

# Předpověď krajských výnosů cukrové řepy v České republice na základě dat družicového snímkování

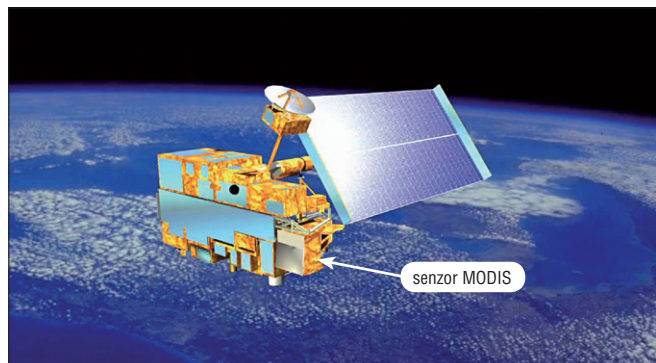
PREDICTIONS OF REGIONAL SUGAR BEET YIELDS IN CZECH REPUBLIC FROM SATELLITE IMAGERY

Petr Hlavinka, Jan Meitner, Vojtěch Lukas, Daniela Semerádová, Miroslav Trnka  
CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Brno

Cukrová řepa je v podmínkách České republiky tradičně významnou polní plodinou s širším uplatněním, zajímavými vlastnostmi z hlediska vyváženosti osevních postupů a hospodaření na půdě a v neposlední řadě s bioenergetickým potenciálem. V posledních letech jsme svědky postupného nárůstu ploch osetých cukrovkou, které se v součtu (pro výrobu cukru i jiné využití) pohybují kolem 60 tis. ha, loni i letos dosahuje plocha řepy cca 66 tis. ha. Kromě trendu narůstajících pěstebních ploch lze pozorovat, i přes určité výkyvy, také trend zvyšující se průměrné úrovně dosahovaných výnosů kořene a cukru (1). V současné době stojí tuzemské cukrovarnictví před výzvou obstát v liberalizovaném prostředí v důsledku změn společné organizace trhu s cukrem.

Z hlediska strategických i organizačních opatření (organizace sklizně, kampaně, obchodní strategie atp.) jsou pro pěstitele i zpracovatele cukrové řepy cenné informace o předpokládaných výnosech pro různou prostorovou úroveň na základě průběhu dané vegetační sezony. Klasické postupy hodnocení průběhu dané sezony, jako je sledování vývoje agrometeorologických podmínek či pravidelné hodnocení stavu porostů vč. vzorkování rostlin, je aktuálně možné doplnit o údaje získané prostřednictvím tzv. dálkového průzkumu Země (DPZ). Dálkový průzkum zahrnuje metody využívající informace ze senzorů nesených bezpilotními nosiči (vč. dronů), pomocí letadel nebo družicemi. Na základě sledování elektromagnetického záření odraženého od porostů lze v obecné rovině hodnotit tzv. kondici vegetace (např. prostřednictvím odhadu množství zelené biomasy či zdravotního stavu fotosyntetického aparátu), nicméně velký potenciál spočívá ve využití takto získaných hodnot k předpovědi výnosů plodin (na různé prostorové úrovni).

Obr. 1. Senzor MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – umístěný na družici Terra (NASA)



Dálkový průzkum poskytuje informace o prostorových a časových změnách veličin využitelných k hodnocení stavu plodin, které jsou jinými postupy jen obtížně zachytitelné. Umožňuje tak modelovat chování agroekosystému (2). V případě potřeby mapovat rozsáhlá území spolu s požadovanou vysokou časovou četností monitoringu je sortiment použitelných metod DPZ zúžen na oblast družicového snímání. Z hlediska dostupnosti ucelené řady snímků a globálního pokrytí jsou pro zachycení výkyvů výnosů plodin mezi ročníky často využívána obrazová data ze senzorů MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (obr. 1.), ať už se jedná např. o predikce výnosů kukuřice a sóji (3), pšenice (4), rýže (5) či dalších plodin (6).

