

# Experimentální určení velikosti vzorku potřebného k porovnání kvality práce dvou různých sklízečů cukrovky

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SAMPLE RANGE NECESSARY  
FOR COMPARISON OF TWO DIFFERENT SUGAR BEET HARVESTERS WORK QUALITY

Jaroslav Skalický, Jiří Bradna – Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Cílem práce bylo vyhodnotit metodami testování statistických hypotéz zjištěné hodnoty kvalitativních parametrů sklízečů, posoudit praktickou použitelnost této metody zejména ve vztahu ke snížení pracnosti při provozním hodnocení. Klasická metoda hodnocení kvality práce představuje u každého zkoumaného sklízeče minimálně 500 bulev v trojnásobném opakování, tj. min. 1 500 bulev. U každé hodnocené bulvy se stanoví minimálně šest parametrů, a sice její hmotnost, délka, průměr, poškození a výška sřezu a poškození vlastního kořene. Je zde proveden pokus testem o rozdíl dvou relativních četností pro zjištění rozdílu v kvalitě práce dvou různých sklízečů a stanovení možného rozdílu (chyby) mezi klasickou metodou a touto experimentální.

## Metoda řešení

Výzkum probíhal v provozních podmínkách takovým způsobem, který umožňoval provádět zásahy tak, aby provozní charakteristiky odpovídaly metodickým záměrům. V ČR je metoda zkoušení sklízečů obsažena v ČSN 47 0136. Západoevropské země, které jsou členy Mezinárodního institutu pro výzkum cukrovky I.I.R.B., vypracovaly vlastní metodu, označovanou jako mezinárodní metoda I.I.R.B. a tato byla schválena jako hodnotící metoda v rámci celé EU. Byla proto využita při posouzení kvality práce i zde, jako perspektivní i v ČR.



Ke zjišťování rozdílu mezi jednotlivými sklízeči byl použit test o rozdílu dvou relativních četností. Předpokládejme, že jsou dány dva základní soubory s alternativním rozdělením s parametry  $p_1$ , respektive  $p_2$ . Na základě náhodných výběrů o velkých rozsazích  $n_1$ , resp.  $n_2$  ( $n_1 > 100$ ,  $n_2 > 100$ ) je třeba ověřit nulovou hypotézu  $H_0: p_1 = p_2$ . Pro test  $H_0$  se užívá statistiky

$$u = \frac{\frac{m_1}{n_1} - \frac{m_2}{n_2}}{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (1)$$

kde  $m_1/n_1 = f_1$ , respektive  $m_2/n_2 = f_2$  jsou výběrové relativní četnosti výskytu náhodného jevu  $A$  v 1., respektive 2. náhodném výběru,

$$\bar{p} = \frac{\frac{m_1}{n_1} n_1 + \frac{m_2}{n_2} n_2}{n_1 + n_2} = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2} \quad (2)$$

je vážený aritmetický průměr obou výběrových relativních četností  $m_1/n_1$  a  $m_2/n_2$ .

Za platnosti  $H_0: p_1 = p_2$  má testová charakteristika asymptoticky normální rozdělení  $N(0; 1)$ . Kritické obory pro test  $H_0$  proti různým alternativám na hladině významnosti  $\alpha$  jsou uvedeny v tab. I.

## Výběrová metoda zkoumání

O výběrové metodě zkoumání hovoříme tehdy, jestliže na vlastnosti souboru usuzujeme z údajů, týkajících se pouze vybraných jednotek z tohoto souboru. Soubor, o němž chceme získat informace, se nazývá základní soubor, zatímco soubor jednotek, které z něj byly určitým způsobem vybrány, se nazývá výběrový soubor. Údaje o vybraných jednotkách se nazývají

Tab. I. Kritické obory pro testy  $H_0: p_1 = p_2$  proti různým alternativám

Nulová hypotéza	Alternativa	Kritický obor
$H_0: p_1 = p_2$	$H_1: p_1 \neq p_2$	$K = \{ u  > u_{\alpha}\}$
	$H_1: p_1 > p_2$	$K = \{u > u_{\alpha}\}$
	$H_1: p_1 < p_2$	$K = \{u < -u_{\alpha}\}$

výběrové údaje nebo výběrová data. Velmi často se o výběrovém souboru, výběrových datech i o procesu vybírání jednotek ze základního souboru hovoří jako o výběru. Počet jednotek základního souboru se nazývá rozsah základního souboru a počet jednotek výběrového souboru se nazývá rozsah výběru. Reálné soubory, jež jsou předmětem zkoumání mívají konečný počet jednotek a nazývají se konečné základní soubory. Při modelování obecnějších zákonitostí si však statistika vytváří i hypotetické soubory o neomezeném počtu jednotek, nekonečné základní soubory. Rozsah výběru je přirozeně konečný. V experimentální oblasti se často pracuje s výběry jen několika, nanejvýš několika málo desítkami jednotek, tj. s malými výběry.

