



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Bakalářská práce

Optimalizace uskladnění produktů prvovýroby v podmínkách
ZD Ločnice

Autor práce: Josef Šalanda
Vedoucí práce: Ing. Radim Kuneš
Konzultant práce: Ing. Petr Šedivý

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na skladování produktů rostlinné výroby v konkrétním podniku. Jedná se o podnik ZD Ločenice, který je se stavem skladování dlouhodobě nespokojen a plánuje jeho vylepšení. Cílem této práce je objektivně popsat aktuální stav skladování a navržení konkrétních projektů, které povedou k jeho vylepšení. Informace o aktuálním stavu byly získány z odborných konzultací s vedením podniku a z prohlídky skladových prostor.

Výsledkem práce jsou tři konkrétní návrhy na vylepšení, které byly konzultovány s vedením podniku a souhlasí s nimi. Pro účely zjištění cenového odhadu a variant provedení byla oslovena firma AGRICO Třeboň s.r.o.

Prvním návrhem je nové venkovní silo o kapacitě 1 000 t, jehož provedení je zpracováno ve dvou variantách. Druhým návrhem je nové silo umístěné uvnitř jedné ze stávajících skladovacích budov, také jsou navrhovány dvě varianty. Třetím návrhem je nový dopravník, propojující budovu posklizňové linky s budovou dvou hlavních skladů

Klíčová slova: skladování obilnin; rostlinná výroba; obilní škůdci; podmínky skladování;

Abstract

This thesis focuses on the storage of cereal and rapeseed grains in the company ZD Ločenice, which has been dissatisfied with the state of its storage facilities for a long time. The aim of this work is to objectively describe the current state of storage and to propose specific projects that will lead to an improvement. The information on the current state was obtained from consultations with the management of the company and from a tour of the storage buildings.

As a result of the work, three specific proposals for improvements have been consulted with and agreed by the management. The company AGRICO Třeboň s.r.o. was contacted for the purpose of obtaining a price estimate and design options.

The first proposal is for a new outdoor silo with a capacity of 1 000 t, the design of which is elaborated in two possible variants. The second proposal is a new silo located inside one of the existing storage buildings, also in two versions. The third proposal is a new conveyor linking the post-harvest line building to the two main storage buildings.

Keywords: cereal grain storage; crop production; cereal pests; storage conditions

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Radimu Kunešovi. Panu řediteli Ing. Petru Šedivému ze ZD Ločenice, za cenné konzultace a umožnění spolupráce podniku s touto prací. Paní Ing. Andree Bohaté, Ph.D., za pomoc při práci v laboratoři, a firmě AGRICO Třeboň s.r.o., jmenovitě panu Ing. Martinu Karmazínovi a Petru Štěpánkovi za konzultaci a poskytnutí odhadních cen.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Historie skladování.....	9
1.2 Podmínky a procesy skladování.....	13
1.2.1 Předčištění a čištění zrna.....	13
1.2.2 Veličiny sledované při skladování obilovin.....	14
1.2.3 Sušení a větrání.....	16
1.3 Škůdci.....	20
1.3.1 Mikroflóra a plísň.....	20
1.3.2 Hmyz.....	21
1.3.3 Integrated Pest Management.....	23
1.3.4 Hlodavci.....	24
1.4 Zemědělství 4.0.....	24
1.5 Způsoby skladování.....	29
1.5.1 Způsoby stabilizace zrna.....	29
1.6 Typy skladů.....	29
1.6.1 Halové sklady.....	29
1.6.2 Obilná sila.....	30
2 Cíl práce a metodika.....	33
3 Vlastní práce.....	34
3.1 Představení podniku.....	34
3.2 Pěstované množství.....	34
3.3 Rozmístění skladovacích budov.....	35
3.4 Skladovací prostory.....	36
3.4.1 S1 – Řepkárna a S2 – Bramborárna.....	37
3.4.2 S3 – Sušárna.....	38

3.4.3	Sklad S4 – Kolna svatý Ján.....	41
3.4.4	Sklad S5 – Kolna Branišovice	43
3.4.5	Sklad S6 – Granulák	43
3.4.6	Sklad S7 – Šrotovna.....	45
3.5	Testování vzorků	46
4	Návrhy vylepšení skladování	49
4.1	Návrh č. 1 – Nový sklad S8.....	49
4.1.1	Silo Neuro typ NL 11	50
4.1.2	Silo Neuro typ NL 14	51
4.2	Návrh číslo 2 – Rozšíření skladu S7 o silo S9	52
4.3	Návrh číslo 3 – Vybudování dopravníku	54
5	Diskuse.....	56
	Závěr	57
	Seznam použité literatury.....	58
	Seznam obrázků	62
	Seznam tabulek	64
	Seznam zkratek	65

Úvod

Skladování a uchovávání vypěstovaných produktů lidstvo používá velmi dlouhou dobu, z počátku kvůli potřebě uchovat zrno v dobrém stavu, aby bylo bezpečné ke konzumaci i po delším časovém úseku. To samozřejmě platí i v dnešní době, například správa státních hmotných rezerv pronajímá u velkoskladů obilí část jejich kapacity pro případ nouze. S rozvojem obchodu však skladování dostalo i druhý důležitý význam, schopnost držet obilí ve skladu a prodat jej za výhodnější cenu. Zemědělským podnikům se tedy vyplatí investovat do skladovacích prostor, jelikož si následně mohou vybrat cenu, za jakou své plodiny prodávají.

Zrno je potřeba správně připravit, aby v průběhu skladování nedošlo k jeho znehodnocení, jak biologickými procesy zrna samotného, tak různými škůdci. Zároveň se zrno čistí od nežádoucích příměsí. Míra jejich přítomnosti v zrně následně ovlivňuje, za jak kvalitní je zrno považováno.

Pro skladování zemědělských produktů je velmi specifická sezónnost, v průběhu ní se přijme do skladu velké množství materiálu během relativně krátké doby. Často je třeba rychle upravit jeho vlastnosti tak, aby bylo možné jej skladovat po delší dobu. Zařízení musí dosahovat dostatečných výkonů, aby toho byla schopna kvalitně, s minimálními ztrátami a bez poškození zrna.

Tato práce je zaměřena na navržení kroků směřujících ke zlepšení kvality skladovacích podmínek v ZD Ločenice. Prvním krokem je literární rešerše historie skladování, podmínek skladování komodit a hlavních způsobů skladování v prostředí výrobního podniku. Následně objektivní stanovení současného stavu pomocí pozorování a dat poskytnutých podnikem. Na základě informací z rešerše a aktuálního stavu skladování budou navrženy konkrétní úpravy i jejich přibližné ekonomické náklady pro podnik.

1 Literární přehled

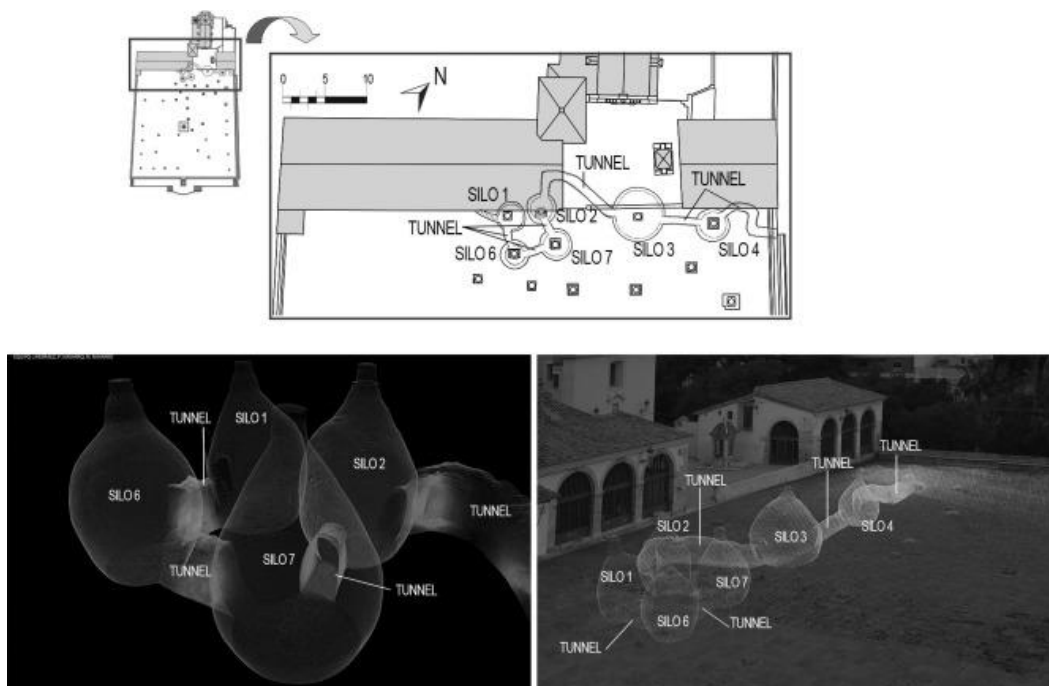
Literární rešerše se soustředí krátce na vývoj a historii skladování, dále na veličiny sledované při skladování, hlavní škůdce a nákazy skladovaných zrnin, v závěru na současné a moderní technologie používané při skladování.

1.1 Historie skladování

Mezi nejdéle používané dochované způsoby skladování zrna řadíme jámy na obilí neboli obilnice, jedná se o jámy různých tvarů s průměrem 1,5–2 m a hloubkou cca 1,5 m, které se vymazávaly hlínou, vystýlaly slámou, nebo bylo podél stěn a na dno naskládáno dřevo. Cílem bylo oddělit zrno od půdní vlhkosti a vlivů. Následně byl násypný otvor utěsněn popelem, pískem, slámou, zamazán hlínou a zatížen kameny.

Ideálně se tímto zamezilo přístupu vzduchu a přírodní procesy v uskladněné obilnině začaly vyplňovat prostor oxidem uhličitým (CO₂), který snižoval četnost mikroorganismů a časem zahubil hmyz přítomný v zrně. Proces vyplnění veškerého prostoru CO₂ trval několik let a zrno dlouho neztratilo klíčivost, ještě delší dobu zůstávalo požitelné. Z historických záznamů víme, že v některých jámách vydrželo až 100 let. Často byly po vyprázdnění použity i další skladovací období, každý rok byly vyčištěny a byla přidána další vrstva hlíny, ta se znovu vypálila a vytvořila další vrstvu ochrany. U některých je z vrstev patrné, že byly používány 14 i více let. Jámy na obilí se podle archeologických nálezů používaly po celé Evropě (Beranová a Kubačák, 2010).

Podrobnější informace o obilnicích můžeme nalézt v článku A. Vallse z roku 2015. Zaměřuje se na konstrukci a postup stavby komplexu několika obilnic ve španělské Valencii a jejich porovnání s nálezy obilnic v zemích středomoří. Aby stavby nebyly poškozeny, používá ke skenování 3D laserový skener a půdní radar. Tyto obilnice byly vybudovány v roce 1575, v období přelomu středověku a novověku, jsou tedy o hodně větší a komplexnější oproti nejstarším nálezům. Dosahují hloubky 5,5–12 m a šířky 4–8 m a jsou vzájemně propojeny tunelem. Stěny jsou vymazány vápencovou maltou, víko je z kusu vápence, utěsněné bitumenem a spoj byl pro ochranu z venku zalepen sádrou. Porovnání s ostatními obilnicemi napříč středomořím dokazuje značnou podobnost jak typu půdy, ve které byly postaveny, tak v postupech stavby (Valls a kol., 2015).



Obrázek 1: 3D sken a mapa rozložení obilnic ve Valencii (Valls a kol., 2015)

V horní části obrázku 1 je vidět pohled shora, také je zakreslené rozmístění a propojení jednotlivých obilnic. V levé spodní části je 3D sken obilnic, v pravé části je tento sken vyobrazen v překryvu s fotografií nádvoří.

Mezi další stavby zařazujeme stodoly a sýpky, používaly se v oblastech, kde nebyla vhodná půda k vybudování podzemní obilnice. Nejstarší sýpky nalezeny na severu a severozápadě Evropy pocházejí z doby bronzové. Z počátku se jednalo o dřevěné stavby, později masivnější stavby z kamene. Nelze však určit, zda v nich bylo obilí skladováno již vymlácené nebo v klasech. U těchto staveb nebo přímo uvnitř, se také nacházelo tzv. humno, což bylo místo určené k vymlácení obilí pomocí cepů. Humno tvořila plocha udusané a kameny vydlážděné hlíny. Zrno se poté čistilo prohazováním lopatou, kdy plev a nečistoty odnášel vítr. Případně byly jako síta používány proutěné koše (Beranová a Kubačák, 2010).

Ke skladování obilí před výmlatem sloužily menší dřevěné stavby se čtyřmi stěnami a střechou nazývané brahy. Byly objeveny na stejných nalezištích jako stodoly. Jejich pozůstatky se však velmi těžko zkoumají a rozeznávají, jelikož po nich zbyl pouze půdorys zanechaný vyhnílým dřevem (Beranová a Kubačák, 2010).

Obilnice jako způsob skladování sloužila lidem po celou dobu trvání středověku, např. na statcích řádu německých rytířů z počátku 15. století. Později je nahradily větší

stodoly, zvané špýchary nebo špejchary. Jednalo se o zpočátku roubené malé stavby, později o velké zděné stavby s více patry na uložení zrna (Beranová a Kubačák, 2010).

V české republice je velmi významným archeologickým nalezištěm zaniklá středověká ves Mstěnice. Byly zde nalezeny pozůstatky různých druhů zemědělských a obytných staveb. Mezi nálezy jsou špýchary, obilnice a kusy velkých keramických nádob sloužících mimo jiné ke skladování potravin. Dále drobné kusy kovových madel a obruče z nádob na uchování různých potravin či předmětů (Nekuda, 1991).

Na krátkodobé uchování zrna nebo jen k manipulaci s ním soužili různé vaky, koše, truhly i větší speciální nádoby. Pytle na obilí podobné těm současným se používají již dlouhou dobu, o tom, kdy a kde se začaly používat, zatím nevíme. Dále byly poblíž lidských obydlí nalezeny menší kruhové jámy, ty patrně sloužili ke krátkodobému uskladnění těsně před použitím (Beranová a Kubačák, 2010).

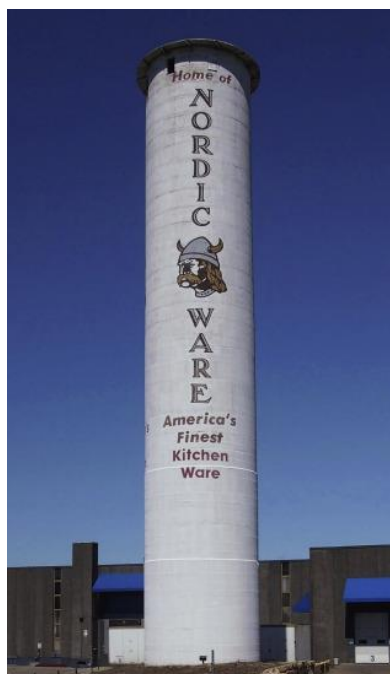
Skladování se i přes velké inovace v zemědělství příliš nezměnilo po celý středověk a značnou část průmyslové revoluce. Velmi dlouhou dobu se používaly vysoké stodoly s několika patry, převážně vyrobené ze dřeva, později pobité plechem pro lepší ochranu. Kvůli průmyslové revoluci odcházela významná část populace pracovat v továrnách a městech, prudce se tedy zvyšovala poptávka a zemědělci prodávaly obilí za dobrou cenu, téměř rychleji, než stíhaly sklízet. To bylo možné díky inovacím ve zpracování půdy a postupů při pěstování, které zapříčinily velký nárůst výnosů zrna. Zemědělství tedy pokrylo potřebu i s menším počtem osob. Průmyslová revoluce do zemědělství přinesla zejména mechanizaci přípravy půdy a později i sklizně, která byla doposud limitujícím faktorem produkce. Ta se s rozšířením parních a mechanických sklízecích strojů zvýšila a s nástupem chemizace se stále zvyšovaly výnosy. Následkem toho dopravní řetězce a sklady nebyly schopné přepravit vysoké množství komodit (Rosentrater, 2022).

