

## OVĚŘENÍ VÝNOSOVÉHO MONITORU ACT 40 PRO SYSTÉM PRECIZNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ

M. Hrůza, F. Bauer

**Došlo: 6. května 2008**

### Abstract

HRŮZA, M., BAUER, F.: *Verify yield monitor ACT 40 for precision farming system*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 5, pp. 97–104

One of the most important parts in a precision farming system is the crop yield mapping. The pre-processing of the point data from combine harvesters, the transfer of the yield data onto the management grid and the interpolation of the yields are discussed, as well as using of the yield data themselves. The goal of the contribution was to verify, with the help of the field measuring on two stations, the dependence of the yield obtained by processing of the measured yield data from the combine harvester (where the yield monitor is installed) on the weighted yield. This is because of yield variability, which is the basic dependent variable of majority belonging to the rest kinds of field variation that provides the basic information about the field. Afterwards it is possible to transfer the yield data as the base for the variable application of the fertilizer. By this we access yield effects for the different site – specific treatment.

precision farming, yield variability, yield monitor

Zavedením nových technologií, především satelitní navigace (GPS), technologie variabilní aplikace, začínáme koncem 80. let minulého století hovořit o novém systému hospodaření označovaném jako lokálně specifické zemědělství (Site Specific Farming), u nás spíše známé jako „precizní zemědělství“. Precizní zemědělství se odlišuje od klasického konvekčního systému především ve změně chápání produkční jednotky (Lipavský, 2000).

S rozmanitostí, tedy s variabilitou se podle Webster a Olivera (2001) můžeme setkat ve všech aspektech. V systému precizního zemědělství se nepřístupuje k pozemku jako homogennímu celku, tak jak tomu je při tradičním způsobu hospodaření, ale přistupujeme k jednotlivým dílčím plochám pozemku individuálně na základě informací o prostorových změnách měřených veličin. Dle variability veličin (Mulla a Scharpers, 1995), (Pierce a Nowak, 1999) definují precizní zemědělství jako aplikaci technologií a principů k řízení prostorové a časové variability, spojené se všemi aspekty zemědělské produkce za účelem zlepšení vývoje porostů a lepšího přístupu k okolnímu prostředí. Systém precizního zemědělství lze rozdělit na čtyři základní kroky: zjišťování variability (výnosová data, bodové odběry), zpracování měře-

ných dat, vyhodnocení a návrh opatření. Proto, aby systém byl funkční, potřebujeme technologii pro zaměření polohy (GPS), dále zařízení pro sběr polohově zaměřených dat (IDI – monitor), systém pro zpracování a vizualizaci dat (GIS) a zařízení pro variabilní aplikaci (VRT).

Základní informace o variabilitě pozemku můžeme získat na základě výnosových dat sklízecí mlátičky. Výnosy zemědělských plodin popisují nejen obsah přístupných živin v půdě, které pěstované plodiny potřebují pro svůj růst a vývoj (Hlušek, 2002), ale také i celou řadu fyzikálních a fyzikálně chemických vlastností, které se podílejí na vytvoření půdní úrodnosti. Příčiny heterogenity půdní úrodnosti jsou různé a nejčastěji spočívají v rozdílném genetickém základu půd v jednotlivých částech pozemku (Bauer, 2000). Výnosová data pozemku představují soubor informací v průběhu sklizně získaných od výnosového monitoru sklízecí mlátičky. Výnosové mapy v jednom nebo více rocích, popřípadě jejich kombinace, slouží jako základní informace pro výživu rostlin (Ostergaard, 1995). Kombinace různých souborů týkajících se úrodnosti půdy zlepšují využití produkčního potenciálu obhospodařované plochy (Lipavský, 2000).

Cílem předloženého příspěvku bylo ověřit polním měřením závislost výnosu získaného zpracováním měřených výnosových dat sklízecí mlátičky s výnosem získaného skutečnými vážením sklizené plochy.