Je-li základní soubor konečný, je teoreticky možné získat potřebné údaje o všech jeho jednotkách. Jde-li však o značně rozsáhlý základní soubor, bylo by i při použití nejmodernějších technik pořizování údajů a jejich následné zpracování zdlouhavé a nákladné. K výběrové metodě se tedy sahá proto, aby potřebné informace o základním souboru byly získány s přiměřenými náklady a v přiměřeně krátké době. Důvody, které vedou k jejímu použití, mohou však být i jiné.

Je-li například jakost určitých výrobků možno posoudit jen po provedení destruktivní zkoušky, je přirozené, že při přejímání velké série takových výrobků nebudou zkoušce podrobeny všechny.

Ve spojitosti s modelováním obecnějších zákonitostí, kdy se předpokládají nekonečné základní soubory, se jakákoliv získaná data považují za výběrová data.

Poukázali jsme na to, že výběr je prostředkem získání určitých informací o základním souboru. Musí být tedy proveden tak, aby byl schopen tyto informace poskytnout, tj. aby byl reprezentativní. O tom, jak lze zabezpečit reprezentativnost výběru, se zmiňujeme ještě dále.

Základním principem výběrové metody je usuzování z části na celek. Výběrová data slouží k tomu, aby bylo možno činit úsudky o rozdělení proměnných v základním souboru, o jejich důležitých charakteristikách, o jejich závislostech apod.

Protože je neznáme, snažíme se je z výběrových dat odhadnout. Můžeme chtít buď odhad jedním číslem (např. číslem 18,3 %) nebo určitým intervalem (např. intervalem 17–19 %). Odhady charakteristik konečných základních souborů či parametrů matematických modelů jsou jednou z charakteristických forem úsudků, jež se provádějí z výběrových dat. Není to však forma jediná. Velmi často se výběrová data používají k posouzení oprávněnosti určitých hypotéz o základním souboru, například k ověření hypotézy, že nový výrobek bude alespoň o 10 % lepší. O tomto způsobu usuzování hovoříme jako o ověřování či testování hypotéz pomocí výběrových dat.

Charakteristickým rysem všech výroků, které se činí o základním souboru z výběrových dat je to, že to jsou výroky nejisté. Mohou, ale také nemusí být správné. Je možno říci, že každý úsudek, který se činí o základním souboru z výběrových dat, je spojen s určitým rizikem omylu, ať už velikost tohoto rizika dokážeme či nedokážeme změřit. Výroky (úsudky), u kterých je jen nepatrné riziko omylu, lze považovat za správné, s rostoucím rizikem omylu pak přirozeně roste pochybnost o jejich správnosti. Chceme-li tedy hodnotit věrohodnost výroků (úsudků), jež se o základním souboru činí z výběrových dat, musíme velikost rizika omylu znát.

Při získávání údajů při sklizni cukrovky jsou odebírány náhodné vzorky sklizených bulev. Vzhledem k tomu, že nejde z důvodů nákladů i času podrobit zkoumání všechny sklizené bulvy, chápeme odebraný vzorek jako výběrový soubor. Všechny

charakteristiky, které na základě odebraných vzorků vypočítáme, nám charakterizují pouze tento výběrový soubor. Je tedy třeba na základě získaných výsledků provést zevšeobecnění tak, abychom mohli vyslovit závěry, které mají obecnou platnost. K tomu slouží odhady charakteristik základního souboru, které jsou buďto bodové nebo intervalové. Bodový odhad je jedno číslo, pomocí kterého odhadujeme neznámou hodnotu základního souboru.

Vhodnější k praktickému použití je intervalový odhad, který spočívá ve stanovení intervalu spolehlivosti, ve kterém odhadovaná charakteristika leží s předem určenou pravděpodobností. Je samozřejmé, že smysl má stanovení tohoto intervalu pouze v případě, je-li tato pravděpodobnost vysoká. V praxi se používají 95% a 99% intervaly spolehlivosti.