Po staletích zvyšování skladovacích kapacit, stavění větších a vyšších stodol, přišla do skladovacího odvětví inovace. Jednalo se o vertikální dřevěný korečkový dopravník, který byl k přepravě zrna poprvé použit v roce 1842 ve městě Buffalo v americkém státě New York. Postavili jej Joseph Dart a Robert Dubar. Byl poháněný parním strojem a dokázal přesunout zhruba $54 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. Před jeho vynálezem se obilí nosilo v pytlích na hlavě a ramenou nebo se vozilo ve vozících. Tento vynález byl pro skladování revoluční, jelikož dopravník eliminoval zdlouhavou a namáhavou lidskou práci při vykládce a nakládce. Dopravníky se tedy brzy rozšířili po celém světě a s markantním zvýšením přepravních objemů vznikala v Severní Americe postupně

i jednotný systém kontroly kvality zrna z odebraných vzorků. Ten se rozšířil spolu s mechanizací a inovací všech aspektů pěstování a skladování do Evropy během 80. let 19. století (Lee, 1937).

S rozšířením dalších typů dopravníků a zvyšováním produkce přišla i změna staveb určených ke skladování obilí. V 90. letech 19. století začaly být dřevěné stavby nahrazovány ocelovými a betonovými sily, převážně z důvodu požární bezpečnosti.

Šestiúhelníková a obdélníková sila z betonu byla používána v Rumunsku roku 1892, o pár let později v roce 1899 bylo v Severní Americe představené první železobetonové silo kruhového průřezu, lze jej vidět na obrázku 2. Bylo vysoké 21 m o průměru 6 m a stále stojí na svém místě, ale na skladování už se nepoužívá (Rosentrater, 2022).



Obrázek 2: První silo kruhového průřezu z roku 1899, dnešní stav (commons.wikimedia.org, 2022)

Betonová sila o velkých objemech se však používala pouze v komerčních skladištích. Skladování přímo ve výrobě zažilo změnu s příchodem ocelových sil z vlněného plechu. První patent na železné silo je z roku 1887 a dostal jej Lyman Smith, od té doby je vývoj zaměřen převážně na zvětšování kapacity těchto zásobníků, jak ke komerčnímu skladování, tak k uskladnění přímo ve výrobě (Rosentrater, 2022).

1.2 Podmínky a procesy skladování

Skladování je velmi důležitá část produkce, komodity jsou velice náchylné na podmínky, při kterých se uchovávají. Je tedy zapotřebí skladovat je za správné teploty, vlhkosti zrna a vyčištěné od drobných zbytků rostlin, zrn ostatních plodin a plevelů. Také je co nejlépe chránit před škůdci a vlivy vnějšího prostředí. Výrazné nedodržení těchto podmínek může mít za následek znehodnocení a způsobit podniku vysoké ztráty. Množství nečistot a škůdců má následně vliv na kvalitu a cenu. Čím nižší je přítomnost nežádoucích těles, tím lépe.

1.2.1 Předčištění a čištění zrna

K dosažení co nejvyšší kvality skladovaných zrnin je potřeba odstranit nečistoty. Předčištění by mělo být prvním krokem ihned po dopravě zrna ke skladovacím prostorům, důkladnější čištění lze provést po sušení. Nečistoty v zrně mohou negativně ovlivnit kvalitu následného provzdušňování tím, že se nahromadí v otvorech pro vývod vzduchu a zamezí jejich průchodnosti. Mezi nečistoty lze řadit prach, pluchy, semena a části jiných plodin a plevelů a drobné zbytky slámy. Čisté zrno obsahuje maximálně mezi 1–2 % nečistot a semenných příměsí (Maleř, 1996).

Řepka olejná je z hlediska svých fyzikálních vlastností odlišná od obilnin. Semena řepky jsou výrazně menší než u ostatních zrnin, jejich kulovitý tvar a velmi nízká vzhodná rychlost vyžaduje výrazné snížení toku vzduchu v čistících a sušících zařízeních. Ostatní zařízení a příslušenství skladu musí být vyráběna i na řepku nebo upravena tak, aby se dala na řepku použít. Má také velmi malý sypaný úhel, tudíž se při manipulaci chová spíše jako tekutina, k tomu je třeba přihlížet při navrhování dopravníků, spojů, shrnovačů, uzávěrů a dalších částí skladovacího cyklu. Zároveň má u řepky na kvalitu velký vliv právě posklizňová příprava, tudíž je třeba na její čištění klást dostatečný důraz. Nečistot by v zrně řepky mělo být méně než 2 % (Vašák a kol., 2000).

Čističky lze dělit podle způsobu oddělování. Prvním způsobem jsou vzduchové separátory, které provádějí tzv. aspirační čištění, dalším typem jsou skříňové čističky s děrovanými nebo roštovými sítmi. Nejčastěji se používají čističky s oběma způsoby. Vzduchový separátor odděluje zbytky zeminy, prach, lehká semena ostatních plodin a zbytky slámy. Sítový čistič poté odděluje těžší částice a poškozená zrna. Na stejném principu prosévání pracují i třídíče, které jsou schopné oddělit až 4 frakce. Cílem je

oddělení biologicky méně hodnotného zrna, třídění se používá převážně u obilnin pěstovaných k výrobě osiva, pekařským a sladovnickým účelům. Pro tyto způsoby užití jsou zásadní homogenní biologické vlastnosti, rozměry a váha jednotlivých zrn (Maleš, 1990).

Univerzální stroje na předčištění a čištění zrnin vyrábí například německá firma RUBERG. V sortimentu jsou stroje s menšími výkony pro výrobní podniky, i větší výkonné stroje pro velká skladiště a zpracovatelské podniky. Univerzální zařízení k předčištění obilnin i řepky můžeme vidět na obrázku č. 3.



Obrázek 3: Univerzální zařízení na předčištění zrnin i řepky od firmy RUBERG (g-ruberg.de, 2022)

1.2.2 Veličiny sledované při skladování obilovin

Jako důležité veličiny uvádí Maleš (1996):

- Objemová hmotnost – uvádí, kolik kilogramů plodiny je obsaženo v jednom čtverečním metru.
- Mezerovitost – vyjadřuje procentuální poměr vzduchu v obilné masě.
- Sypkost – úhel, který svírá strana obilné masy se zemí při nasypání na hromadu, je ovlivněn velikostí a tvarem semen, ale i vlhkostí nebo množstvím nečistot v zrně.
- Relativní vlhkost – v procentech udává míru nasycení vzduchu vodními parami při dané teplotě (100 % = plně nasycený vzduch), důležitá veličina pro větrání obilovin.

-
- Rovnovážný obsah vody v zrninách – ustálený obsah vody v zrně při dané relativní vlhkosti a teplotě. Při rovnovážném obsahu vody nedochází mezi vzduchem a zrnem k přesunu vody.
 - Přirozený úbytek – procentuální úbytek hmotnosti v závislosti na délce skladování, vlivem biologických procesů zrna a škůdců. Vyšší než předpokládaný úbytek, signalizuje zvýšenou aktivitu škůdců.
 - Bezpečné skladování zrnin – možná délka skladování v závislosti na teplotě a obsahu vody.

Rosentrater (2022) dále uvádí tyto veličiny:

- Koeficient tření se stěnami skladovacích prostor
- Tlak na stěny síla
- Vodu obsaženou v zrnech vs. volnou vodu v prostoru mezi zrny
- Obsah vlhkosti (mokrý základ) – vyjadřuje, kolik procent váhy zrna je tvořeno vodou
- Obsah vlhkosti (suchý základ) – procentuální poměr vlhkosti vůči kompletně suchému zrně

Teplota a vlhkost vzduchu v mezi zrněm prostoru jsou navzájem propojené faktory skladování. Oba totiž mají vliv na dýchání zrna a aktivitu přítomných mikroorganismů. Pokud nastanou ve skladovaném zrně příznivé podmínky, začnou v něm probíhat biologické procesy. Skladované zrno přirozeně dýchá, dýchání je ovlivněno hladinami kyslíku a CO₂ ve skladovacím prostoru. Pokud je zrno v uzavřeném prostoru, přirozeně upotřebí kyslík k dýchání a vyplní jej CO₂, to zamezí dýchání zrna, množení mikroflóry a zastaví se zvyšování teploty. Pokud však zrno má volný přístup ke kyslíku nebo jej přímo provětráváme, za určitých okolností může být množství samovolně vzniklého tepla větší než lze odvádět a zrna se mohou zahřát až na úroveň zuhelnatění. Provzdušňování zrnin je třeba provádět vzduchem s nízkou relativní vlhkostí a s teplotou alespoň o 5 °C nižší, než je teplota zrna. Při špatném postupu můžeme naopak způsobit stimulaci dýchání a další zvyšování teploty. Zde je limitující vlhkost zrna, pokud je u obilí nižší než 16 % samovolné zahřívání nenastává (Maleš, 1996).

Maleš (1996) popisuje zahřívání jako kombinaci dýchání zrna a působení mikroorganismů.

Oproti tomu Rosentrater (2022) na základě výsledků několika studií konstatuje, že zahřívání zrna vzniká převážně činností plísní a dýchání zrna nemá na zahřívání přílišný vliv.

Pokud je zrno dostatečně suché dýchání neprobíhá. U všech obilovin je kritický bod 14,5–15,5 % vlhkosti při teplotě nad 15 °C. Platí zde spojení mezi vlhkostí a teplotou, pokud je vlhkost nízká, lze zrno skladovat i při vyšších teplotách. Nemůže však klesnout pod 8–10 %, zrno by bylo příliš suché a znehodnotili by se jeho biologické vlastnosti (Zimolka, 2005).

Pro bezpečné skladování je tedy optimální skladovat zrno chladné a suché. Ideální vlhkost, pokud zrno nelze chladit, by měla být méně než 13 % s teplotou pod 15 °C. V těchto podmínkách lze zrno skladovat ve velkém i rok s minimálním vlivem na jeho kvalitu. Pro lepší kontrolu je ideální upravovat teplotu automatickou aktivní ventilací, která zároveň snižuje aktivitu skladištních bezobratlých škůdců, jelikož pro většinu z nich je teplota 15 °C hraniční a zároveň jim nevyhovují prostory, kde je silný průvan (Maleř, 1996).

Pro řepku je ideální vlhkost do 8 %, protože je podstatně sušší než obiloviny, tudíž ji lze při této vlhkosti skladovat dlouhodobě při teplotě do 25 °C. V takto suché řepce se snižuje aktivita škůdců. Z hlediska teploty je však při sušení nutno dbát na tzv. náhřev semene (teplota, na kterou se semeno ohřeje v sušičce). Přípustný náhřev se mění v závislosti na vlhkosti semene. Čím vyšší je vlhkost, tím nižší musí být teplota náhřevu. Řepku s vyšší vlhkostí je tedy potřeba sušit šetrněji a déle nebo na vícekrát. Většinou se teplota náhřevu pohybuje kolem 40 °C, aby se zamezilo ztrátám na kvalitě nebo znehodnocení semen. Řepka se musí následně vychladit alespoň pod 30 °C. Menší velikost semínek řepky zapříčiňuje nižší propustnost vzduchu, sušení se zajišťuje výhradně horkým vzduchem v sušičce, na rozdíl od obilovin, které lze dosušit aktivní ventilací při skladování (Vašák a kol. 2000).

1.2.3 Sušení a větrání

Usychání zrna začíná již v porostu, po dosažení zralosti rostliny vytvoří vrstvu tkáně mezi rostlinou a zrnem. Tou zamezí přístupu další vody do zrna a vlivem slunce a větru začne usychat, vlhkost zrna může těmito vlivy klesat kolem 0,5–1 % denně. Sušení se takto provádělo již od dob, kdy lidé začali kultivovat plodiny. Nástup mechanizace a sklizení pomocí strojů narušil tento přírodní proces a dnes se již sklízí zrno s vyšší vlhkostí. V reakci na tento trend se během posledních desetiletí značně

rozšířili sušící zařízení u skladovacích prostor. Výhodou sušení pomocí těchto zařízení je určitá stabilizace vlhkosti mezi jednotlivými várkami zrna, jelikož jsou na různých částech pole rozdílné. Sušením lze tedy dosáhnout určitého stupně homogenizace materiálu. Přesto se při skladování ve velkých objemech přirozenými vlastnostmi zrna vytvářejí místa o rozdílných vlhkostech i teplotách (Sadaka a Jayas, 2022).

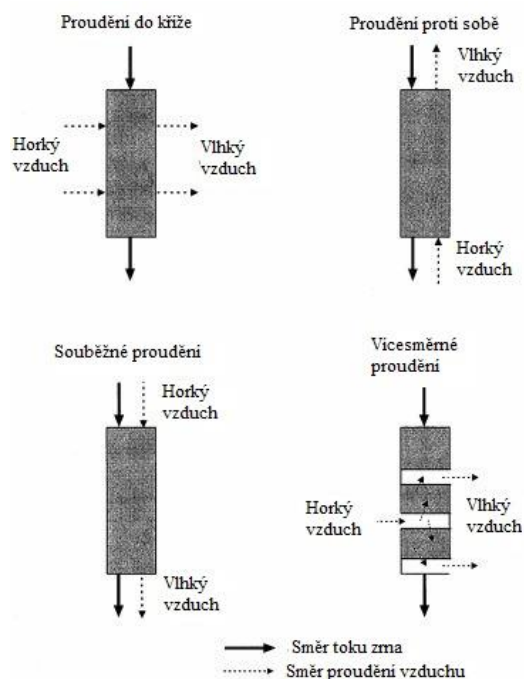
Sušení nastává v okamžiku, kdy je vlhkost vzduchu v okolí nižší než vlhkost zrna. Při těchto podmínkách voda „přechází“ ven ze zrna do okolního vzduchu. Na rychlost usychání mají vliv vlastnosti vzduchu vháněného do obilné masy, především jeho teplota, rychlost, relativní vlhkost a objem. Tyto hodnoty je třeba při sušení kontrolovat, pokud bude teplota vzduchu příliš vysoká, zrno může popraskat, nebo se rozpadnout. Příliš vlhký vzduch naopak snižuje efektivitu sušení, či dokonce zhoršuje kvalitu. Většina systémů využívá k sušení kombinaci proudění vzduchu a tepla (Sadaka a Jayas, 2022).

