

Sklízeče cukrové řepy a možnosti mapování výnosu při sklizni

SUGAR BEET HARVESTERS AND POSSIBILITY OF YIELD MAPPING DURING HARVEST

Jiří Mašek, Petr Heřmánek, Pavel Procházka – Česká zemědělská univerzita v Praze

Pěstování cukrové řepy má v naší republice dlouholetou tradici. I přes problémy, jež se na trhu s touto komoditou vyskytují v posledních několika letech, je stále mnoho zemědělských podniků, které mají cukrovku zařazenou ve svých osevních postupech na nezanedbatelné ploše. Technologie pěstování cukrovky se v současné době soustřeďuje na geneticky jednodušší osivo, které vyséváme do řádků vzdálených od sebe 450 mm (500 mm) při vzdálenosti rostlin v řádku 0,2 až 0,3 m, což znamená přibližně 80 000 jedinců na 1 ha. Zaměříme-li se na stroje pro sklizeň, je třeba uvést hlavní požadavky zemědělců na tuto poměrně nákladnou mechanizaci. Sklizeň cukrovky probíhá v podzimních, většinou mimořádně náročných klimatických podmínkách. Tyto extrémní podmínky kladou náročné úkoly na výrobce strojů pro sklizeň cukrovky.

Moderní sklízeč cukrové řepy by měl splňovat následující kritéria:

- Vysoká hodinová výkonnost – tu můžeme považovat za nejdůležitější faktor, obzvláště pokud je podzim velmi mokrý a sníh spolu s mrazy přijde brzo, je třeba sklídit úrodu v co nejkratším čase.
- Hmotnost stroje ovlivňující měrný tlak na půdu je na mokrých půdách v sychravém podzimu dalším limitujícím faktorem, neboť riziko nežádoucího zhutnění a zhoršení půdní struktury je větší než kdykoliv jindy. Správně zvolený typ, velikost, huštění a kvalita pneumatik v závislosti na celkové hmotnosti sklízeče je tedy dalším, velmi důležitým ukazatelem pro kvalitní sklizeň.

- Čistota bulev přímo ovlivňuje cenu, kterou zemědělec obdrží od cukrovaru. Částka, kterou zemědělec dostane za tunu dodaných bulev řepy je závislá nejen na cukernatosti, ale také na obsahu příměsí dopravených spolu s bulvou ke zpracovateli, a proto je požadováno kvalitní čištění bulev ve stroji. Obsah zeminy má být v toleranci 6–9 %.
- V neposlední řadě je nutné zmínit procento ztrát, které by nemělo překročit za příznivých podmínek 2 % (za extrémních podmínek však mohou dosahovat hodnot i kolem 15 %). Ztráty mohou být způsobeny buď nevyoráním, hrubým či mírným poškozením bulev.

Všechny tyto ukazatele musí moderní sklízeče cukrové řepy splňovat, aby byly konkurenceschopné a také šetrné k půdní struktuře.