## MATERIÁLY A METODY

Pro zjištění kvality dat výnosového monitoru a následného zpracování byla navržena metodika srovnávacího měření výnosu zaznamenaného výnosovým monitorem a skutečně sklizeného výnosu sklízecí mlátičkou. Pro pokusy byly vybrány dva pozemky v lokalitě obce Oleksovice a v lokalitě obce Čejkovice.

Pozemek Oleksovice se nachází v teplém suchém regionu v nadmořské výšce 225 m. Hlavní půdní jednotku tvoří černozemě modální a černozemě modální karbonátové na spraši s mocností 0,3 až 0,7 m s velmi propustným podložím. Terén je rovinatý až mírně skloněný max. do 1°. Půda je bez skeletu, až slabě skeletovitá.

Pozemek Čejkovice se nachází v teplém suchém regionu v nadmořské výšce 211 m. Průměrné teploty a úhrny dešťových srážek jsou uvedeny v Tab. I. Hlavní půdní jednotku tvoří černozemě modální a černozemě pelitické, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu více než 50 % na sprašových a svahových hlínách s mocností 0,3 až 0,7 m. Terén je rovinatý až mírně skloněný do 3°. Půda je bez skeletu, až středně skeletovitá.

I: Průměrné teploty ve °C a úhrny dešťových srážek v mm ve sledovaných lokalitách (dlouholetý průměr let 1951–1980)

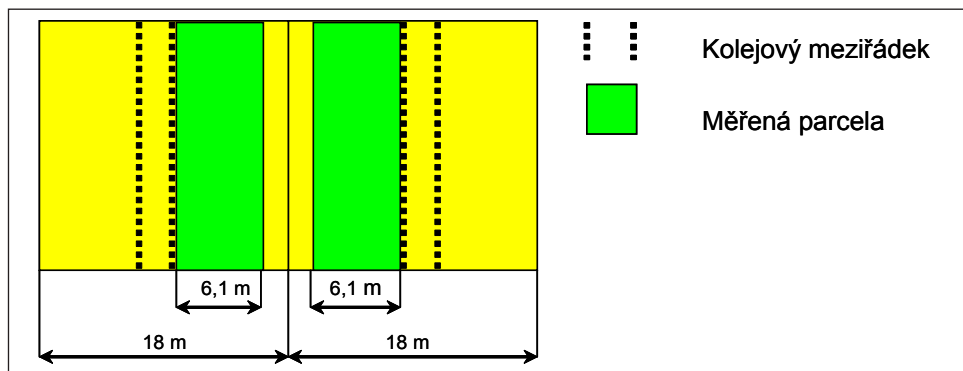
Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměrná teplota a suma srážek za rok
Teplota	-1,9	-0,2	3,8	9,1	13,8	17,3	18,7	17,8	14,1	8,9	4,4	0,3	8,8 °C
Srážky	21	18	21	30	48	74	68	53	31	27	31	23	443 mm

Pozemky byly sklizeny sklízecí mlátičkou John Deere 2064 s instalovaným výnosovým monitorem ACT 40 (Obr. 1). Sklízecí mlátička sklízela 16 parcel na pozemku, vždy na plný záběr lišty (Bp = 6,1 m) podle schématu sklizně, viz Obr. 2. Po každém průjezdu sklízecí mlátičky byl obsah zásobníku, sklizená hmotnost zrna z parcely, zvážen na mobilní tenzometrické váze typ Weight Vagon s deklarovanou přesností vážení  $\pm 1$  kg (Obr. 3). Délka sklizené parcely byla změřena teodolitem (geodetickým zařízením) s přesností 0,1 m. Z jednotlivých parcel byly odebrány vzorky na stanovení vlhkosti sklizeného zrna, která byla měřena vlhkoměrem Tripette-Renaud TM/ TM NG/ AQUA TR II. Z naměřených hodnot byl vypočten výnos měřené parcely.

Průběh výnosu byl zaznamenáván výnosovým monitorem s palubním informačním systémem ACT 40. Princip znázorňuje Obr. 4.



