



Snížení spotřeby energie při skladování brambor

Souhrn: Článek představuje výsledky víceletého sledování spotřeby zejména elektrické energie a paliv při skladování brambor. Pozornost byla věnována především zjišťování a měření energeticky náročných míst a technologických uzlů ve stávajících provozních strojových technologických linkách naskladňování, vyskladnění, tržní úpravy a spotřeby elektrické energie na udržování správného skladovacího klimatu a spotřeby paliv na provoz skladů ve stávajících skladech brambor zemědělských podniků. Na základě měření jsou navržena doporučení umožňující snížit spotřebu energie na skladování brambor u zemědělských prvovýrobců.

Klíčová slova: brambory, skladování, snížení spotřeby energie.

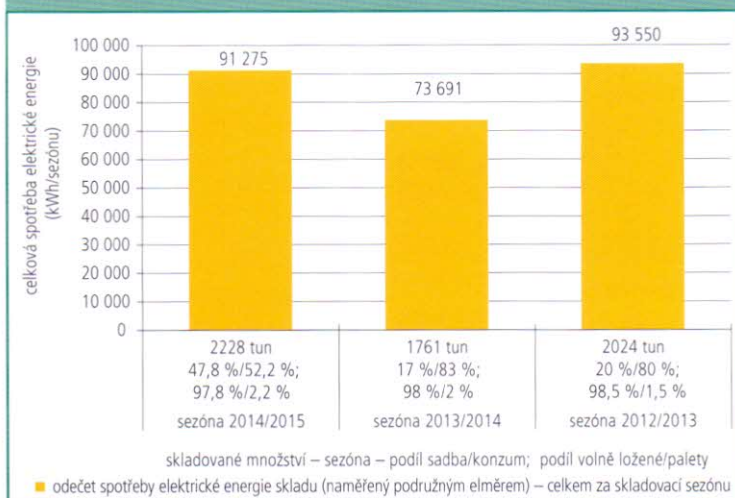
Reducing energy consumption in potato storage

Summary: Results monitoring consumption especially seat power control energy and fuelling on storage potato. Attention was devoted namely recognition and measurement energy exacting quarters and technological bundle in existing operating machine technological lines, deliver from warehouse, market adjustment and consumption seat power control energy on maintenance correct storage climate stores potato in existing stores agricultural companies. On the basis measurement were to be given standard and designed methodical recommendation susceptible sinking consumption energy on storage off basic industries.

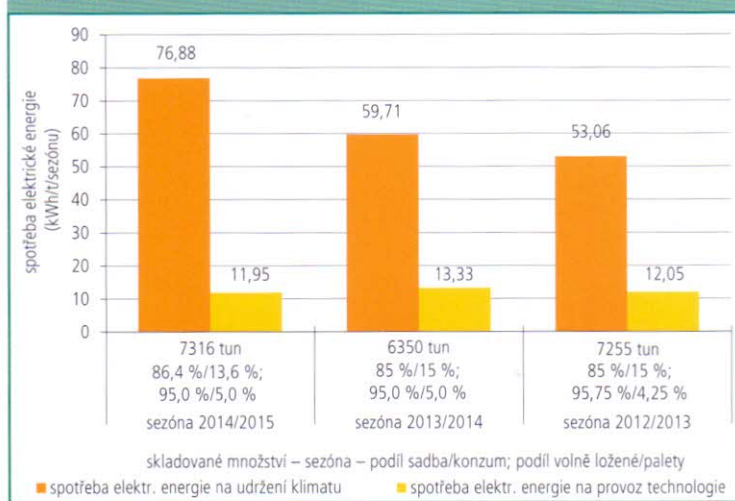
Keywords: potatoes, storage, energy intensity, sinking consumption.