Další důležitou okolností je, že pro praktické použití nesmí být vypočítaný interval příliš široký. Jeho šíře závisí především na rozsahu souboru. Čím bude pořízený výběrový soubor větší, tím bude též interval spolehlivosti užší. Takto vypočítaný interval nám dává představu, v jakých mezích lze očekávat např. podíly poškozených bulev při použití dané technologie sklizně.

Odběry vzorků při sklizni jsou náročné z hlediska časového i nákladového. Proto je velmi důležité před provedením odběru stanovit nutný počet odebíraných vzorků. To nám též umožní intervaly spolehlivosti. Vycházíme ze skutečných výsledků již dříve provedených obdobných odběrů a výpočtů a stanovujeme nutný počet vzorků při určité požadované chybě odhadu a spolehlivosti. Tento postup nám umožní zrychlit a zlevnit celé zjišťování.

Odběry při sklizni nám mají též umožnit porovnání jednotlivých technologií sklizně nebo různých typů sklízečů. Je třeba si uvědomit, že případné rozdíly, které nám vyjdou mohou být rozdíly náhodné, což znamená, že při jiném porovnání by mohl vyjít rozdíl obrácený a nebo výsledek shodný. Chceme-li výsledky zobecnit, je nutno provést testování vhodným testem, kdy vlastně testujeme z výběrového souboru do základního.

V případě, že test prokáže statisticky významný rozdíl, je potom možné získané výsledky zobecnit do základního souboru, což znamená, že rozdíl mezi sledovanými technologiemi, sklízeči či jinými objekty zkoumání reálně existuje a je možné s ním uvažovat v analýze.

Objektivní analýze mechanického poškození bulev, jeho rozsahu, četnosti a lokalizaci u vybraných sklízečů předcházelo formulování požadavků na porost cukrovky a stanovení kvalitativních požadavků na sklizené bulvy, a to podle výkupních požadavků cukrovarů jako kombinace ČSN a normy I.I.R.B.

### Postup a výsledky

Pro podíly jednotlivých složek bulev ve vybraných vzorcích byly stanoveny intervaly spolehlivosti a na jejich základě byly stanoveny nutné rozsahy vzorků při určité požadované přesnosti.

Relativní četnost určité varianty statistického znaku v základním souboru značíme

$$\pi = \frac{N_i}{N} \quad (3)$$

kde  $N_i$  je četnost jednotek základního souboru se sledovanou vlastností pro  $i = 1, 2, \dots, r$ , kde  $r$  je počet variant,  $N$  je celkový počet jednotek základního souboru. Relativní četnost základního souboru odhadujeme pomocí výběrové relativní četnosti

$$p = \frac{n_i}{n} \quad (4)$$

Tab. II. Počty jednotek s hodnocenou vlastností podle ČSN 46 2110 a ČSN 47 0136 a podle typů sklízečů A–H

Parametr	Sklízeč							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Kořen (ks)								
Z – zdravá bulva	259	263	249	251	223	230	224	222
M – mírně poškozená bulva	155	187	165	134	197	190	205	211
S – silně poškozená bulva	86	50	86	115	80	80	70	65
D – deformovaná bulva	0	0	0	0	0	0	1	2
Sfěz (ks)								
nz – nízko seříznutá	19	20	25	45	50	75	50	45
N – normálně seříznutá	320	306	275	275	226	210	240	245
V – vysoko seříznutá	140	151	155	150	149	190	165	180
ne – neseříznutá	21	23	45	30	75	25	45	30

kde  $n_i$  je počet jednotek se sledovanou variantou znaku ve výběrovém souboru a  $n$  je rozsah výběru. Platí tedy

$$\text{est } \pi = p \tag{5}$$

přičemž jde o odhad nezkreslený, protože lze dokázat, že

$$E(p) = \pi \tag{6}$$

a střední chyba odhadu relativní četnosti je rovna

$$\sqrt{D(p)} = \sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}} \tag{7}$$

Za předpokladu, že provádíme výběr velkého rozsahu, tj. přibližně  $n > 9/[\pi(1-\pi)]$ , má veličina

$$U = \frac{p - \pi}{\sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}}} \tag{8}$$

přibližně normální rozdělení a interval spolehlivosti pro odhad relativní četnosti základního souboru můžeme tedy zkonstruovat obdobným způsobem jako interval spolehlivosti pro odhad průměru. Platí tedy

$$p - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < \pi < p + u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \tag{9}$$

neboť výraz  $p(1-p)$  odpovídá výběrovému rozptylu alternativního rozdělení. Poznamenejme opět, že výraz

$$\Delta = u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \tag{10}$$

je přípustnou chybou tohoto odhadu.