Sadaka a Jayas (2022) dále rozdělují způsoby sušení na:

1. Přirozené sušení – sklizení porostu až v okamžiku, kdy dosáhne požadované vlhkosti. Tato metoda je stále používána v rozvojových zemích. Je velice náchylná na okolní podmínky, není možné chránit úrodu před škůdci. Pokud se nesklidí včas, zrno přeschne a při následné sklizni se značně poškodí.
2. Sušení v silech neupraveným vzduchem – zcela nebo i částečně naplněné silo je vyvýšené, aby pod skladovaným zrnem vznikl prostor k proudění vzduchu, který je do něj vháněn pomocí ventilátoru. Dále proniká perforovanou podlahou sila, prochází zrnem a odebírá vlhkost, nakonec odchází otvory ve střeše. Do takových sil se často montují i mísící zařízení, jelikož vzduch nejdříve ochlazuje a suší zrno v dolní části sila, při větší vlhkosti okolního vzduchu by mohl v polovině být zcela nasycen vlhkostí a přesouvat ji směrem k zrnem na povrchu. Promícháním se tomuto efektivně zabrání. Dále lze tento problém eliminovat postupným přidáváním zrna a optimalizací množství a rychlosti vháněného vzduchu.
3. Sušení v silech s mírným ohřevem vzduchu – principiálně stejný jako předchozí způsob, rozdíl je v použití topného zařízení na ohřev vzduchu umístěného k ventilátoru. Tento způsob se doporučuje pro skladování v sušších geografických oblastech.

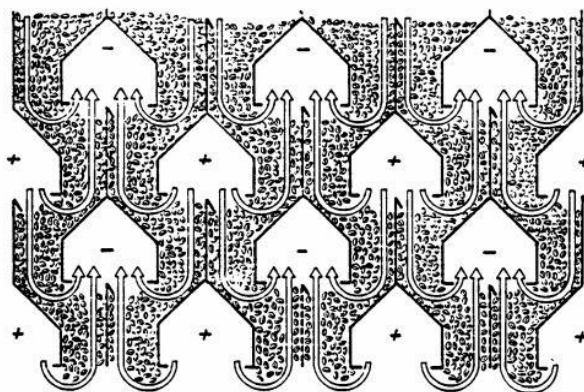
-
4. Sušení v silu s kontinuálním tokem materiálu – konstrukce sila je podobná předchozím, rozdíl je v přesunu materiálu, který v předchozích zůstává ve stejném silu. U tohoto způsobu je shora neustále přidáván materiál k sušení a ze dna sila neustále odebírán nahřátý a usušený. Poté je přemístěn do skladových sil s větráním, aby se ochladil. Tento systém se vyhýbá výše uvedenému problému s usycháním zrna ode dna směrem nahoru a odebírá již suché zrno k uskladnění. Tím se zamezí přesušení.
 5. Vysokoteplotní sušení v silách – podobné systémům v bodech 2. a 3., rozdílem je vyšší teplota i rychlost vzduchu, doba sušení je tím výrazně zkrácena. Systém je však náchylný k přesušení zrna a vznikají velké rozdíly vlhkosti mezi spodní a vrchní vrstvou. Při vyšší vrstvě zrna je nutno instalovat mísící zařízení. Některá sila jsou opatřena cirkulací, v nichž spodní suché zrno cirkuluje středem sila zpátky na povrch. Snižuje se tak možnost přesušení, ale suché zrno na povrchu může opětovně vstřebat vlhkost ze spodních vrstev.

Sušení v silách se užívá převážně ve Spojených státech amerických (USA), u nás jsou rozšířené kontinuální šachtové sušárny. Jejich rozdělení a porovnání zpracovaly D.E. Maier a F. W. Bakker-Arkema (2002) při příležitosti Facility Design Conference of the Grain Elevator & Processing Society.



Obrázek 4 : Typy kontinuálních sušáren podle toku materiálu a vzduchu (Maier a Bakker-Arkema, 2002)

Černé šipky znázorňují směr toku zrna, přerušované směr pohybu horkého vzduchu. Jak jdou po sobě na obrázku 4, se v angličtině nazývají: Crossflow s prouděním kolmo skrz zrno, Counterflow – vzduch proudí proti proudu zrna, Concurrentflow – vzduch je vháněn souběžně s proudem zrna a poslední Mixed – flow, kde vzduch proudí různými směry. Nejčastěji mají střídavé otvory na přívod horkého a odvod studeného vzduchu. Směr proudění vzduchu má velký vliv na kvalitu, výkonnost a efektivitu sušení, stejně tak na kvalitu zrna a náhřev. V USA jsou nejvíce používané crossflow sušičky, v Evropě převládají zařízení Mixed – flow. Sušičky se souběžným prouděním mají menší spotřebu energie a zároveň nejnižší ztráty způsobené přehřátím a popraskáním zrna. Obecně jsou ale nejdražší ze všech typů. Sušičky s kolmým prouděním mají nejvyšší ztráty popraskáním zrna, Mixed – flow (viz obrázek 5) je ztrátově mezi souběžným prouděním a zařízeními s prouděním kolmo. Většina modernějších sušiček bývá vybavena i chladicí zónou, pokud se zrno nedochlazuje ve skladovacích prostorech. Na oblíbenosti také stoupají sušičky s rekuperací odpadního vzduchu, který je využíván na předehřívání zrna v zásobníku. Tento systém snižuje energetické náklady a může zvýšit efektivitu sušení až o 20 % (Maier a Bakker-Arkema, 2002).



Obrázek 5: Schéma Mixed-flow sušičky obilnin (Maier a Bakker-Arkema, 2002)

Vzduch v tomto typu sušičky proudí dovnitř otvory označenými symbolem „+“, sušené zrno protéká mezi jednotlivými otvory. Horký vzduch prochází skrz zrno a je odváděn ven ze sušící komory otvory označenými symbolem „-“.

1.3 Škůdci

V této kapitole jsou popsáni škůdci, kteří se nejčastěji vyskytují ve skladovaném zrně a skladovacích prostorech.

1.3.1 Mikroflóra a plísně

Mikroorganismy jsou na zrnech přítomné neustále od chvíle, kdy vyrostou na poli, až po dopravení ke spotřebiteli. Kvalita zrna je nejvyšší těsně před sklizením, poté již pouze klesá a úkolem skladovacího systému je zrno upravit zejména sušením tak, aby se zamezilo množení těchto organismů. Ty se nacházejí na povrchu a v prostoru mezi zrny. Pro jejich životaschopnost je nejdůležitější voda, především rovnovážná relativní vlhkost neboli míra nasycení vzduchu vodními parami. Jinými slovy voda, která není absorbovaná v zrně, ale je volně přístupná mikroorganismům. Vyjadřuje se v procentech a v kontextu aktivity škůdců se převádí na úroveň aktivity vody od 0 do 1. Hodnota 1 odpovídá 100 % rovnovážné relativní vlhkosti, tudíž plně nasycenému vzduchu (Rosentrater, 2022).

Dle Kurt A. Rosentratera (2022) jsou další zástupci mikroflóry následující:

1. Bakterie – Některé bakterie přítomné v zrnech mohou negativně ovlivnit kvalitu zrna a produktů z něj vyrobených. Specifické druhy bakterií

-
- a termofilních hub jsou zodpovědné za finální stupně samovolného zahřívání zrna. Vyžadují ale aktivitu vody vyšší než 0,9, bakterie jsou zřídka zodpovědné za ztráty při skladování, s výjimkou velmi vlhkého zrna.
2. Polní vláknité plísňe – Napadají zrna již před sklizní, většina z nich se rozšiřuje vzduchem. Jejich výskyt je výrazně silnější ve vlhkých a deštivých podnebí, s výjimkou hub rodu *Alternaria* neboli Čerň, ta je universálně přítomna i v zrnech pšenice pěstované v sušších podnebí. Většina polních hub rychle zahyne při skladování zrna s vlhkostí pod 14 %.
 3. Vlákňité plísňe napadající skladované zrno – Až na výjimky napadají zrno po sklizni. Mezi hlavní lze zařadit zástupce rodu *Aspergillus*, český kropidlák, adaptované na život bez přístupu k vodě. Dále zástupci z rodu *Penicillium* (štetičkovec) jsou přítomni především v zrně s vyšší vlhkostí. Zajímavostí skladových plísň je jejich adaptace na život při dané vlhkosti. Většina z nich se vyvinula tak, aby se jim dařilo v zrně s určitou vlhkostí. Například *Aspergillus restrictus* je často nalezen na pšenici, která musela být skladována několik měsíců s vlhkostí zrna od 14 % do 14,5 %. Tato houba může převládat pouze v tomto rozmezí, při vyšší vlhkosti bude vytlačena zástupci jiné skupiny. Některé druhy těchto plísň mohou produkovat ve skladovaném zrně vysoce toxické a karcinogenní látky zvané mykotoxiny.

1.3.2 Hmyz

Hmyz je dalším z významných škůdců zrna. Pokud hovoříme o skladování, dělíme je na vnitřní a vnější podle toho, zda vajíčka a larvy napadají a přežívají uvnitř zrna nebo mimo něj v přítomných příměsích. Největší zastoupení má mezi škůdci řád brouků, vyskytují se i larvy řádu motýlů. Z hlavních vnitřních škůdců lze jmenovat brouky z čeledi korovníkovití a nosatcovití, dále motýly čeledi makadlovití. K hlavním vnějším řadíme zejména brouky čeledi lesákovití, potěmnikovití a kožojedovití (Rosentrater, 2022, taxony biolib.cz, 2022).

Hmyzí škůdci mají velice dobrou schopnost množení, někteří dospělci jsou schopni naklást až tisíce vajíček za svůj život a klást začínají již v rané dospělosti. Tato schopnost je však striktně vázána na životní podmínky, zejména teplotu, vlhkost

prostředí a na stav obilné masy, ve které se nacházejí. Tyto aspekty značně ovlivňují hlavně jejich aktivitu a rychlost množení. Jelikož je většina subtropického původu, velice špatně snášejí nízké teploty. Rychlost jejich růstu a reprodukce je přímo vázaná na teplotu, více než na vlhkost. Zároveň podobně jako ideální vlhkost pro skladové plísňe, mají jednotliví zástupci ideální teplotu, kdy se rozmnožují velkou rychlostí. Rozdíly mezi minimální a maximální teplotou jsou pouze v rozmezí 3–4 °C, mimo tyto hodnoty ustává veškerá aktivita. Vlhkost také ovlivňuje aktivitu hmyzu i množství kladených vajíček, při ideální teplotě a různých vlhkostech lze pozorovat určité hladiny vlhkosti materiálu, které škůdcům vyhovují a narůstá počet nakladených vajíček. V drobných nečistotách, které zůstaly po čišťení v zrně, se naskytne útočiště vnějším škůdcům, kteří používají jemnější materiál jako úkryt před nepříznivými podmínkami. Přítomnost vnějších škůdců lze určit vizuálně pozorováním obilné masy pro přítomnost dospělých jedinců v prostoru skladování nebo nastražením pastí. Napadení vnitřními škůdci lze zjistit odebráním vzorku a pozorováním výskytu světlých map, které zanechávají jejich larvy.

Jiné metody zjištění vnitřních škůdců zahrnují použití:

- Speciálních barviv.
- Zkoušku vznášení v kapalině, při které zdravá zrna zůstanou na hladině a nakažená klesají ke dnu.
- Snímkování zrn pomocí roentgenů.
- Zaznamenání zvuků vydávaných larvou při pohybu v zrně osciloskopem.
- Měření hladin CO₂ ve skladu.

Další možnosti kontroly přítomnosti dospělých jedinců mohou být feromonové pasti, návnady z lámaných zrn a rostlinných olejů a kombinace těchto návnad (Rosentrater, 2022).

V prostředí České republiky byly provedeny výzkumy přítomnosti škůdců, jedním z nich je výzkum V. Stejskala a kol. (2003), který probíhal v letech 1996–1998. Ze 147 geograficky oddělených vertikálních sil i podlahových skladů bylo odebráno 379 vzorků vážících 2,5 kg. Cílem bylo porovnání těchto dvou způsobů skladování. V obou typech skladů byla zjištěna značná přítomnost roztočů, kteří tvořili 90 % zastoupených škůdců. Ve vertikálních silech převládaly zejména pisivky, naopak v horizontálním skladu bylo přítomno téměř dvojnásobné množství brouků, převážně kvůli velké ploše otevřeného zrna, nižší možnosti kontroly teploty a vlhkosti a většímu

prostoru skladování. Dle výsledků je tedy skladování ve vertikálních silech bezpečnější, i z hlediska lepší kontroly teploty a vlhkosti zrna, nicméně sila za použití pouze fyzické kontroly prostředí, stále nejsou zárukou ochrany před škůdci.

1.3.3 Integrated Pest Management

Integrated Pest Management (IPM) je obsáhlý program řízení a prevence napadení škůdci při skladování. Jedná se o proces rozhodování zahrnující zavedení prevence napadení, monitoring a sběr dat o populaci a ztrátách způsobených škůdci a následná aplikace vhodných postupů za účelem snížení ztrát za optimálních ekonomických nákladů na zamezení nákazy. Cílem IPM je zamezit problémům se škůdci dříve, než napáchají nezvratné ekonomické škody. Před zásahem je potřeba stanovit míru napadení, zda budou náklady na ošetření nižší než potencionální ztráty. Základem je správné rozložení a vlastnosti budov, minimalizace přístupů do budovy, kvalitní úklid zbytků a kumulací zrna a prachu, které poskytují škůdcům útočiště. Dále limitovat počet světelných otvorů nad vchodem do budovy a zavírání dveří a vrat. Vykácení listnatých stromů poblíž skladu, které poskytují úkryt pro hmyz i hlodavce. V silech nejčastěji dochází k rozšíření ze zbytků předešlých plodin, dále lze napadení zabránit ošetřením sila insekticidy před naskladněním, zahřátím vzduchu v prázdných silech nad 50 °C, nebo naopak ochlazení pod -15 °C po dobu několika hodin. Po naplnění sil je dalším postupem pravidelné odebrání vzorků, zejména při záměru skladovat zrno delší dobu. Přítomnost by neměla přesahovat 2 živé jedince na 100 g komodity. Počty škůdců lze měřit i nastražením pastí jak feromonových, tak návnadových. Nejlepší ochranou proti množení je kontrolované větrání, skladování při vhodných teplotách a vlhkostech. Další možnostmi jsou ochranné postřiky aplikované během pohybu zrna směrem k uskladnění nebo pouze na povrch již uskladněného zrna. Fumigace je velmi rozšířená forma ochrany spočívající v naplnění prostoru toxickým plynem, který je schopen prostoupit i mezi jednotlivá zrna, následně je odvětrán a zanechává minimální zbytky. Je však velmi nákladný, nebezpečný pro obsluhu a měl by být poslední možností pro případy silného zamoření. Pokud je zrno skladováno ve vzduchotěsných nádobách a prostorech, lze eliminovat populaci hmyzu úpravou složení vzduchu, především zvýšením koncentrace CO₂, popřípadě N₂ nebo skladováním ve vakuu. Vzácností je používání přirozených nepřátel, tedy ostatních druhů hmyzu, kteří se živí škůdci, nebo parazitů, kteří škůdce hubí či oslabují. V současné době jsou největšími překážkami postupů IPM legislativní i společenské tlaky na minimalizaci používání

pesticidů. Dále mnoho druhů škůdců, kteří se vlivem častého používání staly odolní vůči některým chemikáliím na postřikovou ochranu zrna, i na fumigační plyny (Scheff a Phillips, 2022).