Výsledky spektrálního měření DPZ jsou prezentovány v podobě tzv. vegetačních indexů, které redukuje množství vstupních spektrálních pásem do jediné veličiny. Nejčastěji využívaným vegetačním indexem je Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), který je vypočten poměrem normalizovaných odrazivostí červeného (Red) a blízkého infračerveného spektra (NIR) (7) podle rovnice (1):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

HUETE ET AL. (8) vyvinuli tzv. Enhanced Vegetation Index (EVI), který redukuje atmosférické vlivy implementací odrazivosti modrého pásma (Blue):

$$EVI = \frac{2,5 \times (NIR - Red)}{NIR + 6 \times Red - 7,5 \times Blue + 1} \quad (2)$$

Podle GAO ET AL. (9) je NDVI více ovlivněno obsahem chlorofylu a saturuje při vysokém množství zelené nadzemní biomasy, zatímco EVI odpovídá ve větší míře strukturním změnám porostu a vykazuje vyšší citlivost při plném zapojení porostu. Ve výsledku vykazuje EVI vyšší citlivost na změny v podílu zelené vegetace při vyšší úrovni nadzemní biomasy (10).

S ohledem na zajištění kompatibility výsledků mezi senzory bez záznamu odrazivosti v modré části spektra (Blue) byl vegetační index EVI upraven na verzi kalkulovanou pouze z červeného a blízkého infračerveného pásma pod názvem EVI2 (11) podle vzorce:

$$EVI2 = \frac{2,5 \times (NIR - Red)}{NIR + 2,4 \times Red + 1} \quad (3)$$

Ačkoli je EVI2 počítán bez modrého pásma, vykazuje funkční vlastnosti původního EVI indexu a lze tak tento výpočet využít u mnoha multispektrálních senzorů. Ve prospěch EVI2 hovoří i postupný pokrok ve vývoji atmosférických korekcí, které snižují

citlivost tohoto indexu na aerosol (12). U výše jmenovaných indexů platí, že jejich hodnota roste s množstvím zelené biomasy a s lepším stavem fotosyntetického aparátu, přičemž maximální hodnota je rovna 1. Názornou ukázkou vazby mezi stavem cukrové řepy a hodnotami vegetačního indexu na příkladu NDVI uvádí obr. 2., zachycující dvě kontrastní situace a regiony v průběhu roku 2017.

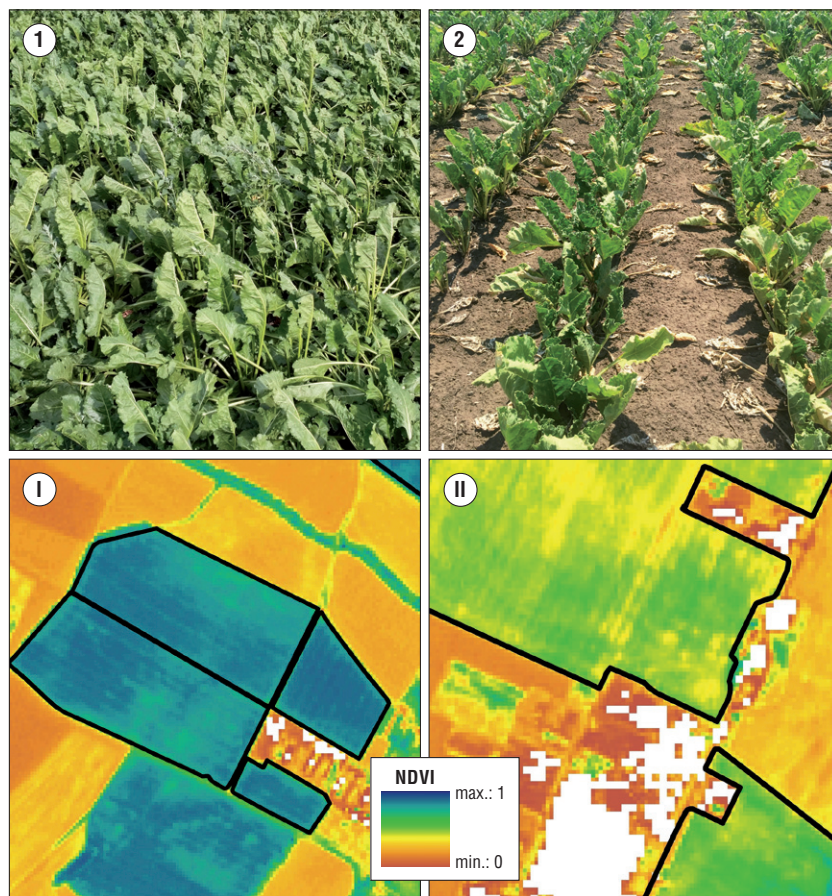
Hlavním cílem naší studie bylo vyvinout a ověřit metodu pro predikci výnosů cukrové řepy v České republice na úrovni jednotlivých krajů, která by byla postavena na průběžném družicovém monitoringu stavu porostů v dostatečném prostorovém a časovém rozlišení. Vycházíme z hypotézy, že spektrální odrazivost vegetace zjištěná z dálkového průzkumu formou poměrových vegetačních indexů vypovídá o vývoji biofyzikálních parametrů porostů, které se následně odráží na tvorbě výnosu zemědělských plodin. Dílčím cílem bylo vyhodnotit změny přesnosti odhadu krajských výnosů s ohledem na termín pořízení družicových snímků a definovat období, od kdy tato metoda může poskytovat relevantní výsledky.