Obdobně jako dvoustranný interval lze zkonstruovat i intervaly jednostranné, přičemž pravostranný  $100(1-\alpha)\%$  interval spolehlivosti je dán nerovností

$$\pi < p + u_{1-\alpha} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \tag{11}$$

a  $100(1-\alpha)\%$  levostranný interval spolehlivosti pak nerovností

$$p - u_{1-\alpha} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} < \pi \tag{12}$$

kde  $u_{1-\alpha}$  a  $u_{1-(\alpha/2)}$  jsou kvantily normovaného normálního rozdělení.

Tab. III. Podíly budev a intervaly spolehlivosti pro jednotlivé hodnocené vlastnosti a sklízeče

Sklízeč	A	B	C	D	E	F	G	H	Průměr
Kořen (Z + M)									
m	414	450	414	385	420	420	429	433	–
n	500	500	500	500	500	500	500	500	–
f = m/n	0,828	0,9	0,828	0,77	0,84	0,84	0,858	0,866	0,841250
$\Delta$ 0,05	0,033079	0,026296	0,033079	0,036888	0,032134	0,032134	0,032596	0,029859	0,031758
$\Delta$ 0,01	0,043472	0,034558	0,043472	0,048477	0,042231	0,042231	0,040208	0,039241	0,041736
Sfěz (nz + N + V)									
m	414	477	455	470	425	475	455	470	–
n	500	500	500	500	500	500	500	500	–
f = m/n	0,958	0,954	0,910	0,940	0,850	0,950	0,910	0,940	0,626500
$\Delta$ 0,05	0,017582	0,018362	0,025085	0,020817	0,031299	0,019104	0,025085	0,020817	0,022269
$\Delta$ 0,01	0,023144	0,024171	0,033020	0,027401	0,041199	0,025147	0,033020	0,027401	0,029313
Sfěz (N)									
m	320	306	275	275	226	210	240	245	–
n	500	500	500	500	500	500	500	500	–
f = m/n	0,640	0,612	0,550	0,550	0,452	0,420	0,480	0,490	0,524250
$\Delta$ 0,05	0,042070	0,042710	0,043610	0,043610	0,043620	0,043620	0,043792	0,043818	0,043311
$\Delta$ 0,01	0,055293	0,056130	0,057310	0,057310	0,057330	0,056850	0,057550	0,057585	0,056920

Pokud by nebyl splněn požadavek  $n\pi(1-\pi) > 9$ , není aproximace binomického rozdělení pomocí normálního rozdělení vhodná. Meze přesných intervalů spolehlivosti lze potom najít ve speciálních tabulkách nebo nomogramech.

Pokud chceme stanovit požadovaný rozsah výběru při předem stanovené spolehlivosti odhadu  $(1-\alpha)$  a přípustné chybě  $\Delta$ , použijeme obdobně jako při odhadu průměru vzorec

$$n \geq \frac{u_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \pi(1-\pi)}{\Delta^2} \tag{13}$$

Za relativní četnost základního souboru  $\pi$  budeme dosazovat buď odhad získaný na základě předchozích znalostí, či – obdobně jako u průměru – odhad získaný na základě předvýběru. V případě, že o podílu prvků se sledovanou vlastností

Tab. IV. Test významnosti rozdílu mezi dvěma hodnocenými sklízeči v podílu bulev s kořenem (Z + M) na celk. rozsahu souboru