1.3.4 Hlodavci

Mezi nejvýznamnější celosvětové škůdce v oblasti zemědělství, ale i ve městech a domácnostech se zařazují potkan obecný, krysa obecná a myš domácí. V evropském prostředí se velice těžko získávají data o problémech s hlodavci v potravinářském odvětví, jelikož se jedná o choulostivé téma, a výsledky těchto studií často obsadí titulní stránky v médiích. Hlodavci jsou přenašeči mnoha nebezpečných virových i bakteriálních nemocí, které se na lidi a zvířata přenáší kousnutím nebo pozřením kontaminované potravy. Zároveň jsou hlodavci hostiteli klíšťat, blech a dalších kožních parazitů, kteří také mohou být nositeli nebezpečných patogenů. U hlodavců se toto považuje za největší nebezpečí. Těla uhynulých hlodavců dále fungují jako zdroj potravy pro drobný hmyz, který může dál kontaminovat skladovaný materiál. V trusu hlodavců je přítomno značné množství plísní, z nichž některé mohou produkovat mykotoxiny. Moč a exkrementy jsou silnými kontaminanty okolního prostředí a hlodavci jich vyprodukují během dne enormní množství. U krysy obecné je nebezpečí kontaminace zrna významnější, jelikož jsou schopné šplhat a kálet na konstrukci pod střechou, odkud exkrementy padají na uskladněné zrno. Zároveň hlodavci konzumují skladované zrno mohou způsobit ztráty, pokud prokoušou pytle s uskladněným osivem (Fraňková a kol., 2016).

1.4 Zemědělství 4.0

Precizní zemědělství za použití výkonných programů se sběrem dat je hojně adaptováno, zejména kvůli možnosti ušetření nákladů. Zemědělstvím 4.0 nazýváme nejmodernější současné technologie směřující k vylepšení a zjednodušení zemědělských prací s pomocí integrace internetu, komunikačních sítí, vyspělých digitálních systémů a senzorů. Nejpoužívanější jsou technologie jako IoT (internet věcí), umělá inteligence, strojové učení, nanotechnologie, blockchain a cloud computing. Tyto systémy pracují s tzv. velkými daty. Jsou to složité sady různorodých informací, které lze zpracovat právě pomocí např. umělé inteligence. Využívání digitálních technologií v praxi bylo prvopočátkem precizního zemědělství a

představení výše zmíněných nejmodernějších technologií pomůže preciznímu zemědělství dosáhnout plný potenciál. Umožní sledování veškerých aspektů produkce v reálném čase pomocí bezdrátových senzorů či autonomních zařízení, jejich zpracování umělou inteligencí, propojení všech technologií a snímačů pomocí IoT, výpočet na síti pomocí cloud computing a bezpečné ukládání dat na blockchain.

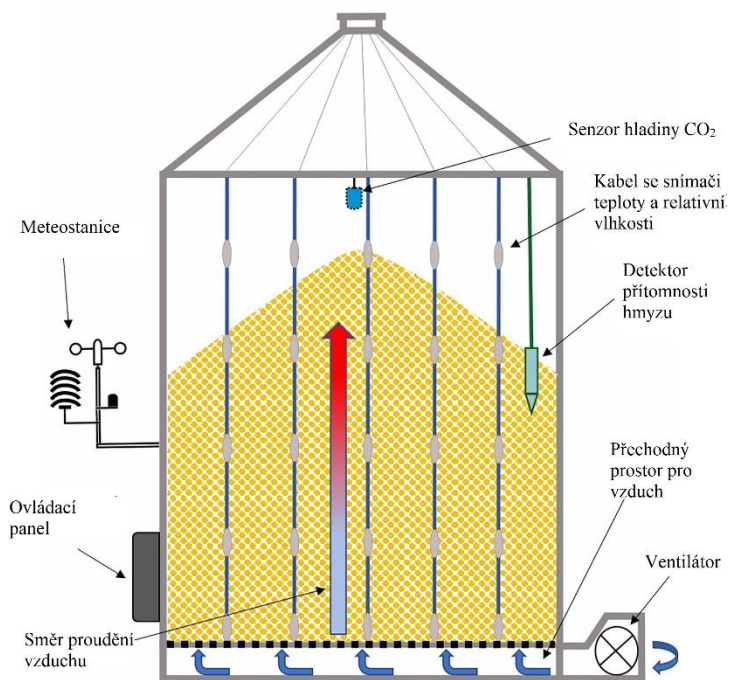
Jak o nich pojednává Graham Thorpe (2022). V oblasti skladování již probíhají výzkumy s použitím umělé inteligence, složitých matematických modelů reakcí skladovaného zrna nebo multifyzikální software na modelování rozkladu zrna, přítomnosti škůdců a ztráty klíčivosti. Tento systém by mohl značně vylepšit postupy fumigace. V oblasti precizního zemědělství výzkum a vývoj zdaleka neskončil, je tedy prostor pro použití a výzkum softwaru s velkým sběrem dat a výpočetní vědy k vývoji ekonomicky nenáročných a energeticky úsporných systému skladování a sušení zrna. Alternativní či inovační systémy by mohly zahrnovat například:

- Monitoring zralosti pro stanovení začátku sklizně, použití dronů, satelitních snímků a meteorologických stanic ke sběru dat a umělé inteligence k předběžnému odhadu výnosu.
- Využívat historická data a lokální data o počasí na hodinový odhad vlhkosti sklizeného zrna a úprava posklizňových operací v reálném čase.
- Úprava logistiky na základě známosti skladovacích kapacit, stanovení optimálních cest pro pohyb sklízecích mlátiček i dopravních prostředků.
- Automaticky upravovat fungování skladovacího a posklizňového zařízení podle mikroklimatu ve skladovacích prostorech a okolních podmínkách.
- Multispektrální snímkování zrna za účelem odhalení přítomnosti škůdců.
- Využití solární energie k sušení obilovin a pohonu větracího zařízení.
- Snížení vlhkosti chladicího vzduchu jeho proháněním přes vrstvu desikantu (např. silikagel), tím se zvýší jeho chladicí účinky. V některých prototypch i využití solární energie k ohřevu vzduchu na regeneraci desikantu.
- Hermetické skladování v upravené nebo umělé atmosféře.

O dalších alternativních postupech pojednává kapitola od Daniela Onwude a jeho kolektivu (2022) v knize *Research and Technological Advances in Food Science*. Především se soustředí na nové udržitelné technologie směřující ke snížení ztrát v průběhu skladování i posklizňové úpravy. Například v oblasti sušení zrna zmiňují současné pokročilé technologie jako je sušení pomocí mikrovln, infračerveného záření

a radiových frekvencí. Jedná se o technologie ve fázi výzkumu, ale je již prokázáno, že jsou schopné dosáhnout požadované vlhkosti zrna během krátké doby a zároveň výrazně snížit počet bezobratlých škůdců, úbytek váhy a objemovou hustotu po dobu skladování do 6 měsíců. Podobně jako Graham Thorpe (viz. předchozí odstavec) zmiňují pokroky ve snímkování zrn a odhalování vnitřních škůdců pomocí multispektrálních snímačů, nebo například magnetické rezonance. Zajímavý je jmenovaný E-nose (elektronický nos), zařízení instalované nad skladovanou obilnou masu, které snímá pachy v prostoru a na jejich základě vyhodnocuje napadení hmyzem nebo houbovou nákazu.

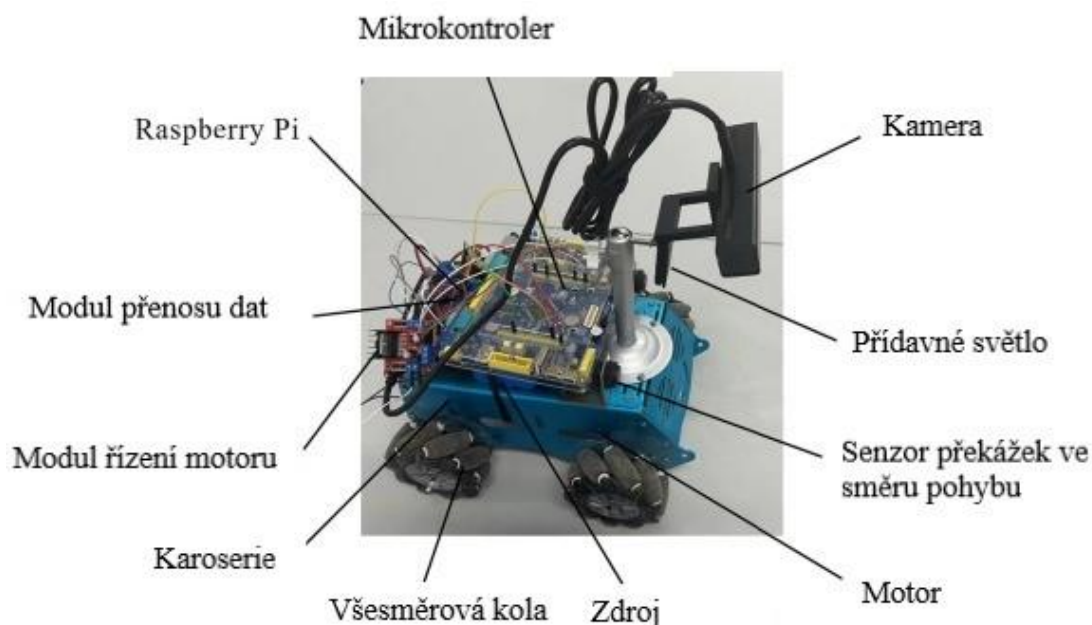
V kontextu skladování lze zmínit výzkum od Paulo Carteri Coradi a kolektivu (2022) zaměřující se na prototyp systému sledování rovnovážné vlhkosti a teploty kukuřice, uskladněné v polyethylenových vacích. Měření hodnot probíhalo pomocí bezdrátových senzorů, poté byly hodnoty odeslány na platformu IoT. Cílem systému je na základě získaných informací předpovědět kvalitu zrna v budoucnosti pomocí umělé neuronové sítě. Pro kontrolu správnosti odhadu byly výsledky porovnány s hodnotami vypočtenými pomocí lineární regrese. Umělá nervová síť úspěšně odhadla kvalitu uložených zrn kukuřice. Potvrdilo se tedy, že použití bezdrátových senzorů, IoT, umělé neuronové sítě a cloud computing jsou slibnými technologiemi pro předpověď vývoje různých hodnot a v závislosti na nich i celkového možného času skladování materiálu.



Obrázek 6: Návrh rozložení senzorů v obilném sile (Lutz, 2022)

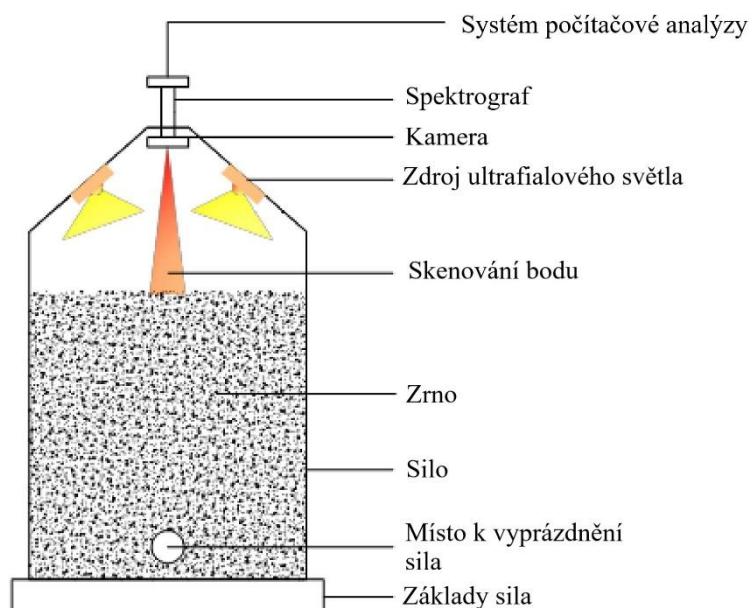
Na obrázku 6 můžeme vidět možnost rozložení senzorů v moderním sile, konstrukce sila je standartní s perforovanou podlahou a provzdušňováním, na levé straně je meteorologická stanice, která snímá vlastnosti atmosférického vzduchu, pod ní se nachází kontrolní panel. Uvnitř sila je směrem od střechy senzor CO₂, podélné modré čáry jsou kabely, na kterých je v dané vzdálenosti pod sebou umístěn senzor teploty a relativní vlhkosti zrna, zelenou barvu má detektor přítomnosti hmyzu. Tyto senzory snímají data v reálném čase, lze je připojit na interní IoT, následně na cloudu zpracovat pomocí umělé inteligence a předpovědět budoucí vývoj (Lutz, 2022).

V experimentální fázi je vývoj malého robotického automobilu na obrázku 7, který autonomně jezdí po povrchu obilné masy. V pravidelných intervalech pořizuje fotografie, ty jsou následně automaticky vyhodnoceny pomocí softwaru YOLOv4, který je schopen v reálném čase rozpoznávat zadané objekty, pokud se objeví na pořizované fotografii. V tomto případě jsou vyhledávaným objektem různé druhy obilných škůdců. Tímto způsobem lze pohodlněji a spolehlivěji zjistit přítomnost či míru nákazy. Dosahovaná přesnost tohoto zařízení je 97,55 % (Chen, 2022).



Obrázek 7: Části automobilu (Chen, 2022)

Shrnutí vývoje hyperspektrálního snímkování v kontextu skladování obilovin se věnuje článek od Aviara a kol. (2022). Pojednává o způsobech získávání hyperspektrálních snímků, komponentech přidružených systémů a postupu při počítačové analýze získaných snímků. Dále také o potencionálních aplikacích této technologie při snímání přítomnosti hmyzu, plísní a cizích příměsí v zrně. Jednu z možností aplikace lze vidět na obrázku 8.



Obrázek 8: Bodové hyperspektrální snímkování v obilném síle (Aviara, 2022)

1.5 Způsoby skladování

V současné době se nabízí více způsobů skladování zrna s různými doprovodnými systémy, které především zajišťují upravování podmínek ve skladovacím prostoru. Zejména řízení teploty a vlhkosti, které jsou, jak je patrné z předešlých kapitol, nejdůležitějšími hodnotami pro efektivní dlouhodobé i krátkodobé skladování.

1.5.1 Způsoby stabilizace zrna

Zrno se dostává do stabilního stavu, pokud jeho okolí nedovoluje vzniku degradačních procesů jako je množení škůdců, plísní a samozahřívání. Způsoby stabilizace dle Zimolka a kol. (2005):

1. V suchém stavu při relativní vlhkosti pod 13 %, u řepky pod 8 %.
2. V zchlazeném stavu při teplotách 2–8 °C za využití výkonných chladících zařízení, ta jsou však nákladná na provoz a málo používaná.
3. V upravené atmosféře v hermetických skladech s řízením koncentrace CO₂ a O₂, které ovlivňují dýchání zrna i škůdců.
4. S chemickým ošetřením ve výjimečných případech, kdy nelze stabilního skladování dosáhnout jinými způsoby. Aplikují se přípravky na bázi kyseliny propionové pomocí mořících linek nebo rozprašováním do míchacích zařízení.

