

# Posklizňová úprava v halových skladech

Prostory určené ke skladování musí být čisté, suché, snadno větratelné, prosté plísní, škůdců a cizích pachů, musí být zkonstruovány z trvanlivých materiálů a chráněny proti ptačtvi a hlodavcům. Zásoby potravinářských zrnin musí být dostatečně chráněny před nepříznivými atmosférickými vlivy.

Střechy musí být v bezvadném stavu, okna zasklená a vždy vybavena ochrannými sítěmi, přímé sluneční paprsky nesmí dopadat na skladované zásoby. V případech, kdy nejsou stěny s dostatečnou tepelnou a vlhkostní izolací, musí být skladovací prostor oddělen od stěn. Skladové prostory musí být vybaveny pro oddělené uložení partií různých jakostí a účelů použití (viz obr. 1).

Ve skladech se nesmí vyskytovat místa nedostupná a nepřehledná, která mohou vést k rozšiřování škůdců. Konstrukce skladů musí umožňovat pravidelné odstraňování prachu, desinsekci, dezinfekci, deratizaci a pravidelnou kontrolu jakosti. Pro zachování biologických a chemických vlastností skladovaných zrnin je třeba vytvořit soustavu předpokladů, které zabraňují poklesu kvality uskladněných zrnin, případně jejich znehodnocení.

## Halové sklady

Pro skladování zrnin se v zemědělské prvovýrobě v současné době používají také halové sklady s provzdušňováním, mechanizované i nemechanizované s kapacitou až 5 000 t, kdy u těchto typů skladů dochází běžně ke ztrátám 2–3 %.

Halový sklad musí být vybaven odpovídajícími technologiemi k uchování jakosti a k zabránění ztrátám. Podle použité technologie je v halových skladech možné dlouhodobé skladování v suchém stavu (obiloviny, luštěniny do 14 % a olejniny do 8 % vlhkosti min.), skladování s použitím aktivního větrání (do 17 % vlhkosti zrna u obilovin), skladování ve zchlazeném stavu a skladování za použití chemických prostředků (pouze pro krmné účely).

Konstrukce halových skladů může být železobetonová, ocelová i dřevěná. Podlaha skladu musí být dostatečně izolovaná proti podzemní vodě. Stěny skladu musí být dimenzovány tak, aby snesly boční tlaky vrstvy zrnin.

Zrniny o vyšší vlhkosti než 15 % uskladněné v podlahovém skladu se musí provzdušňovat. Předpokladem provzdušňování je síť rozvodných kanálů napojených na provzdušňovací ventilátory.

Rozvodný systém může být s nadúrovňovými nebo podúrovňovými kanály (viz obr. 2–4).

Obě varianty dále rozdělujeme na provzdušňovací zařízení s hlavním kanálem s rozvodnými kanálky (tj. řešení zpravidla s jedním ventilátorem), nebo s podélnými či příčnými rozvodnými kanály napojenými zpravidla na více ventilátorů, případně využívající přemístitelný ventilátor.

Provzdušňovací ventilátory jsou napojeny na vzduchoventilační rozvodný systém, který se skládá z jednoho hlavního (rozvodného) kanálu a z provzdušňovacích kanálků. Jedná-li se o podúrovňový systém provzdušňování, hlavní rozvodný kanál je zakryt dřevěnými deskami, provzdušňovací kanálky jsou zakryty provzdušňovacími sítěmi.

Provzdušňovací síť zajišťují dostatečnou propustnost vzduchu a u přejezdných skladovacích prostorů jsou odolné proti poškození mobilními prostředky.

Průřez provzdušňovacích kanálků je třeba volit tak, aby rychlost proudění vzduchu nepřekročila 10 m/s. Rozteč provzdušňovacích kanálků (osová rozteč) musí být menší, než je násypná výška zrna. Je to velmi důležité pro rovnoměrný výstup vzduchu z vrstvy uskladněného zrna.