### Materiál a metody

Hodnocení výnosů cukrové řepy a jejich predikce s využitím dat dálkového průzkumu probíhala v rámci území krajů České republiky za vegetační období let 2000–2017. Údaje o dosažených výnosech plodiny (2000–2016) byly získány z šetření Českého statistického úřadu (1) pro 10 krajů České republiky (pro kraje Jihočeský, Karlovarský, Plzeňský a Hlavní město Praha údaje nejsou k dispozici, což odráží rozšíření plodiny).

Pro účely prezentované studie byla použita data DPZ pocházející ze senzoru MODIS neseného družicí Terra (NASA), která jsou pro sledované území k dispozici v časové řadě od roku 2000. Původní obrazová data jsou pořizována denně s globálním pokrytím v prostorovém rozlišení 250 m na pixel. Častěji jsou ale data MODIS využívána v podobě tzv. kompozitních produktů (13, 14). Pro potřeby studie byly využity 16denní kompozitní snímky o prostorovém rozlišení 250 m na pixel (produkt MOD13Q1 v006) s povrchovou odrazivostí v modrém, červeném a blízké infračerveném spektrálním pásmu, potřebné pro výpočet vegetačních indexů NDVI, EVI a EVI2. Základním konceptem kompozitních snímků je postup, v němž je za daný časový úsek (v tomto případě 16 dní) použita vždy hodnota pouze z jednoho dne, a to takového, kdy byla zjištěna nejvyšší hodnota vegetačního indexu. Tento výběr je prováděn pro každý pixel (250 m) s cílem eliminovat negativní vliv výskytu oblačnosti (výskyt oblačnosti snižuje hodnotu indexů). Kompozity se sestavují od 1. ledna v roce a postupně se číslují. V rámci studie byly využity kompozity od č. 5 (polovina března) do kompozitu č. 15 (polovina srpna). Jako vstupní údaje pro statistické analýzy a model predikce výnosů byly využity prostorové průměry (plošné průměry za zahrnuté kraje) vegetačních indexů pro

Obr. 2. Fotografie zachycující stav porostů cukrové řepy v červenci roku 2017 v rámci vybraných pozemků v okrese Přerov (1) a Znojmo (2) a odpovídající hodnoty vegetačního indexu NDVI pořízené družicí Sentinel 2 dne 20. 7. 2017 v okrese Přerov (I) a 22. 7. 2017 v okrese Znojmo (II); hranice pozemků s cukrovou řepou jsou vyznačeny černou barvou



území s ornou půdou jako celku, které bylo v rámci každého kraje vymezeno na základě mapové vrstvy CORINE Land Cover (CLC) (15). Pro prezentované postupy tedy nejsou zahrnuty údaje, které by vyžadovaly prostorovou identifikaci ploch s cukrovou řepou. Jinak řečeno, k indikaci průběhu vegetační sezóny jsou využity průměrné hodnoty vegetačních indexů za veškeré porosty na orné půdě pro daný kraj.

Z důvodu malého množství údajů pro statistickou analýzu za období 2000–2016 (v době tvorby studie nebyly známy dosažené výnosy v roce 2017) byla predikce počítána pomocí lineárních regresí, tj. nejjednodušším možným modelem. Do výpočtů předpovědí pro daný kraj vstupují páry hodnot vybraného vegetačního indexu a skutečného výnosu. Z kompozitů se pro indikaci průběhu sezóny vybírají podle předem stanovených pravidel vhodná souvislá období (není vynechán žádný z kompozitů mezi prvním a posledním z vybraných), za která se hodnoty z jednotlivých kompozitů zprůměrují vždy do jediné hodnoty. Výběr nejvhodnějšího období, za které zjištěné hodnoty indexů nejlépe vypovídají o následné úrovni výnosů, je založen na porovnání prediktivní schopnosti všech možných lineárních modelů, přičemž konkrétní analýza byla provedena pomocí „leave-one-out“ postupu. V rámci tohoto přístupu jsou pro postupné predikce výnosů od roku 2000 do roku 2016 použity lineární modely, které byly odvozeny bez zařazení (znalosti) údaje o výnosu predikovaného roku. Například pro testování

odhadu výnosů v roce 2003 byly využity lineární modely odvozené na základě párů dat z let 2000–2002 a 2004–2016. Pro období let 2000–2016 byly pro všechny tři vegetační indexy spočítány relativní chyby všech modelů, kde pro rok  $i$  označuje  $x_i$  předpovídaný výnos a  $\hat{x}_i$  skutečný výnos:

