Slavonín, 259 m n. m.). Jako indexy počasí jsou zvoleny průměrná měsíční teplota vzduchu, měsíční úhrn srážek a index meteorologického sucha  $S_i$  (2).

K odhadu regresních koeficientů je použita metoda lineární a nelineární regresní analýzy. Kritériem výběru nejvhodnější regresní funkce je index determinace  $R^2$ , který musí být co nejvyšší, aby bylo minimalizováno bazické riziko. Vzhledem

k omezenému rozsahu článku je prezentován pouze nejvhodnější kontrakt založený na nejvyšší hodnotě  $R^2$ . Regresní funkce byly testovány na výskyt autokorelace Durbin-Watsonovým testem a na výskyt heteroskedasticity Goldfeld-Quandtovým testem a Spearmanovým testem pořadové korelace.

Derivát na počasí je oceněn metodou burn analýzy, která vychází se ze znalosti historických časových řad výnosů a meteorologických dat (pojistně matematický přístup). Burn analýza je založena na odhadu „fair“ ceny, tj. ceny, u které je očekávaný zisk pro obě strany kontraktu nulový. Metoda je relativně výpočetně jednoduchá, její nevýhodou je omezená vypovídací schopnost, protože je založena na „chování“ kontraktu v minulosti. K vypočtené „fair“ ceně je připočtena riziková přírážka ve výši 20 % ze směrodatné odchylky průměrné výplaty z kontraktu, kterou obvykle vyžaduje prodávající strana kontraktu (8).

Ke zkvalitnění burn analýzy je aplikována metoda bootstrapu (9). Bootstrap je výhodné použít v případě, že pravděpodobnostní rozdělení indexu nemá parametry normálního rozdělení a metody klasické statistiky nejsou účinné. Bootstrap analyzuje soubor empiricky opakovaným výběrem a vytvářením pravděpodobnostních rozdělení s charakteristikami pro každý opakovaný výběr. Jelikož známe z historických časových řad pravděpodobnostní rozdělení indexu počasí, je aplikován parametrický bootstrap. Pravděpodobnostní rozdělení indexu počasí je odhadnuto metodou MLE (*Maximum Likelihood Estimator*) s využitím softwarového modulu. Modul automaticky přiřazuje nejvhodnější typ rozdělení k empirickým datům podle výsledků Anderson-Darlingova testu shody rozdělení a statistické významnosti na hladině významnosti 0,05 (p hodnota).

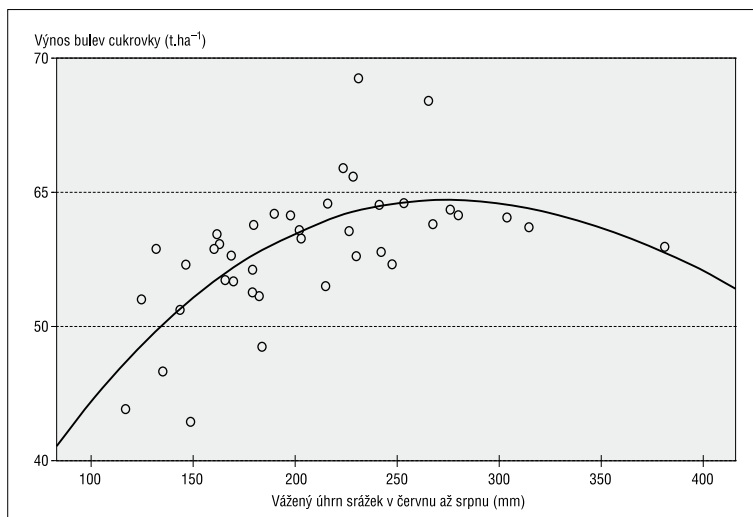
Účinnost derivátu na počasí je kvantifikována porovnáním koeficientu variace pravděpodobnostního rozdělení tržeb z prodeje cukrovky při nákupu, resp. bez zakoupení derivátu na počasí (4). V případě, že zemědělský podnik nezakoupí kontrakt a nezajistí se, realizuje tržbu ve výši  $R_0$ :