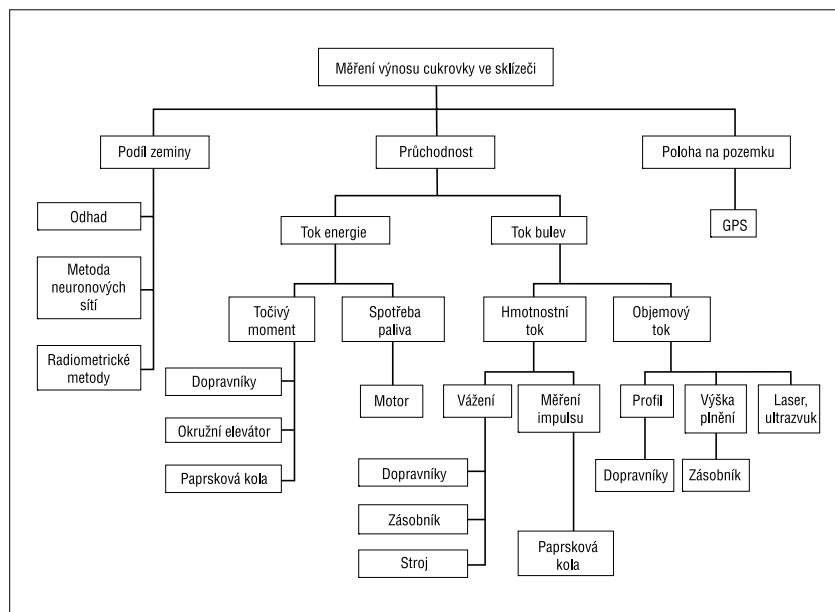
Technologický postup sklizně cukrovky

V dnešní době se používá způsob sklizně ořezávací (pomritzský), tj. na bulvě usazené v půdě se odřeže chrást a teprve poté se bulva vyorá a očistí. Dříve používaný způsob vytahovací, kdy se nejprve vyorá celá bulva i s chrástem a následně dochází k odříznutí chrástu, se z důvodu menší přesnosti ořezávání a tím i větších ztrát na skrojku nepoužívá. Dříve se skrojek s chrástem sklízel a využíval jako krmivo pro skot. S poklesem stavu skotu a přechodem k modernímu způsobu výživy s komplexní celoroční krmnou dávkou se od sklizně chrástu upustilo. Chrást se rozmetá zpět na povrch půdy a po zapravení působí jako velmi hodnotné organické hnojivo pro následné plodiny. Zde je nutné poznamenat, že chrást musí být po pozemku rozmetán rovnoměrně, jinak vznikají problémy při následném zapravení chrástu do půdy a potom také při zakládání porostu i vzházení následné plodiny.

Vlastní sklizeň cukrovky může probíhat v několika fázích. Podle toho ji rozdělujeme na přímou (jednofázovou) a dělenou, většinou dvoufázovou.

Dělená sklizeň znamená, že základní činnosti sklizňového stroje – ořezávání, vyorání, čištění a nakládání bulev – vykonává více strojů, které uvedené činnosti různě kombinují (např.: dvoufázová sklizeň = ořezávač + vyorávací nakladač..., třífázová sklizeň = ořezávač + vyorávací + sběrací nakladač). Dělená sklizeň má tu výhodu, že bulva leží na povrchu pozemku a zemina na ní ulpěná za příznivého počasí zaschne a snadno z bulvy od-

Obr. 1. Schematické znázornění principů monitorování výnosu (3)



padne je při následném sběru a čištění. Nevýhodou je zvýšený počet přejezdů mechanizačních prostředků po sklizeném pozemku, který vede k nežádoucímu zhutnění půdy.

Současný trend směřuje spíše ke sklizni přímé. Při tomto způsobu sklizně vykonává všechny operace pouze jeden stroj, takže při jediném přejezdu je bulva seřiznuta, vyorána, očištěna a dopravena do zásobníku stroje. Ze zásobníku jsou bulvy přeloženy vykládacím dopravníkem buď do odvozového prostředku nebo na hromadu (polní skládku) při okraji pozemku. Vývoj těchto sklízečů pro jednofázovou sklizeň se ubírá směrem k větším a výkonnějším samojízdňým strojům s obvykle šestiřádkovým vyorávacím ústrojím. Objem zásobníků se pohybuje podle typu stroje od 10 do 25 m³ (až 40 m³, cca 26 t – Ropa). Výkonnost sklízečů je cca 1,0–1,5 ha za hodinu. Menší stroje připojované za traktor se stále v podnicích střední velikosti používají, jsou ale často nahrazeny již zmíněnými stroji samojízdňými.