Rozvod vzduchu může být řešen jako podúrovňový nebo nadúrovňový. Podúrovňový systém provzdušňovacích kanálků je vhodný u nově budovaných skladovacích prostorů, nebo u nákladnějších rekonstrukcí stávajících halových skladů, výhodou je možnost bezproblémové manipulace s materiálem bez rizika poškození.

Nadúrovňový systém provzdušňovacích kanálků je vhodný pro rekonstrukci skladovacích prostorů bez nutnosti vyšších investic do stavebních úprav, dochází však k častému poškození vlivem manipulace s uskladněnými zrninami.

Platí základní závislost mezi vlhkostí a teplotou uskladněného zrna a přípustnou dobou jeho skladování.

Přípustná doba skladování je nepřímo úměrná vlhkosti a teplotě zrna. Např. snížení teploty uskladněného zrna z 20 °C na 15 °C vede ke zdvojnásobení doby skladování zrna o vlhkosti 15 %. Doba skladování zrna je tím delší, čím nižší je teplota zrna (viz tab. 1).

Všeobecně platí, že biologické materiály se lépe skladují při nižší teplotě, zejména obsahují-li větší množství vody.

Teplota skladovaného zrna je dána přístupem kyslíku. Při skladování zrna v uzavřeném objektu roste množství CO<sub>2</sub> a klesá množství kyslíku, a tím se snižuje intenzita dýchání.

### Aktivní provzdušňování

Aktivní provzdušňování patří v současné době k tradičním metodám ošetřování vlhkého zrna, touto metodou je v ČR ošetřen největší objem produkce ze sklizně.

Jeho charakteristickým znakem je instalace slabších ventilátorů (především axiálních) s měrnou dodávkou vzduchu do 10 m<sup>3</sup>/h na jednu tunu uskladněného zrna.

V současné době je to nejjednodušší řešení pro malé a především provizorní sklady, aplikuje se nejčastěji do menších halových skladů a využívá se malých axiálních ventilátorů schopných provzdušňovat vrstvy zrna do výšky násypu asi 2 m.

Dosavadní praxe je taková, že skladovací prostory vybavené slabými kondičními ventilátory se v nepříznivých sezónách využívají pro ošetřování vlhkého zrna, což ve většině případů znamená ztrátu na vnitřní kvalitě, rizika samozáhřevu, rozvoje plísní a škůdců. Na zrna o vlhkosti vyšší než 16 % tato metoda selhává. Metodu lze využít pouze v aridních oblastech především pro stabilizaci posklizňového dozrávání suchého zrna a pro kondiční ošetřování málo vlhkého zrna v ostatních oblastech.

Při aktivním provzdušňování je třeba brát v potaz odpor vrstvy, který závisí na obsahu příměsí zelených částic, nevyzrálých zrn, druhu obilí, vlhkosti zrna a násypné výšce zrna v zásobníku. Pro aktivní provzdušňování vlhkého neošetřeného zrna přímo od sklízecích mlátiček jsou vhodné středotlaké radiální ventilátory, které zajistí 20–30 m<sup>3</sup>/h (někdy až 35 m<sup>3</sup>/h) vzduchu na jednu tunu uskladněného zrna a potřebný tlak 1500 Pa. Výstupní rychlost z vrstvy uskladněného zrna je přitom v rozmezí 0,02–0,04 m/s při násypné výšce zrna 2,5–4 m. Při dodržení těchto základních parametrů je záruka kvalitního ošetření uskladněného zrna (viz tab. 2).

Podstata konzervace zrna aktivním provzdušňováním je ve snížení teploty skladovaného zrna. To má za následek omezení vznikajících fyzikálně-biologických a chemických pochodů.

Vlhké zrno produkuje svým dýcháním teplo, které vede k zapaření, a tím k znehodnocení. - Vzduch dodávaný ventilátorem do skladovacího prostoru zabraňuje nadměrnému vzniku tepla. S tím souvisí i požadavek dokonalého bezztrátového rozvodu vzduchu, aby uskladněné zrno ve skladovacím prostoru bylo rovnoměrně vystaveno účinkům vzduchového proudu a aby nevznikaly prostory, kde by vhněný vzduch nepůsobil na uskladněné zrno.