$$R_0 = \frac{\int Q_T(I_T)P}{(1+r)^n} \quad (1)$$

$Q_T$  označuje výnos cukrovky ( $t \cdot ha^{-1}$ ), který je funkcí stochastické proměnné počasí  $I_T$ .  $P$  je očekávaná realizační cena cukrovky po sklizni ( $700 \text{ Kč} \cdot t^{-1}$ ). Protože očekávané tržby jsou vztaženy k okamžiku nákupu kontraktu a k délce trvání kontraktu (1 rok), je nutné je diskontovat bezrizikovou úrokovou mírou (1,77 %, roční sazba PRIBOR k 31. 8. 2010). Pokud se podnik zajistí nákupem určitého počtu derivátů na počasí, hradí prodávajícímu cenu kontraktu ( $F_0$ ). Pokud index počasí překročí prahovou hodnotu (*strike*), obdrží podnik kompenzaci ve výši  $F_T$ . Kompenzace je stochastickou funkcí podkladového indexu počasí  $I_T$ .

$$R_1 = R_0 + \frac{\int F_T(I_T)}{(1+r)^n} - F_0 \quad (2)$$

Obr. 1. Závislost výnosů cukrovky v Olomouckém kraji na srážkách (Slavonín)



Metodou Monte Carlo je simulováno 10 000 iterací na hladině významnosti 0,05. Stupeň bazického rizika je kvantifikován porovnáním výsledků simulace bez standardní chyby regresní funkce (teoretická situace bez bazického rizika) a se zahrnutím standardní chyby regresní funkce (reálná situace při existenci bazického rizika).

### Výsledky a diskuse

Podle výsledků regresní analýzy je nejnižší bazické riziko při nelineární kubické závislosti mezi výnosy cukrovky v Olomouckém kraji a váženým úhrnem srážek v červnu až srpnu naměřeným stanicí Olomouc-Slavonín. Obr. 1. znázorňuje závislost graficky. Kontrakt je navržen pro oblast Hané, která je charakteristická produkčně homogennějšími podmínkami nížin okolo řek Moravy a Hané. Index determinace kubické regresní funkce je  $R^2 = 0,455$ , což znamená, že úhrnem srážek vysvětluje variabilitu výnosů cukrovky ze 45,5 %. Zbývajících 54,5 %

Tab. 1. Specifikace opce na úhrnem srážek a její účinnost (cukrovka, Olomoucký kraj)

	Návrh A	Návrh B
Typ kontraktu	evropská prodejní (put) opce	evropská prodejní (put) opce
Rozsah kontraktu	1 ha cukrovky	1 ha cukrovky
Index	vážený úhrnem srážek	vážený úhrnem srážek
Referenční stanice	Olomouc-Slavonín	Olomouc-Slavonín
Perioda indexu (váhy)	VI. (1,090), VII. (1,290), VIII. (0,621)	VI. (1,090), VII. (1,290), VIII. (0,621)
Strike	157,5 mm srážek	185,6 mm srážek
Pravděpodobnost realizace rizika	17,4 %	37,0 %
Spoluúčast	5 %	0 %
Fixovaná cena	700 Kč·t <sup>-1</sup> bulev cukrovky	700 Kč·t <sup>-1</sup> bulev cukrovky
Tick	60 Kč na 1 mm srážek pod strike	60 Kč na 1 mm srážek pod strike
Doba trvání opce	1 rok (1. 9. 2010 – 31. 8. 2011)	1 rok (1. 9. 2010 – 31. 8. 2011)
Cena opce	306 Kč za 1 kontrakt	843 Kč za 1 kontrakt
Účinnost bez bazického rizika	16,70 %	38,40 %
Účinnost s bazickým rizikem	7,20 %	12,40 %



variability výnosů je způsobeno jinými faktory (technologickými, stanovištními), což indikuje vysoké bazické riziko.