Sklízeč	Počet bulev				Testovací kritérium u (abs.) *
	m <sub>1</sub>	n <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	
A – B	414	500	450	500	<b>3,321056</b>
A – C	414	500	414	500	0,000000
A – D	414	500	385	500	<b>2,288372</b>
A – E	414	500	420	500	0,509934
A – F	414	500	420	500	0,509934
A – G	414	500	429	500	1,303850
A – H	414	500	433	500	1,669038
B – C	450	500	414	500	<b>3,321056</b>
B – D	450	500	385	500	<b>5,537684</b>
B – E	450	500	420	500	<b>2,820915</b>
B – F	450	500	420	500	<b>2,820915</b>
B – G	450	500	429	500	<b>2,036255</b>
B – H	450	500	433	500	1,672537
C – D	414	500	385	500	<b>2,288372</b>
C – E	414	500	420	500	0,509934
C – F	414	500	420	500	0,509934
C – G	414	500	429	500	1,303850
C – H	414	500	433	500	1,669038
D – E	385	500	420	500	<b>2,793527</b>
D – F	385	500	420	500	<b>2,793527</b>
D – G	385	500	429	500	<b>3,575889</b>
D – H	385	500	433	500	<b>3,933951</b>
E – F	420	500	420	500	0,000000
E – G	420	500	429	500	0,794877
E – H	420	500	433	500	1,160941
F – G	420	500	429	500	0,794877
F – H	420	500	433	500	1,160941
G – H	429	500	433	500	0,366747

\* Vyznačené hodnoty testovacího kritéria ukazují na statisticky významné rozdíly mezi sklízeči (alfa = 0,05 a u-alfa = 1,96).

nemáme žádnou předběžnou informaci, volíme v takovém případě  $\pi = 0,5$ . To znamená, že uvažujeme maximální hodnotu rozptylu, tj.  $\pi(1 - \pi) = 0,25$  a dostaneme tak představu o potřebném rozsahu výběru za nejméně příznivých okolností.

Provedené výpočty velikostí vzorků pro stanovení kvalitativních parametrů sklizených bulev jsou shrnuty v tabulkách. Kvalitativní parametry jsou označeny u všech sklízečů stejnými symboly. Sklízeče a soupravy jsou označeny symboly A až G:

- A – šestiřádkový samojízdný zásobníkový sklízeč Kleine SF-25,
- B – šestiřádkový samojízdný zásobníkový sklízeč Kleine SF-10,
- C – šestiřádkový samojízdný zásobníkový sklízeč Holmer 12 CS,
- D – šestiřádkový samojízdný sklízeč s přímou nakládkou bulev Moreau GR-4,
- E – dvouřádkový přívěsný zásobníkový sklízeč Stoll V-202,
- F – třířádková sklízecí linka – Trior + Trivyr návěsná,
- G – sklízecí linka – šestiřádkový návěsný sklízeč Kleine KR-6-II a sběrací nakladač Kleine L-6,
- H – sklízecí linka – šestiřádkový návěsný sklízeč Multo-Duo a sběrací nakladač SC 4-031.

Tab. V. Test významnosti rozdílu mezi dvěma hodnocenými sklízeči v podílu bulev se sřezem N na celkovém rozsahu souboru

Sklízeč	Počet bulev				Testovací kritérium u (abs.) *
	m <sub>1</sub>	n <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	
A – B	320	500	306	500	0,914966
A – C	320	500	275	500	<b>2,898855</b>
A – D	320	500	275	500	<b>2,898855</b>
A – E	320	500	226	500	<b>5,970402</b>
A – F	320	500	210	500	<b>6,969567</b>
A – G	320	500	240	500	<b>5,096472</b>
A – H	320	500	245	500	<b>4,797698</b>
B – C	306	500	275	500	<b>2,025997</b>
B – D	306	500	275	500	<b>1,996989</b>
B – E	306	500	226	500	<b>5,153520</b>
B – F	306	500	210	500	<b>6,097432</b>
B – G	306	500	240	500	<b>4,181740</b>
B – H	306	500	245	500	<b>3,887014</b>
C – D	275	500	275	500	0,000000
C – E	275	500	226	500	<b>3,156531</b>
C – F	275	500	210	500	<b>4,187235</b>
C – G	275	500	240	500	<b>2,223022</b>
C – H	275	500	245	500	1,900791
D – E	275	500	226	500	<b>3,202382</b>
D – F	275	500	210	500	<b>4,187235</b>
D – G	275	500	240	500	<b>2,254665</b>
D – H	275	500	245	500	1,900791
E – F	226	500	210	500	1,045676
E – G	226	500	240	500	0,901866
E – H	226	500	245	500	1,202534
F – G	210	500	240	500	<b>1,960642</b>
F – H	210	500	245	500	<b>2,219038</b>
G – H	240	500	245	500	0,316244

\* Vyznačené hodnoty testovacího kritéria ukazují na statisticky významné rozdíly mezi sklízeči (alfa = 0,05 a u-alfa = 1,96).