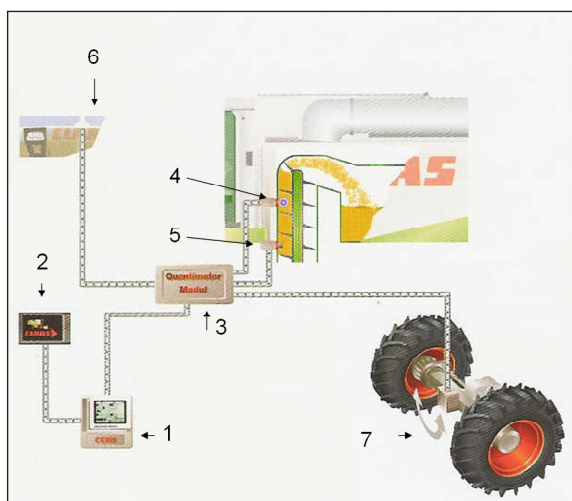
1: Sklizeň parcely sklízecí mlátičkou John Deere 2064



2: Schéma rozložení parcel na pozemku



3: Mobilní tenzometrická váha Weight Vagon



4: Schéma funkce výnosového monitoru s palubním informačním systémem ACT 40

- 1 – palubní informační systém ACT 40
- 2 – paměťová karta PCMCIA
- 3 – řídicí jednotka – Qantimert
- 4 – fotoelektrický snímač
- 5 – vlhkoměr
- 6 – GPS přijímač
- 7 – senzor přední nápravy.

Výnosový monitor každých pět sekund zaznamenával údaje o poloze sklízecí mlátičky, získané pomocí přijímače GPS RACAL Landstar MK IV. K prostorově zaměřeným souřadnicím byly přiřazeny měřené údaje z ostatních senzorů nezbytných pro výpočet aktuálního výnosu. Palubní počítač z počtu impulsů za jednotku času, převodového poměru

a obvodu kola vypočítá pracovní rychlost. Z definovaného pracovního záběru sklízecí mlátičky byla vypočtena jednotka plochy za čas. K této ploše za čas byl vztažen i objem zrna, který prošel zrnovým dopravníkem. Objem byl vypočten z času průchodu paprsku napříč zrnovým dopravníkem. To vše bylo korigováno konstantou sklizené plodiny a úhlem příčného a podélného náklonu stroje. Software má tyto korekce naprogramovány.

Vlhkost zrna ( $w$ ) byla měřena také na zrnovém dopravníku. Systém bypass odvedl část zrna do měřicí kapsy, ve které byla měřena vlhkost. Po změření vlhkosti bylo zrno odvedeno do zpětné větve zrnového dopravníku. Záznam výnosů byl uložen na datovou paměťovou kartu PCMCIA. Pro postprocesní zpracování měřených dat byl použit program AGROMAP verze 7.00.

Nastavení zpracování: interpolační metoda kriging, poloměr 18 m, min. počet měření naměřených hodnot v poloměru 4, max. počet naměřených hodnot na sektor 10, max. počet neplatných sektorů na bod mřížky 4, normováno na skladovou vlhkost 14 %.

$$q_v = \frac{m_{14\%} \times 10}{Bp \times L} \text{ [t.ha}^{-1}\text{]}$$

$$m_{14\%} = m \times \frac{100 - w}{100 \times 0,86} \text{ [kg]}$$

- $q_v$  – výnos zrna při vlhkosti 14% [t.ha<sup>-1</sup>]
- $m_{14\%}$  – hmotnost sklizeného zrna z parcely, přepočteno na skladovou 14% vlhkost [kg]
- $m$  – hmotnost sklizeného zrna z parcely [kg]
- $w$  – vlhkost sklizeného zrna z parcely [%]
- $Bp$  – pracovní záběr [m]
- $L$  – délka parcely [m].