Největší nároky na energii ve skladech jsou spojeny s udržení správného skladovacího klimatu vůči teplotám okolního prostředí. Existuje již množství tepelněizolačních produktů a materiálů, které zlepšují tepelné charakteristiky a izolace budov skladů. Některé z nich jsou však velmi nákladné, například tepelně izolující panely a jiné postupy zateplení budov. Jiné jsou však poměrně levné, např. využití těsnění uvnitř staveb, těsnění dveří, lepší těsnění vzduchových klapek apod. Existuje již také značný počet nových materiálů včetně barev s nízkou emisivitou a reflexní krycí vrstvy i nátěry budov apod. Podle dosavadních měření lze proto konstatovat, že jednu z hlavních příčin mnohdy zbytečně vysokých nákladů na energii při skladování představují zejména netěsnosti skladů a pronikání okolního vzduchu především při naskladňování a manipulacích při vyskladňování. To přispívá ke zvýšeným energetickým nárokům na udržení klimatu ve skladech. Velký zájem je v zahraničí v posledních letech o možnost instalace slunečních kolektorů na střechách zemědělských budov i na skladech brambor. Velké, mírně šikmé střechy zemědělských budov, zejména skladů brambor, a velmi atraktivní dotační podpora ze zdrojů EU, poskytující zvláštní investiční pobídku, tak umožňuje snížit spotřebu elek-

Graf 1 – Výsledky měření odběru elektrické energie za tři skladovací sezóny v boxovém skladu na 3000 t konzumních brambor za skladovací sezónu



Graf 2 – Spotřeba elektrické energie v boxovém skladu sadby brambor na 10 000 t

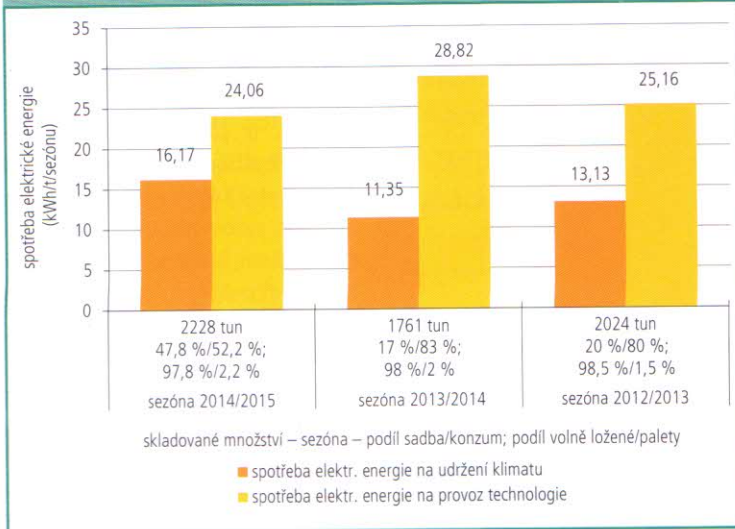


třiny z vlastních zdrojů farmářů. Také správná kontrola odběru elektřiny má značný význam při zajišťování dobrých skladovacích podmínek pro brambory s co nejnižšími náklady. Ve srovnání s mnoha jinými investicemi je začlenění kontrolních odběrných zařízení spotřeby elektřiny do stávajících skladů obvykle velmi levné. Dálkově může být ovládaný a je zjišťován stav odběru elektřiny, při současném sledování teploty, vlhkosti na mnoha místech skladu a jeho počítačovým vyhodnocení, tj. automatické schopnosti nastavení správného provozu klimatizačního zařízení tak, aby vzalo v úvahu i období levného odběru elektřiny. To pak umožní snížení spotřeby energie na skladování brambor. V Anglii například společnost Redwood Refrigeration Ltd. poskytla údaje z měření 19 skladů, ve kterých byla prováděna sledování s použitím jejich systému kontroly odběru elektřiny. Průměrná spotřeba energie na tunu skladovaných brambor ze všech těchto míst byla 57 kWh/t skladovaných brambor. Většina skladů, kde nebyla prováděna kontrola odběru, pokud jde o sazbu za odběr elektřiny, měla jen 25 % spotřeby v době levné noční sazby. Při aktivní regulaci tohoto odběru přesáhl odběr elektřiny v nočních hodinách 50 %.

Z měření spotřeby energie na skladování brambor, prováděných VÚZT,



Graf 3 – Spotřeba elektrické energie v boxovém skladu konzumních a sadbových brambor na 3000 t



v. v. i., Praha, vyplývá ze srovnání s uvedenými dostupnými daty z EU, že se v našich podmínkách skladování sadby brambor pohybujeme spíše v horní polovině energetické náročnosti (tj. 50 až 80 kWh/t) bez započtení spotřeby paliv. Spotřeba energie na skladování převážně konzumních brambor v boxovém skladu u nás odpovídá spíše nižším hodnotám průměru energetické spotřeby na skladování brambor v EU (20 až 30 kWh/t), opět bez uvedení spotřeby PHM na provoz. Přes tyto celkem dobré ukazatele je třeba a možné spotřebu energie nadále různými uvedenými metodami, technickými a technologickými inovacemi jak v oblasti řízení klimatu, tak i v úpravě technologických strojových linek a izolací a těsnění staveb snižovat.