1.6 Typy skladů

„Obilí se skladuje v halách nebo v silech, popřípadě v kombinovaných skladech, přičemž sklady jsou buď sezonní (faremní), nebo dlouhodobé (podniky zemědělských služeb).“ (Sýkora, 2014)

Pro účely této práce budou popsány pouze sklady faremní.

1.6.1 Halové sklady

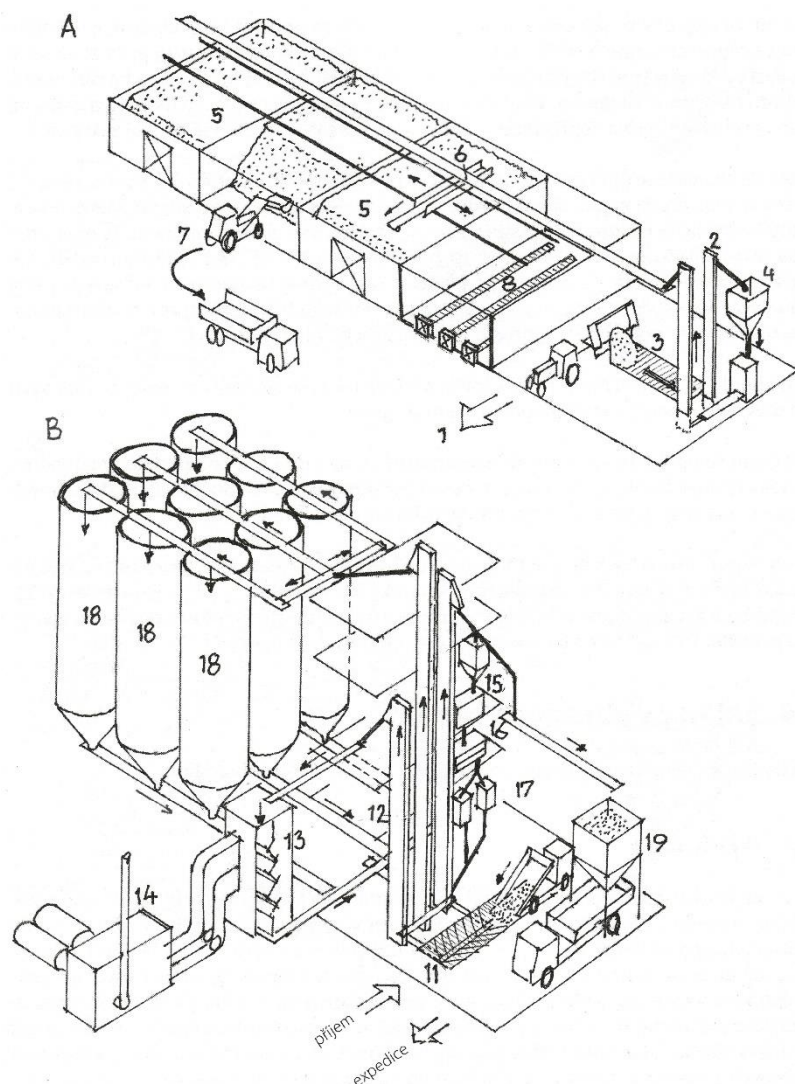
Jinými slovy horizontální obilný sklad používaný v menších podnicích. Skladování do výšky zrna 0,6 m, s použitím žaluziových hradí do 2 m, v případě použití žaluziových zásobníků až do výšky 6 m. Některé halové sklady mohou být i vícepodlažní, v přízemí se nachází příjmová sýpka, ze které korečkový dopravník odebírá zrna do nejvyššího patra, samospádem poté putuje k čištění, sušení a do boxových hradí. V přízemním skladování je zrna na hromadách o výšce až 5 m a odrůdy odděleny dřevěným nebo

železobetonovým hrazením. Manipulaci zajišťují nakladače jeřábové a mobilní nebo podstřešní pásové a pneumatické dopravníky. Větrání lze provádět skrz roštovou podlahu axiálními či radiálními ventilátory. Provětrání lze zařídit i přesypáváním (Zimolka, 2005, Sýkora, 2014).

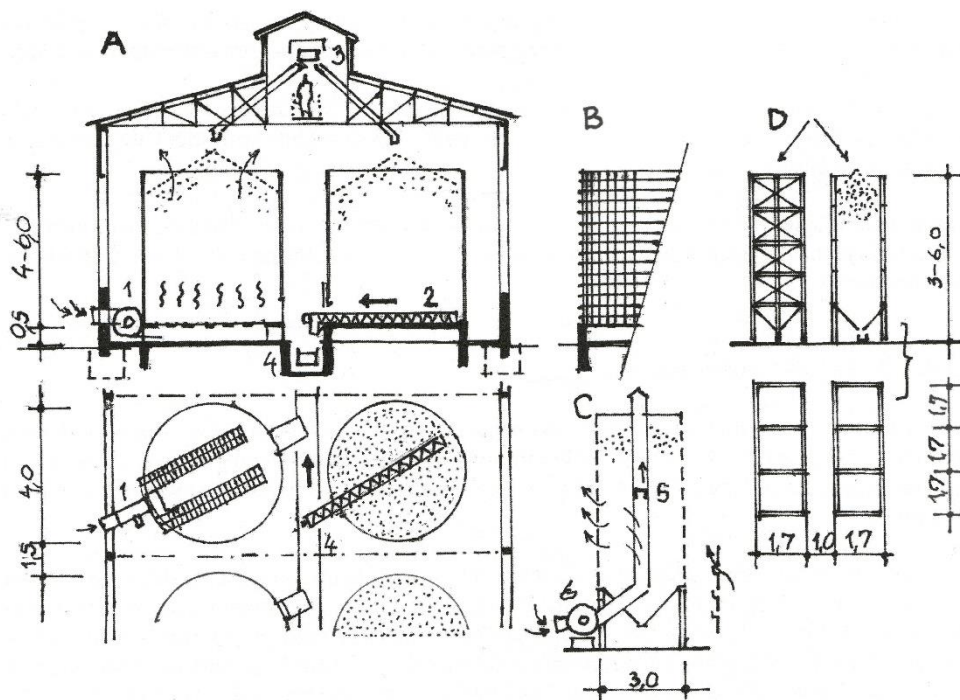
1.6.2 Obilná sila

Vertikální skladování obilnin v komorách čtvercového, polygonálního nebo kruhového průřezu o průměrech 4–9 m a výšce 15–80 m s kuželovým či rovným dnem. Kuželová sila se vyprazdňují samospádem, u sil s rovným dnem je instalován vyprazdňovací dopravník. Sila se sestavují do řad a jsou nahoře i dole propojené dopravníky. Ty navazují na korečkový vertikální elevátor. Sila jsou konstruována z železobetonu, z ocelových a hliníkových vlněných plechů, které jsou někdy z vnějšku vyztužené ocelovými profily, nebo z nosné konstrukce ocelových profilů vyplněné drátěným pletivem nebo jutovou textilií. Tento typ se umísťuje do skladových hal. Obilná sila lze opatřit větráním přetlakovým, které vhání vzduch do sila a vytlačuje vlhký a teplý vzduch střechou, podtlakové odebírá vzduch ze sila a nasává jej otvory, nebo kombinací těchto dvou systémů. Používají se radiální nebo axiální ventilátory, pro rozvod vzduchu je využito děrované dno sila, prstence na stěnách sila, potrubí vedené rovnoběžně se stěnami sila (nejčastěji středem), nebo vzduchovými tryskami na dně sila. Řízení ventilace může být manuální podle zkušeností obsluhy, nebo s pomocí zavedených sond a automatu porovnávajícího teploty v zrně s venkovními teplotami, či zcela automatizované ovládní i se snímáním relativní vlhkosti zrna (Zimolka a kol., 2005).

Schémata obou typů skladů jsou na obrázcích 9 a 10.



Obrázek 9: A – obilná hala, B – obilné silo, 1 – přísun z pole, 2 – korečkové elevátory, 3 – příjmová násypka, 4 – čistička obilí, 5 – sklad různých druhů obilovin, 6 – pojízdné plnicí zařízení, 7 – vyprazdňování nakladačem, 8 – větrací kanály, 11 – přísun z pole, 12 – korečkové elevátory, 13 – sesypná sušárna obilí, 14 – topný zdroj teplého vzduchu, 15 - čištění, 16 – třídění, 17 – vážení, 18 – skladovací nádrže, 19 – expediční zásobník (Sýkora, 2014)



Obrázek 10: Kombinovaný sklad obilí, A – příklad celkové sestavy, B – schéma sila z ocelových prutů vyložených PVC folií, C – plechové dosoušecí silo, D – stavebnicová sila z ocelové příhradoviny, vyložené pogumovanou plachtovinou, 1 – vzduchové potrubí s ventilátorem, 2 – vyprázdňení šnekem a vyfoukání, 3 – plnicí pás se shrnovacím zařízením, 4 – vyprazdňovací pás, 5 – posuvná zátka (nutí vzduch prostoupit obilím a perforovanou stěnou), 6 – teplovzdušný ventilátor, (Sýkora, 2014)

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je optimalizovat stav skladování hlavních komodit rostlinné výroby v podniku ZD Ločenice. Vlastní prací je vypořádání aktuálního stavu, rozsahu, způsobů skladování a posklizňové úpravy vypěstovaných plodin v ZD Ločenice.

Aktuální stav bude popsán na základě informací získaných z konzultací, které poskytl ředitel podniku pan Ing. Petr Šedivý.

Na základě zjištěných informací navrhnout konkrétní vylepšení skladovacího systému, které povedou ke zlepšení situace a zjištění odhadovaných nákladů na jednotlivé varianty těchto návrhů. Jednotlivé projekty budou průběžně konzultovány s vedením podniku, aby vyhovovaly individuálním požadavkům. Za účelem stanovení nákladů na jednotlivé varianty návrhů, bude kontaktována firma specializující se na toto odvětví.

Podnik požádal autora ke konci psaní této práce o odebrání a otestování vzorků. Byly odebrány vzorky obilovin i řepky z jednotlivých skladů a jejich testování probíhá s asistencí paní Ing. Andrei Bohaté, Ph.D., cílem testování je kvantitativně vyzkoumat klíčivost a přítomnost plísní, popřípadě hmyzích škůdců. Vzorky budou pozorovány pod mikroskopem a vyskládány na klíčovídkla.

3 Vlastní práce

Následující část se zaměřuje na představení podniku a popis aktuálního stavu skladování z hlediska kapacity, umístění, způsobu a kvality jednotlivých skladů.

3.1 Představení podniku

ZD Ločenice bylo založeno roku 1977 spojením JZD Římov a JZD Ločenice. Hospodaří na pronajaté zemědělské půdě a soustředí se na rostlinnou i živočišnou výrobu. Mezi hlavní pěstované plodiny patří ječmen a pšenice v jarních i ozimých variantách, oves, řepku, kukuřici na siláž a píce k výrobě krmiva. Chová se zde skot s mléčnou užitkovostí, výkrm hovězího žíru i masná plemena. Část chovu je soustředěna na obnovu stáda i prodej telat. Zaměstnáno je zde v průměru 60 zaměstnanců.

Informace o adrese a identifikaci:

- Ločenice 163
- 373 22, Ločenice
- IČO: 00109509
- DIČ: CZ00109509

3.2 Pěstované množství

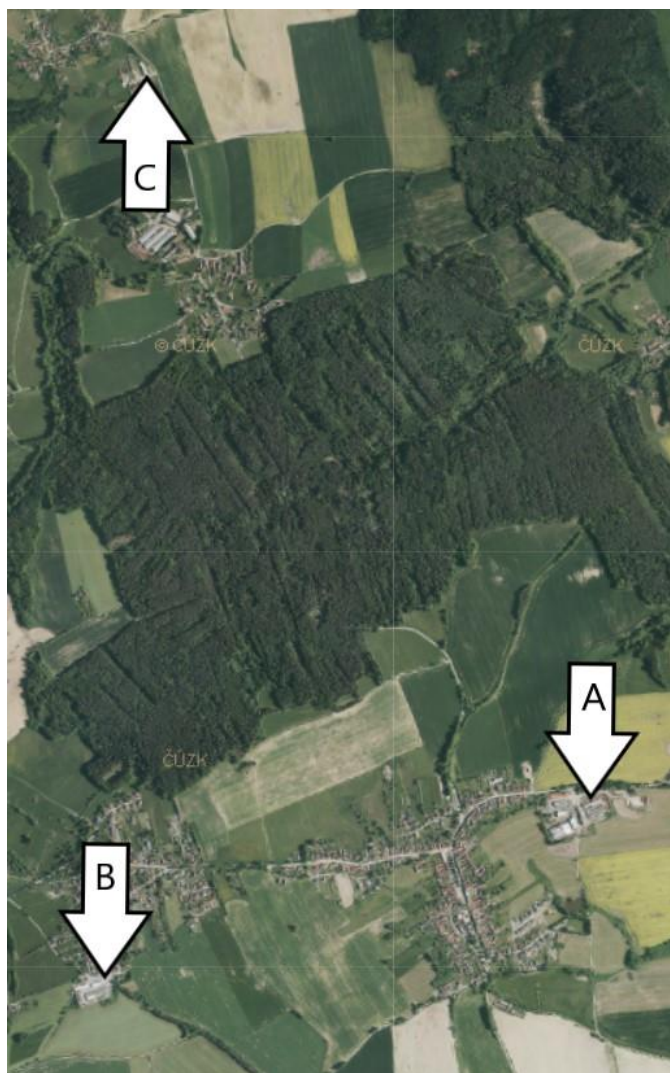
Na základě konzultace s vedením podniku byla zjištěna průměrná množství sklizených plodin.

Tabulka 3.1: Průměrné skladované množství plodin v ZD Ločenice

Plodina	Sklizené množství	Účel pěstování
Brukev řepka – ozimá	800 t	Pouze prodej
Pšenice setá – ozimá	1 800 t	1 000 t příprava krmiv 800 t prodej
Ječmen setý – ozimý	300 t	Pouze krmivo
Oves setý	200 t	Pouze prodej

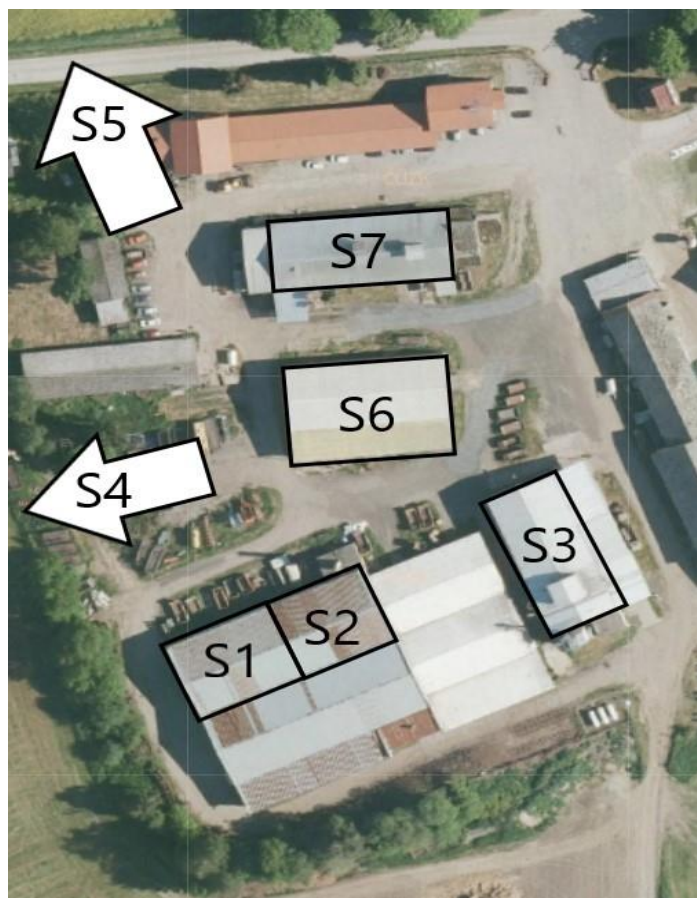
3.3 Rozmístění skladovacích budov

Na obrázku 11 je v mapě vyznačená poloha jednotlivých míst s budovami určenými ke skladování.