## VÝSLEDKY A DISKUSE

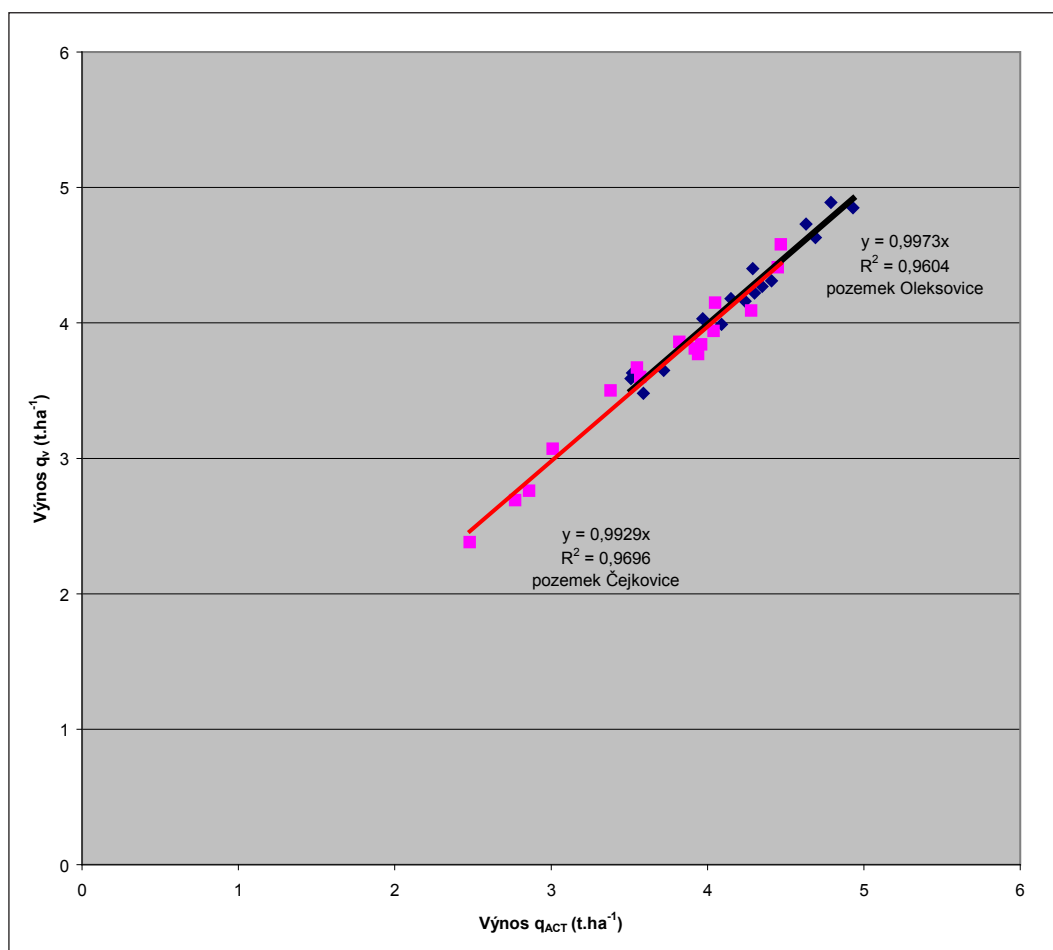
Z každého pozemku byly získány údaje o průměrném výnosu ze dvou popisovaných postupů měření. Průměrné výnosy byly přepočteny na standardizovanou skladovou 14% vlhkost. Průměrné výnosy parcel pozemků získaných vážením sklizeného množství zrna pšenice ozimé a průměrné výnosy parcel, dosažené zpracováním souboru dat sklízecí mlátičky pomocí softwaru AGROMAP verze 6.0 zpracovaných geostatistickou metodou kriging, jsou prezentovány pro pozemek Oleksovice v Tab. II a pro pozemek Čejkovice v Tab. III. Uvedený tabulkový rozdíl výnosů představuje odchylku v % od výnosu vypočítaného z měřených údajů a hmotnosti sklizeného zrna.