Materiál a metody

Výzkumný ústav zemědělské techniky prováděl víceletá měření energeticky náročných míst a technologických uzlů ve stávajících strojních technologických linkách a při udržování správného klimatu skladů brambor u zemědělských prvovýrobců. V kritických místech byla umístěna například podružná měřicí zařízení (třífázový elektroměr Finder 7E.46,8) odběrů elektřiny a ve spolupráci s energetiky zemědělských podniků byly průběžně měsíčně sledovány odběry elektrické energie během skladovací sezóny na příkladu grafu 1 v různých typech skladů. Během

skladovací sezóny probíhalo i měření vnějších a vnitřních fyzikálních veličin (například teploty, relativní vlhkosti, množství oxidu uhličitého CO₂), parametrů ovlivňujících kvalitu a hygienickou nezávadnost produkce a životní prostředí při skladování. Pomocí záznamových měřicích zařízení pro měření teploty a vlhkosti – záznamníků Testo 174H a Testo 175H1 a přístroje na měření CO₂ – typ CM-100 byly měřeny a sledovány uvedené veličiny a jejich provozní parametry.

Výsledky a diskuse

Náklady na pracovní operace skladování brambor se v poslední době

zvyšují i vlivem zvýšených nároků na kvalitu produkce bez používání chemických prostředků, produkce musí být k dispozici po celou skladovací dobu, což znamená u producentů zavedení dalších energeticky náročných pracovních operací. Více energie se nyní spotřebovává například při údržbě klimatu na chlazení, praní, třídění a tržní balení, než tomu bylo dříve. Dále se zvýšily náklady za ceny energií. Zvýšení nákladů je zvláště znatelné za poslední roky. Růst nákladů na naftu a plyn měl dopad i na náklady za elektřinu, protože se i tato paliva ve značné míře podílí i na výrobě.

Měření ve skladech

Z měření ve skladech zemědělských podniků lze vidět trend spotřeby elektrické energie přepočtený na 1 t skladovaných brambor na grafech. V grafu 2 je znázorněna náročnost velkokapacitního boxového skladu (10 000 tun) na skladování sadbových brambor za poslední tři skladovací sezóny. V grafu 3 je znázorněna spotřeba elektrické energie na skladování konzumních i sadbových brambor v boxovém skladu. V grafu 4 je zdokumentována spotřeba energií v paletovém skladu na 2000 tun za sezónu. Protože ventilace skladů musí odstraňovat polní i respirační teplo brambor a také průběžně eliminovat akumulaci respiračního CO₂ ze skla-

du, proběhla prvotní měření jeho koncentrace. Koncentrace ve skladu konzumních brambor byla měřena jednu hodinu s uzavřenými vraty boxu i skladu. Ve skladu sadby byla měřena jednu hodinu při otevřených vratech boxu i skladu. Koncentrace kyslíčnicku uhličitého dosahovala maximálně 700–1100 ppm. Při různém časovém období skladování a kapacitě boxů 250–400 tun (graf 5) nepřevyšovala koncentrace hodnoty doporučené z hygienického hlediska (max. 1500 ppm) při kolísavých skladovacích teplotách 5–10 °C.

Porovnání spotřeby

Z porovnání měření spotřeby energií v přepočtu na 1 t skladovaných brambor za skladovací sezónu v jednotlivých typech skladů brambor lze vyhodnotit následující závěry. Z hlediska spotřeby elektrické energie na větrání a udržení klimatu byla zjištěna největší spotřeba (53 až 77 kWh/t/sezónu) při skladování sadby brambor v boxovém velkokapacitním skladu na 10 000 tun. Nižší spotřeba (13–16 kWh/t/sezónu) byla naměřena při skladování více konzumních a méně sadbových brambor v boxovém skladu o kapacitě 3000 t. Je to dáno nuceným dlouhodobým přesným udržováním klimatu při skladování sadby a větráním větších objemů prostor jednotlivých skladovacích boxů ve velkokapacitním skladu.



Udržení správného klimatu při skladování je energeticky náročné

Foto David Bouma



Nejnižší spotřeba elektrické energie (zhruba 6 kWh/t/sezónu) byla naměřena u paletového skladu na 2000 t, kde se udržuje stabilní teplota v celém skladu integrovaným směšovací a větracím zařízením.