### Závěr

Výsledky statistických analýz jsou uspořádány do tab. II.–VIII. Tab. II. udává souhrnně počty jednotek s hodnocenou vlastností podle ČSN 46 2110 a ČSN 47 0136 pro jednotlivé ověřované typy sklízečů (označení A až H je shodné).

V tab. III. jsou uvedeny 95% a 99% intervaly spolehlivosti pro podíly bulev jednotlivých hodnocených vlastností s ohledem na použité sklízeče. Z hlediska kvality sklizených bulev bylo dosaženo nejlepších výsledků u sklízeče B, u sřezů je v kategorii N (správných sřezů) dosaženo nejlepších výsledků u sklízečů A a B. Podobně v kategorii vhodných sřezů (nz + N + V) opět nejlepších parametrů dosahují sklízeče A a B. Výsledky ukazují na velmi dobrou práci ořezávacího principu použitého u sklízečů A, B.

V tab. IV. jsou uvedeny rozdíly mezi sklízeči v podílu bulev s kořenem zdravým a mírně poškozeným (Z + M) na celkovém počtu bulev ve vzorku. Statisticky nevýznamných rozdílů (tedy stejné kvality poškození bulev při sklizni) bylo dosaženo

Tab. VI. Test významnosti rozdílů mezi dvěma hodnocenými sklízeci v podílu bulev se sřezem (nz + N + V) na celk. rozsahu souboru

Sklízeč	Počet bulev				Testovací kritérium u (abs.) *
	m <sub>1</sub>	n <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	
A – B	479	500	477	500	0,308372
A – C	479	500	455	500	<b>3,056792</b>
A – D	479	500	470	500	1,293672
A – E	479	500	425	500	<b>5,796608</b>
A – F	479	500	475	500	0,603819
A – G	479	500	455	500	<b>3,056792</b>
A – H	479	500	470	500	1,293672
B – C	477	500	455	500	<b>2,763505</b>
B – D	477	500	470	500	0,988064
B – E	477	500	425	500	<b>5,530788</b>
B – F	477	500	475	500	0,295863
B – G	477	500	455	500	<b>2,763505</b>
B – H	477	500	470	500	0,988064
C – D	455	500	470	500	1,800901
C – E	455	500	425	500	<b>2,919371</b>
C – F	455	500	475	500	<b>2,478789</b>
C – G	455	500	455	500	0,000000
C – H	455	500	470	500	1,800901
D – E	470	500	425	500	<b>4,642013</b>
D – F	470	500	475	500	0,954783
D – G	470	500	455	500	1,542045
D – H	470	500	470	500	0,262260
E – F	425	500	475	500	<b>4,853180</b>
E – G	425	500	455	500	<b>2,478104</b>
E – H	425	500	470	500	<b>4,216370</b>
F – G	475	500	455	500	<b>2,478789</b>
F – H	475	500	470	500	0,693542
G – H	455	500	470	500	1,800901

\* Vyznačené hodnoty testovacího kritéria ukazují na statisticky významné rozdíly mezi sklízeci (alfa = 0,05 a u-alfa = 1,96).

u sklízeců A – C, A – E, A – F, A – G, A – H, B – H, C – E, C – F, C – G, C – H, E – F, E – G, E – H, F – G, F – H, G – H. Ostatní vzájemná porovnání sklízeců vykazovala rozdíl statisticky průkazný.

V tab. V. jsou rozdíly mezi jednotlivými sklízeci v podílu bulev se správným sřezem (N). Zatímco sklízeci při porovnání vykazovaly ve dvojici A – B, C – D, C – H, D – H, E – F, E – G, E – H, G – H vzájemně neprůkazný rozdíl, tak všechny ostatní porovnávané dvojice sklízeců se statisticky významně mezi sebou odlišují.

Obdobně tab. VI. uvádí rozdíly mezi jednotlivými sklízeci v podílu bulev se sřezem správným, vysokým a nízkým, tedy sřezů, které jsou cukrovarem akceptovatelné. Statisticky významné rozdíly byly prokázány u následujících dvojic ověřovaných sklízeců A – C, A – E, A – G, B – C, B – E, B – G, C – E, C – F, D – E, E – F, E – G, E – H, F – G.