II: Výnos parcel získaný vážením na váze Weight Vagon a získaný pomocí palubního informačního systému ACT 40 sklízecí mlátičky John Deere 2064 – pozemek Oleksovice

Parcela p. č.	Délka L [m]	Vlhkost w [%]	Váženo		ACT 40	Rozdíl výnosů [%]
			Sklizené množství m [kg]	Výnos při 14% vlhkosti $q_v$ [t.ha <sup>-1</sup> ]	Výnos při 14% vlhkosti $q_{ACT}$ [t.ha <sup>-1</sup> ]	
1	494,5	18,5	1155	3,63	3,52	3,03
2	499,3	14,5	1100	3,59	3,51	2,23
3	512,1	13,3	1289	4,16	4,24	1,92
4	517,4	13,1	1259	4,03	3,97	1,49
5	529,5	13,1	1378	4,31	4,41	2,32
6	533,3	12,2	1332	4,18	4,15	0,72
7	542,7	12,8	1303	3,99	4,09	2,51
8	549,1	12,1	1517	4,63	4,69	1,30
9	558,8	12,7	1434	4,27	4,35	1,87
10	561,8	12,7	1425	4,22	4,30	1,90
11	569,8	12,5	1503	4,40	4,29	2,50
12	573,9	12,4	1626	4,73	4,63	2,11
13	574,4	12,4	1682	4,89	4,79	2,04
14	588,6	12,4	1710	4,85	4,93	1,65
15	300,6	12,0	654	3,65	3,72	1,92
16	283,7	12,1	589	3,48	3,59	3,16
Průměrný rozdíl výnosů						2,04

III: Výnos parcel získaný vážením na váze Weight Vagon a získaný pomocí palubního informačního systému ACT 40 sklízecí mlátičky John Deere 2064 – pozemek Čejkovice

Parcela p. č.	Délka L [m]	Vlhkost w [%]	Váženo		ACT 40	Rozdíl výnosů [%]
			Sklizené množství m [kg]	Výnos při 14% vlhkosti $q_v$ [t.ha <sup>-1</sup> ]	Výnos při 14% vlhkosti $q_{ACT}$ [t.ha <sup>-1</sup> ]	
1	281,5	513	11,6	3,07	3,01	3,03
2	283,1	400	11,7	2,38	2,48	2,23
3	283,9	456	12,1	2,69	2,77	1,92
4	284,5	468	12,0	2,76	2,86	1,49
5	284,5	750	12,3	4,41	4,45	2,32
6	284,0	775	12,0	4,58	4,47	0,72
7	283,7	703	12,1	4,15	4,05	2,51
8	284,2	693	12,1	4,09	4,28	1,30
9	283,8	649	12,6	3,81	3,92	1,87
10	285,4	643	12,3	3,77	3,94	1,90
11	285,6	653	11,8	3,84	3,96	2,50
12	286,0	670	11,8	3,94	4,04	2,11
13	286,0	598	12,2	3,50	3,38	2,04
14	285,1	655	11,8	3,86	3,82	1,65
15	284,9	620	11,6	3,67	3,55	1,92
16	284,2	609	11,9	3,60	3,57	3,16
Průměrný rozdíl výnosů						2,81



5: Závislost výnosu získaného vážením a palubním informačním systémem ACT 40

#### IV: Test regresní funkce (viz Obr. 5)

Pozemek	Regresní funkce	Koef. determinace
Oleksovice	$q_v = 0,9973q_{ACT}$	0,9604 ***
Čejkovice	$q_v = 0,9929q_{ACT}$	0,9696***

Vliv faktorů:

\*\*\* – vysoce významný ( $\alpha \leq 0,001$ )

Výsledky měření byly vyhodnoceny statisticky s využitím regresní analýzy. Naměřené hodnoty výnosů stanovené vážením sklizeného zrna z jednotlivých parcel a zjištěné pomocí informačního systému ACT 40 na sklízecí mlátičce byly vyneseny do grafu Obr. 5. Pomocí lineární regrese byly naměřené údaje proloženy přímkou. Statistická průkaznost regresní funkce byla ověřena F-testem. Z výsledku testu uvedeného v Tab. IV. je zřejmé, že testovaná regrese je statisticky vysoce průkazná ( $\alpha \leq 0,001$ ).