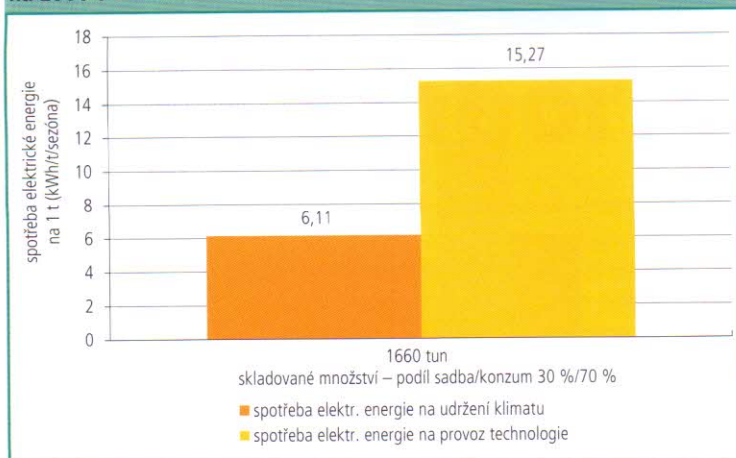
Z porovnání spotřeb elektrické energie skladů na pohon provozních zařízení strojní technologie pro naskladnění a vyskladnění byla zjištěna nejvyšší spotřeba (přibližně 24–29 kWh/t/sezónu) v boxovém skladu konzumních brambor oproti srovnatelným spotřebám (12–13 kWh/t/sezónu) v boxovém velkokapacitním skladu sadby a paletovém skladu převážně konzumních brambor, kde spotřeba elektřiny na provozní technologie byla 15,3 kWh/t/sezónu. Je to dáno zejména častějším používáním vyskladňovacích technologických provozních zařízení (na třídění, přebírání, případně balení a tržní úpravu) při skladování převážně konzumních brambor v průběhu skladovací sezóny. Z porovnání spotřeby energie paliv (zejména nafty a plynu) na provoz skladů byla největší spotřeba zjištěna u paletového skladu (2,4 l/t/sezónu), u skladu konzumních brambor byla spotřeba paliv nižší a činila 0,6–0,9 l/t/sezónu. Nejnižší spotřeba paliv byla u skladu sadbových brambor, zhruba 0,5 l/t/sezónu skladovacích brambor. U paletových skladů je vyšší spotřeba způsobena vlivem častější manipulace s paletami při naskladnění i vyskladnění pomocí vysokozdvizných vozíků a manipulačních zařízení poháněných naftou nebo plynem a plněním a převozem palet pytlů nebo vaků u konzumních brambor oproti méně častým manipulacím u sadby brambor.

Ověřením vlivu a vzájemného působení klimatických veličin (teploty a relativní vlhkosti, průběhu a koncentrace CO₂ i dalších plynů) na hlízy ve vnitřních skladovacích i vnějších meteorologických podmínkách by bylo možné dalším výzkumem stanovit požadavky a navrhnout nové algoritmy procesoru počítačového řízení mikroklimatu snižující energetickou náročnost větrání.