V tab. VII. je uvedeno souhrnně zobecnění hodnocení všech souborů. Pěstitel může očekávat, že bude-li sklízet některým z ověřovaných sklízeců, bude podíl zdravých a mírně

poškozených bulev (Z + M) s pravděpodobností 95 % v intervalu 80,95–87,30 %. Z toho vyplývá, že srážka na kvalitu, respektive poškození kořene, nemůže být v celém souboru větší než 20 %. Je-li podmínkou zpracovatelnosti maximální podíl silně poškozených bulev do 25 %, bude veškerá takto sklizená řepa zpracovatelná (bez cenových srážek na poškození). Obdobně u sřezu činí podíl nej kvalitnější ořezaných bulev (vlastnost N – správně ořezané bulvy) s 95% pravděpodobností 48,09–56,46 %. V současné době cukrovary vykupují cukrovku i se sřezů vysokými a nízkými (V + nz), čímž se interval takovýchto kvalit (N + V + nz) pohybuje v hodnotách 90,42–94,88 %. Proto by i srážky na sřez při přejímce cukrovky v cukrovaru neměly být větší než 10 %.

Výsledkem předchozích testů a intervalů spolehlivosti je navržena tabelace pro určení minimálního počtu odebíraných bulev cukrovky (tab. VIII.). Tabulka je sestavena s 95% pravděpodobností a relativní chybou odhadu 1–10 %. Dále je uvedeno rozdělení podle vlastností, a to na hodnocení kořene bulev zdravého a mírně poškozeného (Z + M), hodnocení kvality sřezu (správně sřezů – N) a hodnocení akceptovatelných sřezů správných, vysokých a nízkých (N + V + nz). Při posuzování kvality práce sklízeců je nutné náhodně vybrat určitý počet bulev. Čím menší relativní chybu odhadu požadujeme, tím je nutno sestavit větší výběrový soubor. Relativní chyba odhadu ukazuje na kvalitu práce sklízeci srovnávaného s druhým sklízecem. Obvykle se požaduje relativní chyba odhadu na úrovni minimálně 3 %.

Ze sestavení tabelace lze pro uvedené procento v případě hodnocení kořene (Z + M) odebrat nejméně 570 kusů řepných bulev. Pro hodnocení nej kvalitnějšího sřezu (N) je třeba odebrat 1 065 bulev a pro současný standard sřezu (N + V + nz) pouhých 291 bulev.

Z toho plyne, že v porovnání s metodou hodnocení podle I.I.R.B. by bylo možné uvažovat o mírném snížení počtu odebíraných bulev k hodnocení, a tím také částečně snížit pracnost při stanovení kvality práce sklízeců, aniž bychom se dopustili vážné chyby.

Použitá experimentální statistická metoda měla za cíl z náhodně odebraných vzorků sklizených bulev ukázat na kvalitu všech sklizených bulev. Výběrový soubor zevšeobecnit tak, abychom mohli vyslovit závěr mající všeobecnou platnost.

Každé hodnocení kvality práce sklízeci cukrovky je časově i fyzicky velmi namáhavé, neboť předpokládá odběr a vyhodnocení minimálně 1 500 řepných bulev pro každý stroj. Tento počet bulev je požadován současně platnou ČSN 47 0136 i novou metodou I.I.R.B., která se zcela jistě uplatní i u nás, zejména je-li naše republika členským státem Evropské unie.

Zobecnění, které jsme vyjádřili v navržené tabelaci, jisté možnosti snížení pracnosti hodnocení uvádí, a to s vysokou mírou pravděpodobnosti (95 %) a pro relativní chybu odhadu od 1 % výše.

Posuzuje-li se např. kvalita práce nového sklízeci, je předpoklad, že bude pracovat lépe a kvalitněji než stávající. Obecně uznávanou mírou lepší kvality práce jsou hodnoty 3–5 %. Použitá metoda testu rozdílů dvou relativních četností pro hodnotu 3% rozdílů kvality práce ukázala, že by bylo možné i pro metodu I.I.R.B. uvažovat o snížení počtu odebíraných bulev pro hodnocení takto:

- pro hodnocení poškození kořene bulev minimálně 570 kusů;
- pro hodnocení kvality správných sřezů minimálně 1 065 kusů bulev.