Z tab. I. vyplývá, že účinnost kontraktu měřená jeho schopností snížit koeficient variace tržeb z prodeje bulev cukrovky je v případě realistického předpokladu existence bazického rizika a průměrné 5% spoluúčasti 7,2 % (návrh A). Jinými slovy řečeno, zajištěním se proti riziku nedostatečných srážek je možné na úrovni Olomouckého kraje snížit variabilitu tržeb z realizace cukrovky v průměru o 7,2 %. Pokud by byl index determinace roven 1 a bazické riziko by nebylo uvažováno (variabilita výnosů cukrovky by byla plně vysvětlitelná vývojem úhrnů srážek), byl by kontrakt schopen snížit variabilitu tržeb o 16,7 %. Z rozdílu mezi těmito dvěma hodnotami vyplývá relativně vysoké reálné bazické riziko kontraktu. Kontrakt se spoluúčastí na škodě ve výši 5 % by měl být prodáván za cenu 306 Kč.ha<sup>-1</sup> cukrovky při kalkulaci spravedlivého pojistného a rizikové přirážky.

V pravém sloupci tab. I. je navržen kontrakt při 0% spoluúčasti (návrh B). Jeho reálná účinnost při existujícím bazickém riziku je sice vyšší (12,4 %), cena však také (843 Kč.ha<sup>-1</sup> cukrovky), přičemž nárůst ceny je vyšší, než nárůst účinnosti. Ke konstrukci ceny je nutné poznamenat, že kalkulace průměrné ceny je také spojena s nejistotou. Z výsledků parametrického bootstrapu vyplývá, že cena jednoho kontraktu by se pohybovala u návrhu A v rozmezí 298 až 314 Kč, u návrhu B mezi 829 až 856 Kč. Snížit cenu by bylo možné volbou nižší rizikové prémie.

Obecně nižší účinnost derivátů na počasí ve středoevropských podmínkách odpovídá výsledkům analýzy, která byla provedena např. v německé spolkové zemi Braniborsko (4).

## Závěr

Skutečná účinnost derivátu na cukrovku je relativně nízká, což je důsledek vysokého geografického a produkčního bazického rizika, které komplikují konstrukci derivátu na počasí i v produkčně relativně homogenních podmínkách Hornomoravského úvalu. Zvýšení účinnosti derivátů na počasí by teoreticky bylo možné maximální lokalizací a individualizací kontraktu. V tom případě by měl kontrakt charakter indexového pojištění a nebyl by obchodovatelný na finančních trzích formou derivátu, protože individualizace kontraktu snižuje jeho transparentnost u potenciálních investorů.

Protože jsou deriváty na počasí konstruovány na úrovni krajů ČR s využitím oficiálních dat Českého statistického úřadu a Českého hydrometeorologického ústavu, tvořily by potenciální stranu poptávky po derivátech na počasí krajská sdružení zemědělských podnikatelů. V úvahu připadá také spolupráce veřejného a soukromého sektoru. Určitou možností pro použití derivátů na počasí v České republice je jejich využití v rámci fungování

navrhovaného systému řízení rizik v zemědělství, který by měl být tvořen subvencováním pojistného a existencí fondu nepojistitelných rizik.

*Článek je zpracován jako jeden z výstupů výzkumného projektu IGA VŠE F3/01/2010 „Řízení příjmových rizik v zemědělských podnicích s využitím klimatických derivátů“.*

## Souhrn

Článek pojednává o klimatických derivátech jako potenciálně nových instrumentech řízení příjmových rizik v zemědělských podnicích, které usilují o zmírnění rizik způsobených výkyvy počasí. Analýza klíčových růstových fází cukrovky je založena na regresní analýze s hektarovými výnosy cukrovky jako závisle proměnnou a indikátory počasí nezávisle proměnnými. S metodou bootstrap je možné efektivně provést burn analýzu a identifikovat nejistotu spojenou s výplatou kontraktu, cenou opce a vypočítat další statistické charakteristiky rozdělení četností tržeb. Nejvhodnější kontrakt je založen na závislosti mezi výnosy cukrovky v Olomouckém kraji a váženým úhrnem srážek v červnu až srpnu naměřeném referenční stanicí Slavonín. Simulace Monte Carlo odhaluje skutečnou schopnost derivátu na počasí snížit variabilitu tržeb maximálně o 12,4 %. Výsledky odhalují výrazný nepříznivý vliv bazického rizika na kvalitu klimatických derivátů v zemědělství.