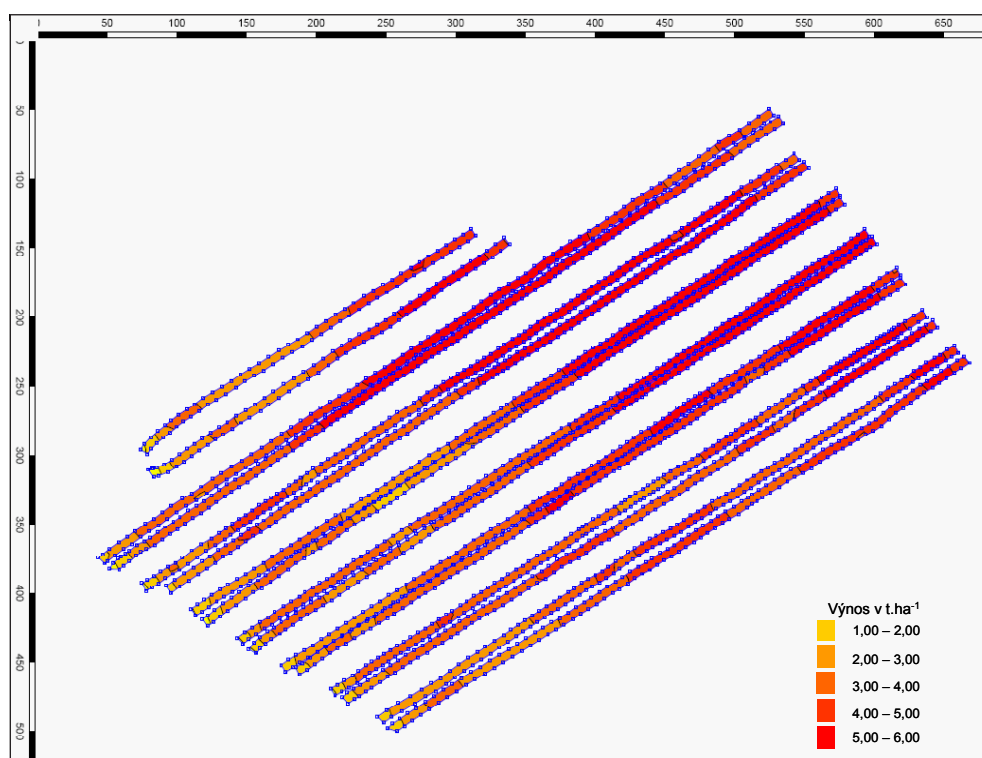
Praktickým výstupem geostatistického zpracování jsou výnosové mapy, které zobrazují rozložení výnosu naměřených hodnot. Jednotlivé mapy jsou zobrazeny na obrázku 6 a 7.

Vizualizace map je závislá na použitém softwaru. Použitý SW AGRO MAP verze 6.0 umožňuje navrhnout klasifikaci manuálně a pro zpracování využívá interpolační metodu kriging, která podle Brodského (2003) dosahuje nejlepší kvality odhadů na strukturních variabilitách, vytváří vyhlazený průběh s potlačením menších bodových změn. Potlačení je závislé na nastavení parametrů zpracování.