Další manipulace s cukrovkou

Z hromad na okrajích pozemků nebo z dalších meziskladů se cukrovka překládá na odvozové prostředky a je odvážena do cukrovarů. Jelikož náklady na dopravu řepy do cukrovarů nejsou zanedbatelné, je ekonomické tyto náklady minimalizovat. Jednou z možností je co nejvíce snížit množství příměsí (zeminy), a proto se v poslední době používají na překládání a dočištění bulv nakladače s integrovaným dočišťovacím zařízením pro další redukci nežádoucích půdních příměsí. Dočišťovací nakladače vyrábí velcí výrobci sklízečů, jako je Ropa, Kleine či Holmer. Výkonnost těchto strojů je poměrně vysoká, 150–200 t naložené řepy za hodinu. Velmi výhodné je použití těchto nakladačů tehdy, je-li polní skládka bulv umístěna blízko zpevněné komunikace. Pak odvozové prostředky, ve většině případů nákladní automobily, nemusí vůbec zajíždět do pole, a tím opět chráníme půdu před nežádoucí zhutněním.

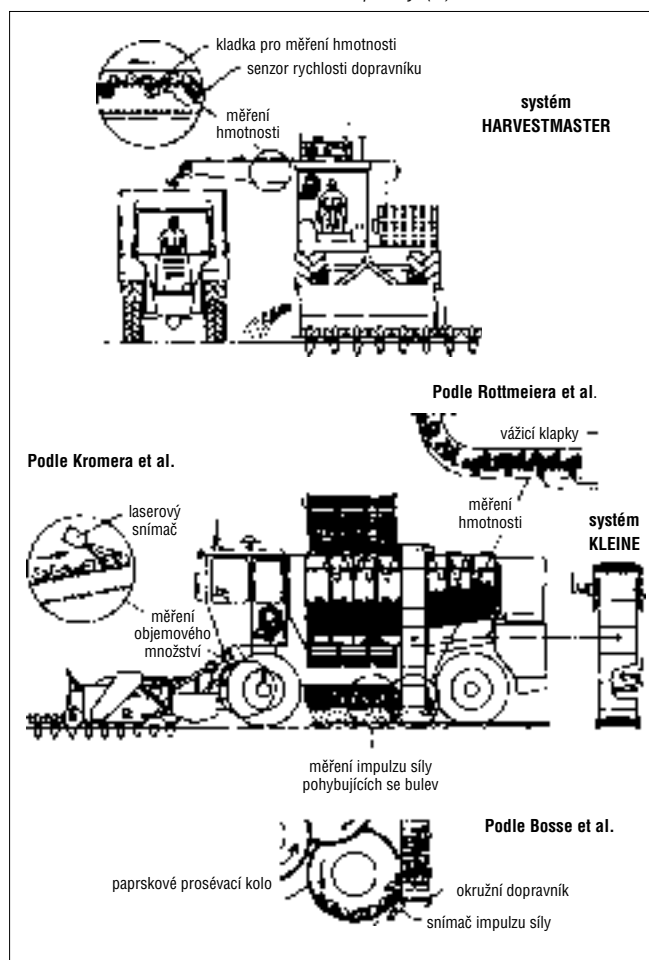
Využití precizního zemědělství při sklizni cukrovky

Pěstování cukrovky staví z pohledu hladiny výnosů vysoké nároky na produkční techniku. Celý technologický proces od vyorání až po zpracování v cukrovaru je vzájemně provázaný a znalost okamžité hmotnosti by výrazně ulehčila organizaci: cukrovary očekávají vysoký obsah cukru, málo škodlivých látek a nízký podíl zeminy stejně tak dodávky ve správném termínu. Dopravci požadují pro svoji logistiku data o množství a místě skládky řepy. Díky vzájemné závislosti mezi růstem řepy a úrodností půdy zajišťují výnosová data poznatky pro plošně specifické obdělávání, především s působností v osevních postupech.

Ke kontinuálnímu získávání dat o sklizené řepě se používají různá řešení, ale žádné dosud není v praxi plně ověřené a nasazené do plného provozu (obr. 1.). Přesnost měření je připravená na malou hmotnost dílčí plochy. Průchodnost při 20 kg.s⁻¹ pro pracovní záběr 3 m dává dílčí množství bulv na až třicet metrové trase dopravníků sklízeče i více než 600 kg.