**Klíčová slova:** cukrovka, derivát na počasí, řízení rizika počasí, bazické riziko, ekonomika.



## Literatura

- PETR, J. ET AL.: *Počasí a výnosy*. Rostlinná výroba. Praha: SZN, 1987. 368 s.
- TÜRKÖTT, L.; POTOP, V.; KOŽNAROVÁ, V.: Vliv sucha ve středních Čechách na výnos budev cukrovky. *Listy cukrov. řepář.*, 124, 2008 (11), s. 300–305.
- DISHEL, R. S.: *Financial Risk Management with Weather Hedges*. London: Risk Books, 2002, s. 3–24, ISBN 1-899-332-52-9.
- WEBER, R. ET AL.: Risikomanagement mit indexbasierten Wetterversicherungen – Bedarfsgerechte Ausgestaltung und Zahlungsbereitschaft. In ZIMPELMANN, U.: *Risikomanagement in der Landwirtschaft*. Frankfurt a/M: Edmund Rehwinkel-Stiftung, 2008, s. 9–52.
- TURVEY, C. G.: Weather derivatives for specific events risk in agriculture. *Rev. of Agric. Econ.*, 23, 2001 (2), s. 333–351.
- VEDENOV, D. V.; BARNETT, B. J.: Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments. *J. Agric. Resource Econ.*, 29, 2004 (3), s. 387–403.
- MANFREDO, M. R.; RICHARDS, T. J.: Hedging with eather derivatives: a role for options in reducing basis risk. *Applied Financial Econ.* 19, 2009 (2), s. 87–97.
- JEWSON, S.; BRIX, A.; ZIEHMANN, C.: *Weather Derivative Valuation: The Meteorological, Statistical, Financial and Mathematical Foundations*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, ISBN 978-0-521-84371-3.
- EFRON, B.: Bootstrap methods: Another look at the Jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1979 (1), s. 1–26.
- KAPLER, P. ET AL.: Hodnocení pravděpodobnosti výskytu sucha v současných a očekávaných klimatických podmínkách. *Mendelnet 04 Agro.*, 2004, [CD ROM], ISBN80-7157-813-4.

## Špička J.: Design of Weather Derivative for Sugar Beet in the Czech Republic

The article deals with weather derivatives as the potentially new tools for risk management of agricultural enterprises seeking to mitigate their income exposure to variations in weather conditions. The analysis of the key growing phases of sugar beet is based on regression analysis using weather indices as the independent variables and yields of sugar beet as dependent variables. With the bootstrap method, the burn analysis can be easily carried out and the uncertainty about the pay-off, option price and statistics of probability distribution of revenues can be effectively determined. The most suitable contract is based on the dependence between yields of sugar beet in Olomoucký region and weighted precipitation from June to August measured at reference station Slavonín. Monte Carlo simulation reveals the real ability of weather derivative to reduce the variability of revenues by no more than 12.4 %. The analysis shows a significant adverse impact of the basis risk on the quality of the weather derivative contract for sugar beet.

**Key words:** sugar beet, weather derivative, weather risk management, basis risk, economics.

## Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jindřich Špička, Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská, KPE, nám. W. Churchilla 4, 130 67 Praha 3, Česká republika, e-mail: jindrich.spicka@vse.cz

**Nové francouzské cukrovky**

**DANUBE**  
• NC-typ

- Tolerantní k rizomanií
- Ideální pro začátek a střed sklizně
- Index při registraci = 103,3 v pokusech SDO 2010 = 102,0

**ROSIRE**  
• NV-typ

- tolerantní k rizomanií, rizikotonii, cerkospoře
- vhodná pro střední a pozdní sklizeň
- vysoké výnosy i v nezamořených oblastech

**RESIMAX**  
REGISTRACE 2011

- N-typ
- maximální rezistence i novým k typům rizomanií
- použitelná pro všechny termíny sklizně
- index při registraci 103,3
- vysoká výtěžnost

**Cukr již na poli**

# Danube

# Rosire

# Resimax

**selgen®**  
a.s.

**FLORIMOND DESPREZ**  
*Créations Variétales*



**NOVÉ ZASTOUPENÍ FIRMY**

**SELGEN, a. s., Jankovcova 18**  
170 37 Praha 7  
PODNIKOVÉ ŘEDITELSTVÍ  
Stupice 24, 250 84 Sibiřina  
e-mail: selgen@selgen.cz • www.selgen.cz  
tel.: 281 091 441 (43, 44, 45, 46), fax: 281 971 732