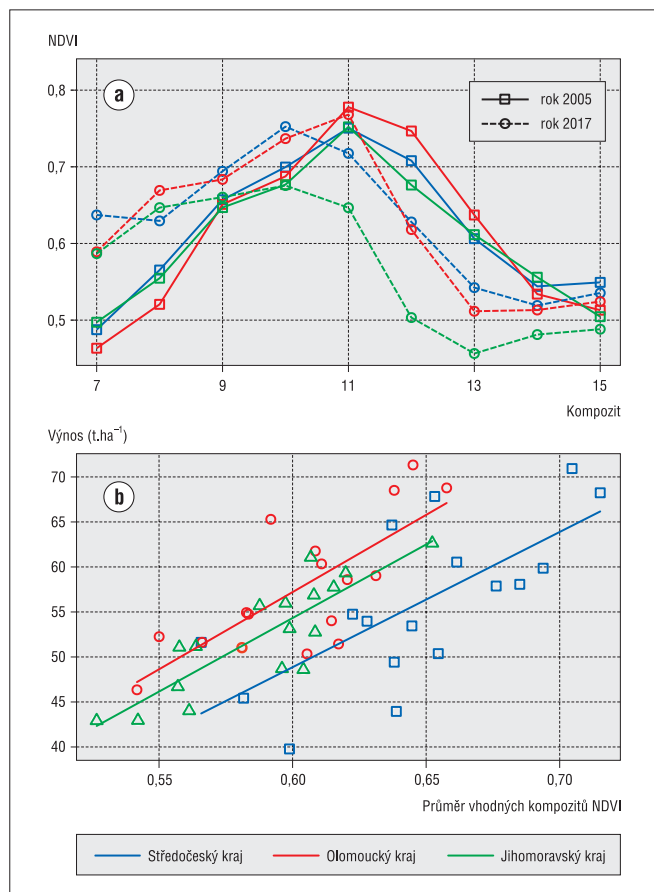
$$RE = \frac{\sum_{i=2000}^{2016} |x_i - \hat{x}_i|}{\sum_{i=2000}^{2016} \hat{x}_i} \quad (4).$$

Podle nejmenší relativní chyby byl pro každou souvislou sadu kompozitů (od 5. do 15.) nalezen nejvhodnější vegetační index a délka sledovaného období. Zjištěné vazby byly následně použity pro odhad výnosů cukrové řepy v roce 2017.

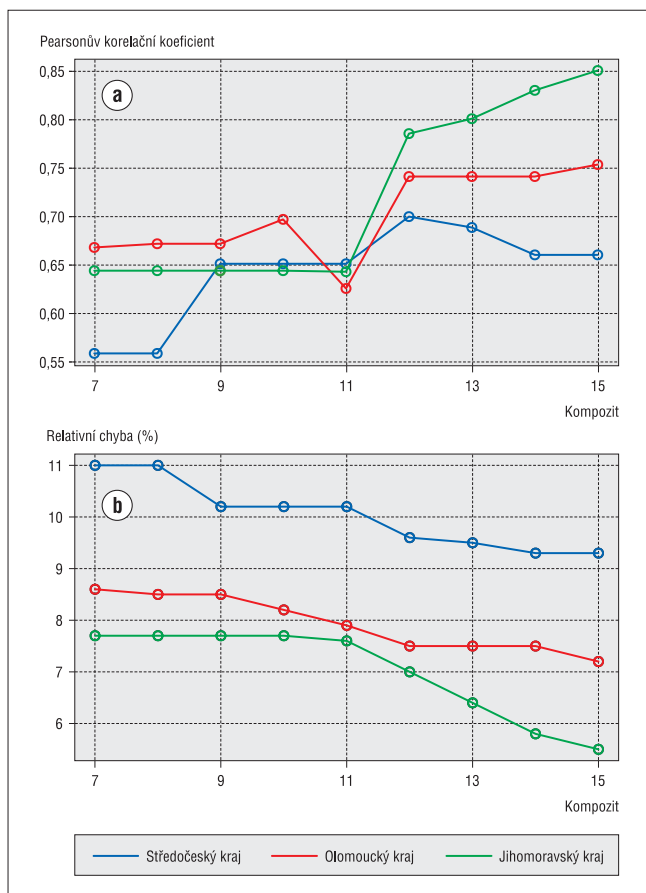
### Výsledky a diskuse

Dynamika hodnot vegetačních indexů v průběhu roku kopíruje charakteristický vývoj vegetace a již na základě vizuálního hodnocení je možné z vykreslených křivek rozpoznat rozdíly v rámci regionů a ročníků. Rozdílnost vývoje indexu NDVI na příkladu ročníků 2005 a 2017 v kombinaci s údaji ze tří krajů