Tab. VII. Intervaly spolehlivosti podílu bulev s hodnocenou vlastností v základním souboru

Hodnocený znak	Klasifikace dle ČSN 46 2110	Výběrová rel. četnost (%)	95% interval spolehlivosti pro podíl bulev v základním souboru (%)
Kořen	Z + M	84,125	(80,95; 87,30)
Sřez	N nz + N + V	52,425 92,650	(48,09; 56,46) (90,42; 94,88)

### Souhrn

Nové poznatky a zkušenosti s mechanickým poškozením a ztrátami bulev cukrovky při sklizni nepoužívanějšími typy sklízeců na jedné straně, pracnost metod jejich zjišťování v provozních podmínkách na straně druhé, nás vedly k uskutečnění experimentu, existuje-li možnost tuto pracnost snížit. S ohledem na stálou aktuálnost tohoto tématu, a to i při radikálním snížení ploch pěstované cukrovky u nás, a používání nových principů jednotlivých pracovních uzlů sklízeců byly ověřeny nové principy a sklízeců, které se v našem řepářství v současnosti nacházejí. Byl učiněn i pokus jejich srovnání s již dříve u nás uplatňovanými principy a stroji. Po zpracování a vyhodnocení nových získaných poznatků by měla tato práce přispět v konečném důsledku v praxi ke zvýšení technologické a technické úrovně sklizně i posklizňového ošetření bulev cukrovky a být jedním z článků v řetězci nových vědeckých poznatků na téma kvalita produkce versus technika.

**Klíčová slova:** mechanické poškození, ztráty bulev cukrovky, sklízec, pracnost, sklizeň, posklizňové ošetření bulev cukrovky.

### Literatura

1. KOŇÁK M.: *Statistické vyhodnocení experimentů*. TF, ČZU, Praha, 1998, 73 s.
2. KÁBA B., SVATOŠOVÁ L.: *Statistika*. PEF, ČZU, Praha, 2003, 152 s.
3. Normy ČSN 47 0136, ČSN 46 2110, metoda I.I.R.B.
4. firemní literatura.

*Autoři příspěvku děkují doc. Ing. Rudolfovi Zeipeltovi, CSc., a Ing. Marii Prášilové, CSc., z katedry statistiky, fakulty PEF ČZU v Praze za účinnou spolupráci při zpracování údajů zjištěných při polních měřeních.*

### Skalický J., Bradna J.: Experimental determination of sample range necessary for comparison of two different sugar beet harvesters work quality

New technical findings and experiences in number of mechanical damage and sugar beet losses during harvest by most widely used harvesters on the one hand and labor consumption during their determination in operation conditions on the other hand lead us to realization of experiment, if there is some possibility of reduction this labor consumption during experimental activities. With respect to stable actuality of this topic, although there were radical reducing of arable sugar beet areas in Czech Republic and using new principles of harvester's single working parts, there were verified new principles and harvesters, which are common in our sugar beet agriculture nowadays, there was experiment in comparison with older in our agriculture alleged principles and machines. After new acquired knowledge processing and evaluation this work

Tab. VIII. Tabulace pro určení minimálního počtu odebíraných bulev při různé úrovni relativní chyby odhadu a pravděpodobnosti 95 %

Relativní chyba odhadu (%)	Kořen (Z + M)		Sřez (N)		Sřez (nz + N + V)	
	Minimální počet odebíraných bulev	Relativní chyba odhadu (%)	Minimální počet odebíraných bulev	Relativní chyba odhadu (%)	Minimální počet odebíraných bulev	Relativní chyba odhadu (%)
1	5 131	1	9 582	1	2 616	
2	1 283	2	2 396	2	654	
3	570	3	1 065	3	291	
4	321	4	599	4	164	
5	206	5	384	5	105	
6	143	6	267	6	73	
7	105	7	196	7	54	
8	81	8	150	8	41	
9	64	9	119	9	33	
10	52	10	96	10	27	

should assist in final effect for practice technological and technical enhancement of harvesting and post-harvesting sugar beet treatment level and be one of the new science findings chain link on the topic of production quality versus technology.

**Key words:** mechanical damage, sugar beet losses, harvesters, labor consumption, sugar beet harvest and post-harvest treatment.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jaroslav Skalický, CSc., Ing. Jiří Bradna, Ph.D., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, P.O. Box 54, 161 01 Praha 6 Ruzyně, Česká republika, e-mail: jaroslav.skalicky@vuzt.cz, jiri.bradna@vuzt.cz