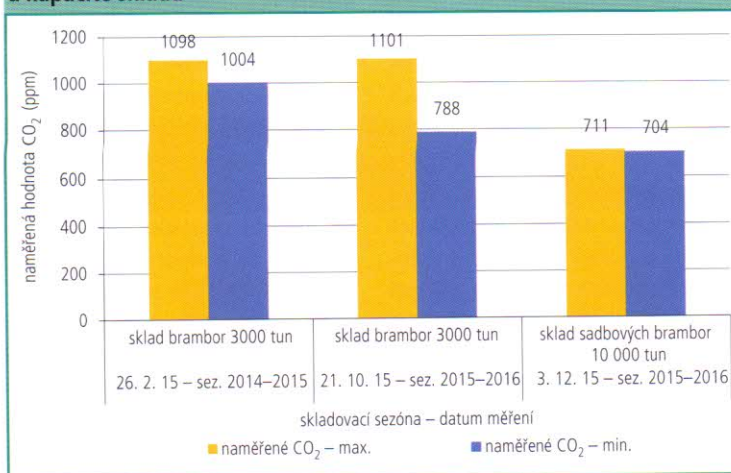
Závěry a doporučení

Z dosavadních poznatků a měření vyplývá, že největší nároky na spotřebu

Graf 4 – Spotřeba elektrické energie v paletovém skladu brambor na 2000 t



Graf 5 – Produkce oxidu uhličitého v různém období skladování a kapacitě skladu



elektrické energie ve skladech brambor jsou spojeny s udržením správného klimatu vůči teplotám okolního prostředí a s provozem strojních linek pro naskladnění, vyskladnění a tržní úpravu brambor. Úspory energie musí umožnit zejména správně nastavené a udržované počítačové řízení klimatu především na udržení správné skladovací teploty a vlhkosti. Pro další energetické úspory v této oblasti existuje již množství tepelně izolačních a stavebních produktů, které zlepšují tepelné charakteristiky budov skladů. Některé z nich jsou však velmi nákladné, jako například solární střešní panely, tepelněizolační panely nebo nástříky polyuretanovou pěnou apod. Jiné jsou však poměrně levné (např. využití těsnění uvnitř staveb, těsnění dveří a jejich zavírání, protiprůvanové lamely nebo rola, kvalitní těsnění vzduchových klapek apod.). Existuje již také značný počet nových nátěro-

vých hmot a produktů včetně barev s nízkou emisivitou a reflexních krycích vrstev pro venkovní nátěry stěn a střech budov skladů apod. Podle našich dosavadních záznamů a měření lze proto konstatovat, že jednu z hlavních příčin mnohdy zbytečně vysokých nákladů na energii při skladování představuje i netěsnost skladů, nedostatečné uzavírání dveří skladů a jednotlivých boxů, klapek, a tím pronikání okolního vzduchu zejména při manipulacích a vyskladňování. Na snížení spotřeby elektrické energie působí i častá kontrola odběru elektřiny pomocí podružných měřidel a její regulace, která je možná a důležitá hlavně při využití levnějších nočních tarifů. Ke snížení spotřeby elektřiny na provoz technologií může přispět zejména správné seřízení a využití měničů frekvence nebo výměna elektromotorů za EC motory pohonných strojních dopravních a dalších zařízení

skladů, které mohou radikálně snížit spotřebu elektrické energie strojních prvků pro technologie naskladnění a vyskladnění. Výměny elektromotorů jsou však investičně nákladné. K úspoře spotřeby paliv na provoz zejména u paletových skladů lze přispět lepší organizací prací jak při naskladnění a vyskladnění palet, tak i pomocí automatizovaných základních systémů, které jsou však investičně nákladné. K úspoře spotřeby paliv může přispět i přechod na elektricky ovládané vozíky a manipulatory ve skladech brambor, které jsou doporučeny i z hlediska hygienických, pracovních a skladovacích podmínek. Také nové algoritmy procesorů počítačového řízení mikroklimatu zahrnující více měřených fyzikálních činitelů mohou snížit energetickou náročnost větrání a udržování klimatu ve skladech. *

Údaje a materiály v tomto příspěvku byly získány v rámci řešení interního projektu rozvoje organizace MZe ČR č. RO0614 VÚZT číslo interního úkolu č. 5101 s názvem – Prostředky snížení energetické náročnosti skladování brambor.

Oponentský posudek vypracoval Ing. Jaroslav Čepl, CSc., Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o.

**Ing. Václav Mayer, CSc.,
Ing. Daniel Vejchar,
Výzkumný ústav zemědělské
techniky, v. v. i.,
Praha-Ruzyně**

Literatura:

- SCHUHMANN, Peter, GOTTSCHALK Klaus et al. Lagerung und Klimatisierung von Kartoffeln. AGRIMEDIA Verlag. 2012, 272 p. ISBN 978-3-86263-064-6
- CUNNINGTON Adrian, SAUNDERS Steve, BRIDGE Sutton CSR, SWAIN Jon, COE Oliver, Farm Energy Centre. Improving efficiency of potato store operation in Great Britain, AHDB Potato Council research project R439 and Storage 2020 knowledge transfer campaign, United Kingdom, adrian.cunnington@potato.ahdb.org.uk
- KNEESHAW Andrew, FEC Services Ltd Energy status report: GB potato storage, Compiled for the British Potato Council, September 2006.
- DE BRUIJNE Marco, Agro crop farm, Solar panels on the potato storehouse is an excellent investment, Potato World 2015 – number 1, Cultivation and Technology.