Obr. 3. Průměrné hodnoty vegetačního indexu NDVI z jednotlivých kompozitních snímků na příkladech průběhu vegetačního období 2005 a 2017 (a) a vykreslení závislosti mezi průměrnými hodnotami nejvhodnějších kompozitů NDVI při všech dostupných kompozitech a dosaženými výnosy cukrové řepy v letech 2000–2016 (b); obojí na příkladu tří vybraných krajů ČR



Obr. 4. Vývoj přesnosti modelů k predikci konečných výnosů cukrové řepy pro období od 7. do 15. kompozitu na základě Pearsonova korelačního koeficientu (a) a relativní chyby (b) na příkladu tří krajů ČR

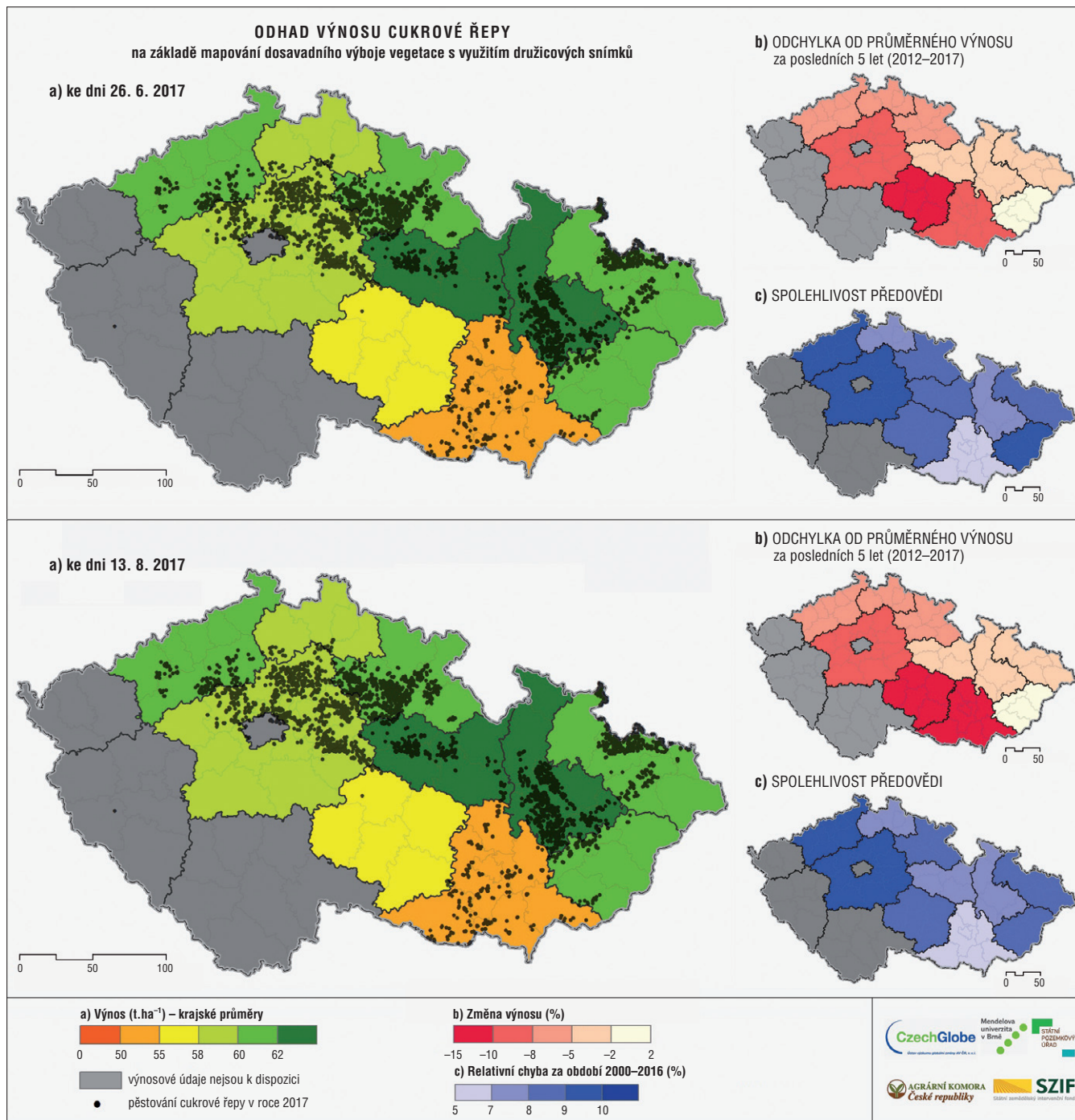


zachycuje obr. 3.a, ze kterého je např. patrný dopad výrazné epizody sucha na vegetaci na orné půdě Jihomoravského kraje v roce 2017. Obr. 3.b následně zachycuje příklady vazeb mezi průměrnými hodnotami NDVI za jednotlivá území a sezony a dosaženými výnosy cukrové řepy.

Obecně platí, že čím delší je v rámci dané vegetační sezony časový úsek, za který je možné integrovat (formou průměru vegetačního indexu) informaci o stavu vegetace, tím je možné najít těsnější vazbu na následně dosažené výnosy. V rámci realizovaných analýz byl pro každý ze zahrnutých krajů a část roku identifikován nejvhodnější ukazatel (ze tří zahrnutých indexů NDVI, EVI a EVI2) k predikci výnosů. Pro finální předpověď výnosů je pak již prezentován vždy výsledek na základě nejlepšího indikátoru k danému datu. Obecně jsou v průběhu sezony modely založené na indexu NDVI postupně nahrazovány za EVI. Podíl využití EVI2 je v průběhu roku téměř konstantní. Ukázka narůstající přesnosti predikcí výnosů (s využitím dat 2000–2016) pro období 7. až 15. kompozitu na základě Pearsonova korelačního koeficientu (0 = žádný