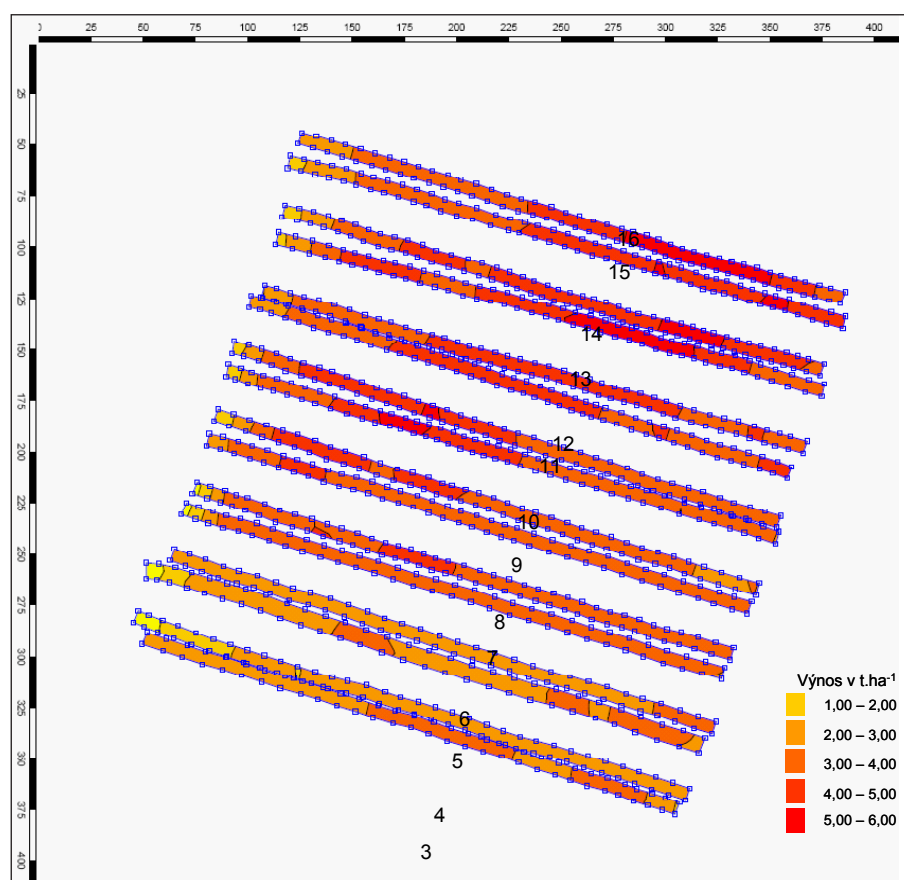
## ZÁVĚR

Cílem předloženého příspěvku bylo ověřit správnost zaznamenávaných hodnot výnosu systémem ACT 40. Za tímto účelem byla provedena polní měření, která prokázala shodu s údaji získanými z měřicího systému ACT 40 a skutečným vážením. Z provedené analýzy vyplývá, že výnosový monitoring pracoval s rozdílem 2,04 % a 2,81% oproti výnosu vypočteného z hmotnosti sklizeného zrna. Tato přesnost je plně dostačující pro získávání vstupních údajů pro systém precizního zemědělství. Na základě provedené analýzy můžeme konstatovat, že výnosové mapy jsou výchozí datovou vrstvou pro získání variability pozemků a data lze využít pro diferencovanou aplikaci hnojiv.





6: Pozemek Oleksovice výnosová mapa



7: Pozemek Čejkovice výnosová mapa

## SOUHRN

Pro ověření kvality měřených a zpracovaných dat výnosového monitoru byla na dvou stanovištích polním měření sledovaná závislost výnosu měřeného výnosovým monitorem na skutečném výnosu. Problematika byla řešena metodou srovnávacího měření výnosu zaznamenaného výnosovým monitorem ACT 40 instalovaného na sklízecí mlátičce John Deere 2064 se skutečně dosaženým výnosem získaného vážením sklizeného zrna z parcely. Na každém pozemku bylo měřeno celkem 16 měřicích parcel. Sklízecí mlátička sklízela měřicí parcely na plný pracovní záběr 6,1 m. Délka vysečené parcely byla přeměřena teodolitem. Po každém průjezdu sklízecí mlátičky byl obsah zásobníku zvážěn na mobilní tenzometrické váze typ Weight Vagon, s deklarovanou přesností vážení  $\pm 1$  kg. Z jednotlivých parcel byly odebrány vzorky na stanovení vlhkosti sklizeného zrna. Z naměřených hodnot byl vypočten výnos dané parcely a ten byl srovnán s výnosem ze zpracovaných měřených dat výnosovým monitorem.