Obrázek 11: Místa skladování ZD Ločnice: A – Hlavní areál ZD Ločnice, B – Kolna sv. Ján, C – Kolna Branišovice (zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

Na obrázku 12 jsou vyznačené jednotlivé sklady nacházející se v areálu ZD Ločenice. Šipky znázorňují směr vzdušnou čarou ke zbylým dvěma skladům.



Obrázek 12: Budovy skladů v ZD Ločenice
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

3.4 Skladovací prostory

V současném stavu probíhá skladování na sedmi místech, 5 skladů se nachází přímo v areálu ZD Ločenice, další ve 4 km vzdálených Branišovicích a poslední ve Svatém Jáně nad Malší vzdáleném 2,4 km. V následující části budou popsány jednotlivé sklady. Označeny budou písmenem a číslem S1 – S7 a podnikovým názvem. Rozměry budov jsou uvedeny dle informací v katastru nemovitostí. Ostatní informace byly získány na základě vlastního pozorování a rozhovoru s ředitelem podniku panem Ing. Petrem Šedivým.

3.4.1 S1 – Řepkárna a S2 – Bramborárna

Tyto dva sklady se nacházejí v jedné budově, S1 zabírá větší plochu budovy. Její umístění lze vidět na obrázku 13. Budova má betonové podlahy i stěny a plechovou střechu.

S1 je halový sklad na volně ložené zrna, používá se pouze na skladování vyčištěného semena řepky ozimé. Plnění a vyprazdňování zajišťuje manipulační technika. S2 je bývalý sklad brambor, který se současně používá na skladování především pšenice ozimé, příjem a výdej zajišťuje manipulační technika, do skladu se vjíždí skrz sklad zemědělské techniky. Není vybaven větráním zrna.



Obrázek 13: Umístění a přístup ke skladům S1 a S2
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

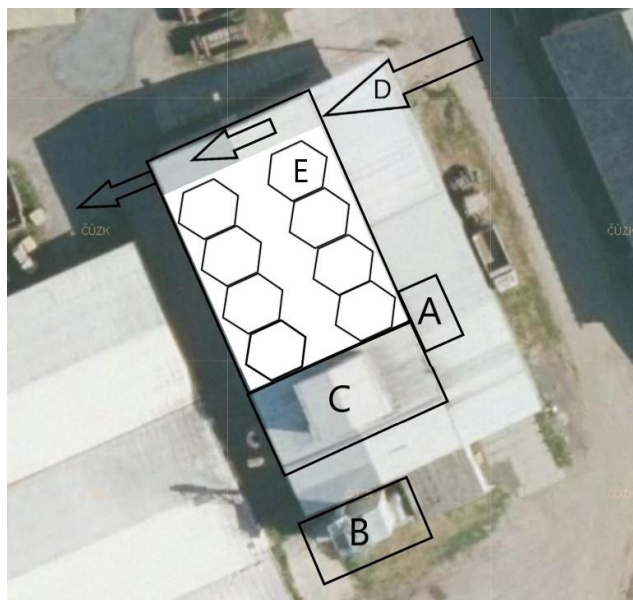
Sklad S1 má kapacitu cca 900 t, S2 cca 300 t. Společná skladovací plocha má rozměry 19 × 48 m. Hlavní problémy skladování jsou zejména u S2 složitá přístupnost a absence možnosti provětrávat skladované zrna. Ve skladu S2 se tvoří na povrchu vrstva naklíčených zrn. Dle rozhovoru s vedením jsou skladovací podmínky pro řepku v S1 vyhovující. Na obrázku 14 je fotografie zevnitř skladu S2.



Obrázek 14: Vnitřek skladu S2, na povrchu zřetelné naklíčení zrna (foto autor)

3.4.2 S3 – Sušárna

Sklad S3 je budova s betonovou podlahou o rozměrech 15,5 × 36 m. Stěny mají betonovou podstavu a zbytek konstrukce včetně střechy je z ocele, pokrytý vlnitým plechem. Sklad slouží mimo jiné i jako hlavní místo příjmu plodin z pole, nachází se v něm posklizňová čistička obilí a náleží k němu i sušička. Schéma rozmístění jednotlivých částí skladu je na obrázku 15.



Obrázek 15: budova skladu S3, A – příjmová násypka, B – sušička obilí, C – elevátor a čistička, D – směr průjezdu budovou při expedici, E – obilná sila uvnitř budovy (zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

Skladovací prostor je kombinovaný, zrno se ukládá do šestiúhelníkových sil, které se nachází uvnitř skladovací haly. Sila mají ocelovou konstrukci a stěny ze tkaniny, jsou opatřena aktivním provětráváním, dno je kónické pro gravitační vyprazdňování spodem. Plnění zajišťují podstřešní dopravníkové pásy se stavitelnými shrnovači, které z pásů odhrnují zrno do příslušného sila. Silo a podstřešní dopravník je vidět na obrázku 16.



Obrázek 16 : Silo a podstřešní dopravník ve skladu S3 (foto autor)

Instalována je síťová čistička Pektus K527, výrobce uvádí výkonnost až $60 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$, dle zkušeností podniku je však maximální výkon $50 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ u pšenice, u řepky ozimé o něco menší $30 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Vyšší výkony již dosahují velmi nízké čistoty. Výkon posklizňové linky je nedostatečný, je třeba jej kompenzovat pozdržením vykládky. V době žní pracuje čistička bez přestání, v noci se přijímá zrno, které systém nestihl zpracovat během dne.

Kapacita skladu je cca 550 t v silech na obrázku 17. Sušička i čistička jsou vybaveny předzásobníky, jejich společná kapacita je 70 t. Při skladování na delší dobu se používá primárně na pšenici ozimou a v menším množství oves.



Obrázek 17: Šestiúhelníková sila ve skladu S3 (foto autor)

Z tohoto skladu také probíhá expedice skladovaného zrna k prodeji nebo uskladnění do ostatních skladů. To je možné dvěma způsoby, budovou lze projet skrz v její přední části, nad průjezdem se nacházejí dva zásobníky. První lze vyprazdňovat gravitačně směrem dolů, druhý má zespoda šnekový dopravník vedoucí mimo budovu pro expedici na dopravní prostředky vyšší než 3 m. Oba způsoby expedice jsou na obrázku 18.



Obrázek 18: (zleva) průjezd budovou, vývod šnekového dopravníku (foto autor)

3.4.3 Sklad S4 – Kolna svatý Ján

Jedná se o zemědělskou skladovací halu, která by vhodnější využití našla nejlépe jako sklad sena a slámy v balících nebo volně, popřípadě jako přístřešek na zazimování zemědělské techniky. Sklad má rozměry $12,3 \times 54$ m a kapacitu 800 t. V ZD Ločenice se využívá ke skladování obilnin určených k přípravě krmiv. Zrno se skladuje většinou nečištěné. Budova je zvýrazněna na obrázku 19.



Obrázek 19: Sklad S4 ve Svatém Janu na Malší
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

Dopravu a manipulaci zajišťují manipulační zařízení. Pro vyvezení veškerého zrna je za potřeby manuálně odklidit místa, kam nedosáhne manipulační zařízení.

Z fotografií na obrázku 20 je zřetelné porušení pláště budovy, což představuje, jak riziko vniku škůdců, tak venkovních vlivů. Před budovou je také množství zrna, které se vysypalo při manipulaci, tyto menší kumulace velmi dobře slouží jako útočiště pro škůdce. Zbytky jsou vidět v prostoru vjezdu i v okolí skladu na obrázku 21.



Obrázek 20: (vlevo) manuální odklizení zbytků zrna, (vpravo) skladovaná pšenice (foto autor)



Obrázek 21: Vjezd do skladu S4 (foto autor)

3.4.4 Sklad S5 – Kolna Branišovice

Kapacitou i konstrukcí totožný se skladem S4. Rozměry budov jsou mírně rozdílné, sklad v Branišovicích má $12,2 \times 60$ m. Je také nejvíce vzdálený od areálu ZD Ločenice. Stejně jako ve Svatém Janu nad Malší se zde skladují obiloviny určené k přípravě krmiv. Na obrázku 22 je vyobrazen sklad i směr silnice směrem k areálu, ten je vzdálený 4 km.



Obrázek 22: Sklad S5 v Branišovicích
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

3.4.5 Sklad S6 – Granulák

Sklad volně loženého zrna je vyznačený na obrázku 23. Rozměry budovy jsou 13×36 m, kapacita cca 650 t. Používaný na skladování ječmene ozimého k pozdějšímu zpracování na krmivo.



Obrázek 23: Sklad S6 – Granulák
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

Na základě rozhovoru s panem ředitelem se jedná o nejproblémovější sklad. Má betonovou podlahu a stěny s betonovou podstavou. Oproti ostatním skladům nosné konstrukce vyčnívají mimo rovinu stěny i podlahy a při vyprazdňování manipulačním zařízením se do stěn a vyvýšených podstav nosníků občas vrazí a kus betonu se dostane do zrna. Poškození je na obrázku 24 zřetelné. Při následném drcení ve stanici na přípravu krmiv tyto úlomky často způsobí poškození proražením díry do stěn šrotovníku.



Obrázek 24: Poškození stěn ve skladu S6 (foto autor)

V tomto skladu je taktéž nejvýraznější problém s germinací zrna na povrchu obilné masy, jak lze vidět na obrázku 25. Tu způsobuje pravděpodobně skladování zrna v příliš velké vrstvě, vlhkost v obilné masě stoupá směrem nahoru, tam je vstřebávána do zrn na povrchu a vznikají tak podmínky vhodné ke klíčení. Tento problém je řešitelný pouze skladováním v menší vrstvě, situaci by vylepšila instalace provětrávání nebo promíchávání zrna.



Obrázek 25: Germinace zrna na povrchu obilné masy (foto autor)

3.4.6 Sklad S7 – Šrotovna

V tomto skladu se provozuje výroba krmných směsí (VKS). Budova se nachází v areálu ZD Ločenice a má rozměry 15,5 × 40 m. Jedná se o zděnou stavbu s dřevěným krovem, střecha je pokrytá vlnitým plechem. Příjem probíhá pomocí příjmového koše (viz obrázek 26).



Obrázek 26: Sklad S7, A – směr příjmu obilovin, B – výdej jaderného krmiva
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

V budově s VKS se také nachází kombinovaný sklad, v halovém prostoru jsou kruhová sila na uskladnění obilovin před upotřebením. Sila mají betonovou podlahu bez provětrávání. Vyprazdňování probíhá šnekovým dopravníkem ve spodní části. Ze spodní části odebírá zrna na pásový dopravník, který je mezi sily uprostřed budovy, ten je přepraví do před zásobníků VKS. Konstrukce sil i jejich rozložení ve skladu je podobná jako na schématu A v obrázku 10. Jejich společná kapacita je 200 t.

V prostoru se také skladují na paletách minerální doplňky krmiv. Silo i palety s doplňky jsou na obrázku 27.



Obrázek 27: Obilná sila ve skladu S7 a paletové skladování minerálních příměsí (foto autor)

3.5 Testování vzorků

Odběr a testování vzorků skladovaných obilovin a řepky původně nemělo být součástí této práce. V průběhu psaní podnik požádal autora o jejich provedení. Bylo odebráno celkem 8 vzorků z různých skladů. Cílem testování je kvantitativně vyzkoumat klíčivost a přítomnost plísní, popřípadě hmyzích škůdců. Druh plodiny a místo odběru jsou sepsány v tabulce 3.2.

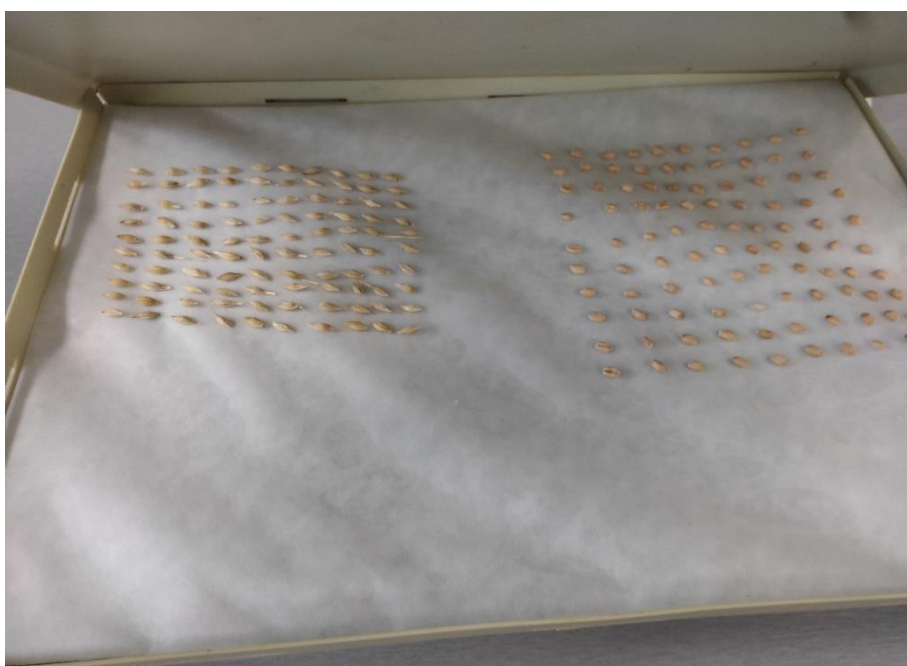
Tabulka 3.2: Druh plodiny a místo odebrání vzorku

Druh plodiny	Název skladu
Pšenice ozimá	S2 – Bramborárna
Pšenice ozimá	S3 – Sušička
Pšenice ozimá	S4 – Kolna sv. Ján
Ječmen ozimý	S6 – Granulák
Oves nahý	S3 – Sušička
Pšenice špalda	S4 – Kolna sv. Ján
Řepka olejka 1. vzorek	S1 – Řepkárna
Řepka olejka 2. vzorek	S1 – Řepkárna

Vzorky byly odebrány z různých míst skladované obilné masy. Následně budou pozorovány pod mikroskopem a části také umístěny na klíčidla, k pozdějšímu pozorování.