vztah, 1 = absolutní lineární závislost) je znázorněna na obr. 4a. Zlepšení závislosti je patrné zejména mezi 11. a 12. kompozitem, což je doprovázeno i poklesem relativní chyby, která se v případě Středočeského kraje dostává pod hranici 10 %, resp. na hodnoty kolem 7,5 a 7,0 % v případě Olomouckého a Jihomoravského kraje. Uvážíme-li, že se jedná o data dostupná již v 2. polovině června, lze touto cestou s poměrně velkým předstihem před sklizní



Obr. 5. Příklady vizualizace předpovědi výnosů cukrové řepy v krajích ČR pro rok 2017 na základě družicových snímků dostupných k 26. 6. 2017 (do 12. kompozitu) a k 13. 8. 2017 (do 15. kompozitu) – v mapách je uváděna jak předpokládaná úroveň výnosů (v  $t \cdot ha^{-1}$ ), tak odchylka (v  $t \cdot ha^{-1}$ ) od průměru posledních pěti let, současně je pro jednotlivé kraje a daný termín uvedena i předpokládaná přesnost daného odhadu; zastoupení pozemků s cukrovou řepou v roce 2017 je v rámci hlavních map (a) vyznačeno pomocí černých bodů



získávat relevantní informace o předpokládané úrovni výnosů. Ukázkou možné prezentace výsledků vyvíjeného produktu pro praktické využití zachycuje obr. 5., kde jsou pro významné kraje z hlediska pěstování cukrové řepy v mapách vykresleny hodnoty očekávané úrovně výnosů na příkladu ročníku 2017. Jako doprovodná informace je zachycena i očekávaná odchylka od pětiletého průměru krajských výnosů a hodnota relativní chyby. Uvedené dva obrázky zachycují predikce na základě vybraného nejvhodnějšího vegetačního indexu a období do 12.

a do 15. kompozitu. Z dosažených výsledků vyplývá, že po 15. kompozitu (polovina srpna) již v průměru nedochází k dalšímu zlepšování predikcí výnosů na základě DPZ.