Ve zkouškách je mnoho různých systémů (obr. 2.), které dokáží ve spolupráci s GPS přijímačem vytvořit výnosovou mapu daného pozemku (1). Jedním ze způsobů je využití vážících kladek nesoucích okružní elevátor, které zváží hmotnost bulv elevátorem unášených. U moderních sklízečů je ale tento dopravní úsek velmi krátký, takže tam není dostatečná délka vodorovné části dopravníku pro umístění vážících mechanismů.

Obr. 2. Osazení sklízeče měřicími prvky (1)

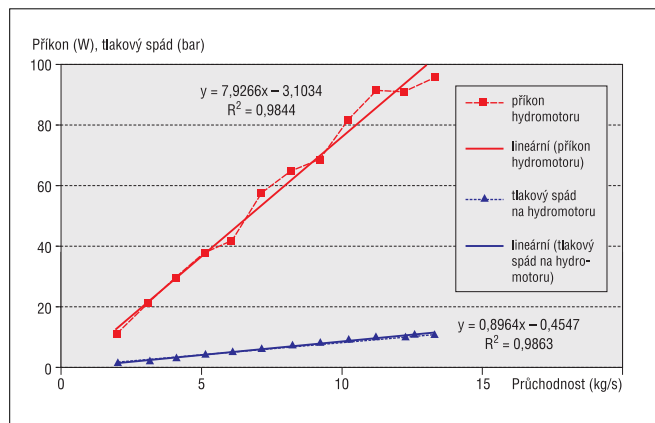


Paprsková kola totiž dopravují bulvy právě do blízkosti přechodu okružního elevátoru z vodorovné do svislé roviny. Tento měřicí systém je vyvíjen v Anglii, Německu i v USA. Ve sklizečích firmy Grimme pro sklizeň brambor je však již použit. Jednotlivé přepady řepy mezi dopravníky umožňují instalovat pásové váhy do dopravních tras, nebo na výstupu z dopravníku měřit nárazovou energii odhazovaných bulv. Takovéto zařízení umístěné na místě vodícího plechu vyžaduje ale volný prostor, čímž se zmenšuje užitečný objem zásobníku (1).

Další cestou je zaznamenání každé řepy, kde cesta je buď v měření objemu nebo počtu kusů. Mechanický hmatač (firma TSD) nebo laserové čidlo (Institut für Landtechnik Bonn) udávají počet kusů vstupujících na dopravník. Tato naměřená hodnota musí dostatečně korelovat právě s hmotností řepy (2). Na podobném základu je založeno i měření objem-kus. Kdy počet a průměr řepy je měřen během procesu seřezávání hlavy bulvy. Laserový paprsek zde snímá jak počet kusů bulv jdoucích do sklízeče, tak průměr seřiznuté části bulvy (3). Jako kritický moment se u tohoto systému jeví kalibrování. Zcela jistě koreluje průměr po seřiznuté části s hmotností řepy a také s množstvím řepy vstupujícím do dopravníku. Naměřené hodnoty vykazují velmi silnou závislost. Rozptyl může být specifický podle dílčí plochy, kdy třeba druh a struktura půdy či dosažitelnost vody mohou ovlivňovat tvar bulvy. Naopak výhodou je, že pro kalibraci se používá hmotnost čisté řepy, tedy bez příměsí uhlé zeminy (4).

Alternativou k této metodě jsou systémy, které jsou schopny zachytit hmotnost řepy i při velké průchodnosti na dopravníku.

Obr. 3. Závislost příkonu a tlakového spádu hydromotoru na průchodnosti materiálu



Okružní elevátor je jako jeden z nejčastěji používaných dopravníků pro osazení vážicími elementy. Nevýhodou jsou ale vysoké jednotlivé hmotnosti a mechanické kmitání během provozu, které může mít vliv na přesnost informací. Z toho plyne jediná možná cesta, jak nějakým způsobem zjistit hmotnost řepy, která je dopravována nahoru do zásobníku. Měřena může být buď síla na vodičích otočných kladkách dopravníku nebo příkon pro pohon okružního elevátoru. Současně se záznamem o hmotnosti řepy je zaznamenávána poloha od GPS přijímače. Data o poloze sklízecí jsou v době pohybu řepy sklízecím od vyorávacího ústrojí k elevátoru asi o 10 s zpožděna. Všechna důležitá data jsou zobrazována na kontrolním displeji. Systém je nutné použít, až když hydraulický olej dosáhne své pracovní teploty, jinak jsou hodnoty zkresleny. Stejně tak podle specifických podmínek – vlhká nebo suchá půda – lze systém korigovat.