Při pozorování mikroskopem bude ze vzorku odebráno menší množství a umístěno na Petriho misku. Ještě před zahájením pozorování je vhodné misku se vzorkem umístit na krátkou dobu do mrazničky, aby se zpomalil pohyb živočichů, kteří by mohli být ve vzorku přítomní. Lépe se pak pozorují a nemohou utéct ze zorného pole mikroskopu.

Za účelem zjištění celkového zdravotního stavu zrna bylo z jednotlivých vzorků odebráno 100 zrn a umístěno do tzv. klíčidel. Jedná se o hranaté nádoby s vodou, nad vodu se umístí deska pokrytá filtračním papírem, na něj se následně do čtverce vyskládají jednotlivá zrna (viz obrázek 28). Rozmístění zrn je 10×10 , kvůli následnému pozorování a také kontrole správného počtu zrn, nesmějí se navzájem dotýkat, aby měla dostatečný prostor ke klíčení.



Obrázek 28: Zrna ze vzorků vyskládaná na klíčidle, vlevo ječmen, vpravo pšenice

Na celou nádobu se následně umístí víko, jehož hlavní účel je udržet v prostoru klíčidla vlhkost, která se odpařuje z vody pod deskou. Takto založená klíčidla se nechají týden při pokojové teplotě. Prostředí uvnitř klíčidla imituje prostředí v půdě a zároveň jsou uvnitř ideální podmínky pro klíčení. Pokojová teplota a dostatečná

vlhkost umožní zrnům klíčit. Kvůli zvýšené vlhkosti a teplotě se výrazně rozmnoží i houbová onemocnění zrna, pokud jsou přítomna. Lze poté odebrat vzorky na speciální Petriho misky s živnou půdou, nechat rozmnožit po dobu dalšího týdne a následně s jistotou stanovit druh přítomné plísně.

V době psaní této práce ještě nejsou výsledky těchto testů k dispozici. Celé testování zabere několik týdnů a jak již bylo řečeno, původně nemělo být součástí této práce. Lze však konstatovat, že výsledky budou pro podnik velice přínosné a pomohou jim v rozhodování o budoucích krocích ke zlepšení skladování. Po dokončení veškerého testování budou výsledky předány vedení.

4 Návrhy vylepšení skladování

Na základě pozorování a konzultace s panem ředitelem Ing. Petrem Šedivým jsou v následující části práce navrženy možnosti vylepšení skladovacích podmínek. Návrhy směřují k navýšení kapacit skladování vybudováním nových skladů, v nichž bude možné skladovat produkty prvovýroby ve vhodnějších a lépe kontrolovatelných podmínkách. Zároveň se uvolní kapacity v dosavadních skladech. Cílem těchto opatření je skladování co největšího možného množství vypěstovaných plodin přímo v areálu ZD Ločenice.

Náklady na jednotlivá řešení jsou zpracována v různých variantách provedení. Konzultaci a cenové odhady těchto variant poskytla firma AGRICO s.r.o. z Třeboně. Jelikož se jedná o projekty ve fázi návrhu, zjištělé ceny jsou nižší než reálné náklady na pořízení těchto vylepšení. Uvedené ceny proto zahrnují pouze pořizovací cenu technologie. Není v nich zahrnuta cena za dopravu, montáž a montážní materiál, elektroinstalaci, stavební materiál a náklady na stavbu a spádová potrubí. Lze předpokládat, že při realizaci těchto projektů se uvedené ceny navýší o nemalé částky za výše zmíněné položky.

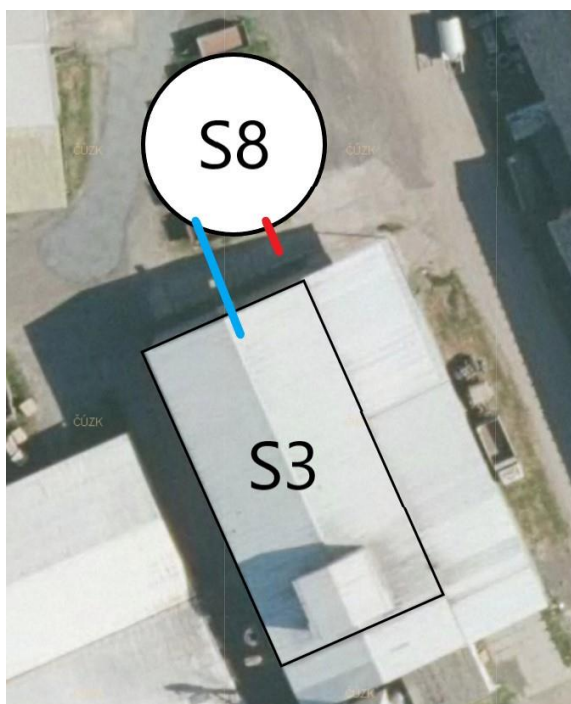
Výkonnost všech dopravníků počítá s nejvyšším výkonem posklizňové čističky tj. $60 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. Kapacity sil i výkonnosti dopravníků jsou počítány pro komoditu s vlhkostí 14 % a objemovou hmotností $750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Použity budou žlabové řetězové dopravníky TKF (z němčiny Trogkettenförderer) neboli redler.

4.1 Návrh č. 1 – Nový sklad S8

Prvním návrhem je vybudování obilného sila o kapacitě 1 000 t. Napojení sila na sklad S3 zajistí uložení komodity ihned po jejím vyčištění, popřípadě dosušení. Vyprazdňování sila a jeho napojení na nový expediční bod zajistí rychlejší expedici.

Skladována zde bude pšenice ozimá určená k prodeji, uvolní se tak místo ve skladu S2 a S3, kde bude nově možnost skladovat pšenici na přípravu krmné směsi, a to v podmínkách lepších než ve skladech S4 a S5.

Předpokládané umístění nového sila S8 je vyznačeno na obrázku 29. Modrá čára naznačuje napojení na dopravníkový systém skladu S3, červená čára umístění expedičního dopravníku. Jedná se pouze o orientační pozici.



Obrázek 29: Návrh umístění nového sila S8
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

Silo s touto kapacitou lze provést ve dvou variantách. První variantou je vyšší a úzké silo, druhou je široké a nižší silo.

Tyto dvě varianty jsou popsány níže. K oběma je potřeba instalovat elevátor, společným nákladem obou sil je dopravník ze skladu S3 do elevátoru. Vyskladnění sil může probíhat přímo na nákladní automobil nebo za použití podjezdového zásobníku. Instalace podjezdového zásobníku je dražší variantou. Vyšší náklady na jeho pořízení ale budou mít dobrou návratnost při provozu. Méně výkonný dopravník na naplnění podjezdového zásobníku bude i levnější na údržbu a pořízení poháněcího elektromotoru, další výhodou je časová úspora při expedici.

Průměr uváděný u obou sil je pouze průměr pláště, reálná stavba bude kvůli betonovému základu a servisním vstupům o 1–2 m širší.

4.1.1 Silo Neuero typ NL 11

Jedná se o vyšší a užší silo s betonovým základem, pláštěm a střechou z vlněného pozinkovaného plechu. Součástí výbavy je i provětrávání skladovaného zrna. Silo má průměr 9,83 m a výšku 21,29 m.

V následující tabulce jsou vypsány náklady na silo a jeho příslušenství.

Tabulka 4.1: Náklady na silo NL 11 a jeho příslušenství

Cena sila NL 11 a jeho příslušenství	
Redler TKF z S3 k elevátoru (15 m)	237 500 Kč
Korečkový elevátor NBEL (23 m)	442 000 Kč
Redler TKF z elevátoru do sila (6 m)	148 250 Kč
Silo NL 11	2 224 500 Kč
Vyskladnění přímo ze sila	–
Redler TKF (6 m)	189 500 Kč
Vyskladnění do podjezdového zásobníku	–
Redler TKF 25 t·h ⁻¹ (6 m)	121 750 Kč
Podjezdový zásobník 35 t	475 500 Kč
Cena s vyskladněním přímo do nákladního automobilu	3 241 750 Kč
Cena s vyskladněním do podjezdového zásobníku	3 649 500 Kč

Výhodou tohoto sila jsou výrazně nižší náklady na stavbu, jelikož nepotřebuje tak široký základ. V okolí sila také bude více prostoru k pohybu strojů. Problémem by mohlo být získání stavebního povolení pro stavbu této výšky. S jeho výškou je spojena i další nevýhoda. Onou nevýhodou je eventuelní potřeba stabilizovat elevátor pomocí ocelových kotvících lan, jejichž umístění je potřeba pečlivě vybrat tak, aby nepřekážela v pohybu po komunikacích uvnitř areálu. Kotvení také komplikuje blízkost ostatních budov.

4.1.2 Silo Neuro typ NL 14

Konstrukce je totožná se silem NL 11, liší se pouze rozměry. Typ NL 14 je nižší a širší varianta o průměru 12,51 m a výšce 15,02 m. Pořizovací cena tohoto sila není příliš rozdílná od první varianty. Náklady na stavbu jsou kvůli většímu půdorysu výrazně vyšší. Nevýhodou také může být omezení prostoru pro pohyb mechanizace kolem sila. Kvůli menší výšce lze instalovat nižší elevátor, je tedy menší pravděpodobnost komplikací s povolením stavby.

V následující tabulce jsou náklady na silo a jeho příslušenství.

Tabulka 4.2: Náklady na silo NL 14 a jeho příslušenství

Cena sila NL 14 a jeho příslušenství	
Redler TKF z S3 k elevátoru (15 m)	237 500 Kč
Korečkový elevátor NBEL (17 m)	363 000 Kč
Redler TKF z elevátoru do sila (8 m)	165 500 Kč
Silo NL 14	2 237 500 Kč
Vyskladnění přímo ze sila	
Redler TKF (8 m)	206 750 Kč
Vyskladnění do podjezdového zásobníku	
Redler TKF 25 t·h ⁻¹ (8 m)	138 500 Kč
Podjezdový zásobník 35 t	475 500 Kč
Cena s vyskladněním přímo do nákladního automobilu	3 210 250 Kč
Cena s vyskladněním do podjezdového zásobníku	3 617 500 Kč

Přestože silo typu NL 14 je na první pohled levnější, náklady na jeho stavbu mohou být až o stovky tisíc vyšší oproti silu NL 11. Důvodem je již zmiňovaný půdorys sila, kvůli němu je třeba mnohem většího betonového základu. Tuto variantu lze tedy považovat za výrazně nákladnější.

4.2 Návrh číslo 2 – Rozšíření skladu S7 o silo S9

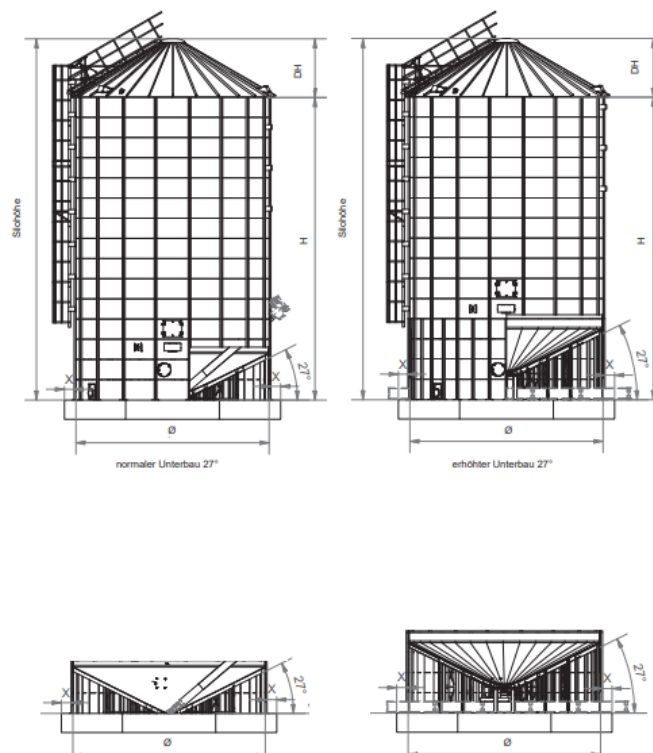
Podobně jako u předchozího návrhu se jedná o vybudování nového skladovacího zařízení. K budově skladu S7 náleží přístavek. V současné době není nijak využíván a nabízí se možnost zde vybudovat nové obilné silo s menší kapacitou okolo 60 t. Výhodou vybudování tohoto sila je skladování komodity v lepším a lépe kontrolovatelném prostředí. Dalším přínosem je skladování krmných komodit blíže k VKS ihned po posklizňové úpravě, což umožní snížení potřeby dovážet složky krmné dávky ze vzdálenějších skladů a tím náklady na skladování. Prostor k vybudování nového sila lze vidět na obrázku 30.



**Obrázek 30: Přístavek pro umístění nového sila S9
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)**

Ve skladu S7 se také nacházejí dvě sila, která se v současnosti z důvodu špatného technického stavu nepoužívají, jejich oprava a opětovné uvedení do chodu by měl být první krok k vylepšení skladování.

Nové silo je možné vybudovat ve dvou různých variantách, jejich schéma lze vidět na obrázku 31. Konstrukce je stejná jako u venkovního sila. Vnitřní sila jsou vyprazdňována zespodu.



**Obrázek 31: Varianty konstrukce nového sila S9
(Trichter Silos mit Belüftungskonus Typ NLK 27° & 45°, 2023)**

Na levé straně je nevyvýšené silo, vyskladnění probíhá dopravníkem, který je umístěn uvnitř sila. Na pravé straně je silo s vyvýšeným dnem, dopravník na vyskladnění je z vnější strany kónického dna.

Obě sila mají kónické dno s úhlem 27° a jsou opatřeny provětráváním skladovaného materiálu. V tabulce 4.3 jsou ceny obou variant.

Tabulka 4.3: Cena sila s různými typy konstrukce

Silo o kapacitě 60,4 t s provětrávaným kónusovým dnem 27°	
Silo NLK 5/6 vyvýšené	457 250 Kč
Silo NLK 5/6 nevyvýšené	384 750 Kč

Tvar dna způsobí ztrátu kapacity sila, u nevyvýšeného je ztráta 11 m³, u vyvýšeného 21 m³.

4.3 Návrh číslo 3 – Vybudování dopravníku

V současné době se využívá k dopravě zrna po podniku dopravních a manipulačních zařízení. A to jak pro příjem na většinu skladů, tak pro převoz do sil ve skladu S7.

Tento způsob manipulace s materiálem je finančně náročný. V porovnání s dopravníky je potřeba zaměstnanců k ovládní těchto strojů a s ním spojené náklady na opravy a provoz. Za účelem snížení a ulehčení pracovní i finanční náročnosti pohybu materiálu po podniku, je vhodné využití dopravníku.

Bylo navrženo vybudování nového dopravníku, který bude dopravovat vyčištěné a suché zrno ze skladu S3. Z důvodu dopravování dvou různých plodin do skladů S1 na řepku olejnou a skladu S2 na obilovinu je potřeba vhodně zvolit dopravník. Jeho výkonnost musí být dostatečná, jelikož se jedná o přepravu na vzdálenost minimálně 100 m. Odhad na tento dopravník je dostupný pouze pro typ redler.

Redler o délce 100 m je potřeba sestavit z menších, na sebe navazujících částí. Odhad od firmy AGRICO Třeboň s.r.o. je stanoven pro tři kusy po 30 m a jeden kus 10 m. Jeho cena 1 338 750 Kč, je opět pouze za dopravník, bez podstav nutných k podepření dopravníku. Ty bude potřeba instalovat, jak pod část vedoucí mimo budovy, tak uvnitř budov. Redler nesmí ležet na stěnách budovy.