Na základě dosažených výsledků je možné konstatovat, že i přes omezení obsažená v rámci prezentovaného postupu lze tímto způsobem získat relevantní a poměrně přesné údaje o předpokládaném vývoji podmínek pro růst a vývoj cukrové řepy a v konečném důsledku i předpokládaný výnos. Jedním ze zdrojů nejistot, které jsou v prezentovaných odhadech obsaženy,



je skutečnost, že použitá satelitní data zachycují stav veškeré vegetace (tedy nejen cukrové řepy) na orné půdě v daném regionu. K takovému postupu bylo nutné přistoupit zejména z důvodu nedostupnosti informací o prostorové identifikaci půdních bloků s cukrovou řepou za víceletý časový úsek (ideálně od roku 2000) a také základního prostorového rozlišení senzoru MODIS (250 m), které se osvědčilo pro hodnocení regionálních výnosů. Kvalitativní posun by měl být v budoucnu možný za předpokladu dostatečně dlouhé historie dostupných dat s přesnou prostorovou identifikací půdních bloků s cukrovou řepou (např. za využití údajů z jednotných žádostí) a za využití systémů DPZ s vyšším prostorovým rozlišením. Například senzory družice Sentinel-2 pracují s vyšším rozlišením (10 m na pixel), nicméně snímky jsou k dispozici teprve od června 2015 a dostatečné množství dat pro analogické analýzy lze očekávat až během následujících let. S určitou nepřesností prezentované metody je třeba počítat i proto, že pomocí DPZ jsme schopni hodnotit pouze stav listového aparátu, a nikoliv přímo velikost bulev či konkrétní počet jedinců na plochu. Predikovaná úroveň výnosů odpovídá očekávanému plošnému průměru za daný kraj jako celek, přičemž situace v rámci podrobnějšího prostorového členění může být různá (pro části krajů, okresů či samotnou úroveň pozemků). Důvodem je rozdílná produktivita konkrétních území, způsob hospodaření a vliv lokálně specifických povětrnostních podmínek v rámci dané sezony. Upřesnění by bylo např. možné v případě dostupnosti výnosových dat pro menší území (např. okresy), pro které by mohla být popisovaná metoda individuálně kalibrována. Prezentovaná spolehlivost předpovědi zohledňuje přesnost vybraných metod v rámci hodnoceného území a současně pravděpodobné rozpětí vlivu podmínek, které nastanou v následujícím období, tj. od aktuálního data vyhodnocení družicových snímků do sklizně. Dojde-li k výskytu mimořádných podmínek (v porovnání s podmínkami za období od roku 2000), může být reálná spolehlivost předpovědi, oproti uvedeným hodnotám, snížena. Dále je třeba přihlídnout k trendu ve vývoji průměrných výnosů, které byly jiné v období po roce 2000 a jiné v nedávných ročnících, a ne všechny faktory je možné zachytit prostřednictvím DPZ (jako jsou odrudová skladba, kvalita osiv, výběr pozemků apod.). Roli mohou sehrát i změny půdních vlastností v důsledku hospodaření či rozdílného zpracování (16), způsobů pěstování či sklizně. V rámci jednotlivých sezon pak mohou mít vliv i určité změny v plošném zastoupení plodin a odrůd plodin pěstovaných na orné půdě.



## Závěr

Předkládaná studie prezentuje aktuálně dostupnou metodu pro odhad výnosů cukrové řepy, jejímž prostřednictvím je možné získávat první relevantní odhady již v průběhu měsíce června, přičemž predikce mohou být v dalším průběhu sezony upřesňovány na základě zaznamenaných dat. Mezi přednosti tohoto přístupu patří skutečnost, že se jedná o zcela nezávislou metodu na pozemních pozorováních a je možné srovnatelným způsobem mapovat rozsáhlá území. Z výsledků vyplývá, že tento postup může nabídnout cenný paralelní nástroj k tradičním postupům, jako jsou vzorkování porostů či hodnocení vývoje agrometeorologických podmínek včetně dostupnosti půdní vláh a výskytu epizod sucha. Tyto ukazatele jsou uživatelům k dispozici např. prostřednictvím webových stránek [www.intersucho.cz](http://www.intersucho.cz). Autoři studie současně pracují s předpovědními modely na stejných základech i pro další významné zemědělské plodiny (na úrovni krajů i okresů) a výsledky jsou pro aktuální sezony zveřejňovány na webovém portálu [www.vynosy-plodin.cz](http://www.vynosy-plodin.cz), který je volně přístupný široké veřejnosti.