Materiál a metody

Pro zjišťování průchodnosti bulev cukrovky bylo provedeno laboratorní měření na modelu sklízecí, kde byly simulovány různé průchodnosti. Pro pohon byl navržen samostatný hydraulický obvod, jehož součástí je rotační hydromotor, který pohání prutový prosévací dopravník. Na tomto hydromotoru je měřen tlakový spád hydraulického oleje v obvodu. Z rozdílů tlaků a hodnoty průtoku lze určit příkon hydromotoru a následně pak porovnat tuto hodnotu s průchodností hmoty na dopravníku. Tento měřicí systém je založen na měření diference mezi příkonem pohonu



zatíženého a nezatíženého dopravníku. Zjišťuje se jako naměřené rozdíly tlaku hydraulického oleje pro pohon v hydromotoru a variability rychlosti (otáček) dopravníku. Pro nasazení na poli je samozřejmostí doplnění o senzor pro určení polohy stroje. Z naměřených hodnot a ze zjištěné skutečné hmotnosti bulev je vypočten kalibrační faktor.

Před a za spotřebičem (hydromotorem) jsou připojeny snímače měřicí aparatury. Vlastní měřicí aparatura obsahuje komponenty od firmy Hydrotechnik GmbH. Pro měření tlaku byly použity piezoelektrické snímače. Tento typ snímačů má velký odpor a malý svod, dobrou linearitu i stabilitu. Další výhodou jsou malé rozměry, které využijeme v dalších letech výzkumu na konkrétních sklízecích strojích v polních podmínkách. Vlastní snímač je typu HT-PD s rozsahem měření 0 až 20 MPa a chybou měření ± 1 %. Měření průtoku kapaliny v hydraulickém obvodu je realizováno snímačem, který pracuje na principu průtoku kapaliny přes ozubená kola. Jelikož chování oleje ovlivňuje do značné míry jeho viskozita, je nutné sledovat teplotu a po dobu měření ji udržovat na stejné hodnotě. Pro měření teploty byl použit odporový teploměr typu Pt-100 s přesností $\pm 0,01$ °C. Olej v obvodu je tedy nutné zahřát na běžnou provozní teplotu. Poté je již zaručena konstantní viskozita oleje bez nepříznivých vlivů na přesnost měření. Všechny údaje od výše uvedených snímačů jsou zaznamenávány a přenášeny do pracovního počítače.

Výsledky laboratorního měření průchodnosti

Z naměřených hodnot pro frekvenci otáčení prutového prosévacího dopravníku 100 min^{-1} , byl sestaven graf (obr. 3.) a lze konstatovat, že sledováním příkonu a tlakového spádu na hydromotoru je možné určit průchodnost materiálu na prutovém prosévacím dopravníku. Podle závislosti příkonu a tlakového spádu na průchodnosti bulev ověřené v laboratorním zařízení je patrné, že průběh je lineární. V obou případech výsledky ukazují na 98% variabilitu naměřených hodnot. Z výsledků je také patrné, že pro sledování průchodnosti může postačit sledování pouze tlakového spádu na hydromotoru za předpokladu, že se nebude měnit frekvence otáčení pohonu prutového prosévacího dopravníku, což v praxi skutečně nenastává.

Příměsí zeminy patří tradičně ke sklizni cukrovky. Pro měření výnosu je nutné podíl zeminy minimalizovat. Ten kolísá podle půdního druhu a místních půdních podmínek. Je možné zajistit regulaci paprskových kol, kdy při zvýšeném podílu zeminy se zvýší jejich otáčky, a tím se značná část zeminy odstraní. Tento systém však ještě není plně funkční, a tak se naměřené hodnoty výnosu korigují na střední obsah ulpělé zeminy na bulvách.