Pro rovnoměrnost proudění vzduchu v násypu je nutné zabezpečit rovnoměrné rozvrstvení materiálu po celé ploše skladu a urovnání povrchu sypné vrstvy tak, aby odpor kladený

prostupu vzduchu vykazoval v různých místech skladu co nejmenší odchylky. Nerovnoměrnost povrchu způsobuje velké nerovnoměrnosti v množství vzduchu prostupujícího vrstvami zrniny a možnost vzniku kondenzačních ploch vlhkosti. Pro zajištění průchodnosti vzduchu nadúrovňovými děrovanými oblouky či podúrovňovými rošty používat průdušnější (propustnější) materiály, pokud je nutné jejich zakrytí, nebo podle instalovaného typu ventilátoru a jeho výkonnosti upravit výšku naskladnění (např. u slabšího ventilátoru snížení na 2 m).

Množství vzduchu potřebného k aktivnímu provzdušňování závisí především na vlhkosti skladovaného zrna. Při použití nevhodného ventilátoru se na povrchu uskladněného zrna vytvoří kondenzační vrstva, která je neprodyšná a tím může způsobit znehodnocení uskladněného zrna.

K aktivnímu provzdušňování se v praxi často používají zcela nevhodné ventilátory s nedostatečnou výkonností. Nevyhovují ani množstvím vzduchu, ani potřebným tlakem, který je nutný k proniknutí vzduchu do vrstvy uskladněného zrna. Pro aktivní provzdušňování zrna o vlhkosti nad 16 % není vhodné použít nízkotlaké axiální ventilátory.

Při sušení vzduchem se odebírá zrna voda nenasyceným vlhkým vzduchem. Vzduch proudí přitom okolo zrna a odnímá z jeho povrchu vodu. Mezi vnitřkem a vnějškem zrna vzniká vlhkostní potenciál, způsobující přesun vlhkosti z vnitřku zrna na povrch.

U zrna je voda různě vázána. Voda obsažená v buněčných a mezibuněčných dutinách je voda volná – hydroskopická.

Část vody v zrně je chemicky vázána. Způsobem vázání vody v zrně je ovlivněna rychlost jejího uvolňování při sušení. Volná voda se při sušení odpařuje obdobně jako voda z volné hladiny. Odpařování vody vázané ve stěnách buněk je už obtížnější. Chemicky vázaná voda se nedá vůbec (aniž by došlo k rozkladu) uvolnit.

Zrno se skládá ze dvou složek: sušiny (tj. konstantní složka) a z vody (tj. pohyblivá složka).

### **Kondicionování, chlazení větráním, sušení neupraveným vzduchem**

Nejčastěji používané metody aktivního provzdušňování můžeme dělit podle instalovaných ventilátorů a účelu provzdušňování na kondicionování, chlazení větráním či sušení neupraveným vzduchem.

Kondicionování, neboli kondiční ventilace je metoda s využitím nízkých dodávek provzdušňovacího vzduchu do zrniny. Charakteristickým znakem je instalace nízkotlakých ventilátorů s nízkou výkonností a pracovním tlakem (především axiálních) s měrnou dodávkou vzduchu 10 m<sup>3</sup>/h na jednu tunu uskladněného zrna.

Využití nízkotlakých ventilátorů omezuje především maximální násypnou výšku vrstvy zrniny (2 m), při překročení této hodnoty násypné výšky dochází k prudkému snížení průchodu vzduchu skladovanou vrstvou zrniny. Kondicionování je metoda vhodná pro obiloviny (sladovnické ječmeny, potravinářskou pšenici a osiva), sklizené s vlhkostí do 16 %. Chlazení větráním je charakteristické měrnou dodávkou provzdušňovacího vzduchu 15 m<sup>3</sup>/h na jednu tunu uskladněného zrna, zabezpečuje měřitelné snížení teploty skladovaného zrna během několika dní.