*Článek byl vytvořen za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I, číslo projektu LO1415 a projektu NAZV QJ1610072 „Systém pro monitoring a předpověď dopadů zemědělského sucha“.*

## Souhrn

Studie ukazuje současnou dostupnou metodu pro odhad krajských výnosů cukrové řepy pomocí dálkového průzkumu Země. Konkrétně byl na základě vegetačních indexů NDVI, EVI a EVI2 pocházejících ze senzoru MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) umístěného na družici Terra vyvinut model, který byl následně použit pro Českou republiku. První relevantní predikce krajských výnosů lze očekávat v červnu. Předpovědi mohou být průběžně aktualizovány podle zaznamenaných dat až do poloviny srpna, kdy je relativní chyba předpovědi okolo 10 % pro většinu krajů a např. pro Jihomoravský kraj, který trpí častým suchem, je to méně než 6 %. Mezi výhody prezentovaných odhadů patří nezávislost na pozemních pozorováních a možnost mapovat rozsáhlá území. Výsledky ukazují, že tento postup nabízí validní paralelní nástroj k tradičním postupům, jako jsou vzorkování porostů nebo hodnocení vývoje agrometeorologických podmínek včetně dostupnosti půdní vláh a výskytu epizod sucha.

**Klíčová slova:** vegetační indexy, družicové snímkování, MODIS, sucho, monitoring.

## Literatura:

1. Český statistický úřad, 2017, [online] <https://www.czso.cz>.
2. DORIGO, W. A. ET AL.: A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. *Int. J. Appl. Earth Observation and Geoinform.*, 9, 2007 (2), s. 165–193.
3. BOLTON, D. K.; FRIEDL, M. A.: Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 173, 2013, s. 74–84.
4. BECKER-RESHEF, I. ET AL.: A generalized regression-based model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2010 (6), s. 1312–1323.
5. SON, N. T. ET AL.: A comparative analysis of multitemporal MODIS EVI and NDVI data for large-scale rice yield estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197, 2014, s. 52–64.
6. JOHNSON, D. M.: A comprehensive assessment of the correlations between field crop yields and commonly used MODIS products. *Int. J. Appl. Earth Observation and Geoinform.*, 52, 2016, s. 65–81.

7. ROUSE, J. W. ET AL.: 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proc. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Goddard Space Flight Center, NASA SP-351*, United States: Science and Technical Information Office, NASA, Washington, DC, s. 309–317.
8. HUETE, A.; JUSTICE, C.; LIU, H.: Development of Vegetation and Soil Indexes for Modis-Eos. *Remote Sensing of Environment*, 49, 1994 (3), s. 224–234.
9. GAO, X. ET AL.: Optical-biophysical relationships of vegetation spectra without background contamination. *Remote Sensing Environ.*, 74, 2000 (3), s. 609–620.
10. HUETE, A. ET AL.: Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 2002 (1–2), s. 195–213.
11. JIANG, Z. ET AL.: Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112, 2008 (10), s. 3833–3845.
12. HUETE, A. ET AL.: 2011 MODIS Vegetation Indices. In RAMACHANDRAN, B. ET AL. (EDS.): *Land Remote Sensing and Global Environmental Change: NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS*. New York: Springer New York, s. 579–602.
13. BROWN, J. ET AL.: Application-Ready Expedited MODIS Data for Operational Land Surface Monitoring of Vegetation Condition. *Remote Sensing*, 7, 2015 (12), s. 15825.
14. JUSTICE, C. O. ET AL.: An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing Environ.*, 83, 2002 (1–2), s. 3–15.
15. BÜTTNER, G.; KOSZTRA, B.: *CLC2006 Technical Guidelines*. Technical report 17/2007.
16. MÜHLBACHOVÁ, G.; KUSÁ, H.; RŮŽEK, P.: Soil characteristics and crop yields under different tillage techniques. *Plant Soil Environ.*, 61, 2015 (12), s. 566–572, doi: 10.17221/567/2015-PSE.

## **Hlavinka P., Meitner J., Lukas V., Semerádová D., Trnka M.: Predictions of Regional Sugar Beet Yields in Czech Republic from Satellite Imagery**

The study presents a currently available method for estimating of sugar beet regional (at NUTS 3 level) yields using remote sensing. A model was derived based on the NDVI, EVI and EVI2 vegetation indices from the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor aboard the Terra satellite and it was then used in the Czech Republic. The first relevant regional yields estimates could be available in June. The predictions can be further refined in the course of the season based on the recorded data up to mid-August with the relative error around 10% for majority of regions; for example in the case of the drought-prone South Moravian Region this error is less than 6%. Some of the advantages of this approach are its complete independence of ground observations and the possibility to map large areas. The results suggest that this process can offer a valuable parallel tool to traditional practices such as plant sampling and evaluation of agro-meteorological conditions, including the availability of soil moisture and the occurrence of drought episodes.

**Key words:** vegetation indices, satellite imagery, MODIS, drought, monitoring.

---

### **Kontaktní adresa – Contact address:**

Mgr. Jan Meitner, Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v. v. i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno, Česká republika, e-mail: meitner.j@czechglobe.cz