Byla prokázána závislost výnosu ze zpracovaných dat výnosového monitoru ACT 40 na skutečně sklizeném množství. Z výsledků je patrné, že výnosový monitor je schopen pracovat s přesností, která je plně dostačující pro získávání vstupních údajů o variabilitě výnosového potenciálu do systému precizního zemědělství. Výnosové mapy v jednom nebo více sledovaných obdobích, popřípadě jejich kombinace, slouží jako základní informace pro diferencovanou výživu rostlin.

precizní zemědělství, výnosová variabilita, výnosový monitoring

## SUMMARY

The dependence of the yield measured by a yield monitor on a real yield was observed, so that the quality of the measured and processed data of the yield monitor was verified. The problems were solved with the help of a method of comparative yield measuring registered by the yield monitor with the real reached yield that was found out by weighing. All together 16 measuring plots of ground were measured. The yield of each plot was weighed and measured with the help of the information system ACT 40. A combine John Deere 2064, with the installed yield monitor ACT 40, harvested the individual plots of the fields. The combine harvested the measured parcels at the full working swath of 6,1m. The length of the cut out plot was measured with the theodolite. After each passing of the combine were the contents of the storage weighed on the mobile tensometric scale TYP Weight Vagons that was declared with accuracy of weighing  $\pm 1$  kg. The samples from individual plots were taken to determine humidity of the harvested grain. The yield for each plot was calculated from the weighed values and this yield was compared with the yield from the obtained data of the yield monitor.

There was proved the dependence of the yield from the worked data of the yield monitor ACT 40 on the really harvested amount. It is evident from the results that the yield monitor is able to work with the precision, which is fully sufficient for obtaining of the entering data about the variability of the yield potential to the system of the precision agricultural. The yield maps in one or more watched seasons, possibly their combination, serve as the basic information for the differential plant nutrition.

Príspevek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

This study was supported by the Research plan No. MSM6215648905 „Biological and technological aspects of sustainability of controlled ecosystems and their adaptability to climate change“, which is financed by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

## LITERATURA

- BAUER, F., 2000: Zkušenosti z praktického uplatňování přesného zemědělství. Sborník referátů: Vytváření ziskového zemědělství Precizní zemědělství, Edice TOKO, 115–119, ISBN 80-902411-5-X
- BRODSKÝ, L., 2003: Využití geostatistických metod pro mapování prostorové variability agrochemických vlastností půd. ČZU v Praze, 120 s., ISBN 80-213-1100-2
- HLUŠEK, J., 2002: Výsledky dlouhodobých hnojařských pokusů, sborník: Racionální použití hnojiv, Praha: ČZU, 61–65, ISBN 80-213-0957-1

- LIPAVSKÝ, J., 2000: Precizní zemědělství ve světě a v České republice, Sborník referátů Uplatňování precizního zemědělství v České republice, Olomouc, MJM Group, a.s.
- MULLA, D. J., SCHEPERS, J. S., 1995: Key Process and Properties for Site-Specific Soil and Crop Management. The of Site-Specific Management for Agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, 677, 1: 1–18
- OSTERGAARD, H. S., 1995: Agricultural and environmental effect of site-specific fertilisation. In: Proceedings of the seminar on site-specific Farming, Danish Institute Plant and Soil Science, SP-report No. p. 137–145

- PIERCE, F. J., NOWAK, P., 1999: Aspect of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy*, Vol. 67, 1–85
- WEBSTER, R., OLIVER, M. A., 2001: *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley, 265 pp.

Adresa

Ing. Milan Hruža, AGROFERT HOLDING, a. s., Pyšelská 2327/2, 149 00 Praha 4, Česká republika,  
Prof. Ing. František Bauer, CSc. Ústav techniky a automobilové dopravy, Mendelova zemědělská a lesnická  
univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: bauer@mendelu.cz