Dochází k zastavení samozáhřevu a zamezení nárůstu teploty násypu zrna, lze udržet i vlhký materiál ve stabilizovaném stavu po dobu posklizňového dozrávání, tedy asi dva měsíce do nástupu nízkých venkovních teplot, kdy si zrno již podrží kvalitu s občasným provětráním, případně bez větrání. Vlivem poměrně dlouhé doby provzdušňování dochází i k vysoušení zrna, naskladněné zrno může mít maximální vlhkost do 18 %.

Sušení neupraveným vzduchem využívá měrnou dodávku větracího vzduchu přesahující 20 m<sup>3</sup>/h na jednu tunu uskladněného zrna. Dochází zde k měřitelnému zchlazení uskladněné zrniny již během jednoho dne skladování a ke snížení vlhkosti zrna intenzivním porušováním

rovnováhy mezi vlhkostí zrna a vlhkostí vzduchu mezi zrny (dochází k difuzi vodních par ze zrna do vzduchu mezizrnového prostoru).

Použití středotlakých radiálních ventilátorů zajišťuje vysoké množství dodávaného vzduchu a potřebný tlak i při velkých vrstvách skladované zrniny.

Sušení neupraveným vzduchem je použitelné do vlhkosti zrna 18 %, za dobrých klimatických podmínek v průběhu provzdušňování až do 20 % vlhkosti zrna.

Postup posklizňového ošetření zrna v halových skladech se může rozdělit do několika etap.

Při aktivním větrání nejdříve dochází k relativně rychlému odsoušení, neboť při průchodu vzduchu vysokotlakým ventilátorem dojde k zahřívání vzduchu, což má za následek snížení relativní vlhkosti vzduchu a tudíž i zvýšenou absorpční schopnost.

Pro délku aktivního větrání je řídicí veličinou snižování obsahu vody v zrně. Jedná se o období od okamžiku naskladnění do buňky nebo do halového skladu až po skončení posklizňového dozrávání. Mělo by se zamezit možné kondenzaci vlhkosti v povrchové vrstvě, vlhkost skladovaných zrnin snížit v horních vrstvách pod 16 % a teplota zrnin by měla klesnout v celém skladovacím objemu asi na 20 °C.

Dále se zrno udržuje přerušovaným větráním, které je v činnosti pouze za příznivých hodnot stavu vzduchu, především jeho relativní vlhkosti a teplotě vzduchu.

Vlhkost v horních vrstvách se sníží pod 15 % a teplota by měla klesnout pod 18 °C v celém skladovaném objemu. Pro dosažení finální hodnoty zrnin k dlouhodobému skladování je v zimních měsících využíván velmi studený vzduch, při němž se sníží teplota v celém objemu pod 10 °C.

### Klíčové informace

- Aktivním provzdušňováním se snižuje teplota skladovaného zrna, a tím se prodlužuje jeho skladovatelnost.
- Snižuje se vlhkost, rovněž s příznivým vlivem na prodloužení skladovatelnosti.
- Při snížení teplot pod 15 °C se zastavuje činnost škůdců a mikroorganismů.
- Kombinací sušení na teplovzdušných sušičkách a aktivního provzdušňování je možné prodloužit skladovatelnost vlhkého zrna před vlastním sušením, zvýšit výkonnost sušiček a snížit spotřebu energie (topných olejů a plynů).
- Při dlouhodobém skladování zrna, ošetřeného aktivním provzdušňováním, odpadá nutnost přepouštění zrna za účelem částečného ochlazení a udržení jeho dobrého zdravotního stavu, což má vliv na snížení ztrát zrna vlivem jeho poškození, potažmo snížení opotřebení strojního zařízení.

### **Doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.**

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta  
katedra technologických zařízení staveb

### **Ing. Jiří Bradna, Ph.D.**

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha  
Odbor technologických systémů pro produkční zemědělství