Při dopravě na vzdálenosti této délky firma AGRICO Třeboň s.r.o. doporučuje osadit vnitřek redleru plastem a snížit tím abrazi zrna. Cena dopravníku s tímto rozšířením je dostupná pouze při realizaci zakázky.

Jeho přibližné umístění je žlutou čarou vyznačené na obrázku 32.



Obrázek 32 : Umístění dopravníku
(zdroj fotografie: IKatastr: mapa a informace z KN, 2023)

5 Diskuse

První dva navržené projekty se soustředí na rozšíření skladovacích kapacit v areálu ZD Ločenice vybudováním nových obilných sil. Třetím návrhem je vybudování dopravníku, který ulehčí manipulaci s materiálem po podniku.

Prvním návrhem je nové venkovní silo o kapacitě 1 000 tun, takové množství materiálu potřebuje skladovací prostor o velkém objemu. Toho lze dosáhnout stavěním sila do větší výšky nebo do větší šířky. Na základě této skutečnosti jsou tedy navrhovány dvě varianty. Každá má své výhody a nevýhody. Náklady na vysoké silo jsou výrazně nižší, mohou se však objevit komplikace se získáním stavebního povolení nebo s kotvením elevátoru ocelovými lany. Široké provedení sila nebude mít problém získat stavební povolení. Náklady na jeho stavbu jsou výrazně vyšší a mohlo by tvořit překážku v provozu na vnitřních komunikacích podniku. Jeho výhodou je menší vrstva skladovaného zrna, tudíž bude efektivněji provětráváno.

Druhým návrhem je nové silo o kapacitě 60 t. Lze ho umístit dovnitř nevyužitého přístavku, který náleží skladu S7. Provedení je možné s vyvýšením nebo bez vyvýšení spodní části sila. Výhodou vyvýšené varianty je lepší servisní přístupnost vyskladňovacího dopravníku a lepší vyprázdnění sila, tato varianta je však nákladnější. Limitujícím faktorem je výška přístavku. Pokud bude možné do přístavku instalovat obě varianty, bude z již uvedených důvodů lepší volbou vyvýšené silo.

Třetím návrhem je dopravník ze skladu S3 do skladů S1 a S2. Jelikož délka dopravníku bude minimálně 100 m, možnosti provedení nejsou příliš široké. Uvedena je cena za dopravník typu redler, jehož výkonnost je shodná s výkonností čističky z důvodu kontinuity při manipulaci. Jako alternativu lze zmínit pásový dopravník, pro ten však v této fázi plánování nelze získat odhad. Podle rozhovoru se specialistou z AGRICO Třeboň s.r.o. Petrem Štěpánkem, by tato varianta byla výrazně dražší.

Závěr

Tato práce se zaměřovala na optimalizaci uskladnění hlavních komodit v ZD Ločenice. Pro tento účel byl pozorováním a získáním všech dostupných informací popsán aktuální stav, průběh a problémy ve skladování. Na základě těchto zjištění byla po konzultaci s vedením podniku navržena trojice konkrétních rozšíření či vylepšení skladování a za pomoci kontaktované firmy stanoveny předpokládané ekonomické náklady na jednotlivá vylepšení ve více variantách.

Problémy se skladováním se jistě netýkají pouze ZD Ločenice. Velké množství menších i středních zemědělských podniků stále využívá ke skladování budovy a technologie z dob minulého režimu. Pořízení nových skladovacích technologií je finančně náročná operace a podniky se snaží vyjít s tím co mají k dispozici.

Návrhy představené v této práci jsou za současných požadavků a možností podniku dostačující. Přemístění skladování do areálu ZD Ločenice povede ke značným úsporám. Odpadnou náklady na dovážení obilovin ze vzdálených skladů a zrno bude skladováno ve výrazně lepších podmínkách. Výsledkem bude vyšší kvalita zrna určeného, jak na prodej, tak ke krmivářským účelům. Přínos nových skladů sahá až do živočišné produkce, jelikož obilná složka krmiva bude mít vyšší kvalitu tím pádem lepší výživové hodnoty.

Nedostatek zaměstnanců je současným problémem celého zemědělského sektoru. Za největší přínos tudíž považuji výrazné snížení časové náročnosti manipulace s komoditami. Zaměstnanci již nebudou muset trávit čas jejich dovážením ze skladů v okolí a částečně i po areálu podniku. Pracovní sílu tak bude možné alokovat na ostatní činnosti.

Seznam použité literatury

Aviara, N. A., Liberty, J. T., Olatunbosun, O. S., Shoyombo, H. A., a Oyeniyi S. K., 2022. Potential application of hyperspectral imaging in food grain quality inspection, evaluation and control during bulk storage. *Journal of Agriculture and Food Research* [online]. **8**, s. 100-288 [cit. 2023-03-28]. ISSN 2666-1543. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100288>

Beranová, M., a Kubačák, A., 2010. *Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě*. Praha: Libri. ISBN 978-80-7277-113-4.

Chen, Ch., Liang, Y., Zhou, L., Tang, X. a Dai, M., 2022. An automatic inspection system for pest detection in granaries using YOLOv4. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. **201**, s. 107-302 [cit. 2023-03-20]. ISSN 0168-1699. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107302>

Coradi, P. C., Lutz, É., Bilhalva, N. D. S., Jaques, L. B. A., Leal, M. M. a Teodoro, L. P. R., 2022. Prototype wireless sensor network and Internet of Things platform for real-time monitoring of intergranular equilibrium moisture content and predict the quality corn stored in silos bags. *Expert Systems with Applications* [online]. **208**, s. 118–242 [cit. 2023-01-23]. ISSN 0957-4174. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118242>

Fraňková, M., Stejskal, V., Rödl, P. a Aulický, R., 2016. Current threads of rodents and Integrated Pest Management (IPM) for stored grain and malting barley. *Kvasný průmysl* [online]. **62**(10), s. 306-310 [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp2016028>

IKatastr: mapa a informace z KN, 2023. *Ikatastr.cz* [online]. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.ikatastr.cz/>

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P. a Suman, R., 2022. Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of*

Intelligent Networks [online]. **3**, s. 150-164 [cit. 2022-12-10]. ISSN 2666-6030.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>

Lee, G. A., (1937). The Historical Significance of the Chicago Grain Elevator System. *Agricultural History* [online], *11*(1), s. 16–32 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/3739439>

Lutz, É. a Coradi, P. C., 2022. Applications of new technologies for monitoring and predicting grains quality stored: Sensors, Internet of Things, and Artificial Intelligence. *Measurement* [online]. **188**, [cit. 2023-03-03]. ISSN 0263-2241.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110609>

Maier, D. E. a Bakker – Arkema, F. W., 2002. *Grain drying systems: Proceedings of the 2002 Facility Design Conference of the Grain Elevator and Processing society* [online]. St. Charles, Illinois, USA [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: <https://fyi.extension.wisc.edu/energy/files/2016/09/Grain-drying-Systems-GEAPS-2002-secured.pdf>

Maleř, J., 1990. Posklizňová úprava a skladování zrna. *Studie VTR*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, **90**(25), 68. ISSN 0862-3562.

Maleř, J., 1996. *Skladování zrnin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Mechanizace (modrá ř.). ISBN 80-7105-113-8.

Nekuda, R., 1991. Přínos archeologického výzkumu ve Mstěnicích ke studiu hospodářských dějin. *Archaeologia historica* [online]. **16**(1), s. 45-53 [cit. 2023-10-16]. Dostupné také z: <https://hdl.handle.net/11222.digilib/139927>

Onwude, D. I. a Maringgal, B., Norhashila, H., ed., 2022. Chapter 15 - Technological advances in postharvest management of food grains. In: Prakash, B., *Research and Technological Advances in Food Science* [online]. Academic Press, s. 371-406 [cit. 2023-01-15]. ISBN 978-0-12-824369-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824369-5.00016-6>

Rosentrater, K. A., ed., 2022. *Storage of Cereal Grains and Their Products* [online]. 5th edition. Iowa State University, Ames, IA, United States: Woodhead publishing [cit. 2022-11-16]. ISBN 978-0-12-812758-2. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03912-8>

Sadaka, S. a Jayas, D. S., 2022. *Chapter 10 - Cereal grain drying systems* [online]. In: Woodhead Publishing, s. 293-329 [cit. 2023-02-18]. ISBN 978-0-12-812758-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812758-2.00008-8>

Stejskal, V., Hubert, J., Kučerová, Z., Munzbergová, Z., Lukáš, J. a Žďárková, E., 2003. The influence of the type of storage on pest infestation of stored grain in the Czech Republic. *Plant Soil and Environment* [online]. Institute of Agricultural and Food Information, **49**(2), s. 55-62 [cit. 2023-01-28]. Dostupné také z: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2003/02/02.pdf>

Thorpe, G., 2022. Chapter 4 - Alternative and emerging storage practices and technologies. In: Rosentrater K. A., *Storage of cereal grains and their products* [online]. 5th ed. Iowa, USA: Woodhead Publishing, s. 81-111 [cit. 2023-01-23]. ISBN 978-0-12-812758-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812758-2.00011-8>

Trichter Silos mit Belüftungskonus Typ NLK 27° & 45°, 2023. *Neuero-farm.de* [online]. Německo [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://neuero-farm.de/wp-content/uploads/2021/07/Trichter-Silo-mit-Belueftungskonus-Typ-NLK-27%C2%B0-und-45%C2%B0-2.pdf>

Valls, A., García, F., Ramírez, M. a Benlloch, J., 2015. Understanding subterranean grain storage heritage in the Mediterranean region: The Valencian silos (Spain). *Tunneling and Underground Space Technology* [online]. 2015, **50**, s. 178-188 [cit. 2023-01-19]. ISSN 0886-7798. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.07.003>

Vašák, J., a kolektiv, 2000. *Řepka*. Praha: Agrospoj. Semafor. ISBN 8023942360.

Zimolka, J., 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press. ISBN 80-867-2609-6.

Seznam obrázků

Obrázek 1: 3D sken a mapa rozložení obilnic ve Valencii (Valls a kol., 2015)	10
Obrázek 2: První silo kruhového průřezu z roku 1899, dnešní stav (commons.wikimedia.org, 2022)	12
Obrázek 3: Univerzální zařízení na předčištění zrnin i řepky od firmy RUBERG (g-ruberg.de, 2022)	14
Obrázek 4 : Typy kontinuálních sušáren podle toku materiálu a vzduchu (Maier a Bakker-Arkema, 2002).....	19
Obrázek 5: Schéma Mixed-flow sušičky obilnin (Maier a Bakker-Arkema, 2002) ..	20
Obrázek 6: Návrh rozložení senzorů v obilném silu (Lutz, 2022)	27
Obrázek 7: Části automobilu (Chen, 2022).....	28
Obrázek 8: Bodové hyperspektrální snímkování v obilném silu (Aviara, 2022).....	28
Obrázek 9: A – obilná hala, B – obilné silo, 1 – přísun z pole, 2 – korečkové elevátory, 3 – příjmová násypka, 4 – čistička obilí, 5 – sklad různých druhů obilovin, 6 – pojízdné plnicí zařízení, 7 – vyprazdňování nakladačem, 8 – větrací kanály, 11 – přísun z pole, 12 – korečkové elevátory, 13 – sesypná sušárna obilí, 14 – topný zdroj teplého vzduchu, 15 - čištění, 16 – třídění, 17 – vážení, 18 – skladovací nádrže, 19 – expediční zásobník (Sýkora, 2014)	31
Obrázek 10: Kombinovaný sklad obilí, A – příklad celkové sestavy, B – schéma sila z ocelových prutů vyložených PVC folií, C – plechové dosoušecí silo, D – stavebnicová sila z ocelové příhradoviny, vyložené pogumovanou plachtovinou, 1 – vzduchové potrubí s ventilátorem, 2 – vyprázdňení šnekem a vyfoukání, 3 – plnicí pás se shrnovacím zařízením, 4 – vyprazdňovací pás, 5 – posuvná zátka (nutí vzduch prostoupit obilím a perforovanou stěnou), 6 – teplovzdušný ventilátor, (Sýkora, 2014)	32
Obrázek 11: Místa skladování ZD Ločenice: A – Hlavní areál ZD Ločenice, B – Kolna sv. Ján, C – Kolna Branišovice (ikatastr, 2022)	35
Obrázek 12: Budovy skladů v ZD Ločenice (ikatastr, 2022).....	36
Obrázek 13: Umístění a přístup ke skladům S1 a S2 (ikatastr.cz, 2022).....	37
Obrázek 14: Vnitřek skladu S2, na povrchu zřetelné naklíčení zrna (foto autor).....	38
Obrázek 15: budova skladu S3, A – příjmová násypka, B – sušička obilí, C – elevátor a čistička, D – směr průjezdu budovou při expedici, E – obilná sila uvnitř budovy (ikatastr.cz, 2022).....	38

Obrázek 16 : Silo a podstřešní dopravník ve skladu S3 (foto autor)	39
Obrázek 17: Šestiúhelníková sila ve skladu S3 (foto autor)	40
Obrázek 18: (zleva) průjezd budovou, vývod šnekového dopravníku (foto autor) ...	41
Obrázek 19: Sklad S4 ve Svatém Janu na Malší.....	41
Obrázek 20: (vlevo) manuální odklizení zbytků zrna, (vpravo) skladovaná pšenice (foto autor)	42
Obrázek 21: Vjezd do skladu S4.....	42
Obrázek 22: Sklad S5 v Branišovicích (ikatastr.cz, 2022).....	43
Obrázek 23: Sklad S6 – Granulák (ikatastr.cz, 2022).....	43
Obrázek 24: Poškození stěn ve skladu S6 (foto autor)	44
Obrázek 25: Germinace zrna na povrchu obilné masy (foto autor).....	44
Obrázek 26: Sklad S7, A – směr příjmu obilovin, B – výdej jaderného krmiva (ikatastr, 2022)	45
Obrázek 27: Obilná sila ve skladu S7 a paletové skladování minerálních příměsí (foto autor)	46
Obrázek 28: Zrna ze vzorků vyskládaná na klíčidle, vlevo ječmen, vpravo pšenice.	47
Obrázek 29: Návrh umístění nového sila S8.....	50
Obrázek 30: Přístavek pro umístění nového sila S9.....	53
Obrázek 31: Varianty konstrukce nového sila S9 (Trichter Silos mit Belüftungskonus Typ NLK 27° & 45°, 2023)	54
Obrázek 32 : Umístění dopravníku	55

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Průměrné skladované množství plodin v ZD Ločenice	34
Tabulka 3.2: Druh plodiny a místo odebrání vzorku	46
Tabulka 4.1: Náklady na silo NL 11 a jeho příslušenství	51
Tabulka 4.2: Náklady na silo NL 14 a jeho příslušenství	52
Tabulka 4.3: Cena sila s různými typy konstrukce	54

Seznam zkratk

3D = trojrozměrný

CO₂ = Oxid uhličitý

IoT = internet of things

IPM = Integrated pest management

N₂ = dusík

O₂ = kyslík

USA = United States of America = Spojené státy americké

VKS = výroba krmných směsí