Závěr

Ve vývoji sklízecí cukrovky (ale i brambor) vidíme posun ke strojům samojízdným. Pro zvyšování výkonnosti je patrné také zvyšování počtu sklizených řádků. Dále se setkáváme s úpravami, které snižují poškození sklizených produktů a snižují spotřebu lidské práce v přepočtu na 1 ha sklizené plochy.

Co se týče měření výnosů, tak přínosem měřicích systémů výnosu je to, že zemědělec může přizpůsobit veškerou práci místně specifickým podmínkám pozemku. Dopravci vědí, kolik tun řepy se nachází na té které skládce, a mohou tak upravit počet odvozových souprav. Cukrovary dostanou informaci o velikosti sklizené plochy i množství řepy a mohou tedy zpracování operativně řídit a kapacitu cukrovaru plně vytižit.

Souhrn

Sklízeče cukrovky, jež patří mezi jedny z nejdražších zemědělských strojů, hrají významnou roli v technologii pěstování řepy. Na kvalitě sklizně závisí celková ekonomická bilance pěstování. Při výběru rozhoduje, s ohledem na klimatické podmínky v průběhu sklizně, hodinová výkonnost, kvalita řezu skrojků, poškození bulev, schopnost odseparovat příměsi a celkové procento ztrát, jež by nemělo překročit 2 %. Se stále častějším využíváním precizního zemědělství roste poptávka i po systémech mapování výnosů i při sklizni cukrovky. V současné době je možné vybrat si z několika různých kontaktních i nekontaktních systémů. Využitím hydraulických pohonů dopravníků je možné hodnotit průchodnost materiálu z tlakové difference mezi zatíženým a nezatíženým dopravníkem. Po kalibraci systému je možné určit průchodnost velice přesně. Tento systém lze využít i pro jiné plodiny, například brambory.

Práce vznikla za podpory projektu MSM 6046070905.

Literatura

1. SCHWENKE T. ET AL.: Local Yield Detection in a Self-propelled Sugar Beet Harvester. In *Proc. of Conference Agricultural Engineering*, Düsseldorf: VDI Verlag, 2002, s. 253–258.
2. KROMER K.-H. ET AL.: Teilflächenspezifische Ertragsmessung bei Zuckerrüben. *Landtechnik, Landwirtschaftsverlag*, 56, 2001 (1), s. 26–27.
3. SCHMITTMANN O., KROMER K.-H.: Teilflächenspezifische Ertragsmessung von Zuckerrüben. In *Proc. of Conference Agricultural Engineering*, Düsseldorf: VDI Verlag, 2002, s. 259–264.
4. KONSTANTINOVIC M. ET AL.: Yield mapping of sugar beet using ultra wideband radar – Methodology and first research results. In *Proc. of Conference Agricultural Engineering*, Düsseldorf: VDI Verlag, 2005, s. 497–502.

Mašek J., Heřmánek P., Procházka P.: Sugar beet harvesters and possibility of yield mapping during harvest

The sugar-beet harvesters which are one of the most expensive machines in agriculture play an important role in sugar-beet production system. The positive economic balance of production depends on harvest quality. It is necessary take care by choosing the machine about capacity of machine, cut quality, separation of adulterants, damages minimization and total percent of losses cannot be higher than 2 %. The precision farming system is more frequently in contemporary agriculture. There is run for yield mapping systems by sugar-beet harvest. It is possible to choose several contact and contactless systems for yield mapping at the present time. Thanks to hydraulic drive in harvest machines is possible to use hydraulic pressure drop for evaluation of material feed rate according to load and unload conveyor belt. The accuracy of system is very good after calibration. It can be use for other crops – potatoes, etc.

Key words: sugar-beet harvester, technology of harvest, yield mapping, precision farming.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jiří Mašek, Ph. D., Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů, Kamýcká 129,165 21 Praha 6 Suchbátka, Česká republika, e-mail: masekj@tf.czu.cz